ISSN 0125-0369

วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 45 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2557 Vol. 45 No.2 (Suppl.) May-August 2014

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย พืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 8

วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2557 ณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
www.crdc.kmutt.ac.th

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายกสมาคม

รองศาสตราจารย์ ดร. พีรเดช ทองอำไพ

อุปนายก

ศ.ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์

รศ.ดร.วิจารณ์ วิชชุกิจ

ผศ.ดร.บัณฑิต อิณฌวงศ์

เลขาธิการ	**นายทะเบียน**	**เหรัญญิก**
ศ.ดร.จริงแท้ ศิริพานิช	นายกฤตภาค บูรณวิทย์	นางสาววีร์สุดา ธีรเดช

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ

รศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.สายชล	เกตุษา	ศ.ดร.พีระศักดิ์	ศรีนิเวศน์
ศ.ดร.อังศุมาลย์	จันทราปัตย์	ศ.ประดิษฐ์	พงศ์ทองคำ
รศ.ดร.อมรา	ทองปาน	รศ.ดร.กัญจนา	ธีระกุล

เจ้าของ

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ตู้ ปณ.1070 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10903

สำนักงานกองบรรณาธิการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ชั้น 8

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

โทร.02-579-1259 ต่อ 124 โทรสาร.02-940-5634

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ สมาคมวิทยาศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยเรื่องเต็มจากการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 8 ขึ้น ในวันที่ 22-23 กรกฎาคม 2557 ณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดยโครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตร และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งถือเป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมและผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 8 โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับนี้ และใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ทวีชัย
บรรณาธิการ

คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ผัก พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ไม้ดอก และ ไม้ประดับ มีความสำคัญมากขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในด้านการผลิต การเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ตั้งแต่ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกร ระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงในระดับอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษานั้น บางส่วนได้มีโอกาสนำมาเผยแพร่แก่นักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้ประกอบการในภาคเอกชนที่มีความสนใจ ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) และมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 8 ขึ้น ระหว่างวันที่ 22-23 กรกฎาคม 2557 ณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร เพื่อให้ อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

การประชุมประกอบด้วยการบรรยายและอภิปรายจากวิทยากรรับเชิญที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ และยังมีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งแบบบรรยายและโปสเตอร์จากนักวิจัยรุ่นกลางและรุ่นใหม่ รวมถึงจากนิสิต-นักศึกษา ตลอดจนมีการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานดีเด่นแก่นักวิจัยรุ่นเยาว์ เพื่อเป็นกำลังใจให้สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมยังจะได้มีโอกาสได้ชมนิทรรศการเครื่องมือทันสมัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและการเกษตรจากบริษัทผู้แทนจำหน่าย และพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านงานวิจัย การสร้างเครือข่ายงานวิจัยวิทยาศาสตร์ด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

คณะกรรมการจัดการประชุม ขอขอบคุณผู้ที่เข้าร่วมการประชุมและเสนอผลงานทั้งภาคบรรยาย และ ภาคโปสเตอร์ วิทยากรบรรยายพิเศษ ตลอดจนแขกผู้มีเกียรติและผู้สนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ และได้ดำเนินการรวบรวมผลงานทางวิชาการทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ที่ผ่านการพิจารณาและแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำไปเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์กับนักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจ สำหรับการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยต่อไป

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ
www.crdc.kmutt.ac.th
crdc2011@kmutt.ac.th

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับปกติ)

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (Agriculture Science Journal) ของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้เปลี่ยนชื่อจากข่าวสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (Asst Newsletter) ตั้งแต่ฉบับที่ 1 ปีที่ 30 (มกราคม 2540) มีวัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่เรื่องที่น่าสนใจในวงการวิทยาศาสตร์การเกษตร ซึ่งสมาชิกได้จัดส่งมาลงพิมพ์

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรครอบคลุม :

1. **งานวิจัย** (Technical Paper) เป็นเอกสารวิทยาการเพื่อเสนอผลงานวิจัยในด้านวิทยาศาสตร์การเกษตร

2. **บทความ** (Articles) เป็นเอกสารวิทยาศาสตร์ที่รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเกษตร

3. **จดหมาย** (Letters) เป็นจดหมายถึงกองบรรณาธิการเพื่อเสนอความคิดเห็นสนับสนุน หรือโต้แย้งความคิดเห็นของนักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับ** ควรพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word) แล้วส่งต้นฉบับ จานวน 4 ชุด พร้อมด้วยดิสก์เก็ต ถ้าพิมพ์ดีดธรรมดา ให้เว้นบรรทัดห่าง และพิมพ์หน้าเดียวความยาว 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่ควรเกิน 10 หน้า

2. **ชื่อเรื่อง** ควรจะกะทัดรัด ไม่ยาวเกินไป แต่อธิบายสาระของเรื่องได้ดีพอสมควร และควรกำหนดชื่อเรื่องอย่างย่อเพื่อใช้เป็นหัวเรื่อง (Running heads) ด้วย ควรมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3. **ชื่อผู้เขียน** เป็นชื่อเต็ม ใช้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งสถานที่ทำงาน ระบุจังหวัดและรหัสไปรษณีย์ด้วย

4. **บทคัดย่อ** (Abstract) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ซึ่งจะปรากฏนาหน้าตัวเรื่อง เป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 200 คำ หรือ 3% ของตัวเรื่อง และให้ระบุคำสำคัญ (Keywords) เป็นภาษาอังกฤษท้าย abstract จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ด้วย

5. **เนื้อหา** (Text) สำหรับเรื่องประเภทงานวิจัยควรประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

ก. คำนำ (Introduction) เพื่อกล่าวถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ และอาจรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review)

ข. อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ควรประกอบด้วย

- คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ
- คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง แต่ไม่จำเป็นต้องอธิบายวิธีการที่ถือว่าเป็นแบบฉบับ ซึ่งเป็นที่เข้าใจอันดีโดยทั่วไปอยู่แล้ว การเขียนอุปกรณ์และวิธีการให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

ค. ผล (Results) เป็นการเสนอผลของการวิจัยแต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตารางกราฟ หรือภาพประกอบ ซึ่งกำกับด้วยคำอธิบายที่กะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง

ง. บทวิจารณ์ (Discussion) เป็นการวิจารณ์ผลการวิจัย (1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล (2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน (3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น (4) สรุปสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย ผู้เขียนควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต และลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

จ. คำขอบคุณ (Acknowledgements) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัย และการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย

ฉ. เอกสารอ้างอิง (Literature cited) การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องใช้ระบบชื่อและปี (name-and-year system) เช่น จินดา (2536) รายงานว่า... หรือ (จินดา, 2536) ในกรณีเป็นภาษาอังกฤษ หรือภาษาใด ๆ ที่เขียนด้วยภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษทุกคน เช่น Murashige and Skoog (1962) หรือ (Murashige and Skoog, 1962)

ในตอนรายการเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่องให้เรียงอักษรตามชื่อตัว ชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกถ้าเป็นคนไทย แต่ถ้าเป็นชาวต่างประเทศให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นต้นและชื่อตัวโดยไม่ต้องใส่เลขที่ แสดงเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อเรื่องเท่านั้น ไม่ควรอ้างเอกสารใดๆ ที่ยังมิได้มีการจัดพิมพ์

สำหรับวารสาร (Periodicals) ควรเรียงลำดับ ดังนี้

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อย่อถ้ามี) ปีที่: หน้า

ตัวอย่าง :

ศิวาพร ศิวเวช และสลักจิต สืบพงษ์ศิริ. 2536. ข้าวเกรียบข้าวฟ่าง. ว.วิทย.กษ.26 : 80-87.

Tekrony, D. M., D. B. Egli and A. D. Phillips. 1980. Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seeds. Agron. J.72 : 749-753.

สำหรับตำรา (Text books) ควรเรียงลำดับดังนี้

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์ หน้า

ตัวอย่าง :

ทักษิณา สวนานนท์. 2536. การใช้โปรแกรม Page Maker 4.0. พิมพ์ครั้งที่ 2. บ.ไฮเทค พริ้นติ้ง จก. กรุงเทพมหานคร. 346 น.

Villadsen, J. and M. L. Michelsen. 1978. Solution of Differential Equation Models by Polynomial Approximation. Prentice-Hall. New Jersey. 445p.

สำหรับเอกสารประกอบรายงาน (Reports and Proceedings)

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง ชื่อรายงาน หรือการประชุม สถานที่ หน้า

ตัวอย่าง :

ธวัช ลวะเปารยะ. 2513. การผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน. รายงานความก้าวหน้า, โครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ. 42น.

Noda, K., L. Chaiwiratnukul, S. Kanjanajirawong and M. Teerawatsakul. 1985. Some biological characteristics of *Pennisetum* spp. in Thailand. Proc. the 10th Conf. of Asian-Pacific Weed Science Society, Bangkok, Thailand. p. 75-80.

Tongpan, S., T. Panayotou, S. Jetanavanich, K. Faichampa and C. Mehl. 1990. Deforestation and poverty : Can commercial and social forestry break the vicious circle? Research report No. 2. The 1990 TDRI Year-End Conference. Chon Buri, Thailand. 176p.

Thainugul, W. and S, Photiwattautum. 1988. Soil conservation under rubber in Thailand pp. 859-868. *In* S. Rimwanich (ed.). Proc. the 5th International Soil Conservation Conf. Vol 2. January 1988. Bangkok, Thailand.

6. ภาพประกอบ (Illustration)

ก. ภาพถ่าย ควรเป็นภาพขาว-ดำ สำหรับภาพสี ถ้าจำเป็นจึงใช้ ขนาดภาพอย่างต่ำควรเป็น 9.0 x 13.5 ซม. หรือเท่าตัวจริงที่ปรากฏในหนังสือผิวเรียบ เขียนคำอธิบายแยกไว้ต่างหาก อย่าเขียนลงในภาพ อย่าหนีบด้วยคลิปหรือกลัดด้วยเข็มหมุด

ข. ภาพเขียน เขียนด้วยหมึกสีดำ จัดบนกระดาษอาร์ตหนาพอควร ควรเขียนตัวหนังสือด้วย Lettering guide หรือ Letter press

7. การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษอักษรโรมัน ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับพิเศษ)

รายละเอียดและรูปแบบข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเตรียมต้นฉบับต้องเป็นดังนี้

ต้นฉบับเรื่องเต็ม จำนวนไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ ส่ง hard copy จำนวน 4 ชุด พร้อมดิสก์เก็ตหรือซีดี 1 แผ่น โดยพิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) เวอร์ชัน 97 หรือ 2000 หรือ xp โดยใช้รูปแบบฟอนต์เป็น Cordia New ทั้งฉบับ (ขนาดของตัวอักษรให้ดูในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อ)

ขนาดกระดาษต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 สีขาว พิมพ์แบบ Portrait โดยตั้งค่าหน้ากระดาษ (page setup) ส่วนระยะขอบ (Margins) ดังนี้ ด้านบน (Top) 1 นิ้ว ด้านล่าง (Bottom) 0.75 นิ้ว ด้านซ้าย (Left) 1 นิ้ว ด้านขวา (Right) 0.75 นิ้ว ขอบเย็บกระดาษ (Gutter) ไม่ต้องใส่ค่า Gutter หรือ 0 นิ้ว หัวกระดาษ (Header) 0.5 นิ้ว ท้ายกระดาษ (Footer) 0.5 นิ้ว

โดยมีลำดับดังนี้

ชื่อเรื่อง : อยู่ชิดขอบบนของหน้า มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกกันคนละบรรทัด) ชื่อเรื่องแต่ละภาษามีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด แต่ให้อธิบายสาระของเรื่องได้ดี กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียนและคณะ : เว้น 1 บรรทัดจากชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อเต็ม มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกคนละบรรทัด) ให้ครบทุกคน และต้องใส่เชิงอรรถ (Footnote) (รายละเอียดเชิงอรรถให้ดูย่อหน้าถัดไป) เป็นแบบลำดับตัวเลข (ยกกำลัง) กากับไว้ท้ายนามสกุลให้ครบทุกคน ชื่อผู้เขียนกำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวหนา (bold) จัดชิดขอบขวาของหน้ากระดาษ

การแทรกเชิงอรรถ (Footnote) ให้ใช้แบบลำดับตัวเลขอัตโนมัติ (1, 2, 3, …) โดยใช้ฟอนต์แบบ Cordia New ขนาด 10 points และจัดข้อความชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ

บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

คำว่า “Abstract” และ “บทคัดย่อ” ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points และพิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนเนื้อหาของตัวบทคัดย่อ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความในแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified) บทคัดย่อเป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 300 คา

เนื้อหา (Text) : ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง ทุกส่วนให้ทำตามข้อกำหนดดังนี้คือ

เมื่อขึ้นส่วนเนื้อหน้าใหม่ ให้เว้น 1 บรรทัดเสมอ (ย่อหน้าต่างๆ ในส่วนเดียวกันไม่ต้องเว้นบรรทัด) โดย คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนของเนื้อหาข้อความในแต่ละย่อหน้า กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของแต่ละย่อหน้าให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified)

เนื้อหาส่วนต่างๆ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. **คำนำ** (Introduction) : เพื่อกล่าวถึงปัญหา ที่มา วัตถุประสงค์การวิจัย และรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review) ด้วย

2. **อุปกรณ์และวิธีการ** (Materials and Methods) : ควรประกอบด้วย คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ คาอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง การเขียนอุปกรณ์และวิธีการ ให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

3. **ผล** (Results) : เป็นการเสนอผลของการวิจัย แต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตาราง กราฟ หรือภาพ ประกอบการอธิบาย คำอธิบายควรกะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง คำอธิบายและตัวอักษรต่างๆ ใน ตาราง กราฟ และภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points (หรือเล็กกว่าแต่ยังต้องสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน)

4. **วิจารณ์ผล** (Discussion) : เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองหรือการวิจัย โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล
(2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน
(3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น
(4) ชี้ให้เห็นประเด็นที่เด่นหรือสำคัญของผลการวิจัย

ควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

5. **สรุป** (Summary) : เป็นการย่อสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย

6. **คำขอบคุณ** (Acknowledgements) : อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยและการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมทำงานวิจัยด้วย

7. **เอกสารอ้างอิง** (Literature cited) :

การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องใช้ระบบชื่อและปี (name-and-year system) เช่น จินดา (2536) รายงานว่า... หรือ (จินดา, 2536) ในกรณีเป็นภาษาอังกฤษ หรือภาษาใด ๆ ที่เขียนด้วยภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษทุกคน เช่น Murashige and Skoog (1962) หรือ (Murashige and Skoog, 1962)

ในตอนรายการเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่องให้เรียงอักษรตามชื่อตัว ชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกถ้าเป็นคนไทย แต่ถ้าเป็นชาวต่างประเทศให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นต้นและชื่อตัวโดยไม่ต้องใส่เลขที่ แสดงเฉพาะเอกสารที่นามาอ้างอิงในเนื้อเรื่องเท่านั้น ไม่ควรอ้างเอกสารใดๆ ที่ยังมิได้มีการจัดพิมพ์

สำหรับวารสาร (Periodicals) **ควรเรียงลำดับ ดังนี้**

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อย่อถ้ามี) ปีที่: หน้า

ตัวอย่าง :

ศิวาพร ศิวเวช และสลักจิต สืบพงษ์ศิริ. 2536. ข้าวเกรียบข้าวฟ่าง. ว.วิทย.กษ.26 : 80-87.

Tekrony, D. M., Egli, D. B. and Phillips, A. D., 1980, Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seeds, Agronomy Journal, 72 : 749-753.

สำหรับตำรา (Text books) **ควรเรียงลำดับดังนี้**

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อหนังสือ สานักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์ หน้า

ตัวอย่าง :

ทักษิณา สวนานนท์, 2536, การใช้โปรแกรม Page Maker 4.0, พิมพ์ครั้งที่ 2. บ.ไฮเทค พริ้นติ้ง จก., กรุงเทพมหานคร, 346 น.

Villadsen, J. and Michelsen, M. L., 1978, Solution of Differential Equation Models by Polynomial Approximation, Prentice-Hall, New Jersey, 445p.

สำหรับเอกสารประกอบรายงาน (Reports and Proceedings)

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง ชื่อรายงาน หรือการประชุม สถานที่ หน้า

ตัวอย่าง :

ธวัช ลวะเปารยะ, 2513, การผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน, รายงานความก้าวหน้า, โครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 42น.

Noda, K., Chaiwiratnukul, L., Kanjanajirawong, S. and Teerawatsakul, M., 1985, Some biological characteristics of *Pennisetum* spp. in Thailand, Proceedings the 10th Conference of Asian-Pacific Weed Science Society, Bangkok, Thailand, p. 75-80.

Tongpan, S., Panayotou, T., Jetanavanich, S., Faichampa K. and Mehl, C., 1990, Deforestation and poverty : Can Commercial and Social Forestry Break the Vicious Circle? Research report No. 2, The 1990 TDRI Year-End Conference, Chon Buri, Thailand, 176p.

Thainugul, W. and Photiwattautum, S., 1988, Soil Conservation under Rubber in Thailand pp. 859-868, *In* S. Rimwanich (ed.), Proceedings the 5th International Soil Conservation Conference Volume 2, January 1988, Bangkok, Thailand.

8. **ภาพประกอบ (Illustration)** : ดูรายละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติและ การแทรกภาพควรมีการจัดรูปแบบภาพ (Format picture) ดังนี้ รูปแบบ (Layout), ลักษณะการตัดคำ (Wrapping style), แบบข้างหลังข้อความ (Behind text)

9. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษหรืออักษรโรมัน** : ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 45 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2557 Vol.45 No.2 (Suppl.) May-August 2014

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 8

1 การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกข้าว
กุลนิภา ธนรุ่งรังสี ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

5 ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู ‘เทวี 60’
สุกัญญา บุญทา ประภาพร ตั้งกิจโชติ และ กวิศร์ วานิชกุล

9 ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
ศักดิ์สิทธิ์ บุญดำ และ ปริยานุช จุลกะ

13 การต้านโรคเบาหวานผ่านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากผักใบเปรี้ยวพื้นบ้านของไทย
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ พุทธชา สอนจันทร์ และ กัลยารัตน์ เครือวัลย์

17 ฤทธิ์ต้านเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสจากสารสกัดใบแปะตำปึง โดยวิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว
ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา วรางคณา ศรีจำนงค์ ชลัท ศานติวรางคณา นัฐพล ตั้งสุภูมิ และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

21 การลดความเปรี้ยวของไวน์สับปะรดด้วยแบคทีเรียกรดแล็กติกสายพันทางการค้า และออโตโคนัสไอโซเลท
กนกวรรณ ทองแม้น ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา และ ภาวินี ดีแท้

25 ผลของการบ่มด้วยความร้อนต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมกรดแกลลิก
อัญชนา อินสวาสดิ์ เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และ ธนจันทร์ มหาวนิช

29 การเปลี่ยนแปลงสีและเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บของกล้วยตากที่บรรจุในซองเมทัลไลซ์
อรสา สุริยาพันธ์ และ ธัญญาภรณ์ บอนแดง

33 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอ
นันท์ชนก นันทะไชย กมลวรรณ จ้างมีศิลป์ พิมพ์ชนก สุขสมบุญ และ พัตราภรณ์ แก้วศรี

37 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของส้มแขกแห้ง
สุธีรา เสาวภาคย์ ธรรมรัตน์ สัมมะวัฒนา และ ศิริพร อาจณรงค์

41 การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค
นันท์ชนก นันทะไชย

45 ผลของเมทิลจัสโมเนทต่อเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแคลลัสองุ่นพันธุ์ป๊อกดำ
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ มาทา

49 การสกัดและคุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel')
สรศักดิ์ งามสง่า ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

53 การลดความฝาดของเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*
รัชฎาภรณ์ คะประสบ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ มาทา

57 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากทานตะวันด้วยเอนไซม์โบรมิเลนและ Flavourzyme®
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

61 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เอนโด-เอกโซโปรติเอส
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ มาทา

65 สารให้กลิ่นรสและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนเห็ดโคนญี่ปุ่นที่ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน
จินดาพร คงเดช ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

69 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮไลเซทกากถั่วเขียวโดยใช้น้ำตาลต่างกัน
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

73 การศึกษาสารพฤกษเคมีของพืชไทยในการใช้เป็นสารให้ความหวาน
กีระติ ธรรมพันธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

77 สารหอมระเหยเป็นดัชนีระบุความสุกของทุเรียนไทยในระหว่างการเก็บรักษา
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

81 การศึกษาสมบัติการต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสจากสารสกัดพริกหวานด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน
พุทธชา สอนจันทร์ กัลยารัตน์ เครือวัลย์ วรางคณา ศรีจำนงค์ สมศรี เจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

85 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis* โดยการสกัดด้วยกรด
นภัสสร เพียสุระ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ โศรดา วัลภา

89 ผลของออกซินต่อการขยายพันธุ์สับปะรดปัตตาเวียด้วยจุก
ศศิภา เทียนคำ เจนจิรา ชุมภูคำ และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม

93 การวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย เพื่อการป้อนชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาเข้าสู่โรงงานผลิตพลังงาน
พชรอร แก้วเจริญ เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์ เสาวลักษณ์ ยองรัมย์ และ สุวรรษา ทองหยู

97 ผลของปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว
ญานิล ชัยณรงค์ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

101 ผลของการเตรียมขั้นต้นและวิธีการในการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบขลู่ผง
สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และนิสานารถ กระแสร์ชล

105 ผลของสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล

109 การสำรวจข้อมูลในแปลงปลูกมะม่วงหิมพานต์ในระยะออกดอก
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

113 การเตรียมขนุนขั้นต้นด้วยการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสสำหรับการผลิตขนุนอบกรอบ
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล

117 การแยกและศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์เชิงซ้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยฟางข้าวจากแบคทีเรียสายพันธุ์ใหม่ชนิดทนร้อนและไม่ใช้ออกซิเจน
ปรารถนา เกตุบท รัตติยา แววนุกูล จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน ทวีศักดิ์ โอวาททัศนีย์ อะกิฮิโกะ โคสึกิ และ กนก รัตนะกนกชัย

121 สมบัติการต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดพริกหวานในตัวทำละลายต่างกัน
กัณฐมณี ทู้ไพเราะ กัลยารัตน์ เครือวัลย์ วรางคณา ศรีจำนงค์ สมศรี เจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

125 ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพื่อลดไขมันในน้ำสลัด
ปัจจยา ตันติวีรสุต ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

129 ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตเจนต่อคุณภาพข้าวฮางงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
นิภาดา ราญมีชัย พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

133 การศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสจากสารสกัดถั่ว
ปริยานุช ชุติปัญญาภรณ์ กัลยารัตน์ เครือวัลย์ เชาวนีย์ ชูพีรัชน์ ชลัท ศานติวรางคณา และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

137 ผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงจากชานอ้อย: การผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์โดย *Bacillus clausii*
เกษรา เพิ่มสุข ภัทรา ผาสอน รัตติยา แววนุกุล ทวีศักดิ์ โอวาททัศนีย์ อะกิฮิโกะ โคสึกิ กนก รัตนะกนกชัย และ จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ

141 ส่วนประกอบทางพฤกษเคมีและกิจกรรมการต้านจุลชีพในช่องปากของสารสกัดจาก
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์

145 พฤกษเคมีเบื้องต้นและศักยภาพการต้านจุลชีพในช่องปากของน้ำมันหอมระเหยจาก
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์

149 สมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์

153 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ
พัตราพร จอมเมืองบุตร

157 การสกัดและลักษณะน้ำมันจากเมล็ดองุ่นไทยที่สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ ปารมี เพ็งปรีชา ภัทรนันทร์ กมลนัทธ์ และ กนกวรรณ ไพรพนาพงศ์

161 สมบัติทางกายภาพเคมีและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของใบกะเพราผสมในขนมปัง
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์

165 การใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรในการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋า
จิรนาถ บุญคง

169 สมบัติของฟลาวร์มันมือเสือและการใช้ทดแทนแป้งสาลีในโดนัทยีสต์
สุมลรัตน์ อัมพวัน จันทร์สมร สายศรี และ อโนชา สุขสมบูรณ์

173 อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นเฉาก๊วย
กฤษณา บุญศิริ ลักษณาพร มีสำราญ และ สุเมธ อินเฉลิม

177 อุปกรณ์ปรับแรงดันสำหรับระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับ ระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้แบบ Temporary Immersion Bioreactor
ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ อนุชิต ฉ่ำสิงห์ สุภัทร หนูสวัสดิ์ และ ประภาพร ฉันทานุมัติ

181 การเจริญเป็นแคลลัสและการเจริญของเซลล์แขวนลอยของ *Hoya kerrii*
อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม นิลาวรรณ ทรงครุฑ พรรณิภา เรืองเชื้อเหมือน พัชรา เพ็ญไพจิตร์ และ ทัศนารถ กระจ่างวุฒิ

185 ผลของสารสกัดจากวัชพืชบางชนิดต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช
จุฑามาศ ศุภพันธ์ และ วีระเกียรติ ทรัพย์มี

189 การศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งออกไซด์ผสมแคลเซียมซิงค์ออกไซด์, ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์
ยุทธการ บุญยืน รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ

193 การเพิ่มสารแอนโทไซยานินในผลตะขบด้วยการออสโมซิสในน้ำกระเจี๊ยบ
อรสา สุริยาพันธ์ รุ่งทิพย์ อินทสังข์ และ กนกพร รังสรรค์

197 ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตข้าวตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) อำเภอบ้านแพรก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
พัชระ อุ่นทรัพย์ และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

201 ผลของเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ต่อการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์
อรรจนา ด้วงแพง วิทวัส อ่อนบำรุง และ ชรินทร์ ธวันธา

205 ผลของการใช้ถั่วแลบแลบ 4 ชนิดเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของดินลูกรัง
วิมลนันทน์ กันเกตุ ชื่นจิต แก้วกัญญา และ ชื่นนภา หนันแดง

209 ผลของการใช้หญ้าแฝกในระบบการปลูกพืชร่วมต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินลูกรัง
วิมลนันทน์ กันเกตุ ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ ศรีมงคล และ หนึ่งฤทัย สมสิงห์

213 ผลของฟลาโวนอยด์จากสารสกัดเปลือกมังคุดและขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของมะเขือเทศสีดา
ธิดารัตน์ เมธาวราภูล เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ และ เบญญา มะโนชัย

217 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของน้อยหน่าจำนวน 6 พันธุ์
เบญญา มะโนชัย อิทธิพล อิศรางกูร ณ อยุธยา สุทธาสินี ปิ่นทอง เรืองศักดิ์ กมขุนทด และ Jeong Hwa Hong

221 การสกัดและพัฒนาสบู่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจากชุมเห็ดเทศ
สุริยะ วุ่นจินดา กิจฐิสรณ์ ตริยาวธัญญู วรพรรณี เผ่าทองศุข ชาญชัย สาดแสงจันทร์ และ เปรมชัย เอี่ยมศีรินพกุล

225 ฤทธิ์ต้านเชื้อราจากน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรบางชนิดต่อ *Fusarium solani*
พิชชารีย์ ตันวราวุฒิกูล เบญญา มะโนชัย พิจิตรา แก้วสอน และ Jeong Hwa Hong

229 ผลของสารสกัดจากธรรมชาติต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (*Nephotettix virescens*) ในข้าวหอมนิล
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ และ แก้วมณี พรหมพิทักษ์

233 ความคิดเห็นของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรสภาพมันสำปะหลังที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน
พิชัย ทองดีเลิศ สุภาภรณ์ เลิศศิริ และ กิตติพันธ์ หันสมร

237 การผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศโดยการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก
สันติ แก่อินทร์ ภาวินี ดีแท้ จีรัณ กิ่งแก้ว และ ประภาพรรณ ซอหะซัน

241 ประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์บางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว
ศานิต สวัสดิกาญจน์ ผกามาศ แก่นวิจิตร และ มานะ จอมไกร

245 ผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเจริญของเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สาเหตุโรคใบไหม้ของข้าว
จาตุรงค์ จงจีน

249 ผลของสารสกัดตำแยตัวเมียและตำแยตัวผู้ต่อการควบคุมโรคแแอนแทรกโนส พริกที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* spp.
สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์ และ ผกามาศ แก่นวิจิตร

253 การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผัก 5 ชนิด
อติชาต ทัศหชาติโยธิน พัชรี ชัยกิจวิสุทธิกุล ธัญลักษณ์ ธีระพรกิตติกุล และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

257 คุณสมบัติของมูลไส้เดือนในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา
สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์ และ จักรพันธ์ พิณจีน

261 การศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นในน้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์ในขณะการเก็บรักษา
อธิยา คงเซ็น รัตนชัย ไพรินทร์ เก้ากันยา สุดประเสริฐ และ วารุณี ลิ่มมั่น

265 การประเมินผลของระดับความสุกของขนุนสำหรับการผลิตขนุนอบกรอบ
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล

269 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกร
กมลลักษณ์ มาลำโรง และ วรพจน์ สุนทรสุข

273 การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล
อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ วิญญู ช่วยแก้ว และเนตรนภา สกุลซ้ง

277 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม
รัชพล พะวงศ์รัตน์ ผกามาศ แดงชอบกิจ และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

281 การพัฒนาไอศกรีมลูกพลับแห้ง
สุภางค์ เรืองฉาย และ สิรินาถ ตัณฑเกษม

285 คุณภาพของน้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการหมักด้วย *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 ร่วมกับอะไมเลส
พิทยา ใจคำ และ อภิรักษ์ หามาลี

289 ผลของการพ่น Kaolin ทางการค้าต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
ชลิดา ชลไมตรี อรพิน เกิดชูชื่น ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

293 ผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย *Dendrobium discolor* ระยะต่างๆในสภาพปลอดเชื้อ
กุลนาถ อบสุวรรณ และ สุนทรี ทารพันธ์

297 การยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคนจากสารสกัดกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่ว
สุนิดา เมืองโคตร ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล วาริช ศรีละออง เฉลิมชัย วงษ์อารี ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

301 สรีระวิทยา ผลผลิตชีวมวล และผลผลิตเชิงพลังงานของหญ้าพลังงานภายใต้สภาพพื้นที่ชุ่มน้ำและมีการจัดการน้ำ
อาทิตย์ พงษ์ทิพย์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล ประณต มณีอินทร์ จักรินทร์ ม่วงปั้น และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี

305 ผลการปรับสภาพฟางข้าวด้วยวิธีการแช่ด้วยสารละลายแอมโมเนียต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ และต่อการย่อยด้วยเอนไซม์
รัตติยา แววนุกูล จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน อะกิฮิโกะ โคสุกิ และ กนก รัตนะกนกชัย

309 ประสิทธิภาพเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ในการควบคุมโรคเน่าคอดินของพืชตระกูลกะหล่ำ
สุภา พ่วงนิ่ม ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

313 การยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ตัดแต่งพร้อมบริโภค
สุนทร โมลา อภิรดี อุทัยรัตนกิจ วาริช ศรีละออง สุกัญญา เอี่ยมละออ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

317 การพัฒนาฟิล์มบางไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้
ภานุพงศ์ อำไพชัยโชค ปราณี โรจน์สิทธิศักดิ์ และ กนกวรรณ เสรีภาพ

321 การฉายรังสีแกมมามีผลต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
อภิชัย เจนจบ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี สุกัญญา เอี่ยมลออ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

325 สารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่ายสีแดง (*Gracilaria fisheri)* ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
ศิริลักษณ์ อิ่มจงใจรัก จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน รัตติยา แววนุกูล ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ กนก รัตนะกนกชัย

329 ไซลาโนไลติกและเซลลูโลไลติกเอนไซม์ที่ผลิตจากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด และนำไปประยุกต์ใช้ในการสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์
ศิริลักษณ์ อิ่มจงใจรัก จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน รัตติยา แววนุกูล ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ กนก รัตนะกนกชัย

333 การศึกษาผลของอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและค่าไอโอดีนในถ่านมังคุดดูดกลิ่น
จรูญ เก่งเขตรวิทย์ ดลฤดี ใจสุทธิ์ รติยา ธุวพาณิชยานันท์ สุดสายสิน แก้วเรือง และ ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์

337 ผลของ Hot Water Pre-treatment ต่อคุณภาพพริกแห้งพันธุ์หัวเรือ
วิศณีย์ โพธิ์หล้า เฉลิมชัย วงษ์อารี วาริช ศรีละออง และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

341 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสจากเซลลูโลสบริสุทธิ์ ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่าน การกำจัดลิกนินด้วยเอนไซม์เซลลูเลสจากเชื้อรา *Trichoderma*
ชุติเดช เพิ่มศรีบูรสุข ปริปก พิศสุวรรณ และ กนก รัตนะกนกชัย

345 จลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งระดับเกษตรกร
สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ โศรดา วัลภา วีรยุทธ พรหมจันทร์ และ นพมาศ จารย์คำมา

349 ผลของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ
ปริยานุช จุลกะ พิจิตรา แก้วสอน และ ปนัดดา จีนประสม

353 ผลกระทบของน้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวันต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำโดยใช้โมดิฟรายด์เวย์โปรตีนเข้มข้น
วรชัย วงษ์วัชระโยธิน ตรี อินดราวินี เวียยันโทโร และ อภิรักษ์ เพียรมงคล

357 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากยอในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา
อารีย์ อินทร์นวล และ กมลลักษณ์ คลังศิริ

361 การศึกษาสมบัติต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจากสารสกัดพริก
ธารีรัตน์ วัชรชัยโสภณสิริ พุทธชา สอนจันทร์ สมศรี เจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

365 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของสารสกัดจากพริกหลากชนิด
ณัฎฐ์ชยธร นันทกรสุตนันท์ ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา กัณฐมณี ทู้ไพเราะ สมศรี เจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

369 คุณลักษณะของน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าและการนำไปใช้ในเยลลี่
นวพร วรพาณิชย์ วีรวรรณ ทรัพย์กิจการ บัวสาย เพชรสุริยวงศ์ มณฑิรา นพรัตน์ และ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์

373 ผลของผงฟูและไข่ต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก
อภิญญา เจริญกูล

377 ผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุระหว่างการเก็บรักษาต่อปริมาณสาร 2-Acetyl-1-Pyrroline ในข้าวหอมมะลิ
ธารารัตน์ มณีน่วม วันชัย จันทร์ประเสริฐ รณฤทธิ์ ฤทธิรณ อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ และ สุนันทา วงศ์ปิยชน

381 การพัฒนาโรคของดอก เมล็ด และต้นกล้ายางพารา พันธุ์ RRIM 600
บัณฑิต โสภณ เนตรนภิส เขียวขำ และ สมศิริ แสงโชติ

385 การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของลำไยในจังหวัดจันทบุรี
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย วาริช ศรีละออง และ เฉลิมชัย วงษ์อารี

389 พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากโสน (*Sesbania javanica*)
ภควดี สุขอนันต์

393 ผลของการเตรียมขั้นต้นต่อสมบัติของเซลลูโลสผงจากกากมะพร้าวและการประยุกต์ใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท
สิริมา ชินสาร บงกช ธุระพันธ์ และ วารุณี พรมประดิษฐ์

397 การสกัดกรดฟีนอลิกจากกากรำข้าวด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค
ฉัตรทิพย์ กาศยปนันทน์ วจี ศรีสิทธิรักษ์ สร้อยเพชร บัวงาม อภิญญา ชีวะพันธ์ และ สุภัทรา ลิลิตชาญ

401 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน
สิริมา ชินสาร ชุติมน ศรีสุวรรณ และ กัญญ์พิชญาน์ เรืองแจ่ม

405 การแตกสลายของกรดไขมันในดอกกระดังงาจีนที่โตเต็มวัยหลายระยะ
สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ ชิดชนก พ่วงศิริ และ อุทร ชิขุนทด

409 ความหนาแน่นของการเลี้ยงไส้เดือนดินในหอคอยไส้เดือนดินเพื่อกำจัดเศษผักในครัวเรือน
ตามใจ มนตรีวัฒน สุทธิพงศ์ เปรื่องค้า และ วิบูล เป็นสุข

413 การประเมินเอสเทอร์ระเหยง่ายในดอกการเวก
วณิชยา ผดุงฮะ สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ ชวนพิศ จิระพงษ์ และ เฉลิมชัย วงษ์อารี

417 ดัชนีความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวในรูปแบบการปลูกข้าวที่ใช้สารเคมีและอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน
รุ่งเกียรติ แก้วเพชร ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล ภาวัช วิจารัตน์ และ ศมาพร แสงยศ

421 การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
รุ่งเกียรติ แก้วเพชร นาฏลดา อ่อนวิมล ธีระพัศธ์ ศิลปสมบูรณ์ และ ศมาพร แสงยศ

425 ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา
จุฬาภรณ์ นกสกุล และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

429 ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ วณิช ลิ่มโอภาสมณี และ ทศพล แทนรินทร์

433 การศึกษาสภาวะการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวและแตงกวาด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ ชาลิณี สังขจร

437 ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองพร้อมบริโภค
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์

441 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของกะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พรลดา จอมเมือง และ พริมา พิริยางกูร

445 การโคลนยีน การหาลำดับเบส และการแสดงออกของเอนไซม์เซลลูเลสชนิดใหม่จากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6
ศุภเชษฐ์ แซ่ตั้ง รัตติยา แววนุกูล ภัทรา ผาสอน จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ อะกิฮิโกะ โคสุกิ และ กนก รัตนะกนกชัย

449 อิทธิพลของสาร Paclobutrazol ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณลูทีน และ การเจริญเติบโตของดาวเรือง
ภัทรพร ศรีวราพันธุ์ เบญญา มะโนชัย และ บัญชา ชิณศรี

453 ผลของการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก
สุภาวิณี แสนทวีสุข และ มาลีน่า สันเต๊ะ

457 การเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และก๊าซชีวภาพต่อการจัดระยะปลูกหญ้าเขตร้อน 7 พันธุ์
ประณต มณีอินทร์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี จักรินทร์ ม่วงปั้น และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์

461 การตอบสนองทางด้านสรีรวิทยา ผลผลิตชีวมวล และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวมวลของหญ้าเขตร้อนภายใต้สภาพการจัดการธาตุไนโตรเจน
คมกฤช ธัญวชิรวิทย์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ และ นพ ตันมุขยกุล

465 ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำข้าวเหนียวดำหมัก
กัญญาณี ศรีโพธิ์ ตรี อินดรารินี เวียยันโทโร และ อภิรักษ์ เพียรมงคล

469 ผลของการนึ่งต่อสารกาบาและสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของข้าวฮางและข้าวฮางงอกสีดำ
อรัญญา พรหมกูล พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์ และ เกรียงไกร พัทยากร

473 การเตรียมไฮโดรไลเสทจากเปลือกส่วนผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่ (*Musa* (AA group)) โดยใช้กรดเจือจางเพื่อการผลิตเอทานอล
สุวิชญา รอดกำเหนิด และ ปริณดา มโนรัตน์

477 ภาวะที่เหมาะสมต่อสมบัติของโฟมและอิมัลชั่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลนโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง
สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

481 อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ต่อการตอบสนองเชิงสรีรวิทยาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว
ปริญญา การสมเจตน์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล พัชรียา บุญกอแก้ว ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง
พีรพล แก้วสุวรรณ ภาสกร ฟุ้งฟู ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ และ IvánMatus T.

485 ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานีด้วยรังสีอินฟราเรดต่อเชื้อราโรงเก็บและสารอะฟลาท็อกซิน บี1
นฤมล เสือแดง พิราวรรณ บุญเสริม เนตรนภิส เขียวขำ สมศิริ แสงโชติ จักรมาส เลาหวณิช และ ละมุล วิเศษ

489 เครื่องอบแห้งและกะเทาะหมาก
นฤบดี ศรีสังข์ กิตติชัย ชูสิง วศิน สมกาญจนา และ อภิสิทธิ์ ศรีไสยเพ็ชร

493 ผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวผง
คณิตนันท์ เอชัน เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ สุภาภรณ์ เลขวัต และ รัฐกรณ์ จำนงค์ผล

497 การเปรียบเทียบพันธุ์ไหม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน
พุทธพร วิวาจารย์ สิทธิชัย บุญมั่น ประชาชาติ นพเสนีย์ ชลธิรา แสงศิริ และ ธนพร ขจรผล

501 ผลขององศาการโน้มกิ่งต่อการเติบโตทางกิ่งใบของฝรั่งพันธุ์เย็นสอง
กวิศร์ วานิชกุล และ เพ็ญระพี ทองอินทร์

505 การเจริญเติบโตและศักยภาพการให้ผลผลิตของกล้วยไม้หวายสองสายพันธุ์
กาญจนา เหลืองสุวาลัย นิพนธ์ อยู่สุข และ บรรลือศักดิ์ เกิดทองดี

509 ความดีเด่นของลูกผสมและอัตราพันธุกรรมของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านลูกผสม
พุทธพร วิวาจารย์ สิทธิชัย บุญมั่น ประชาชาติ นพเสนีย์ ศุภกฤต จันทรวิชญ์ และ ธนพร ขจรผล

513 ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ตรึงอยู่บนขี้เถ้าแกลบต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข47
เกตน์ณนิภา วันชัย และ สมาพร เรืองสังข์

517 ผลของอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดในระบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดูภายใต้สภาพดินลูกรัง
พรทิพย์ ศรีมงคล และ ศิรินทิพย์ โคตรรักษา

521 ผลของซากพืชต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนและการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว
พรทิพย์ ศรีมงคล วิมลนันทน์ กันเกตุ และ ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช

525 คุณสมบัติทางกลกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนนหรือเพคตินชนิดละลายเร็ว
วรายุทธ จันทร์ปลอด ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

529 ประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มแป้งผสมน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งแบคทีเรียในปาก *Streptococcus salivarius*
วรายุทธ จันทร์ปลอด ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

533 ผลของของการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลและความชื้นของส่วนผสมแป้งต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

537 การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อระดับธาตุอาหาร
เนตรนภา อินสลุด

541 ผลของการทดแทนแป้งถั่วดำต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

545 คุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายเกลียวทอง
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

549 การศึกษาเบื้องต้นของลักษณะทางกายภาพและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์วงศ์แตงบางชนิด
พิจิตรา แก้วสอน ปาริฉัตร บุญยืน และ ปริยานุช จุลกะ

553 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจากการจุ่มด้วยกรดฟูมาริกในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค
พริมา พิริยางกูร ลลิตา นิยมสุข และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

557 ความงอกของเมล็ดพรรณไม้วงศ์กระดังงา 5 ชนิด
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ ปิยะ เฉลิมกลิ่น และ ธานี ศรีวงศ์ชัย

561 ความมีชีวิตของปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ดมีความสัมพันธ์ต่อระยะการเจริญของเนื้อแก้วในมังคุด
จุฬาวรรณ ศิริติกุล สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ และ เฉลิมชัย วงษ์อารี

565 การพัฒนาผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ แสงทิพย์ ยอดคำ ณัฐนิช สร้อยยอดทอง และ ปิ่นทอง เม่งกิจ

569 การกำหนดค่าสีมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบและการทำนายอายุการเก็บรักษา
ณัฏฐภัทร จันทะวัง อสมาภรณ์ บรรลือโชคชัย นิพร เดชสุข นฤมล สืบสายสิงห์ และ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์

573 ผลของอัตราส่วนในการเติมนมและน้ำตาลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชานมอูหลง
รัชพล พะวงศ์รัตน์ ฤดี หงษ์เจริญ และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

577 การผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟโดยใช้แคลเซียมออกไซด์ของเปลือกปูเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
วรรณนพ มั่นคง รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ

581 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัขจากสารสกัดสมุนไพร
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก

585 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยเสริมงามน
ผาณิต รุจิรพิสิฐ

589 ผลของการใช้ฉนวนและระดับของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบน้ำลึก
ปริยานุช จุลกะ ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน วัชระ ประชานิยม และ วิวรรณยา คล้อยสาย

593 การเจริญเติบโต ผลิตภาพชีวมวล และปริมาณธาตุอาหารของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ภายใต้ระดับไนโตรเจนและระยะตัดที่แตกต่างกัน
วิวัฒน์ สังวาลย์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ สุขุมาลย์ เลิศมงคล เอ็จ สโรบล นพ ตัณมุขยกุล คมกฤช ธัญวชิรวิทย์ ประณต มณีอินทร์ จักรินทร์ ม่วงปั้น อาทิตย์ พงษ์ทิพย์ และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี

597 การใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค
อินทิรา ลิจันทร์พร

601 ผลของแคลเซียมซิเตรทต่อคุณภาพของลองกองพร้อมบริโภค
อินทิรา ลิจันทร์พร

605 การจัดการดินด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้าในดินทราย
เกศศิรินทร์ แสงมณี ชัยนาม ดิสถาพร และ สุรชัย สุวรรณชาติ

609 การเจริญเติบโตของข้าวไร่และข้าวนาสวนที่ปลูกในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำ
ประภัสสร ลัดวิไลวงศ์ ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ ศรีมงคล และ เนตรนภา อินสลุด

613 อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในดินลูกรัง
ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ ศรีมงคล วิมลนันทน์ กันเกตุ และ นุชนภางค์ สุวรรณเทน

617 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ
สุภาวิณี แสนทวีสุข

621 การพัฒนาสูตรสับปะรดกวนลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวาน
ณัฐิรา อ่อนน้อม สวามินี นวลแขกุล และ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์

625 การพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร กรณีศึกษา: มะพร้าวน้ำหอมและมะนาว
ศิริยุพา เต่าทอง ธิติมา วงศ์ชีรี และ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์

629 ความแกร่งที่เหมาะสมกับคุณภาพการสีข้าวไทย
สุวรรษา ทองหยู และ ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์

633 ผลกระทบของอุณหภูมิสูงในระยะพัฒนาดอกต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกห้วยสีทน
ศรัณย์ จิตรสิงห์ ปริยานุช จุลกะ วันชัย จันทร์ประเสริฐ และ พิจิตรา แก้วสอน

637 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวในสภาพดินเค็ม
พุทธิภณ ศิริมูล ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ ศรีมงคล และ วิมลนันทน์ กันเกตุ

641 การเจริญเติบโต และองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางพารา พันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในเขตพื้นที่ศักยภาพการผลิตแตกต่างกัน
ธัญญรัตน์ พุทธิมา ปิติพงษ์ โตบันลือภพ เอ็จ สโรบล และ สุขุมาลย์ เลิศมงคล

645 การผลิตไอศกรีมจากน้ำนมธัญพืช
ปิยนุสร์ น้อยด้วง และปวีณา มณีพล

649 ผลของกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนส
วิภาวี ดีหมื่นไวย์ วิไลลักษณ์ จั่นจำรูญ อัมภิกา ประวัติวงษ์ นิตยา เทพปฐม และ สุภัทรา ลิลิตชาญ

653 ผลของวิธีการปรุงต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของใบตำลึง
พริมา พิริยางกูร กนกวรรณ พุ่มนิล และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

657 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนด
รพีพร เอี่ยมสอาด เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ รัฐกรณ์ จำนงค์ผล และ สุภาภรณ์ เลขวัตร

661 ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียว
ญาธิปกร ธีระภัทรพลชัย อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ และ เจริญ เจริญชัย

665 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมจีนแป้งสดโดยใช้แป้งข้าวโพด
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์

669 การผลิตหอมแดงอย่างมีส่วนร่วมของชุมชน โดยใช้ปุ๋ยเคมีอัตราที่เหมาะสมร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
ชินกฤต สุวรรณคีรี ประมวล เครือมณี นพดล สันยาย นิตยา บุญทิม สมศักดิ์ จีรัตน์ และ อนันต์ พานคำดาว

673 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง
สุรัตน์วดี วงค์คลัง เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และ อรุณพร อิฐรัตน์

677 การย่อยแป้งข้าวตกเกรดด้วยเอนไซม์อะไมเลสทางการค้า
เกศรินทร์ ไกลถิ่น นงพงา คุณจักร และ อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์

681 การใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ ชนิการณ์ นุ่มเอี่ยม และ นัฐพล วิเชียรพจน์

685 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะที่มีกรดไขมันอิสระสูง
ศิวัสม์ ใสโต รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ1

689 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากฝักมะค่าโมง (1 ขั้นตอน) และถ่านฝักมะค่าโมง (2 ขั้นตอน) ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก
สุชาดา ละม้ายพันธุ์ และ ภควดี สุขอนันต์

693 การศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย
ราณี หวังถวัลย์ ชัชวาล วัชราเรืองวิทย์ วรพจน์ สุนทรสุข และ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์

697 ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อความชื้น และค่าสีขมิ้นชันแห้ง
ยาตรา ยมสูงเนิน เยาวภา ไหวพริบ และ อนันต์ ทองทา

701 การเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นในระบบอควาโปนิคส์
สรรลาภ สงวนดีกุล อุธร ฤทธิลึก และ ศรัณยา รักเสรี

705 สารหอมระเหยและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของโฟมแป้งเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร
ขวัญชนก กลิ่นกลั่น อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

709 ลักษณะเฉพาะของเครื่องดื่มคอลลาเจน เพปไทด์ ชนิดกลิ่นองุ่นแดง ทับทิมและส้มแมนดารินผสมสารทดแทนความหวานจากธรรมชาติ รีบาวดิโอไซด์ เอ
สุรพงษ์ พินิจกลาง ชานนท์ หนูทอง และ รัชนี ไสยประจง

713 ผลของสารทดแทนความหวานจากธรรมชาติ รีบาวดิโอไซด์ เอ และไฮโดรคอลลอยด์ต่อลักษณะทางคุณภาพของน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ลดพลังงาน
รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และ ตันติกร จิตต์ไพโรจน์

717 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดพลังงานโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล
วิชชุดา สังข์แก้ว และ สุกฤษฎ์ ประดิษฐวัฒนะกุล

721 อิทธิพลของฤดูกาลและระยะเวลาการตัดหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และผลิตภาพก๊าซชีวภาพ
ภัศรา คูละสุวรรณ์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล ประณต มณีอินทร์ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์ จักรินทร์ ม่วงปั้น จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี และ นีรนุช วินิจชีวิต

725 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง
บรรดาศักดิ์ ขันทะสีมา และ สมชาย จอมดวง

729 อิทธิพลของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ก๊าซชีวภาพ
นีรนุช วินิจชีวิต ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล ประณต มณีอินทร์ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี จักรินทร์ ม่วงปั้น และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์

733 ผลของการใช้กระดาษเคลือบสารดูดซับเอทิลีน และบรรจุภัณฑ์ปลดปล่อยเอทิลีนต่อคุณภาพกล้วยไข่ภายหลังการขนส่ง
วาริช ศรีละออง กฤติกา ตันประเสริฐ และ ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ

737 การเปลี่ยนรูปวัตถุดิบชีวมวลเบื้องต้นด้วยวิธีกล ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับปฏิกิริยาของระบบหมักย่อย และผลผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าพลังงานเขตร้อน
ฑารัตน์ ช้างแก้วมณี ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล ประณต มณีอินทร์ จักรินทร์ ม่วงปั้น และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์

741 การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทสจากเนื้อเมล่อน (*Cucumis melo* L.) สายพันธุ์ต่างๆ
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

745 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ
พวงชมพู หงษ์ชัย และ เกศรวี ภาคีอรรถ

748 ความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน
พิชัย ทองดีเลิศ สุภาภรณ์ เลิศศิริ และ กิตติพันธ์ หันสมร

751 ดัชนีชื่อผู้แต่ง

757 ดัชนีคำสำคัญ

การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกข้าว

Extraction of Dietary Fiber from Rice Hull

กุลนิภา ธนรุ่งรังสี[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Tanarungrangsee, K.[1], Laohankunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Rice hull, an abundant agricultural crop by-product of Thailand, consists of 47% crude fibers (dry basis). In this study rice hull was pretreated with 1 N potassium hydroxide and delignified with 2% (w/v) hydrogen peroxide. Pretreated rice hull was then separated from hydrogen peroxide and then extracted with 2N, 4N and 6N NaOH, at 80°C for 24 hours. The solid residue was divided into two separate parts, 1) bleached dietary fiber with 4% hydrogen peroxide and 2) non-bleached dietary fiber. It was found that dietary fiber extracted with 6N NaOH and subjected to bleaching process had the highest total dietary fiber contents (total dietary fiber 61.09% dry basis). Moreover, L value of crude dietary fiber increased 6.83% compared to the rice hull.

Keywords: extraction, dietary fiber, rice hull

บทคัดย่อ

เปลือกข้าวเป็นของเหลือทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในประเทศไทย พบองค์ประกอบทางเคมีหลัก คือ กากใยหยาบร้อยละ 47.24 น้ำหนักแห้ง เปลือกข้าวได้ถูกนำมาปรับสภาวะเบื้องต้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล และกำจัดลิกนินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 น้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นใช้โซเดียม ไฮดรอกไซด์ในการสกัดที่ความเข้มข้น 2 นอร์มัล 4 นอร์มัล และ 6 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ของแข็งที่ได้ถูกแยกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 น้ำหนักต่อปริมาตร และส่วนที่สองไม่ผ่านการฟอกสีพบว่าเส้นใยอาหารที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล และผ่านการฟอกสีมีปริมาณมากที่สุด (เส้นใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 61.09% น้ำหนักแห้ง) ค่าความสว่าง (L*) ของ เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นจากเปลือกข้าว 6.83%

คำสำคัญ: การสกัด เส้นใยอาหาร เปลือกข้าว

คำนำ

เส้นใยอาหารเป็นส่วนของพืชที่เป็นคาร์โบไฮเดรตและทนต่อการย่อยของกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ สามารถเกิดการหมักได้บางส่วนหรือสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ได้กรดไขมันสายสั้นที่มีประโยชน์ต่อร่างกายซึ่งรวมถึงพอลิแซคคาร์ไรด์ โอลิโกแซคคาร์ไรด์ และองค์ประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต แต่อยู่ในรูปที่รวมอยู่กับเส้นใยอาหาร (AACC, 2001) เส้นใยอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส 33% เฮมิเซลลูโลส 28% ลิกนิน 24% และองค์ประกอบชนิดอื่นๆ อีกประมาณ 15% เช่น ไฮโดรคอลลอยด์จากกัวร์กัม หรือคาร์ราจีแนน เบต้า-กลูแคน และโอลิโก-แซคคาร์ไรด์ที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (เช่น soybean-oligosaccharides, fructo-oligosaccharides, xylo-oligosaccharides, maltooligosaccharides และ glucose-oligosaccharide เป็นต้น) คาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาเคมี (เช่น carboxy methyl cellulose) โดยเส้นใยอาหารแบ่งตามความสามารถในการละลาย คือ ชนิดละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการจับไขมัน การละลายน้ำ การเพิ่มปริมาตร นอกจากนี้เส้นใยอาหารยังสามารถลดระดับน้ำตาลและคลอเลสเตอรอลในกระแสโลหิตได้ เนื่องจากโครงสร้างของเส้นใยอาหารมีความเป็นรูพรุนที่มีความหนาแน่นต่ำ สามารถดักจับสารอาหารหลักได้ เช่น น้ำตาล ไขมัน (Deepak และคณะ, 2013) อีกทั้งทำให้สามารถรวมตัวกับของเสียในลำไส้ใหญ่ส่งผลต่อการขับถ่ายได้บ่อยและสะดวก ช่วยลดการหมักหมมของของเสียในลำไส้ใหญ่ที่อาจก่อให้เกิดแผล

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ในทางเดินอาหาร ท้องผูก ริดสีดวงทวาร และมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Olson และคณะ, 1987; Roehrig, 1988) การสกัดเส้นใยอาหารสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อนร่วมกับตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ กรด ด่าง น้ำ เอธานอล การใช้เอนไซม์ หรือการระเบิดด้วยไอน้ำ เป็นต้น การสกัดเส้นใยอาหารมักมีการกำจัดลิกนินออกไปด้วยสารเคมี เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือสารละลายด่าง เป็นต้น ถึงแม้ลิกนินเป็นองค์ประกอบของเส้นใยอาหารสูงประมาณ 24% แต่มีโครงสร้างเป็นพอลิฟีนอลิกที่มนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ปัจจุบันมีความนิยมสกัดเส้นใยอาหารจากของเหลือทางการเกษตรมากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ปริมาณมาก อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือและลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นอีกด้วย โดยแต่ละประเทศนิยมใช้ของเหลือที่มีมากและหาง่ายในประเทศนั้นๆ เช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว ชานอ้อย และขุยมะพร้าว เป็นต้น สำหรับประเทศไทยผลิตข้าวมากติดอันดับหนึ่งในสิบของโลก โดยแต่ละปีมีปริมาณข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวประมาณ 38 ล้านตัน กระบวนการผลิตข้าวมีปริมาณเปลือกข้าวคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณข้าวเปลือกที่ผลิตได้ แสดงว่ามีปริมาณเปลือกข้าวที่เหลือจากการสีข้าวในแต่ละปีประมาณ 3.8 ล้านตัน เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกวิธีกำจัดเปลือกข้าวโดยการเผา ซึ่งเป็นการสร้างมลภาวะสู่ชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถตกค้างอยู่บนโลกได้ถึง 250 ปี อีกทั้งเป็นการทำลายธาตุอาหารของพืชและจุลินทรีย์ที่ดีในดินให้หมดไป ดังนั้นการนำเปลือกข้าวมา สกัดเส้นใยอาหารด้วยสารละลายด่างที่ความเข้มข้นต่างๆ นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่ายังเป็นการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกข้าวมาล้างน้ำทำความสะอาดและอบที่ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง จนกระทั่งมีความชื้นคงที่ บดเปลือกข้าวด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture Analyzer) โปรตีน (AOAC, 1990 ข้อ 979.09) ไขมัน (AOAC, 1990 ข้อ 920.039) กากใยหยาบ (AOAC, 1990 ข้อ 962.09) เถ้า (AOAC, 1990 ข้อ 979.05) คาร์โบไฮเดรต (กากใยหยาบ - โปรตีน - ไขมัน - ความชื้น - เถ้า) และปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (AOAC, 985.29) ใช้เป็นเปลือกข้าวอ้างอิง (Rice Hull; RH) คำนวณ %crude fiber yield วัดค่าสีในระบบ CIE L*, a*, b* และ Chroma ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10

การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกข้าว

นำเปลือกข้าวที่บดลดขนาดมาปรับสภาพเบื้องต้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ในอัตราส่วนเปลือกข้าวต่อสารละลาย 1:20 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมากำจัดลิกนินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 น้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 นอร์มัล 4 นอร์มัล และ 6 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปรับสภาพสารละลายให้เป็นกลางด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล เส้นใยอาหารที่สกัดได้แบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้ ส่วนที่หนึ่งนำเส้นใยอาหารที่สกัดได้มาฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 น้ำหนักต่อปริมาตร (Bleached Rice Hull; B-RH) ส่วนที่สองไม่ผ่านการฟอกสี (Non Bleached Rice Hull; NB-RH) นำส่วนที่หนึ่งและส่วนที่สองมาวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด %crude fiber yield และวิเคราะห์ค่าสี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าว (RH) มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ ร้อยละ 5.89, 2.0, 0.42, 47.25, 14.64, 29.81 และ 59.50 ตามลำดับ (Table 1) สีของเปลือกข้าวมีสีเหลืองแดง (Figure 1) มีค่า L*, a*, b* และ Chroma เท่ากับ 60.34, 5.22, 19.73 และ 20.04 ตามลำดับ การสกัดเส้นใยอาหารด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล และผ่านการฟอกสีมี %crude fiber yield ไม่แตกต่างกับการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล และไม่ฟอกสี เนื่องจากการฟอกสีเป็นการกำจัดเม็ดสีออกจากเส้นใยอาหาร (Yang และคณะ, 2014) และล้างเกลือโซเดียมคลอไรด์จากขั้นตอนการปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล (Itziar และคณะ, 2013) จึงไม่ส่งผลต่อปริมาณ %crude fiber yield เส้นใยอาหารทั้งหมดหลังการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล และผ่านการฟอกสีมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 61.09 เพิ่มขึ้นจากเปลือกข้าวอ้างอิงร้อยละ 2.7 การที่เส้นใยอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้นเนื่องจากการปรับสภาพ

เบื้องต้นเปลือกข้าวหลังบดลดขนาดด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ก่อนทำการสกัดเส้นใยอาหาร เป็นการทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสพองออก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถเข้าตัดพันธะไกลโคซิดิกในโครงสร้างของเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น อีกทั้งการกำจัดลิกนินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 น้ำหนักต่อปริมาตร (Itziar และคณะ, 2013) ทำให้อัตราส่วนของเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล มีผลต่อโครงสร้างของเซลลูโลสโดยลดความหนาแน่นในการจับกัน และยังเป็นการลดปริมาณของลิกนินอย่างมีประสิทธิภาพ ค่าสีของเส้นใยอาหารหลังสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทุกความเข้มข้นและฟอกสี มีสีเหลือง และค่าความสว่างมากกว่าเส้นใยอาหารที่ไม่ฟอกสีและเปลือกข้าวอ้างอิงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น และสีเขียวลดลง เส้นใยอาหารที่ไม่ผ่านการฟอกสีมีสีเข้มกว่าเปลือกข้าวอ้างอิงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผล

กระบวนการสกัดเส้นใยอาหารด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล และผ่านการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 น้ำหนักต่อปริมาตร มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดมากที่สุดร้อยละ 61.09 อีกทั้งยังมีความสว่างเพิ่มขึ้น 1.07 เท่าจากเปลือกข้าวอ้างอิง และเส้นใยอาหารที่ได้มีความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

American Association of Cereal Chemists, 2001, The Definition of Dietary Fiber, Cereal Food World, 46, 112–113.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.

Deepak, M. and Sheweta, B., 2013, Composition, Properties and Health Benefits of Indigestible Carbohydrate Polymers as Dietary Fiber: A Review, International Journal of Biological Macromolecules, 61: 1-6.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H., 2010, Dietary Fibre and Fibre-rich by-Products of Food Processing: Characterisation, Technological Functionality and Commercial Application: A Review, Food Chemistry, 124: 411-421.

Itziar, E., Stepan, A.M., Eceiza, A., Toriz, G., Gatenholm, G. and Labidi, J., 2013, Corncob Arabinoxylan for New Materials, Carbohydrate Polymers, 102: 12-20.

Olson, A., Gray, G.M., Jenkins, D. and Chiu, M.C., 1987, Chemistry and Analysis of Soluble Dietary Fibre, Food Technology, 41: 71-80.

Punsuvon, V., Saeneeyuth, S., Sariman, S. and Intarat, K., 2011, Production of High Alpha-cellulose Pulp and Xylose from Bagasse by Steam Explosion, Kasetsart University Annual Conference 8th.

Roehrig, K.L., 1988, The Physiological Effects of Dietary Fiber, Food Hydrocolloids, 2: 1–18.

Yang, J., Xiao, A. and Wang, C., 2014, Novel Development and Characterisation of Dietary Fibre from Yellow Soybean Hulls, Food Chemistry, 161: 367-375.

a) b) c)

Figure 1 The color of grinded rice hull (a), extracted and bleached rice hull (b), extracted and non bleached rice hull (c)

Table 1 The chemical compositions and total dietary fiber of rice hull (RH)

Chemical compositions (%)	RH
Moisture content	5.89
Protein	2.0
Fat	0.42
Crude Fiber	47.24
Ash	14.64
Carbohydrate	29.81
Total Dietary Fiber	59.50

Table 2 The effect of sodium hydroxide extraction processing on physical properties of powder. (Rice Hull = RH, NB-RH = Non Bleached Rice Hull, B-RH = Bleached Rice Hull)

NaOH	Dietary Fiber	% crude fiber yield	Total Dietary Fiber (%)	Color			
				L*	a*	b*	Chroma
-	RH	-	59.50[a]	60.34[a]	5.22[a]	19.73[a]	20.04[a]
2N	B-RH	52.67[a]	52.36[c]	65.89[c]	5.77[c]	18.10[c]	21.44[c]
4N	B-RH	57.18[b]	56.14[d]	65.62[c]	5.82[c]	18.64[b]	17.99[d]
6N	B-RH	59.14[c]	61.09[e]	64.46[c]	6.10[d]	22.55[d]	20.43[a]
2N	NB-RH	54.14[d]	48.67[b]	59.40[b]	4.20[b]	18.52[b]	23.13[b]
4N	NB-RH	58.73[c]	53.18[c]	58.92[b]	4.25[b]	18.26[c]	21.51[c]
6N	NB-RH	59.98[c]	57.41[d]	58.20[b]	4.30[b]	18.72[b]	17.15[d]

Means within a column with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$) as determined using Duncan's multiple range test

ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู 'เทวี 60'

Bolete Mushroom (*Boletus colossus* Heim.) Cultures Affecting Vegetative Growth of Chili (*Capsicum annuum* L.) 'Tawee 60'

สุกัญญา บุญทา[1] ประภาพร ตั้งกิจโชติ[1] และ กวิศร์ วานิชกุล[1]
Boonta, S.[1], Tangkijchote, P.[1] and Wanichkul, K.[1]

Abstract

The objective of this study was to reveal the effect of various types of bolete mushroom (*Boletus colossus* Heim.) cultures on vegetative growth of chili (*Capsicum annuum* L.) 'Tawee 60'. The experiment was done by using completely randomized design with 5 treatments (mushroom cultures) 12 replications (chili seedlings): uninoculated (control), inoculated with 30 grams paddy grain spawn per plant 2 and 4 times, and inoculated with 120 milliliters liquid culture per plant 2 and 4 times. The inoculation of all cultures was done at the same time as the transplanting of 30-day old chili seedlings. The data were recorded every 30 days for 120 days after transplanting. The results showed that the bolete cultures did not affect the height, the trunk diameter, the canopy width, the leaf greenness, the root dry weight and root volume of 120-day old chili plants. Moreover, the application of both types of the cultures resulted in significant difference in the average fresh weight of shoot and root, including dry weight of shoot of those chili plants. The using of bolete spawn 2 times and bolete liquid culture 4 times, resulted in the maximum average shoot fresh weight, compared to the control, which were 77.60 and 70.17 grams, respectively.

Keywords: bolete mushroom, growth, chili

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าแบบต่างๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู 'เทวี 60' วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีทเมนต์ (เชื้อเห็ด) 12 ซ้ำ (ต้นกล้าพริก) คือ ไม่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่า (ชุดควบคุม) ใส่หัวเชื้อข้าวเปลือกเห็ดตับเต่า ปริมาณ 30 กรัมต่อต้น จำนวน 2 และ 4 ครั้ง และใส่หัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่า ปริมาตร 120 มิลลิลิตรต่อต้น จำนวน 2 และ 4 ครั้ง พร้อมการย้ายกล้า อายุ 30 วัน บันทึกข้อมูลทุกๆ 30 วัน หลังย้ายกล้าจนครบ 120 วัน พบว่า เชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม ค่าความเขียวใบ น้ำหนักแห้งราก และปริมาตรรากของต้นพริกขี้หนูอายุ 120 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่เชื้อเห็ดตับเต่าทั้ง 2 แบบ ส่งผลให้น้ำหนักสดต้นและราก รวมทั้งน้ำหนักแห้งต้นของต้นพริกดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่หัวเชื้อเห็ดตับเต่า 2 ครั้ง และหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่า 4 ครั้ง ทำให้ต้นพริกมีน้ำหนักสดต้นเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ 77.60 และ 70.17 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: เห็ดตับเต่า การเติบโต พริก

คำนำ

เห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) (ราชบัณฑิตสถาน, 2539) จัดเป็นเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา เจริญเติบโตร่วมกับไม้ยืนต้นแบบพึ่งพาอาศัยกัน โดยเชื้อราเจริญห่อหุ้มรากพืช ช่วยให้รากพืชสามารถเก็บรักษาความชื้นได้ดี และยังช่วยละลายธาตุอาหารที่สลายตัวยากให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดี (ดีพร้อม, 2541) พริกเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและชีวิตประจำวันของคนไทย เนื่องจากใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งรสชาติของอาหาร (ศุภลักษณ์, 2537) โดยพริกขี้หนู 'เทวี 60' มีผลอ่อนสีเขียวอ่อน ผิวมัน ผลตรง ผลแก่มีสีแดงสด และเผ็ดจัด สามารถนำมาใช้เป็นพริกสด พริกแกง พริกแห้งและพริกป่น (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, 2556) จาก

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140**
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

รายงานของ ปานทิพย์ และประภาพร (2555) พบว่า ต้นกล้าฝรั่ง ‘Okinawa’ ที่ได้รับการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท TR1 อายุ 180 วัน มีค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนใบ มวลแห้งรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนณัฐกานต์ (2556) พบว่า ต้นพริกหนุ่มที่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท TR1 ปริมาณ 30 กรัม/ต้น อายุ 10 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยความสูง ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งส่วนต้นและรากสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่ใช้เชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับไม้ผลและไม้ยืนต้น ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตนาน แต่มีการศึกษาน้อยในพืชล้มลุก เช่น พริก ซึ่งมีระยะเวลาเจริญเติบโตช่วงสั้น ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าแบบต่างๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู ‘เทวี 60’

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าแบบต่างๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู ‘เทวี 60’ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

การเพิ่มปริมาณเส้นใยเห็ดตับเต่า ย้ายเชื้อเห็ดตับเต่าบริสุทธิ์ไอโซเลท BE จากสต๊อกเชื้อ ลงเลี้ยงบนอาหารวุ้นพีดีเอ ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้อง (23±2°ซ) นาน 3 สัปดาห์ ตัดเส้นใยพร้อมทั้งอาหารวุ้นออกเป็นชิ้นกลมๆ ด้วยอุปกรณ์เจาะจุกคอร์ก (ขนาด 7 มม.) การทดลองนี้ใช้หัวเชื้อเห็ดตับเต่า 2 แบบ คือ หัวเชื้อข้าวเปลือก และหัวเชื้อน้ำ เตรียมโดยย้ายชิ้นเชื้อเห็ดตับเต่าข้างต้น จำนวน 1 ชิ้น ลงเลี้ยงในขวดบรรจุข้าวเปลือกสุก 30 กรัม ที่ผ่านการต้มในน้ำสะอาด และอาหารเหลวพีดีวายบี และย้ายชิ้นเชื้อเห็ดตับเต่าลงเลี้ยงในขวดฟลาสก์ บรรจุอาหารเหลวพีดีวายบี ปริมาตร 120 มล. ขวดอาหารดังกล่าวผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121°ซ ความดัน 1.05 กก./ตร.ซม. 25 นาที บ่มที่อุณหภูมิห้อง จนเส้นใยเจริญทั่วขวด ใช้เวลา 30 วัน (หัวเชื้อข้าวเปลือก) และ 45 วัน (หัวเชื้อน้ำ) เพาะเมล็ดพริกขี้หนู ‘เทวี 60’ ในถาดเพาะกล้า ย้ายต้นกล้าอายุ 30 วัน ลงปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว บรรจุดินผสม ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งดัดแปลง อุณหภูมิ 90-100 °ซ นาน 4 ชม. กระถางละ 3 กก. ใส่เชื้อเห็ดตับเต่า (เตรียมไว้ข้างต้น) พร้อมการย้ายต้นกล้าและครั้งต่อไปใส่ทุกๆ 7 วัน ในหลุมลึก 2 นิ้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว จำนวน 6 หลุม รอบตุ้มราก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีทเมนต์ (เชื้อเห็ด) 12 ซ้ำ (ต้นกล้าพริก) คือ ไม่ใส่หัวเชื้อข้าวเปลือกและหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่า (ชุดควบคุม), ใส่หัวเชื้อข้าวเปลือก ปริมาณ 30 กรัม/ต้น จำนวน 2 และ 4 ครั้ง, ใส่หัวเชื้อน้ำ ปริมาตร 120 มล./ต้น จำนวน 2 และ 4 ครั้ง บันทึกข้อมูลทุก 30 วัน หลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า เป็นเวลา 120 วัน บันทึกความสูงต้น (ซม.) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.) ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.) ค่าความเขียวใบ ด้วยเครื่อง chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 ปริมาตรราก และประเมินมวลชีวภาพ (กรัม) โดยสุ่มตัวอย่าง 3 ต้น/ทรีทเมนต์ บันทึกมวลสด (กรัม) ส่วนต้นและราก มวลแห้ง (กรัม) แต่ละส่วน ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 70 °ซ ประมาณ 72 ชม. จนมวลแห้งคงที่ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าแบบต่างๆ คือ หัวเชื้อข้าวเปลือกและหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่าต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู ‘เทวี 60’ โดยใส่เชื้อเห็ดดังกล่าวพร้อมการย้ายปลูก เป็นเวลา 120 วัน พบว่า การใส่เชื้อเห็ดตับเต่าทั้ง 2 แบบ ไม่มีผลต่อความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม และความเขียวใบของต้นพริกขี้หนู ‘เทวี 60’ (Figure 1 and 2) โดยค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วช่วง 60 วัน หลังย้ายปลูก จากนั้นค่าค่อนข้างคงที่ หรือเพิ่มเล็กน้อย อาจเป็นเพราะในช่วง 60 วันแรก เป็นช่วงการเติบโตและพัฒนาการทางด้านกิ่งใบ (vegetative stage) จากนั้นต้นพริกเข้าสู่ช่วงการเติบโตและพัฒนาการทางด้านสืบพันธุ์ (reproductive stage) จึงส่งผลให้การเติบโตและพัฒนาการทางด้านกิ่งใบลดลง (ลิลลี่ และคณะ, 2549) ส่วนค่าความเขียวใบมีค่าลดลง เมื่ออายุ 120 วัน เนื่องจากใบของต้นพริกถูกทำลายโดยเพลี้ยไฟ ทำให้ใบหลุดร่วงจำนวนมาก สอดคล้องกับการทดลองของณัฐกานต์ (2556) พบว่า การใส่หัวเชื้อข้าวเปลือกเห็ดตับเต่าไอโซเลท TR1 ปริมาณ 30 และ 60 กรัม/ต้น ไม่มีผลต่อความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม และดัชนีความเขียวใบของต้นพริกหนุ่มอายุ 10 สัปดาห์

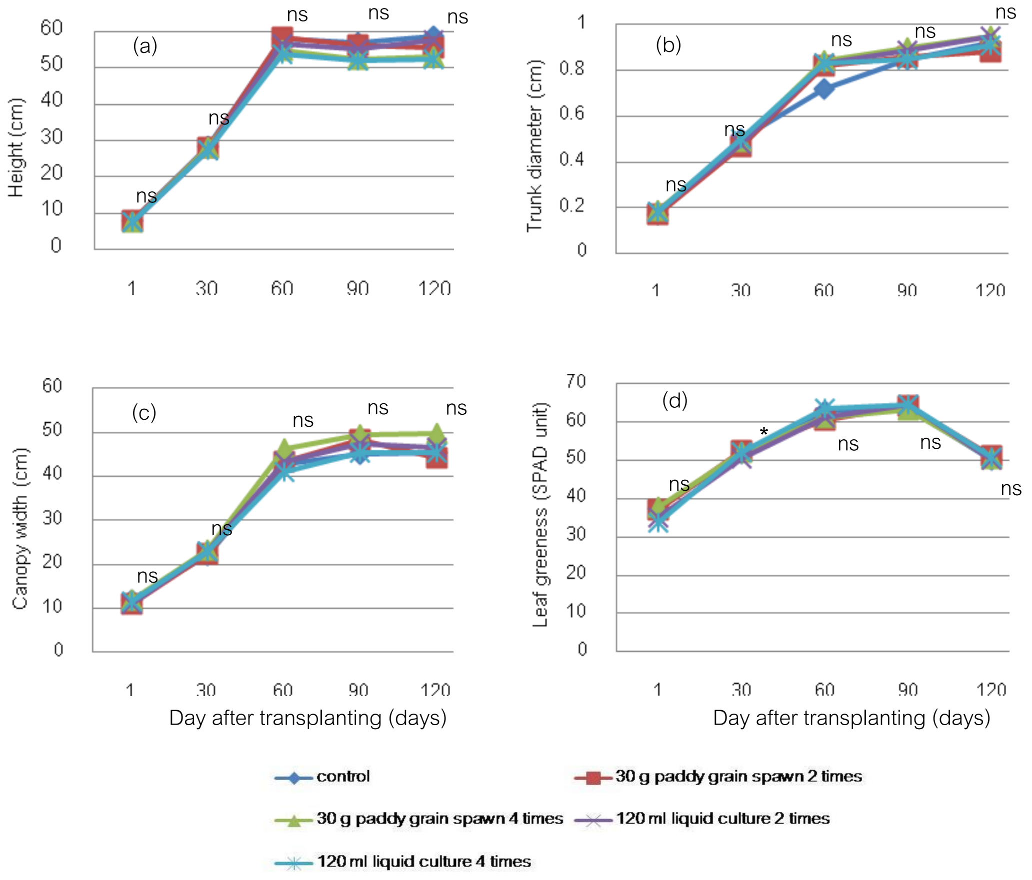


Figure 1 Growth of chili 'Tawee 60' plant at 1, 30, 60, 90 and 120 days after transplanting (a) height, (b) trunk diameter, (c) canopy width and (d) leaf greenness.

Figure 2 Growth of chili 'Tawee 60' plant 120-day old (a) Uninoculated, (b) and (c) inoculated with 30 g grain spawn 2 and 4 times, (d) and (e) inoculated with 120 ml liquid culture 2 and 4 times.

จากการประเมินมวลชีวภาพของต้นพริก 'เทวี 60' อายุ 120 วัน พบว่า ต้นพริกมีน้ำหนักสดเฉลี่ยต้นและราก รวมทั้งน้ำหนักแห้งต้นแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยการใส่หัวเชื้อข้าวเปลือก 2 ครั้ง และการใส่หัวเชื้อน้ำ 4 ครั้ง ทำให้ต้นพริกมีน้ำหนักสดต้นและน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยสูงสุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 77.60 และ 70.17 19.43 และ 15.90 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของณัฐกานต์ (2556) พบว่า ต้นพริกหนุ่มที่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท TR1 ปริมาณ 30 กรัม/ต้น อายุ 10 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนต้นและรากสูงที่สุด เท่ากับ 34.5 32.0 และ 8.6 3.8 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองนี้ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของต้นพริก 'เทวี 60' สูงกว่าต้นพริกหนุ่มจากการทดลองของณัฐกานต์ (2556) อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของพันธุ์พริก ไอโซเลทของเชื้อเห็ดตับเต่า และอายุของต้นพริก นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่เชื้อเห็ดตับเต่าทั้ง 2 แบบ ไม่มีผลต่อปริมาตรราก (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของรุ่งฟ้า (2555) พบว่าการใส่เชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท BE ซึ่งเป็นไอโซเลทเดียวกัน ปริมาณ 40 80 และ 120 กรัม/ต้น ไม่มีผลต่อปริมาตรรากของต้นเต้าซื่อ อายุ 8 เดือน

Table 1 Fresh and dry weight of shoot, root and root volume of chili 'Tawee 60' plant 120-day old after transplanting.

Treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Root volume (ml)
	Shoot	Root	Shoot	Root	
Uninoculated (control)	50.50c	28.80ab	12.17b	3.80	40.33
Inoculated with 30 g grain spawn 2 times	77.60a	33.53a	19.43a	4.43	44.33
Inoculated with 30 g grain spawn 4 times	56.93bc	26.50ab	13.83b	4.10	35.00
Inoculated with 120 ml liquid culture 2 times	56.57bc	25.80ab	13.33b	3.57	30.67
Inoculated with 120 ml liquid culture 4 times	70.17ab	21.47c	15.90ab	3.63	26.67
F-test	*	*	*	ns	ns
%CV	3.23	8.74	14.37	25.72	3.47

ns: Means are not significant difference. * : Means are significant difference at $P<0.05$.

สรุปผล

จากการศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าแบบต่างๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบของพริกขี้หนู 'เทวี 60' เป็นเวลา 120 วัน พบว่า การใส่หัวเชื้อเห็ดตับเต่าทั้ง 2 แบบ ไม่มีผลต่อความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความเขียวใบ น้ำหนักแห้งราก และปริมาตรรากของต้นพริกดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่หัวเชื้อข้าวเปลือก 2 ครั้ง และการใส่หัวเชื้อน้ำ 4 ครั้ง ส่งผลทำให้ต้นพริกมีน้ำหนักสดต้นและน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยสูงสุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักสดต้น 70.60 และ 70.17 และน้ำหนักแห้งราก 19.43 และ 15.90 กรัม ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ณัฐกานต์ ไทยนุกูล, 2555, ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท TR1 ต่อการเติบโตและผลผลิตของพริกหนุ่ม, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ, 2541, มะกอกน้ำกับเห็ดตับเต่า, ภาควิชาจุลชีววิทยา,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 70 หน้า.

ปานทิพย์ ขันวิชัย และประภาพร ตั้งกิจโชติ, 2555, ผลของเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ไอโซเลทต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง 'Okinawa' *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ: น.232-239.

ราชบัณฑิตยสถาน, 2539, เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย, ฉบับราชบัณฑิตยสถาน, สำนักพิมพ์อมรินทร์,กรุงเทพฯ, 180 หน้า.

รุ่งฟ้า จีนแส, 2555, การใช้เชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นเต้าซื่อ (*Diospyros lotus*), ปัญหาพิเศษปัญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์, 2549, สรีรวิทยาของพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 261หน้า.

ศุภลักษณ์ ฮอกะวัด, 2537, โรคผักตระกูลพริกและมะเขือเทศ, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 249 หน้า.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, 2556, พริกขี้หนูเทวี 60 [สืบค้น], http://rdi.kps.ku.ac.th/tvrc/tevee60.html [20/ November/ 2013].

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

Effects of pH and Electrical Conductivity Levels of Nutrient Solution on Growth and Nitrate Content of Pak Choi (*Brassica chinensis* var. *chinensis*) Grown in Nutrient Film Technique System (NFT)

ศักดิ์สิทธิ์ บุญดำ[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]
Boondum, S.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

The effect of different levels of pH and electrical conductivity (EC) on growth and nitrate content of pak choi grown in NFT was investigated at experimental field, Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok during September to December 2013. The experiment was divided into 2 experiments. The first experiment was done to investigate the growth of pak choi grown in 3 pH levels (5.5, 6.5 or 7.5). It was found pH 5.5 gave highest plant height and nitrate content. Besides, the leaf greenness was highest when it was grown in nutrient solution which had pH 6.5. However, leaf number, canopy width, fresh and dry weights of shoot and root were not significantly different among treatments. The second experiment was done to investigate the growth of pak choi grown in 4 EC levels (1.80, 2.40, 3.00 or 3.60 $mS \cdot cm^{-1}$). It was found plant height, leaf number, fresh weights of shoot and root and nitrate content were not significantly different among treatments. However, pak choi grown in 2.40 $mS \cdot cm^{-1}$ of EC nutrient solution showed highest canopy width which was 32.8 cm. In addition, pak choi grown in 3.00 $mS \cdot cm^{-1}$ of EC nutrient solution showed highest dry weight of shoot and root (88.2 g and 0.62 g respectively).

Keywords: hydroponics, nutrient concentration, soilless culture

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2556 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของค่า pH ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าความสูงของต้น และปริมาณไนเตรท ของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายที่มีค่า pH 5.5 มีค่ามากที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของจำนวนใบ ความกว้างของทรงพุ่ม น้ำหนักสดของต้นและราก และน้ำหนักแห้งของต้นและราก การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของค่า EC ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าค่า EC ที่แตกต่างกัน (1.80, 2.40, 3.00 และ 3.60 $mS \cdot cm^{-1}$) ไม่มีผลต่อความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดของต้นและราก และปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ แต่การปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า EC 2.40 $mS \cdot cm^{-1}$ มีผลทำให้ความกว้างของทรงพุ่มของผักกาดฮ่องเต้มีค่ามากที่สุดคือ 32.8 เซนติเมตร และการปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า EC 3.00 $mS \cdot cm^{-1}$ มีผลทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักแห้งต้นและรากมากที่สุด (88.2 กรัม และ 0.62 กรัม ตามลำดับ)

คำสำคัญ: ไฮโดรพอนิกส์ ความเข้มข้นของสารละลาย กวางตุ้ง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

คำนำ

ผักกาดฮ่องเต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica chinensis* var. *chinensis* เป็นพืชในวงศ์ Brassicaceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน ญี่ปุ่นและเอเชียกลาง ชื่อสามัญเรียกแตกต่างกันไปได้แก่ Pai Tsai Green, Pak-Choi และ Chinese Cabbage (ไฉน, 2542) เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส (เมืองทอง และ สุรีรัตน์, 2532) ผักกาดฮ่องเต้

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

เป็นผักที่ปลูกง่ายสามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด ที่มีค่า pH ประมาณ 6.5-6.8 (ทวีทอง, 2547) อย่างไรก็ตาม ด้วยความแตกต่างของพื้นที่ปลูก และวิธีการเขตกรรมที่ใช้ในการปลูกอาจส่งผลต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของผักกาดฮ่องเต้ ดังนั้นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งน่าจะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ปัจจุบันการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นและพืชผักที่นิยมปลูก ได้แก่ ผักกาดหอม พืชผักกินใบชนิดต่าง ๆ เช่น คะน้า ผักกาดฮ่องเต้ ผักบุ้งจีน ผักกาดขาว ขึ้นฉ่าย เป็นต้น เนื่องจากผู้บริโภคต้องการผักที่มีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง (พงพิพัฒน์, 2549) แต่การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชคือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) ของสารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นต้องควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม อีกทั้งงานทดลองที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้ง 2 ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ NFT ยังมีน้อย ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้าที่ของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดผักกาดฮ่องเต้มาห่อด้วยกระดาษเพาะชื้นด้วยสารละลายโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) 0.2% เป็นเวลา 2 วัน นำเมล็ดที่เริ่มงอกไปเพาะในวัสดุผสมระหว่างเวอร์มิคูไลท์:เพอร์ไลท์ อัตราส่วน 1:4 รดน้ำเป็นประจำทุกวันไม่ให้วัสดุเพาะแห้ง เมื่อต้นกล้าอายุได้ 7 วันหลังเพาะเมล็ด ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ความเข้มข้น 0.25 เท่า แทนน้ำ และย้ายต้นกล้าลงรางปลูกระบบ NFT เมื่ออายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด และเพิ่มความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารเป็น 0.5 เท่า เมื่อต้นกล้ามีอายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด ให้สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 1 เท่า การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของค่า pH ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ มี 3 ทรีทเมนต์ คือ pH 5.5, 6.5 และ 7.5 โดยควบคุมค่า EC ของสารละลายให้มีค่า 2.4 $mS{\cdot}cm^{-1}$ ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของค่า EC ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ มี 4 ทรีทเมนต์ คือ EC 1.8, 2.4, 3.0 และ 3.6 $mS{\cdot}cm^{-1}$ ควบคุมค่า pH ของสารละลายในแต่ละทรีทเมนต์ให้อยู่ในช่วง 6.0-6.5 ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง โดยในแต่ละการทดลองวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design บันทึกข้อมูลดังนี้ ค่า EC และ ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร ความสูงของต้น จำนวนใบ ความกว้างของทรงพุ่ม ความเขียวของใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและรากและปริมาณไนเตรท วิเคราะห์ปริมาณไนเตรทด้วยเครื่อง RQflex Reflectometer ยี่ห้อ Merck จากนั้นนำไปคำนวณตามสูตร (Takebe และ Yoneyama, 1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของค่า pH ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าค่า EC มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการดูดธาตุอาหารในระหว่างการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น ในสภาพที่ pH ของสารละลายมีค่าต่ำพืชจะดูด NO_3^- เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงปล่อย HCO_3^- ออกมาในปริมาณที่เท่ากันทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น (อิทธิสุนทร, 2538) แต่ในสภาพที่ pH ของสารละลายมีค่าสูงพืชจะดูดใช้ธาตุอาหารในรูป NH_4^+ มากกว่า NO_3^- ทำให้ค่า pH มีแนวโน้มลดลง จากการทดลองยังพบว่า pH ของสารละลายที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ โดยผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายที่มีค่า pH 5.5 มีความสูงของต้นมากที่สุดคือ 5.5 เซนติเมตร (Table 1) เนื่องจากเป็นช่วงที่ธาตุอาหารพืชมีความเป็นประโยชน์มากที่สุด (ยงยุทธ, 2546) ส่วนจำนวนใบและความกว้างของทรงพุ่มของผักกาดฮ่องเต้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (12.0 – 12.3 ใบ และ 29.2 – 30.5 เซนติเมตร ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่า pH ที่แตกต่างกันนั้นไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดฮ่องเต้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในเชิงปริมาณแล้ว การปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า pH 6.5 มีแนวโน้มทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุดคือ 81.36 และ 4.90 กรัม ตามลำดับ และ ค่า pH 5.5 มีแนวโน้มทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด คือ 5.60 และ 0.76 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของคุณภาพพบว่าค่า pH มีผลต่อคุณภาพของผักกาดฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า pH 6.5 ให้ความเขียวของใบสูงที่สุด 43.79 SPAD Unit เนื่องจากสภาพ pH ของสารละลายที่เป็นกรดอ่อน ช่วยให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้ดี (ยงยุทธ, 2546) แต่การปลูกในสารละลายที่มีค่า pH 5.5 ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีปริมาณไนเตรทสูงที่สุดคือ 5,145 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด อาจเป็นเพราะสภาพที่สารละลายมี pH ต่ำพืชจะดูดธาตุไนโตรเจนในรูป NO_3^- ได้มาก (อิทธิสุนทร, 2538)

Table 1 Plant height, leaf number, canopy with, shoot fresh and dry weights, root fresh and dry weights, leaf greenness and nitrate content of pak choi grown NFT with different pH levels of nutrient solution

pH	Plant height (cm)	Leaf number (leaf)	Canopy width (cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Leaf greenness (SPAD Unit)	Nitrate Content (mg/kg fresh weight)
5.5	5.5 a	12.3	29.2	75.1	4.4	5.6	0.76	42.1ab	5,145.0 a
6.5	4.5 ab	12.3	30.5	81.4	4.9	5.2	0.64	43.8 a	3427.5 b
7.5	4.2 b	12.0	30.9	76.3	4.5	4.7	0.62	39.9 b	5,107.5 a
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
C.V.%	19.3	5.9	11.2	32.1	24.1	30.4	34.9	8.8	18.3

* Mean followed by the same letter within a column are not significantly different 95% level by DMRT.

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของค่า EC ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ค่า EC มีการเปลี่ยนแปลง อยู่ในช่วงแคบๆ ในขณะที่ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง แต่มีค่าอยู่ในช่วง 6.0-6.5 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการดูดใช้ cation กับ anion ถ้าพืชดูดใช้ cation มากกว่า จะส่งผลให้ pH ของสารละลายธาตุอาหารลดลง แต่ถ้าพืชดูดใช้ anion มากกว่า จะทำให้ pH ของสารละลายธาตุอาหารมีค่าเพิ่มขึ้น (Ikeda, 2007) นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสูงและจำนวนใบของผักกาดฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) แต่ค่า EC มีผลต่อความกว้างของทรงพุ่ม น้ำหนักแห้งของต้นและราก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า EC 2.40 $mS{\cdot}cm^{-1}$ ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความกว้างของทรงพุ่มมากที่สุด คือ 32.75 ซม. ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นและรากมีค่ามากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่า 3.00 $mS{\cdot}cm^{-1}$ (4.94 และ 0.62 กรัม ตามลำดับ) สอดคล้องกับการทดลองของ Elia และคณะ (2001) ที่รายงานว่าเมื่อค่า EC เพิ่มสูงขึ้นจาก 2 เป็น 6 $mS{\cdot}cm^{-1}$จะทำให้น้ำหนักสดส่วนยอดและน้ำหนักผลของมะเขือเทศมีค่าลดลง ส่วนความเขียวของใบมีค่ามากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 3.60 $mS{\cdot}cm^{-1}$ โดยมีค่า 42.19 SPAD Unit เนื่องจากค่า EC ที่เพิ่มขึ้นสารละลายธาตุอาหารจึงมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทำให้พืชดูดธาตุไนโตรเจนได้เพิ่มขึ้น (ดิเรก, 2550) ส่งผลให้ผักกาดฮ่องเต้มีสีเขียวเข้ม-ในขณะที่ค่า EC ของสารละลายไม่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผักกาดฮ่องเต้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3,192.5 - 4,417.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด

Table 2 Plant height, leaf number, canopy width, shoot fresh and dry weights, root fresh and dry weights, leaf greenness and nitrate content of pak choi grown in NFT with different EC levels of nutrient solution

EC	Plant height (cm)	Leaf number (leaf)	Canopy width (cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Leaf greenness (SPAD Unit)	Nitrate Content (mg/kg fresh weight)
1.80	4.3	13.4	32.3 ab	4.9	64.3 b	5.7	0.44 ab	35.8 b	3,192.5
2.40	3.7	13.4	32.8 a	4.7	73.0 ab	5.7	0.57 a	40.1 a	3,517.5
3.00	4.1	13.3	30.9 ab	4.9	88.2 a	6.0	0.62 a	41.1 a	4,417.5
3.60	3.7	12	28.0 b	4.0	63.9 b	4.8	0.36 b	42.2 a	3,712.5
F-test	ns	ns	*	ns	*	ns	*	*	ns
C.V.%	17.8	9.8	11.7	23.0	28.7	29.5	40.5	8.0	25.2

* Mean followed by the same letter within a column are not significantly different 95% level by DMRT.

สรุปผล

การปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างกันไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้แตกต่างกัน ยกเว้นความสูงของต้น ความเขียวของใบ และปริมาณไนเตรท โดยการปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า pH 5.5 ให้ความสูงของต้น ความเขียวของใบ และปริมาณไนเตรท มากที่สุด และระดับ pH 6.5 ให้ค่าน้ำหนักสดมากที่สุดส่วนการปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า EC ต่างกันไม่มีผลต่อความสูงของต้น น้ำหนักสดของต้นและราก และปริมาณไนเตรท แต่การปลูกผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่มีค่า EC 2.40 mS·cm^{-1} ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีจำนวนใบ และความกว้างของทรงพุ่มมากที่สุด ดังนั้น ค่า pH และ EC ที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดกวางตุ้งคือ 6.5 และ 2.40 mS·cm^{-1} ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ไฉน ยอดเพชร, 2542, พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ดิเรก ทองอร่าม, 2550, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหลักการจัดการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 3, พิมพ์ดีการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 816 หน้า.

ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2547, สารานุกรมผัก, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.

พงพิพัฒน์ สุทธิบูลย์, 2549, ผลของความยาวและความลาดเอียงของรางปลูก NFT และอัตราการไหลของสารละลายที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนูญ ศิรินุพงศ์, 2544, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.

เมืองทอง ทวนทวี และ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ, 2532, สวนผัก, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2538, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic), ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2544, สารละลายธาตุอาหารพืช และการจัดการสารละลายธาตุอาหารพืช, *ใน* เอกสารวิชาการเรื่อง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

Elia, A., Serio, F., Parente, A., Santamaria, P. and Rodriguez, G.R., 2001, Electrical Conductivity of Nutrient Solution, Plant Growth and Fruit Quality of Soilless Grown Tomato, ActaHorticulturae, 559: 503 – 508.

Epstein, E., 1972, Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives John Wisley and Sons, Inc., New York.

Ikeda, H., 2007, Enviroment-friendly Soilless Culture and Fertigation Technique, pp. 55-72.

In Soilless Culture Workshop Handbook, during 5-6 January 2007, Department of Agriculture and Soilless Culture Forum of Thailand, ChiagMai.

Takebe, M. and Yoneyama, T., 1995, An Analysis of Nitrate and Ascorbic Acid in Crop Exudates using a Simple Reflection Photometer System, Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 66: 155-158.

การต้านโรคเบาหวานผ่านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากผักใบเปรี้ยวพื้นบ้านของไทย

Potential Diabetes Prevention through Key Enzymes Inhibition of Edible Sour Leaves from Thai Local Plants

อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1] พุทธชา สอนจันทร์[1] และ กัลยารัตน์ เครือวัลย์[1]
Suttisansanee, U.[1], Sornchan, P.[1] and Kruawan, K.[1]

Abstract

Diabetes mellitus is a disorder of the body not producing enough insulin to reach body requirement, resulting in high blood sugar levels over time. The main goal in diabetic treatment is to reduce glucose to normal levels. An alternative medicinal treatment of diabetes is to inactivate the key enzymes related to glucose production such as α–glucosidase and α–amylase. Currently, the investigation in natural products that can act as neutraceutical foods is of an interesting matter to promote health benefits. Five local plants in Thailand including *Garcinia cowa*, *Spondias pinnata*, *Syzygium gratum*, *Tamarind indica* and *Cratoxylum formosum* produce sour leaves that were found to contain high total phenolic compounds and antioxidants. Thus, it is highly possible that these plants will exhibit potential anti-α-glucosidase and anti-α-amylase activities as well, since previous study had suggested that some antioxidants could possess multi-functional activities (i.e. being anti-oxidatant, anti-α- glucosidase and anti-α-amylase agents). To investigate this hypothesis, anti-α-glucosidase and anti-α-amylase activities were examined using a high-throughput colorimetric assay. It was found that *S. pinnata* extract exhibited the highest anti-α-glucosidase (99% inhibition), followed by *S. gratum, T. indica*, *G. cowa* and *C. formosum*, respectively. On the other hand, *S. pinnata* extract exhibited the lowest α-amylase inhibitory activity (8% inhibition), while *C. formosum* extract exhibited the highest inhibitory activity (32% inhibition). Thus, *S. pinnata* and *C. formosum* could be the promising source for novel therapeutic agents for prevention of diabetes through α-glucosidase and α-amylase inhibitory pathways.

Keywords: anti-glucosidase activity, anti-amylase activity, diabetes, sour leaves, local plants

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานเป็นโรคที่ร่างกายผลิตอินซูลินไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ดังนั้นเป้าหมายหลักในการรักษาโรคเบาหวานคือการลดระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ ซึ่งหนึ่งในทางเลือกในการรักษาโรคเบาหวานคือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลกลูโคส เช่น เอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสและเอนไซม์แอลฟ่า-อะไมเลส ปัจจุบันพบว่า ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสามารถทำหน้าที่เป็นโภชนเภสัช (อาหารที่มีฤทธิ์ทางยา) เป็นเรื่องที่กำลังได้รับความสนใจในเชิงการส่งเสริมประโยชน์ต่อสุขภาพ พืชท้องถิ่นในประเทศไทย 5 ชนิด รวมทั้ง ชะมวง มะกอก เม็ก มะขาม และติ้ว ที่มีใบรสเปรี้ยวอันประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่า พืชเหล่านี้จะมีศักยภาพในการยับยั้งการทำงานเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสและเอนไซม์แอลฟ่า-อะไมเลสได้ เนื่องจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดได้ด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นในการตรวจสอบสมมติฐานข้อนี้สามารถทำได้โดยการทดสอบการยับยั้งการทำงานเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดด้วยกระบวนการวิเคราะห์โดยใช้สารบ่งชี้ที่มีสี จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากใบมะกอกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส (มีค่าการยับยั้งร้อยละ 99) ได้ดีกว่าใบเม็ก ใบมะขาม ใบชะมวง และใบติ้ว ตามลำดับ ในทางกลับกัน สารสกัดจากใบมะกอกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-อะไมเลสได้น้อยที่สุดโดยมีค่าการยับยั้งร้อยละ 5 ในขณะที่ใบติ้วมีค่าการยับยั้งสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 29 ดังนั้นใบมะกอกและใบติ้วอาจจะเป็นแหล่งของสารที่มีแนวโน้มในการป้องกันโรคเบาหวานผ่านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสและเอนไซม์แอลฟ่า-อะไมเลส

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านเอนไซม์กลูโคซิเดส ฤทธิ์ต้านเอนไซม์อะไมเลส โรคเบาหวาน ผักใบเปรี้ยว พืชพื้นบ้านของไทย

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

The incidence of diabetes has increased every year and become a major problem of public health. Diabetes mellitus is a disorder of the body not producing enough insulin to reach body requirement. Usually, dietary sugars pass into cells for energy build up under the control of insulin hormone. In the case of diabetes, insulin does not work efficiently, resulting in high blood sugar levels over time. The main goal in diabetic treatment is to reduce glucose to normal levels with the use of oral and injected insulin along with dietary control and exercise. There is also an alternative treatment of diabetes, including drugs with properties to inhibit function of enzyme related to glucose production such as α–glucosidase and α–amylase. Thus, inhibition of these enzymes could lead to lower rate of glucose absorption.

Currently, the investigation in natural products that can act as nutraceutical foods is of an interesting matter to promote health benefits. Medicinal plants possess advanced benefits in relevant to the belief of safe and dependable consumption as well as lower price than synthesized drug that might exhibit adverse effects. Five local plants in Thailand including *Garcinia cowa*, *Spondias pinnata*, *Syzygium gratum*, *Tamarind indica* and *Cratoxylum formosum* produce sour leaves that can be either cooked in many main dishes or consume as fresh leave as side dish. These plants have been intensively studied regarding their antioxidant activities, anti-microbial activities, cytotoxic effect toward cancer cell lines and anti-inflammatory. Nevertheless, the information on controlling of diabetes through inhibition of α–glucosidase and α–amylase has yet to be reported. Thus, the aim of this study was to investigate and compare the α–glucosidase and α–amylase inhibitory activities from sour leaves of these Thai local plants.

Materials and Methods

Fresh leaves of *G. cowa*, *S. pinnata*, *S. gratum*, *T. indica* and *C. formosum* were selected and washed with deionized water before being freeze-dried. The dry samples then ground into fine powder by a cyclotex sample mill (series 1903 with 200–240V and 50/60 Hz from FOSS, Höganäs, Sweden) before being stored at –20°C. The crude extract were then prepared by mixing dry plant powder (4 g) in 70% (v/v) aqueous ethanol (400 mL) and extracted for 6 hours using a Soxhlet extractor at 40 °C. All samples were then dissolved in minimal volume of DMSO and stored at –20°C for further analysis.

The determination of inhibitory activity was performed by the colorimetric couple assays. The anti-α-glucosidase assay consisted of *Saccharomyces cerevisiae* α-glucosidase (0.1 U/mL), *p*-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside (pNPG*,* 0.5 mM) and extract samples (0.05 mg/mL) in assay buffer (50 mM KPB, pH 7.0). The anti-α-amylase assay consisted of porcine pancreatic α-amylase (4 mg), *p*-nitrophenyl-α-D-maltopentanoside (PNPG5*,* 6.25 mM) and extract samples (0.05 mg/mL) in assay buffer (50 mM KPB, pH 7.0). Both assays were monitored at 405 nm using a microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) and a Gen5 data analysis software. The results were calculated as a percentage of inhibitory activity using the equation; %Inhibition = 100 x (1 – ((*B*–*b*)/(*A*–*a*))), where *A* is an initial velocity of the control reaction with enzyme, *a* is an initial velocity of the control reaction without enzyme, *B* is an initial velocity of the enzyme reaction with extract and *b* is an initial velocity of the reaction with extract but without enzyme. All data were expressed as mean of triplicate assays ± standard deviation (SD). One way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison tests were performed to determine the significant differences between values with $p<0.05$. All statistical analysis was carried out using SPSS statistical analysis (version 17 for Windows, SPSS Inc., Chicago, USA).

Results

As results, *S. pinnata* extract exhibited the highest anti-α-glucosidase (99% inhibition), followed by *S. gratum* (88%), *T. indica* (83%), *G. cowa* (20%) and *C. formosum* (3%), respectively (Figure 1). On the other hand, the results from α-amylase inhibitory activities were seemed to be in the opposite trend, in which *S. pinnata* extract exhibited the lowest α-amylase inhibitory activity (8% inhibition). Interestingly, *C. formosum* extract with the lowest anti-α-glucosidase activity exhibited the highest α-amylase inhibitory activity (32% inhibition).

Discussion

High anti-α-glucosidase activity as being observed in *S. pinnata* might be a result of several bioactive compounds, including flavonoids, glycosides, alkaloids, carbohydrates, saponins, steroids and gums. Gums were found to contain acidic polysaccharides i.e., β-amyrin, oleanolic acid and some amino acids (Ghosal and Thakur, 1981). It was previously found that β-amyrin acetate derived from *Tabernaemontana dichotoma* could act as a potent α-glucosidase inhibitor and could become a new oral hypoglycemic drug in the treatment of type II diabetes (Wijayabandara *et al.*, 2006). This drug exhibits approx. 35 times of inhibitory activity higher than acarbose, an anti-α-glucosidase agent widely prescribed to type II diabetes patients.

High anti-α-amylase activity as being observed in *C. formosum* might come from its chemical compositions i.e., chlorogenic acid, quinine acid derivatives and other phenolic compounds (Sripanidkulchai *et al.*, 2010). It was found that chlorogenic acid could act as a mixed-type inhibitor and inhibit porcine pancreatic α-amylase with K_i (inhibition constant) of 0.23 mM and K_i' of 0.05 mM (Narita and Inouye, 2009). Comparing to acarbose with K_i of 0.80 μM and K_i' of 0.87 μM (Yoon and Robyt, 2003), chlorogenic acid is only an average inhibitor against α-amylase. These data might explain the moderated α-amylase inhibitory activity as being observed in *C. formosum*.

Summary

Medicinal plants or green medicines are an important therapeutic alternative pathway for treatment and prevention of various ailments. As reported here, all of the edible plants that produce sour leaves including *G. cowa*, *S. pinnata*, *S. gratum*, *T. indica* and *C. formosum* possess medical properties toward diabetes *via* inhibition of two key enzymes, α-glucosidase and α-amylase. It could be concluded that *S. pinnata* is a potent source of anti-α-glucosidase agents, while *C. formosum* is a potent source of anti-α-amylase agents.

Literature cited

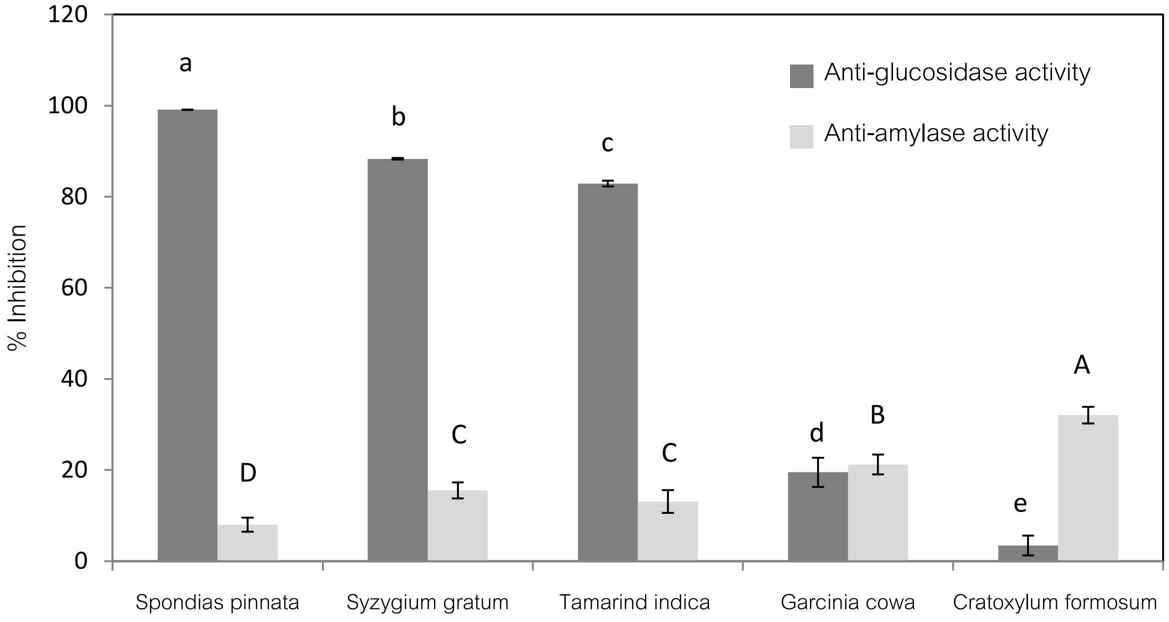
Ghosal, P.K. and Thakur, S., 1981, Structural Features of the Acidic Polysaccharide of Spondias Pinnata Gum Exudates, Carbohydrate Research, 98: 75–83

Narita, Y. and Inouye, K., 2009, Kinetic Analysis and Mechanism on the Inhibition of Chlorogenic Acid and Its Components against Porcine Pancrease α-amylase Isozymes I and II, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 9218-9225.

Sripanidkulchai, K., Teepsawang, S. and Sripanidkulchai, B., 2010, Protective Effect of *Cratoxylum formosum* Extract against Acid/Alcohol-induced Gastric Mucosal Damage in Rats, Journal of Medicinal Food, 13(5): 1097-1103.

Wijayabandara, M.D.J., Khan, S.N. and Choudhary, M.I., 2006, Novel Alpha-glucosidase Inhibitor from Tabernaemontana dichotoma, patent US20080103201 A1

Yoon, S.H. and Robyt, J.F., 2003, Study of the Inhibition of Four Alpha Amylases by Acarbose and Its 4IV-α-Maltohexaosyl and 4IV-α-maltododecaosyl Analogues, Carbohydrate Research, 338: 1969-1980.



Samples	% Inhibition	
	α-glucosidase	α-amylase
Spondias pinnata	99.10 ± 0.05^{a}	8.00 ± 1.55^{A}
Syzygium gratum	88.33 ± 0.17^{b}	15.48 ± 1.76^{B}
Tamarind indica	82.86 ± 0.63^{c}	13.08 ± 2.47^{C}
Garcinia cowa	19.50 ± 3.22^{d}	21.22 ± 2.20^{C}
Cratoxylum formosum	3.42 ± 2.17^{e}	32.03 ± 1.84^{D}

Figure 1 The α-glucosidase and α-amylase inhibitory activities of Thai local plants with sour leaves (0.05 mg/mL) including *G. cowa*, *S. pinnata*, *S. gratum*, *T. indica* and *C. formosum*. The different letters including a-e and A-D within same α-glucosidase and α-amylase inhibitory activities, respectively, showed the mean significantly difference at *p* value < 0.05 using one-way ANOVA followed by Tukey's *post hoc* test.

ฤทธิ์ต้านเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสจากสารสกัดใบแปะตำปึง โดยวิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว

Anti-acetylcholinesterese Activities from *Gynura procumbens* Leaves Extracted using Response Surface Methodology

ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา[1] วรางคณา ศรีจำนงค์[1] ชลัท ศานติวรางคณา[1] นัฐพล ตั้งสุภูมิ[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Phanyotha, T.[1], Srichamnong, W.[1], Santivarangkna, C.[1], Tangsuphoom, N.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Gynura genus, especially *Gynura procumbens*, is a folk medicinal plant, which is consumed customarily as a side dish vegetable. The plant contains high quantity of total phenolic compounds and total flavonoids, some of which are natural antioxidants with well-known biological functions against oxidative stress. Besides, some Gynura have been reported to provide pharmacological functions against non-communicable diseases through particular pathway of key enzyme inhibition. Nevertheless, limited information is available regarding the properties against Alzheimer's disease through acetylcholinesterase (AChE) inhibitory activity. Thus, the aim of this study was to determine anti-AChE activities of *G. procumbens* extract and to optimize extraction conditions of anti-AChE agents. Freeze-dried *G. procumbens* leaves were extracted using the conditions programmed by Central Composite Design (CCD) in response surface methodology (RSM). The extraction conditions were 30-90 mins of extraction time (X_1), 20-60% (v/v) aqueous ethanol (X_2) and 30-50% (v/w) liquid-to-solid ratio (X_3). As results, *G. procumbens* (0.2 g) extract exhibited anti-AChE activities ranged from -5 to 69% inhibition. The highest anti-AChE activities were found to be under the conditions of 60 mins of extraction time, 40% (v/v) aqueous ethanol and 40% (v/w) liquid-to-solid ratio. The information received from this experiment could increase the extraction efficiency of anti-AChE agents, which can be further developed into industrial production of neutraceuticals or dietary supplement from *G. procumbens* leaves.

Keywords: *Gynura procumbens*, acetylcholinesterese inhibitor, response surface methodology

บทคัดย่อ

พืชสายพันธุ์ Gynura โดยเฉพาะอย่างยิ่งแปะตำปึง (*G. procumbens*) เป็นพืชสมุนไพรท้องถิ่น มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาวานอยด์รวมในปริมาณมาก โดยทราบกันดีว่าสารเหล่านี้มีความสามารถทางชีวภาพในการต้านภาวะเครียดออกซิเดชัน และยังมีรายงานว่าสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่สำคัญบางชนิดซึ่งมีผลต่อการควบคุมโรคโดยเฉพาะ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมโรคอัลไซเมอร์ผ่านการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสของสารสกัดแปะตำปึงยังมีจำกัด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือการหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส โดยเงื่อนไขที่ทำการศึกษาต่อตัวอย่างแห้ง 0.2 กรัม ได้แก่ เวลา (X_1, 30-90 นาที) ความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอล (X_2, ร้อยละ 20-60 โดยปริมาตร) และอัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (X_3, ร้อยละ 30-50 ปริมาตรต่อปริมาณ) จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (CCD) โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสอยู่ในช่วงร้อยละ -5 ถึง 69 ส่วนสภาวะการสกัดที่เหมาะสมได้แก่ การใช้เวลาในการสกัด 60 นาที ตัวทำละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยปริมาตร และอัตราส่วนของเหลวต่อของแข็งร้อยละ 40 ปริมาตรต่อปริมาณ ข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารต้านเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส และสามารถที่จะพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมการผลิตของโภชนเภสัชหรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากใบแปะตำปึงในอนาคตได้

คำสำคัญ: แปะตำปึง เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส พื้นผิวโครงร่างตอบสนอง

---

[1]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1]Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Alzheimer's disease (AD) is a neurological disorder, which is the most common form of dementia among elderly people. This disease could lead to brain cell death without replacement of new cells. Thus, the functions of brains are deteriorating. The causes of AD consist of several hypotheses such as genetic, oxidative stress induced tissue damage, abnormality of Tau protein, formation of ß–amyloid plaques and decreased cholinergic synapses. The last hypothesis is of interest, in which medicinal pathway for AD is followed. The cholinergic function relies on the rapid hydrolysis of the neurotransmitter, acetylcholine (ACh), by cholinesterases (Francis *et al*., 1999). The major cholinesterases in a human brain are comprised of two enzymes; acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE) (Mesulam *et al*., 2002). Hence, inhibition of these enzymes is one of the pathways currently employed to support the prevention and treatment of AD.

So far, anti-AD drugs are synthetic medicines (i.e., tacrine and donepezil) and the natural product-based rivastigmine (Oh *et al*., 2004). These drugs are employed to reduce the rate of broken down acetylcholine (Geula and Mesulam, 1995). However, these drugs possess side effects such as nausea and vomiting, both of which are linked to cholinergic excess (Raschetti *et al*., 2007). Therefore, the substituted compound from natural product that has high potential for AChE inhibition without severe side effects is currently of interest.

Gynura genus, especially *Gynura procumbens*, is a folk medicinal plant, which found in all parts of Thailand and consumed customarily as a side dish vegetable. The plants contain high quantity of total phenolic compounds (TPC) and total flavonoids, some of which are natural antioxidants with well-known biological functions against oxidative stress. However, limited information is available regarding the pharmacologic properties against AD through AChE inhibition. Thus, the aim of this study was to determine AChE inhibitory activities of *G. procumbens* leaves extracted using response surface methodology (RSM).

Materials and Methods

Fresh leaves of *G. procumbens* were freeze-dried and ground into fine powder by a cyclotex sample mill (series 1903 with 200–240 V and 50/60 Hz from FOSS, Höganäs, Sweden) before being stored at –20°C. Sample powder was extracted according to conditions programmed by Central Composite Design (CCD) in response surface methodology (RSM). The extraction parameters including extraction time (X_1), concentration of ethanol (X_2), liquid-to-solid ratio (X_3) and extraction temperature (X_4) were examined. The ranges in each factor were relied on the results of preliminary single factor experiments. The mixture after extraction was centrifuged at 2,810 g for 10 minutes. The supernatant was collected and filtered through Whatman No.1 filter paper. The filtrate was then kept at -20°C for further analysis.

The cholinesterase activity was determined utilizing a well-established protocol (Jung *et al*., 2009) with some changes as follows. The inhibitory enzyme assay consisted of *Electrophorus electricus* AChE (5-20 µg), acetylthiocholine (ATCh, 0.08 mM), 5–5'–dithiobis (2–nitrobenzoic acid) (DTNB, 0.8 mM) and *G. procumbens* extracts. The reaction was then monitored at a wavelength of 412 nm using a microplate reader (BioTek Instrumental, Inc., Winooski, VT) and Gen5 data analysis software. The inhibitory activity was determined as percentage of inhibition as follows.

$$\%\text{Inhibition} = 100 \times (1 - ((B-b)/(A-a))),$$

where A is an initial velocity of the control reaction with enzyme, a is an initial velocity of the control reaction without enzyme, B is an initial velocity of the enzyme reaction with extract and b is an initial velocity of the reaction with extract but without enzyme. One way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison tests were performed to determine significant differences between values ($p<0.05$). All statistical analyses were carried out using SPSS software for window (version 16.0, SPSS Inc., IL, USA).

Results and Discussion

Even though *G. procumbens* is widely investigated regarding its biological functions (i.e. antioxidants), no information on anti-AD property is available. These studies were, thus, aimed to investigate the AChE inhibitory activity of *G. procumbens* leaves under designed extraction conditions by using RSM. The results of preliminary single factor experiments suggested that the extraction temperatures of 30-90 °C yielded no significant difference in AChE inhibitory activity. Thus, the RSM parameters were performed using 30–90 minute of extraction time (X_1), 20–60% (v/v) ethanol concentration (X_2) and 30–50 (v/w) liquid-to-solid ratio (X_3). Each condition was tested under extraction temperature of 30 °C. As results, *G. procumbens* leaves extract (0.2 g of sample) exhibited AChE inhibitory activities, which were ranged from -5 to 69% inhibition. The highest inhibitory activity was found under X_1 = 60 minutes, X_2 = 40% (v/v) of ethanol and X_3 = 40% (v/w) of liquid-to-solid ratio. By applying multiple regression analysis on the experimental data, the response variables (AChE inhibitory activities) and the test variables are related by the following second-order polynomial equation;

$$Y = -155.1 + 0.459X_1 + 5.325X_2 + 6.35X_3 + 0.0048X_1X_2 - 0.0004X_1X_3 - 0.028X_2X_3 - 0.00563X_1^2 - 0.06622X_2^2 - 0.0701X_3^2$$

Statistical analysis of variance (ANOVA) for the regression equation suggested that the linear term (except X_2) and quadratic term (except for X_2^2 and X_3^2) were significantly different ($p < 0.05$), whereas the interaction was not (Table 1). These data indicated that the relationship between response variable and the test variables was not simply a linear one. ANOVA for the lack of fit was not significantly different ($p > 0.05$) for the model, indicating that the model could adequately fit the experiment data. The value of R_{Adj}^2 (0.9036) for the equation was reasonably close to 1, suggesting a high degree of correlation between observed and predicted values. All these data suggested that the model is suitable for optimizing the extraction conditions of *G. procumbens* leaves.

Three-dimensional response surface plots suggested that an increase in aqueous ethanol concentration (X_2) and liquid-to-solid ratio (X_3) resulted in elevated AChE inhibitory activities, which reached its maximum at the certain levels (Figure 1). On the other hand, the extraction time (X_1) rarely affected the change on AChE inhibitory activities, while an initial increase in AChE inhibitory activities started to diminish when extraction time and liquid-to-solid ratio continuingly elevated. Thus, the key extraction factors were the concentration of aqueous ethanol and liquid-to-solid ratio.

Summary

RSM design could be a useful tool for the determination of the optimal extraction conditions regarding AChE inhibitory activities of *G. procumbens* leaves. The highest AChE inhibitory activities of *G. procumbens* extracts were found to be under the extraction conditions of 40% (v/v) aqueous ethanol, 60 minutes of extraction time and 40% (v/w) of liquid-to-solid ratio. The information obtained from this experiment could enhance the extraction proficiency of AChE inhibitor agents, which can be further developed into industrial production of neutraceuticals or dietary supplement from *G. procumbens* leaves.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the financial supports from the Institute of Nutrition, Mahidol University and the Nutrition Association of Thailand through Amway for Nutrition Research Grant 2013.

Literature cited

Francis, P.T., Palmer, A.M., Snape, M. and Wilcock, G.K., 1999, The Cholinergic Hypothesis of Alzheimer's Disease: A Review of Progress, Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 66(2): 137-47.

Geula, C. and Mesulam, M.M., 1995, Cholinesterases and the Pathology of Alzheimer Disease, Alzheimer Disease and Associated Disorders, 9(Suppl)(2): 23-28.

Jung, H.A., Min, B.S., Yokozawa, T., Lee, J.H., Kim, Y.S. and Choi, J.S., 2009, Anti-alzheimer and Antioxidant Activities of Coptidis Rhizoma Alkaloids, Biological and Pharmaceutical Bulletin, 32(8): 1433-1438.

Mesulam, M.M., Guillozet, A., Shaw, P., Levey, A., Duysen, E.G. and Lockridge, O., 2002, Acetylcholinesterase Knockouts Establish Central Cholinergic Pathways and Can Use Butyrylcholinesterase to Hydrolyze Acetylcholine, Neuroscience, 110(4): 627-639.

Oh, M.H., Houghton, P.J., Whang, W.K. and Cho, J.H., 2004, Screening of Korean Herbal Medicines Used to Improve Cognitive Function for Anti-cholinesterase Activity, Phytomedicine, 11(6): 544-548.

Raschetti, R., Albanese, E., Vanacore, N. and Maggini, M., 2007, Cholinesterase Inhibitors in Mild Cognitive Impairment: a Systematic Review of Randomised Trials, PLoS Medicine, 4(11): 338.

Table 1 Analysis of variance (ANOVA) for the regression equation.

SD	DF	SS	F value	Prob > F	Significant
Model	9	1638.8	20.79	0.000	**
X_1	1	19.2	0.24	0.632	
X_2	1	3709.7	47.07	0.000	**
X_3	1	240.8	3.05	0.111	
X_1X_2	1	67.0	0.85	0.378	
X_1X_3	1	0.1	0.00	0.971	
X_2X_3	1	260.1	3.30	0.099	
X_1^2	1	370.4	4.70	0.055	
X_2^2	1	10111.5	128.30	0.000	**
X_3^2	1	708.4	8.99	0.013	*
Lack of fit	5	131.0	4.92	0.053	

SD: sources of deviation; DF: degree of freedom; SS: sum of squares; S: significant; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Figure 1 Three- dimensional plots of AChE inhibitory activities, including (A) response plot of time (X_1) *vs.* ethanol concentration (X_2), (B) response plot of time (X_1) *vs.* liquid-to-solid ratio (X_3) and (C) response plot of ethanol concentration (X_2) *vs.* liquid-to-solid ratio (X_3).

การลดความเปรี้ยวของไวน์สับปะรดด้วยแบคทีเรียกรดแล็กติกสายพันธุ์ทางการค้า และออโตโคนัสไอโซเลท

Deacidification of Pineapple Wine with Commercial Strains and Autochthonous Isolates of Lactic Acid Bacteria

กนกวรรณ ทองแม้น[1] ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา[1] และ ภาวินี ดีแท้[2]
Tongman, K.[1], Prakitchaiwattana, C.[1] and Deetae, P.[2]

Abstract

This study aimed to investigate the de-acidification of pineapple wine. The fresh whole pineapple juice was fermented by yeasts *Hanseniaspora psuedoguilliermondii* and *Saccharomycodes ludwigii*, autochthonous isolates from natural fermented pineapple juices. Wine was then de-acidified by LAB, commercial strains and autochthonous isolates lactic acid bacteria by fermenting with single starters of *Oenococcus oeni* Enoferm® ALPHA, *Lactobacillus brevis* and *L. plantarum* and with mixed starters of *O. oeni* Enoferm® ALPHA and *L.brevis* , and *O. Oeni* Enoferm® ALPHA and *L. plantarum.* The wine prepared contained 11.5 ± 0.28 %(v/v) of alcohol, 0.39 ± 0.00 %(w/v) of Total Titratable Acidity (TAA, as citric acid) and 18.25 ± 1.37 mg/ml of Reducing sugar (RS) with pH 3.67 ± 0.01. After de-acidification by LAB fermentation at 25-30°C for 4 weeks, TTA of wines fermented with all types of starters were significantly reduced ($p \leq 0.05$), excepting *O. oeni* Enoferm® ALPHA. pH values of wine with single starter of *O. oeni* Enoferm® ALPHA was significantly reduced whereas pH of wines with other types of LAB starters were not significantly different from the non-deacidified wine. It was found that pH of wine with single starter of *L.brevis* both non-deacidified wine and deacidified wine was significantly increased. Reducing sugar contents of all de-acidified wines were significantly increased.

Keywords: pineapple wine, deacidification, lactic acid bacteria

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดความเปรี้ยวของไวน์สับปะรด โดยหมักน้ำสับปะรดสดครบส่วนที่หมักด้วยออโตโคนัสยีสต์ *Hanseniaspora psuedoguilliermondii* และ *Saccharomycodes ludwigii* ที่แยกได้จากน้ำสับปะรดหมักธรรมชาติ แล้วจึงลดความเปรี้ยวของไวน์โดยการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแล็กติก (LAB) สายพันธุ์ทางการค้าและออโตโคนัสไอโซเลททั้งในรูปแบบกล้าเชื้อเดี่ยว ได้แก่ *Oenococcus oeni* Enoferm® ALPHA, *Lactobacillus brevis* และ *L. Plantarum* และกล้าเชื้อผสมระหว่าง *O. oeni* Enoferm® ALPHA กับ *L.brevis* และ *O. oeni* Enoferm® ALPHA กับ *L. plantarum* โดยไวน์มีค่าเริ่มต้น คือค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.67 ± 0.01, ปริมาณแอลกอฮอล์ 11.5 ± 0.28 %(v/v), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TTA) 0.39 ± 0.00 % (w/v) และน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) 18.25 ± 1.37 mg/ml ตามลำดับ เมื่อลดความเปรี้ยวของไวน์โดยหมักด้วย LAB ที่อุณหภูมิประมาณ 25-30°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณกรดในการหมักทุกรูปแบบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้น *O. oeni* Enoferm® ALPHA และค่า pH ของไวน์ที่หมักด้วย *O. oeni* Enoferm® ALPHA มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ pH ของไวน์ที่หมักด้วย LAB รูปแบบอื่นมีค่าไม่แตกต่างจากไวน์เริ่มต้น แต่พบว่าไวน์ที่หมักด้วย *L.brevis* มีค่า pH สูงกว่าไวน์ทั้งก่อนและหลังการลดความเปรี้ยวด้วย LAB ทุกรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของไวน์ที่ผ่านการลดความเปรี้ยวทุกรูปแบบมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ไวน์สับปะรด การลดความเปรี้ยว แบคทีเรียกรดแล็กติก

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Patumwan, Bangkok, 10330
[2]สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ไทรโยค กาญจนบุรี 71150
[2]Division of Food Industry, Mahidol University, Kanchanaburi campus, Saiyok, Kanchanaburi, 71150

คำนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ อีกทั้งยังมีการบริโภคอย่างแพร่หลายและให้ผลผลิตตลอดทั้งปี การนำสับปะรดมาทำไวน์เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ แต่ปัญหาที่พบ คือ ปัจจุบันไวน์สับปะรดยังอยู่ในระดับผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน และยังไม่มีงานวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ที่สามารถใช้ในการพัฒนาคุณภาพไวน์สับปะรดอย่างเป็นระบบ ถึงแม้ว่าน้ำสับปะรดจะมีสมบัติในการทำไวน์ คือ มีน้ำตาลปริมาณสูงและมีกลิ่นรสหอมหวานและเป็นน้ำผลไม้ที่มีเอนไซม์กลุ่มโปรตีเอสที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ แต่เนื่องจากน้ำสับปะรดมีความเป็นกรดสูง ทำให้ในกระบวนการทำไวน์สับปะรดต้องเจือจางความเข้มข้นของน้ำสับปะรดโดยการเติมน้ำเพื่อลดความเปรี้ยว ซึ่งเป็นวิธีทั่วไปในการทำไวน์ผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง จึงส่งผลให้ไวน์สับปะรดที่ผลิตด้วยเทคนิคดังกล่าวขาดกลิ่นรสของน้ำสับปะรดสดดังที่ควรจะเป็น จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนาคุณภาพด้านกลิ่นรสของไวน์สับปะรดโดยการหมักน้ำสับปะรดคั้นสดครบส่วนและลดความเป็นเปรี้ยว (deacidification) โดยอาศัยกระบวนการหมักของแบคทีเรียกรดแล็กติกซึ่งสามารถเปลี่ยนกรดมาลิกและกรดซิตริกที่มีรสเปรี้ยวแหลมให้เป็นกรดแล็กติกซึ่งมีรสนุ่มลง ทำให้รสเปรี้ยวน้อยลง อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงรสชาติ รวมถึงเพิ่มเสถียรภาพทางจุลินทรีย์ด้วย (Lonvaud-Funel, 1999; Fleet, 2001)

อุปกรณ์และวิธีการ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก ได้แก่ ยีสต์ *Saccharomycodes ludwigii* S1 (Chanprasartsuk และคณะ, 2010a) และ*Hanseniaspora psuedoguilliermondii* PR1 แบคทีเรียกรดแล็กติก *Lactobacillus brevis* และ *L. Plantarum* ซึ่งเป็นออโตโคนัสไอโซเลทแยกได้จากน้ำหมักสับปะรดธรรมชาติ ของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และแบคทีเรียกรดแล็กติกสายพันธุ์ทางการค้า *Oenococcus oeni* Enoferm® ALPHA บริษัท Lallemand MBR® ประเทศออสเตรเลีย

สับปะรดที่ใช้คือ พันธุ์ปัตตาเวีย (*Ananus comosus* (L.) Mer) เตรียมน้ำหมักโดยคั้นน้ำจากผลสด ปรับค่าความหวานด้วยน้ำตาลทราย แล้วบรรจุน้ำสับปะรดลงในภาชนะสำหรับการหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเติมสารเคมีโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย 200 ppm เพื่อลดการปนเปื้อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

หมักไวน์ โดยเตรียมกล้าเชื้อยีสต์ในน้ำสับปะรดปลอดเชื้อ เติมลงน้ำหมักสับปะรดที่เตรียมไว้ให้มีประชากรเริ่มต้น 10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร หมักที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}C$ เป็นเวลา 7 วันหรือจนกว่าจะได้ไวน์คุณภาพตามต้องการ (Chanprasartsuk และคณะ, 2010b) แล้วนำไวน์ไปลดอุณหภูมิเพื่อตกตะกอนเซลล์ยีสต์ นำส่วนใสถ่ายใส่ภาชนะใหม่

ลดความเปรี้ยวของไวน์ โดยนำเชื้อกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกทั้งรูปของกล้าเชื้อเดี่ยวและกล้าเชื้อผสมระหว่าง *O. oeni* Enoferm® ALPHA กับ *L.brevis* และ *O. oeni* Enoferm® ALPHA กับ *L. plantarum* ที่เตรียมในน้ำสับปะรดปลอดเชื้อ เติมลงในให้มีจำนวนเซลล์เริ่มต้นประมาณ 10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำไปหมักที่อุณหภูมิประมาณ 25-30°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในระหว่างการหมักติดตามค่าการเปลี่ยนแปลงกระบวนการหมัก ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH meter, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) โดยวิธีของ Somogyi – Nelson (Somogyi, 1952), ปริมาณกรดโดยวิธีการไทเทรต (TTA) (AOAC,2002) และจำนวนแบคทีเรียกรดแล็กติกเชื้อเดี่ยว โดยวิธี spread plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Man Rogasa Sharpes (MRS agar) สำหรับเชื้อผสมใช้ MRS agar ที่เติม bromcresol green

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ไวน์สับปะรดที่เตรียมจากน้ำสับปะรดคั้นสดครบส่วนหมักด้วยหัวเชื้อผสมของยีสต์ออโตโคนัสไอโซเลท *S'codes ludwigii* และ *H. psuedoguilliermondii* พบว่า ไวน์มีค่า pH, RS, TTA และปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าเท่ากับ 3.67, 18.25, 0.39 และ 11.5 %v/v ตามลำดับ (Table 1) โดยคุณสมบัติของไวน์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับไวน์สับปะรดที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสตามรายงานของ Chanprasartsuk และคณะ (2010b) แต่คะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับประมาณ 5 จากการทดสอบด้วย Hedonic Scale 9 points และไวน์มีรสเปรี้ยวมากเกินไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทดลองลดความเปรี้ยวของไวน์สับปะรดด้วยการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแล็กติก (LAB) สายพันธุ์ทางการค้าและออโตโคนัสไอโซเลท

Table 1 Basic chemical characteristic pineapple wine and deacidification with lactic acid bacteria.

Components	non-deacidified wine	LAB starters				
		L. brevis	*L. plantarum*	*O.oeni* Enoferm® ALPHA	*O. oeni* + *L. brevis*	*O. oeni*+ *L. plantarum*
pH	3.67± 0.01^{bc}	3.72 ± 0.03^{a}	3.68 ± 0.01^{b}	3.64 ± 0.01^{d}	3.66 ± 0.02^{bc}	3.67 ± 0.01^{c}
TTA (%w/v)	0.39 ± 0.00^{a}	0.36 ± 0.02^{b}	0.36 ± 0.02^{b}	0.38 ± 0.01^{a}	0.36 ± 0.00^{b}	0.36± 0.00^{b}
RS (mg/ml)	18.25 ± 1.37^{e}	31.00 ± 4.93^{d}	27.31 ± 2.81^{d}	41.88 ± 6.33^{c}	62.63 ± 1.20^{a}	60.13 ± 6.86^{b}

Means within the same row followed by different small letters are significantly different, $p \leq 0.05$.

เมื่อหมักไวน์ที่เตรียมได้ข้างต้นด้วย LAB พบว่า ค่า pH ของไวน์ที่หมักด้วย *O. oeni* Enoferm® ALPHA มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่า pH ของไวน์ที่หมักด้วย LAB ในรูปแบบอื่นมีค่าไม่แตกต่างจากไวน์ที่ไม่ผ่านการลดความเปรี้ยว แต่พบว่าไวน์ที่หมักด้วย *L. brevis* มีค่า pH สูงกว่าไวน์ทั้งก่อนและหลังการลดความเปรี้ยวด้วย LAB ทุกรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักไวน์ด้วย LAB นั้นแบคทีเรียดังกล่าวอาจสามารถเปลี่ยนกรดซิตริกซึ่งเป็นกรดหลักในน้ำสับปะรดรวมถึงกรดมาลิก ให้เป็นกรดแล็กติกได้ จึงทำให้ค่า pH ของไวน์มีค่าเปลี่ยนแปลงจากไวน์เริ่มต้น โดยเฉพาะสายพันธุ์ทางการค้า *O. oeni* Enoferm® ALPHA นั้นเป็น LAB ที่สามารถเปลี่ยนกรดมาลิกให้เป็นกรดแล็กติก (Malolactic fermentation) (Davis และคณะ, 1986) ดังนั้นผลการทดลองจึงบ่งชี้ได้ว่า *O. oeni* Enoferm® ALPHA สามารถดำเนินกระบวนการ Malolactic fermentation ภายใต้สภาวะของไวน์สับปะรดได้ และพบว่าในการหมักที่มี *O. oeni* Enoferm® ALPHA ทั้งในรูปแบบเชื้อเดี่ยวและผสม ไวน์ที่ได้จะมีค่า pH ลดลงมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากกรดมาลิกไม่ได้เป็นกรดหลักในไวน์สับปะรด ดังนั้นกรดแล็กติกที่เพิ่มขึ้นทั้งจากการเปลี่ยนกรดมาลิกและ/หรือใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในไวน์เป็นสารเริ่มต้นร่วมกับการคงอยู่ของกรดซิตริกอาจส่งผลให้ทำให้ค่า pH ลดลง โดยแตกต่างจากผลการหมักแบบ malolactic ในไวน์องุ่น ซึ่งหลังการลดความเปรี้ยวด้วยกระบวนการดังกล่าวค่า pH ของไวน์จะเพิ่มขึ้น (Fleet., 2001) อย่างไรก็ตามเพื่ออธิบายผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวจำเป็นต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบกรดเชิงคุณภาพในไวน์สับปะรดต่อไป เมื่อหมักไวน์ด้วยออโตโคนัสไอโซเลท *L. brevis* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากการหมักน้ำสับปะรดแบบธรรมชาติ จึงมีความคุ้นเคยกับสภาวะของน้ำสับปะรดซึ่งมีความเป็นกรดสูง เนื่องจากมีกรดซิตริกในปริมาณมาก ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ LAB สายพันธุ์นี้จะมีกลไกในการสร้าง citrate lyase ซึ่งทำให้สามารถใช้กรดซิตริกเป็นแหล่งคาร์บอนในการสร้างพลังงานเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ในระบบที่ขาดแหล่งคาร์บอนหลัก เช่น น้ำตาลได้ ดังนั้นเมื่อปริมาณกรดหลักในไวน์สับปะรด คือ กรดซิตริกลดลงไปมาก จึงอาจส่งผลให้ค่า pH สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยไวน์ที่หมักด้วยออโตโคนัสไอโซเลท *L. plantarum* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับการหมักไวน์สับปะรดด้วย *L. brevis* ซึ่งน่าจะมีคุณสมบัติในการใช้กรดซิตริกเป็นแหล่งคาร์บอนได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้มีรายงานว่า LAB กลุ่ม Lactobacillus บางสายพันธุ์โดยเฉพาะ *L. plantarum* สามารถสร้าง citrate lyase ได้ และแบคทีเรียชนิดดังกล่าวได้ถูกพัฒนาให้เป็น LAB ทางการค้าสำหรับใช้ในการลดความเปรี้ยวของไวน์องุ่นเพื่อใช้ในการลดกรดอินทรีย์อื่นๆนอกเหนือจากกรดมาลิกได้ (Quintans และคณะ, 2008) แต่ยังไม่มีรายงานเรื่องคุณสมบัติของ *L. brevis* ในการหมักเพื่อลดกรดในไวน์ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TTA) คำนวณเป็นกรดซิตริกนั้น พบว่ามีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH โดยไวน์ที่หมักด้วยกล้าเชื้อเดี่ยวของ LAB ออโตโคนัสไอโซเลท และกล้าเชื้อผสมกับสายพันธุ์ทางการค้า โดยพบว่า ค่า TTA ของไวน์ที่หมักด้วยกล้าเชื้อเหล่านี้จะมีค่าลดลงจากไวน์ที่ไม่ผ่านการลดความเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญ และค่า pH ของไวน์โดยเฉพาะไวน์ที่หมักด้วยกล้าเชื้อเดี่ยวของ LAB ออโตโคนัสไอโซเลทมีค่าเพิ่มขึ้น อาจอธิบายได้ว่า น่าจะเกิดจากผลของการลดลงของกรดซิติกเป็นหลัก ในขณะที่การหมักด้วยกล้าเชื้อเดี่ยวสายพันธุ์ทางการค้านั้น ค่า TTA ไม่มีความแตกต่างจากไวน์เริ่มต้น แต่ค่า pH ของไวน์นี้กลับมีค่าลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวน่าเกิดจากผลของการเพิ่มขึ้นของกรดแล็กติกเป็นหลัก ทั้งนี้ปริมาณกรดแล็กติกที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจาก LAB ใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในไวน์ ซึ่งเมื่อตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในทุกตัวอย่างที่ผ่านการลดความเปรี้ยวด้วย LAB พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับไวน์เริ่มต้น อาจเนื่องจาก LAB สามารถเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสที่ยังคงอยู่ในไวน์สับปะรดให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสได้ นอกจากนี้ *L. plantarum* ยังสามารถเปลี่ยนน้ำตาลฟรุกโตสให้เป็น mannitolได้ (Matinez และคณะ, 1963) แต่ปริมาณ

น้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้นในไวน์ โดยเฉพาะการหมักด้วยกล้าเชื้อเดี่ยวนั้น ไวน์ที่ได้ยังอยู่ในช่วงของการเป็น semi-dry wine ถึง semi-sweet wine (ODEC, 1990) เมื่อตรวจสอบจำนวนยีสต์และรา และ LAB พบว่าในสัปดาห์สุดท้ายของการหมักจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดมีจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตน้อยกว่า 25 cfu/ml

สรุปผล

ไวน์สับปะรดที่หมักด้วย LAB ออโตโคนัสไอโซเลททั้งรูปแบบเชื้อเดี่ยวและผสมกับ *O. oeni* สายพันธุ์ทางการค้ามีปริมาณกรดลดลงและค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น บ่งชี้ได้ว่ากรดแล็กติกออโตโคนัสไอโซเลททั้งชนิด *L. brevis* และ *L. brevis* มีศักยภาพในการพัฒนาให้เป็นจุลินทรีย์สำหรับใช้ในการลดความเปรี้ยวของไวน์สับปะรดเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสของไวน์ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2002, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists International, Seventeenth Edition .Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD.

Chanprasartsuk, O.-O., Prakitchaiwattana, C., Sanguandeekul, R. and Fleet, G.H., 2010a, Autochthonous Yeasts Associated with Mature Pineapple Fruits, Freshly Crushed Juice and their Ferments; and the Chemical Changes during Natural Fermentation, Bioresource Technology, 101: 7500-7509.

Chanprasartsuk, O.-O., Prakitchaiwattana, C. and Sanguandeekul, R., 2010b, Alternative Model for Pineapple Wine Fermentation and its Flavor Quality Development, In: Food Innovation Asia Conference 2010: Indigenous Food Research and Development to Global Market, pp. 1010-1019, 17-18 June 2010, BITEC, Bangkok, Thailand.

Davis, C.R., Wibowo, D., Fleet, G.H. and Lee, T.H., 1986, Growth and Metabolism of Lactic Acid Bacteria during and after Malolactic Fermentation of Wines at Different pH, Applied and Environmental Microbiology, 51: 539–545.

Fleet, G.H., 2001, Wine, In: Food Microbiology Fundamentals and Frontiers, Doyle, M.P., Beuchat, L.R. andMontville, T.J., (eds.) 2, pp. 747-772. ASM press, Washington, DC, USA.

Lonvaud-Funel, A., 1999, Lactic Acid Bacteria in the Quality Improvement and Depreciation of Wine, Antonie Van Leeuwenhoek, 76: 317–331.

Martinez, G., Barker, H. A. and Horecker, B.L., 1963, A Specific Mannitol Dehydrogenase from *Lactobacillus brevis*, Journal of Biological Chemistry, 238(5): 1598-1603.

ODEC (Official Diary of the European Communities), 1990, Commission Regulation No. 2676/90, of 17 September, Determining Community Methods for the Analysis of Wines (ODEC No. L272, of 3 October).

Quintans, N.G., V. B., Repizo G., Magni C., and Lopez, P., 2008, Citrate Metabolism and Aroma Compound Production in Lactic Acid Bacteria, Research Signpost, 37: 65-88.

Somogyi, M., 1952, Note on Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

ผลของการบ่มด้วยความร้อนต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมกรดแกลลิก

Effects of Heat Curing on Properties of Soy Protein Film Incorporated with Gallic acid

อัญชนา อินสวาสดิ์[1] เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์[1] และ ธนจันทร์ มหาวนิช[1]
Insaward, A.[1], Duangmal, K.[1] and Mahawanich, T.[1]

Abstract

Phenolic acids and their oxidized products as well as heat curing have been reported to facilitate cross-linking of protein and, thereby, could be used to modify properties of a protein film. This study aimed to explore the effect of gallic acid with different oxidation states, namely unoxidized (GA) and oxidized gallic (OX-GA), and heat curing on properties of soy protein isolate film. GA and OX-GA were added at 1.5% by weight of protein. Curing temperature was varied at 4 different levels: room temperature (28), 50, 70 and 90°C. Curing time was varied at 3 different levels: 5, 10 and 15 hours. State of oxidation of gallic acid, as well as curing temperature and time, were found to pose a significant effect of film thickness ($p \leq 0.05$). OX-GA-containing films exhibited greater tensile strength and elongation at break, as compared to those added with GA. All film samples demonstrated increasing tensile strength with increasing curing temperature. However, the films cured at 90°C possessed reduced elongation at break. Heat curing was also found to affect film color and transparency. Lightness (*L**) was found to decrease while redness (+*a**) and yellowness (+*b**) were found to increase with increasing curing time. Heat cured films demonstrated reduced water solubility as compared to the control.

Keywords: protein film, phenolic compounds, heat curing

บทคัดย่อ

กรดฟีนอลิกและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการออกซิไดส์ รวมทั้งการบ่มด้วยความร้อนสามารถช่วยเร่งการเชื่อมข้ามของโปรตีน ดังนั้นจึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เพื่อดัดแปรสมบัติของฟิล์มโปรตีน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดแกลลิกที่มีสถานะออกซิเดชันต่างกัน กล่าวคือ กรดแกลลิกที่ไม่ถูกออกซิไดส์ (GA) และกรดแกลลิกที่ถูกออกซิไดส์ (OX-GA) และการบ่มด้วยความร้อนที่มีต่อสมบัติของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ในการศึกษานี้เติม GA และ OX-GA ในปริมาณ 1.5% โดยน้ำหนักของโปรตีน แปรอุณหภูมิการบ่มเป็น 4 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง (28), 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส แปรระยะเวลาการบ่มเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 ชั่วโมง พบว่าสถานะออกซิเดชันของกรดแกลลิก อุณหภูมิและระยะเวลาการบ่มมีผลต่อความหนาของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ฟิล์มที่เติม OX-GA มีความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวถึงจุดขาดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่เติม GA ฟิล์มทุกตัวอย่างมีความต้านทานแรงดึงขาดสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการบ่มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าฟิล์มที่บ่มที่ 90 องศาเซลเซียสมีการยืดตัวถึงจุดขาดลดลง การบ่มด้วยความร้อนยังมีผลต่อค่าสีและความโปร่งใสของฟิล์ม เมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น พบว่าฟิล์มมีค่าความสว่าง (*L**) ลดลง ในขณะที่มีค่าสีแดง (+*a**) และสีเหลือง (+*b**) เพิ่มขึ้น ฟิล์มที่บ่มด้วยความร้อนมีความสามารถในการละลายน้ำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ: ฟิล์มโปรตีน สารประกอบฟีนอลิก การบ่มด้วยความร้อน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330

Introduction

Biodegradable films produced from maintainable resources, such as plant proteins, provide opportunities for innovative uses in food protection and preservation. They have been received much attention in recent years as we all become aware of the importance of waste management. Soy protein films are good at resisting permeation of gases, organic volatiles and oils. However, they still have limitation in terms of mechanical properties (Ou *et al*., 2005). Numerous studies have focused on improving mechanical strength of soy protein films through physical, chemical, as well as enzymatic means. Phenolic compounds possess an ability to interact/react with proteins. The capability of a phenolic to be oxidized to a quinone is an important factor underlining its reactivity towards protein (Rawel *et al*., 2002). Heat curing is another measure that could be used to improve the mechanical strength of a protein film by facilitating the interaction between polypeptide chains (Gennadios, 1996). This research thereby aimed to study the effect of heat curing on mechanical and optical properties, as well as solubility of soy protein films incorporated with unoxidized and oxidized gallic acid.

Materials and Methods

To prepare the film-forming solution with unoxidized gallic acid (GA), 5 g of soy protein isolate were slowly dissolved in a constantly stirred beaker containing 75 mL of Tris-HCl buffer and 2.75 g of glycerol. After being homogenized, the film-forming solution was heated at 70°C for 30 min and then cooled down to room temperature. Separately, 0.075 g of crystalline gallic acid was dissolved in 25 mL of Tris-HCl buffer. The gallic added was accounted for 1.5% by weight of protein. The gallic solution was then mixed with the soy protein solution and homogenized. The air bubbles were removed using ultrasonic degassing technique. A 45 mL portion of the film-forming solution was then transferred to 150x150 mm acrylic mold and then dried at room temperature (28 °C) for 24 h. The film samples were then cured at 28, 50, 70 or 90°C for 5, 10 or 15 h. The dried film was then peeled off and stored at 50% relative humidity for a period of 48 h before undergoing further analyses for thickness, tensile strength, elongation at break, transparency, color and water solubility. The non-gallic, non-cured soy protein film was used as a control.

For those film samples with oxidized gallic acid (OX-GA), the gallic acid solution was prepared according to the method described above. The gallic solution was then subjected to oxidation by treating with hydrogen peroxide, as described by Ou *et al*. (2005). The film samples were prepared using the above-mentioned protocol, except that the oxidized gallic solution was used instead of unoxidized gallic solution.

Experiments were done in triplicate. Data were analyzed using Analysis of Variance. A Duncan's new multiple range test was used to determine the difference among sample means at p=0.05.

Results and Discussion

Thickness of the film samples was in the range of 0.133-0.145 mm. Thickness was found to increase with increasing curing temperature and time. OX-GA samples demonstrated a higher tensile strength than the GA counterparts (Figure 1(a)). In general, tensile strength was found to increase with increasing curing temperature or time. However, too high curing temperature or too long curing time may result in a decrease in elongation at break (Figure 1(b)). The OX-GA film cured at 90°C 15 h demonstrated the highest tensile strength of 6.54 MPa. However, the film sample also exhibited the lowest elongation of 23.51%. Jensen (1959) proposed that heating protein in alkaline solution facilitates thiol-disulfide exchange reaction and this results in an increase in disulfide cross-liking of the peptide chains. In terms of optical properties, the GA films demonstrated a lower CIE L^* and transparency (expressed in terms of %transmittance) (Figure 2) as compared to the control. The reduction in L^* and % transmittance was even more pronounced in those

containing OX-GA and those cured at higher temperature and for a longer time. The decrease in *L** and % transmittance coincided with the increase in +*a** (redness) and +*b** (yellowness) as the GA, OX-GA and cured samples appeared more brownish to the naked eye (Figure 3). Pierpoint (1969) suggested that color of the reaction product of phenolic and protein was influenced mostly by the amount of phenolic compounds.

Water solubility, expressed as %total soluble matter, is shown in Figure 4. The control possessed water solubility of 69.46%.The solubility significantly decreased ($p \leq 0.05$) upon addition of GA and OX-GA. Heat curing also had a solubility-reduction effect due to the increase in protein cross-linking (Gennadios *et al*., 1996; Perez-Gago and Krochta, 2001). However, too severe heat treatment may also cause an increase in water solubility. This may be due the fact to that too much protein aggregation upon heat treatment can result in a film matrix with less homogeneity that can break down more readily when subjected to solubility test.

Conclusion

Addition of gallic acid, especially oxidized gallic acid, and heat curing were proved to be an effective means to improve the mechanical properties of soy protein film. However, the gallic-containing and heat-treated films demonstrated a reduction in lightness and transparency and an increase in redness and yellowness. Phenolic addition and heat curing also caused a decrease in water solubility of the protein film. The resulted film can hence be used in applications where high strength, low light transmission and low water solubility are desirable.

Literature cited

Gennadios, A., Weller, C., Hanna, M. and Froning, M., 1996, Mechanical and Barrier Properties of Egg Albumen Films, Journal of Food Science, 61: 585-589.

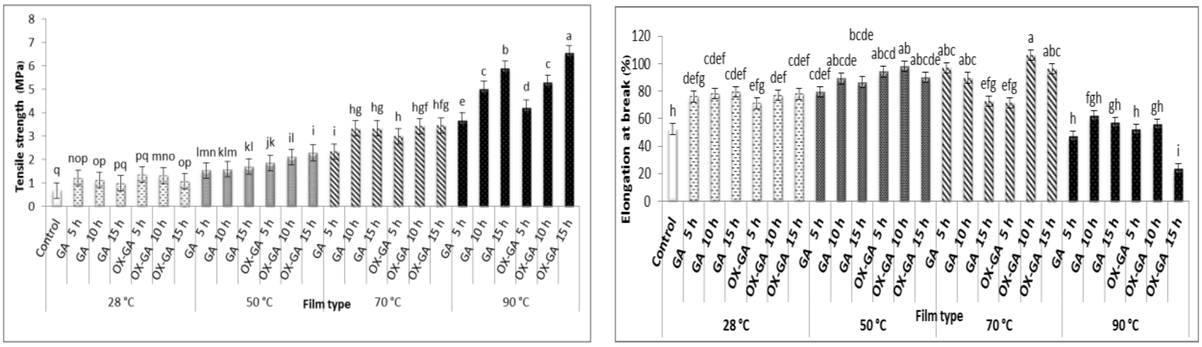
Jensen, E.-V., 1959, Sulfhydryl-disulfide Interchange, Science, 130: 1319-1323.

Rawel, H.M., Czajka, D., Rohn, S. and Kroll, J., 2002, Interactions of Different Phenolic Acids and Flavonoids with Soy Proteins, International Journal of Biological Macromolecules, 30: 137-150.

Ou, S., Wang, Y., Tang, S., Huang, M.G. and Jackson, M.G., 2005, Role of Ferulic Acid in Preparing Edible Films from Soy Protein Isolate, Journal of Food Engineering, 70: 205-210.

Perez-Gago, M.B. and Krochta, J.M., 2001, Denaturation Time and Temperature Effects on Solubility, Tensile Properties, and Oxygen Permeability of Whey Protein Edible Films, Journal of Food Science, 66: 105-110.

Pierpoint, W.S., 1969, O-quinones Formed in Plant Extracts their Reaction with Bovine Serum Albumin, Journal of Biochemistry, 112: 619-629.



(a) (b)

Figure 1 Mechanical properties in terms of (a) tensile strength and (b) elongation at break of soy protein films added with unoxidized gallic acid (GA) or oxidized gallic acid (OX-GA) and cured at different temperature and time. a,b,c followed by different letters are significant ($p<0.05$)

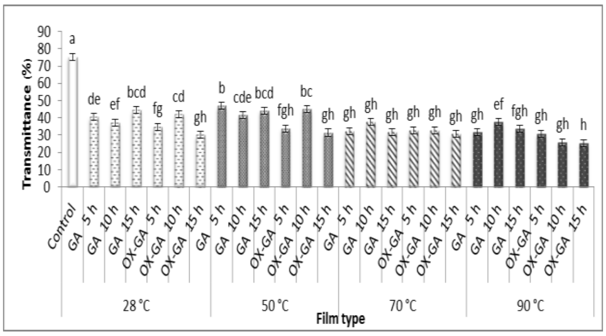


Figure 2 Transparency of soy protein films added with unoxidized gallic acid (GA) or oxidized gallic acid (OX-GA) and cured at different temperature and time. a,b,c followed by different letters are significant ($p<0.05$)

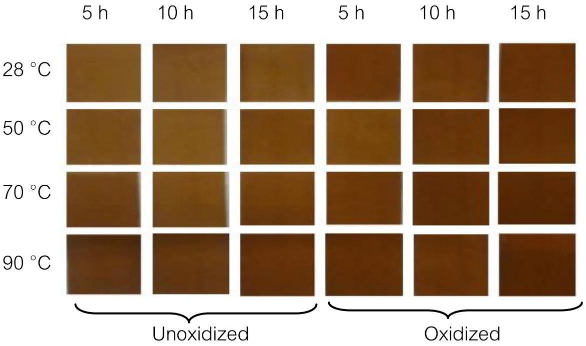


Figure 3 Appearance of soy protein films added with unoxidized or oxidized gallic acid and cured at different temperature and time.

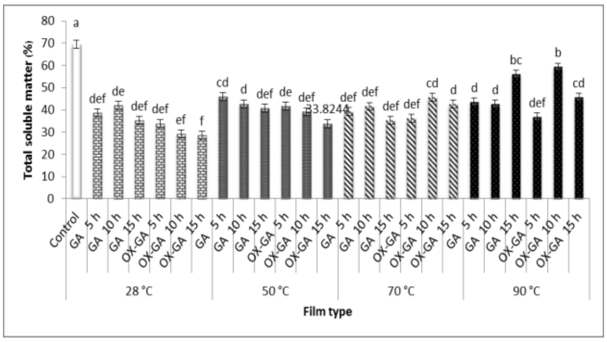


Figure 4 Water solubility of soy protein films added with unoxidized gallic acid (GA) or oxidized gallic acid (OX-GA) and cured at different temperature and time. a,b,c followed by different letters are significant ($p<0.05$)

การเปลี่ยนแปลงสีและเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บของกล้วยตากที่บรรจุในซองเมทัลไลซ์

Color and Texture Changes of Dried Bananas Packed in Metallized Film Pouches during Normal Storage

อรสา สุริยาพันธ์[1] และ ธัญญาภรณ์ บอนแดง[2]
Suriyaphan, O.[1] and Bondang, T.[2]

Abstract

This study was aimed to determine the effects of initial moisture contents (IMC, 23% and 29% wb) and storage time (ST, 6 wks) on color and texture properties of dried bananas (*Musa Sapientum Linn., Nam-wa variety*) packed in metallized film pouches (OPP 20/MCPP 25, 2 pieces/pack) during storage at ambient condition (29 ± 1°C and 80% RH). Based on statistical analysis, there was no interaction between IMC and ST on changes of skin colors (L*, a*, b*, Hue angle and Saturation index) and texture attributes (hardness and chewiness) of dried bananas ($p > 0.05$). Nonetheless, IMC significantly affected on drastic changes of skin color and texture attributes of dried bananas ($p \leq 0.05$). Furthermore, it was demonstrated that ST statistically governed changes only on skin color ($p \leq 0.05$) but not on texture characteristic ($p > 0.05$).

Keywords: dried bananas, ambient storage, metallized film pouches, moisture content, quality changes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตาก (23% และ 29%) และระยะเวลาในการเก็บ (6 สัปดาห์) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก *(Musa Sapientum Linn.,* สายพันธุ์น้ำว้า) ที่บรรจุในซองเมทัลไลซ์ (OPP 20/MCPP 25, 2 ชิ้น/ซอง) ในระหว่างการเก็บที่สภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง (29±1 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ไม่พบผลของอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตากกับเวลาการเก็บต่อค่าสีผิว (L*, a*, b*, Hue angle และ Saturation Index) และค่าเนื้อสัมผัส(ค่าความแข็งและค่าความต้านการเคี้ยว) ของกล้วยตาก ($p>0.05$) แต่พบว่า ความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตากมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี และค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้เวลาการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เท่านั้นแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก ($p>0.05$)

คำสำคัญ: กล้วยตาก การเก็บสภาวะทั่วไปปกติ ซองเมทัลไลซ์ ความชื้น การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

คำนำ

กล้วยตากจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผักผลไม้ที่มีศักยภาพทางการตลาดสูงมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากกล้วยตากมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสและแร่ธาตุโพแทสเซียมในปริมาณสูง สอดคล้องกับลักษณะที่ดีที่ต้องการของอาหารเพื่อสุขภาพ (สถาบันอาหาร, 2556) กล้วยตากที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีคุณภาพและลักษณะปรากฏที่ดีมาก คือ มี สีน้ำตาลอมเหลือง รสหวาน และเนื้อนิ่ม แนวทางหนึ่งของการขยายตลาดรวมทั้งเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์กล้วยตากทางหนึ่ง คือ การปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์จากกล่องพลาสติกใสปิดผนึกด้วยความร้อน เป็นการบรรจุแบบแยกชิ้นหรือชิ้นคู่ในซองเมทัลไลซ์ เพื่อให้มีความสะดวกในการบริโภคสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบัน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กล้วยอบ (มผช.112/2556) ไม่อนุญาตให้ใช้วัตถุกันเสีย ดังนั้น สามารถคาดได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยตากตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ากล้วยตากเกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ เช่น มีสีน้ำตาลดำคล้ำ (สุรีย์, 2534: พรนภา, 2544) และเนื้อแข็งกระด้างไม่ยืดหยุ่น ทั้งนี้ โดยทั่วไป ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

[1] ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 447 ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400
[1] Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 447 Sri-Ayuthaya Road, Rajathevi, Bangkok 10400
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
[2] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University 169 LongHadd Bangsaen Roa, Saensook, Chonburi 20131

ด้านเคมีกายภาพในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ แสง ปริมาณออกซิเจน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น และ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยตากที่บรรจุในซองเมทัลไลซ์ (OPP 20/MCPP 25, 2 ชิ้น/ซอง) ในสภาวะบรรยากาศปกติเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยกล้วยตากที่นำมาศึกษาเป็นกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการตากแดด ผลิตจากอำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก โดยก่อนการบรรจุนำกล้วยตากมาผ่านการอบเพื่อปรับระดับของค่าความชื้นเริ่มต้นเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low Moisture Dried Banana; LMB, 22.90% MC, a_w = 0.608) และระดับสูง (High Moisture Dried Banana; HMB, 28.88% MC, a_w = 0.708) เพื่อให้สามารถศึกษาอิทธิพลของความชื้นเริ่มต้นและเวลาการเก็บต่อสีและเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial Completely Randomize Design โดยมีกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม คือ LMB และ HMB กลุ่มละ 200 ซอง เก็บที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีอุณหภูมิห้อง (28-29°ซ) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ สุ่มตัวอย่างกลุ่มทดลองละ 3 ตัวอย่าง วิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพ

1. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นใช้วิธี Gravimetric method (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C.(1990))
2. วัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab Miniscan, Hunter Associate Laboratory, USA.) ซึ่งแสดงค่าสีในเทอมของค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง (redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness, b*) และนำค่าสี L*,a*, b* ที่วัดได้มาคำนวณหาค่าสี 2 ค่า ตามสูตร Hue angle = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ และ Saturation Index = $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$
3. วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture analyzer รุ่น TA-XT2, Stable Micro System, England) โดยใช้หัววัด Volodkevich bite jaws (HDP/VB) เตรียมตัวอย่างก่อนการวัดโดยตัดขอบทั้งสองข้างตามความยาวของกล้วยตากออกให้เหลือส่วนบริเวณตรงกลางกว้างประมาณ 1 ซม.จากนั้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน ได้ชิ้นตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1×2.5 ซม. จำนวน 3 ชิ้น ต่อตัวอย่าง กำหนดให้ค่าความแข็ง (Hardness) คือ ค่าแรงสูงสุด (maximum force) และคำนวณค่าการต้านทานการเคี้ยว (Chewiness) จากพื้นที่ใต้กราฟ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูล แบบ Factorial Completely Randomize Design โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS มีตัวแปรต้น 2 ตัวแปรคือ ความชื้นเริ่มต้น และระยะเวลาในการเก็บ เมื่อพบว่าค่าความแตกต่างโดยรวมมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กำหนดให้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ p = 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สีของกล้วยตากเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจซื้อ ในขณะที่รสชาติและเนื้อสัมผัสของกล้วยตากมีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค กล้วยตาก LMB และ HMB มีสีผิวที่เป็นที่ยอมรับคือมีสีผิวเป็นสีน้ำตาลทอง สีผิวของกล้วยตากทั้งสองชนิดมีค่า Hue angle และค่า Saturation Index อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของค่าทั้งสองเป็น 65.60 และ 28.05 ตามลำดับ จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer และหัววัด Volodkevich bite jaws (HDP/VB) เพราะเป็นการเลียนแบบการกัดกล้วยตากด้วยฟันหน้าก่อนการเคี้ยวให้ละเอียดด้วยฟันกราม พบว่า ที่สัปดาห์ 0 กล้วยตาก LMB มีค่า Hardness (17.45 N) และ Chewiness (17.91 N.s) สูงกว่า HDB ที่เป็นเช่นนี้ คาดว่าเนื่องมาจากต้องใช้เวลาในการอบแห้ง LMB นานกว่า HMB ทั้งนี้ กล้วยตาก HMB มีค่าเริ่มต้นของค่า Hardness (12.57 N) และ Chewiness (11.47 N.s)

Table 1 แสดง F values และ p values ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลคุณภาพของกล้วยตากในเทอมของค่าความชื้นสุดท้าย ค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก LHB และ HMB ที่เก็บที่สภาวะปกติทั่วไปของการจำหน่ายกล้วยตากในร้านค้าขายปลีก คือ วางขายบนชั้น ไม่เก็บในตู้เย็น ซึ่งในช่วงที่ทำการศึกษา ภาวะบรรยากาศที่ห้องเก็บมีอุณหภูมิห้อง (28-29°ซ) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณา ค่า p values สามารถสรุปได้ว่า

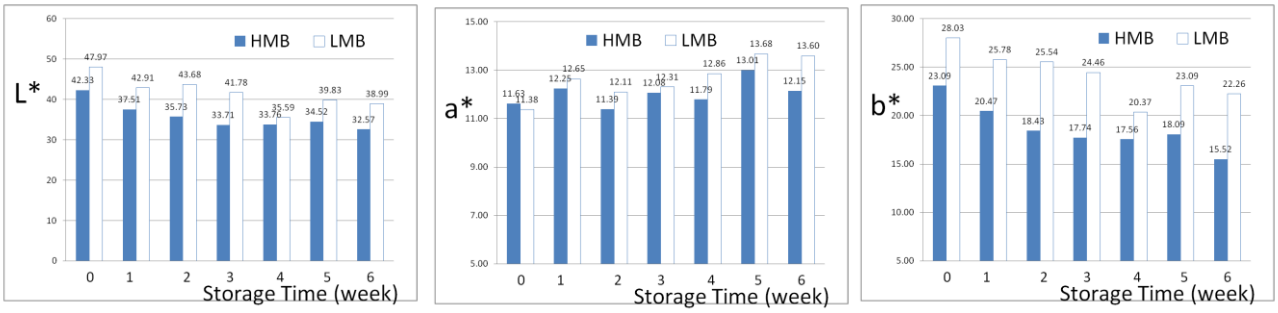
ในสภาวะการเก็บที่ศึกษานี้ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ไม่พบผลของอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตากกับเวลาการเก็บที่มีต่อค่าสีผิว (L*, a*, b*, Hue angle และ Saturation Index) และค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก (ค่าความแข็ง และค่าความต้านการเคี้ยว) (p>0.05) แต่ พบว่า ความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตากมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี และค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤0.05) ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) เท่านั้นแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก (p>0.05)

Table 1 Calculated F values and p values from ANOVA on final moisture contents, color and textural attributes of LMB (23% MC) and HMB (29% MC) packed in metallized film pouches (OPP 20/MCPP 25, 2 pieces/pack) during storage at ambient condition (29 ± 1°C and 80%RH) for 6 weeks

Attributes	F value (*p* value)		
	Initial moisture content (IMC)	Storage Time (ST)	IMC x ST
Final moisture content	291.13*(0.0001)	2.07^{ns} (0.1235)	0.13^{ns} (0.9910)
Color			
Lightness (L*)	43.79*(0.0001)	9.02*(0.0004)	0.82^{ns} (0.5754)
Redness (a*)	4.91*(0.0437)	2.96*(0.0443)	0.58^{ns} (0.7392)
Yellowness (b*)	52.83*(0.0001)	5.55*(0.0040)	0.56^{ns} (0.7583)
Hue angle	34.35*(0.0001)	9.26*(0.0003)	0.74^{ns} (0.6269)
Saturation Index	49.55*(0.0001)	3.87*(0.0173)	0.44^{ns} (0.8374)
Texture			
Hardness(N)	88.48*(0.0001)	1.01^{ns} (0.4552)	0.75^{ns} (0.6194)
Chewiness(N.s)	46.37*(0.0001)	1.26^{ns} (0.3359)	0.76^{ns} (0.6125)

*Significance at $p \leq 0.05$; ^{ns} Not significance at $p \leq 0.05$

ผลของการวิเคราะห์ค่าความชื้นสุดท้ายของกล้วยตากเป็นไปตามที่คาดไว้ คือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย พบว่า ค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.45% เพราะถุงซองเมทัลไลซ์ชนิด OPP 20/MCPP 25 ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ของกล้วยตากมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ (0.33 g/m^2.day) และมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนสูง (8.70 cm^3/ m^2.day) ซึ่งเมื่อเก็บเป็นเวลา 6 สัปดาห์ กล้วยตากชนิด LMB และHMB มีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 23.39 และ 29.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ



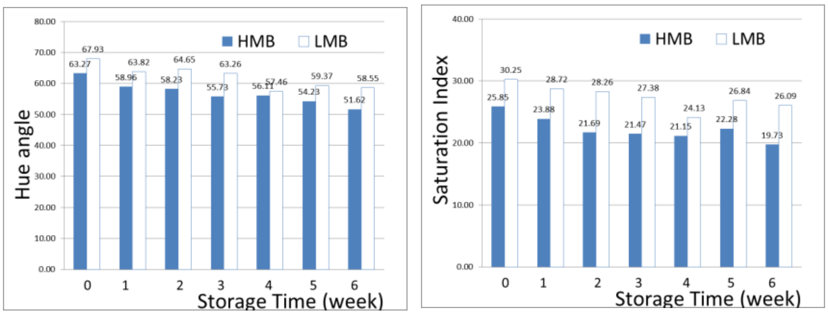


Figure 1: Color values of LMB (23%MC) and HMB (29%MC) packed in metallized film pouches (OPP20/MCPP25, 2 pieces/pkg) during storage at ambient condition (29 ± 1°C and 80% RH) for 6 weeks

Figure 1 แสดงอิทธิพลของค่าความชื้นเริ่มต้นและเวลาในการเก็บรักษาต่อค่าสีของกล้วยตาก LMB และ HMB พบว่า ค่า L*, b*, Hue angle และ Saturation Index ของกล้วยตากทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่าง(L*) และค่า Hue angle มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษา และค่าความเป็นสีเหลือง(b*) และค่า Saturation Index มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บโดยทั่วไปเป็นที่ทราบกันดีว่า การเปลี่ยนแปลงของสีของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้องมักเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์(non-enzymatic browning reaction) หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Damodaran และคณะ, 2008) ทั้งนี้ การเปลี่ยนสีของกล้วยตากจากสีน้ำตาลทองเป็นสีน้ำตาลคล้ำภายในเวลา 6 สัปดาห์ คาดว่าเป็นอิทธิพลร่วมของปริมาณน้ำตาลในปริมาณสูง (45-47%) และมีค่า a_w (0.6-0.7) อยู่ช่วงที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดี (Damodaran และคณะ, 2008) ด้วยเหตุนี้ การชะลอการเกิดปฏิกิริยาสำหรับกล้วยตากบรรจุซองเมทัลไลซ์ คือ การเก็บที่อุณหภูมิต่ำในตู้แช่เครื่องดื่มในร้านขายปลีกน่าจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและสามารถปฏิบัติได้จริง

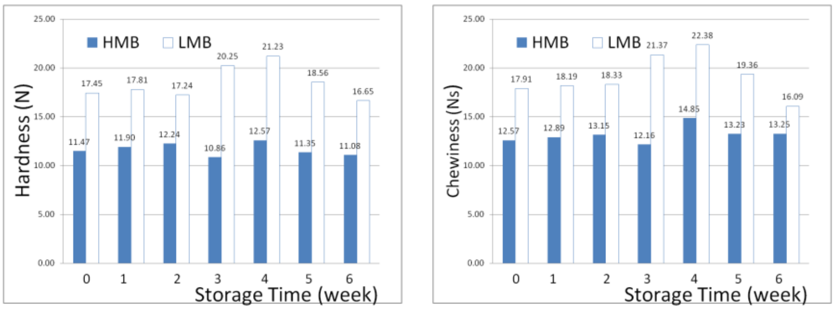


Figure 2: Hardness and Chewiness of LMB (23% MC) and HMB (29% MC) packed in metallized film pouches (OPP 20/MCPP 25, 2 pieces/pack) during storage at ambient condition (29 ± 1°C and 80% RH) for 6 weeks

Figure 2 แสดงอิทธิพลของความชื้นเริ่มต้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยตากทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า กล้วยตากชนิด LMB ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นต่ำ (22.90% MC) มี Hardness และ Chewiness มากกว่ากล้วยตากชนิด HMB ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่า (28.88%) ตลอดระยะเวลาการเก็บ 6 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่า ในระยะเวลาการเก็บ (6 สัปดาห์) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยตากเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับอิทธิพลของสภาวะในการอบกล้วยตากก่อนการบรรจุ มีข้อสังเกตว่า ในระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งกับค่าการต้านการเคี้ยวมีความสัมพันธ์เชิงบวก กล่าวคือ เมื่อค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าการต้านการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สรุปผล

ปริมาณความชื้นเริ่มต้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก *(Musa Sapientum Linn.*, สายพันธุ์น้ำว้า) ที่บรรจุในซองเมทัลไลซ์ (OPP 20/MCPP 25, 2 ชิ้น/ซอง) ในระหว่างการเก็บที่สภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง (29 ± 1 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ เมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น กล้วยตากที่ระดับปริมาณความชื้นต่ำกว่า (23%) เกิดการเปลี่ยนแปลงสีและเนื้อสัมผัส ชัดเจนกว่า กล้วยตากที่ระดับความชื้นสูงกว่า (29%) แต่แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีและเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

พรนภา เกิดดอนแฝก, 2544, อิทธิพลของน้ำผึ้ง สภาวะการทำแห้ง และการเก็บรักษาที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยอบ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556, วิเคราะห์อุตสาหกรรม สินค้าท้องถิ่น: ธุรกิจกล้วยตาก [สืบค้น], www.thaifoodnfi.info/Admin/File/201311211620450.Banana_2013.pdf, [9/ July/ 2014].

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยอบ, มผช.112/2546.

สุรีย์ นานาสมบัติ, 2534, การเสียของกล้วยตากและการเก็บรักษาในสภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15th ed.), Virginia: Association of Official Analytical Chemist Inc.

Damodaran, S., Parkin, K. and Fennema, O.W., 2008, Fennema's Food Chemistry (4th ed.), Boca Raton:CRC Press.

คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอ

Chemical Qualities and Sensory Evaluation of Ready-to-Drink Tea from Pummelo Peel

นันท์ชนก นันทะไชย[1] กมลวรรณ จ้างมีศิลป์[1] พิมพ์ชนก สุขสมบุญ[1] และ พัตราภรณ์ แก้วศรี[1]

Nanthachai, N.[1], Jangmesin, K.[1], Suksomboon, P.[1] and Kaewsee, P.[1]

Abstract

This research aimed to analyze the utilization of agricultural by-product such as pummelo peel. The study of product development of ready-to-drink tea was held by using a mixture design technique. Three main components included pummelo peel tea, fructose syrup and citric acid. There were 9 formulations for this experiment. The results showed that ready-to-drink tea contained with pummelo peel up to 89% had a higher free radical scavenging ($p \leq 0.05$). The pH value and total soluble solid of ready-to-drink pummelo peel tea depended on the amount of citric acid and fructose syrup in the product. For sensory evaluation, the result showed that the products contained with 2% citric acid had lower sensory scores of flavor, taste and overall acceptance ($p \leq 0.05$). There were 3 formulations of ready-to-drink tea in this study that had the most acceptability such as the formulation no:2 (84% pummelo peel tea, 15% fructose syrup and 1% citric acid), formulation no:3 (85% pummelo peel tea and 15% fructose syrup) and formulation no:6 (90% pummelo peel tea and 10% fructose syrup).

Keywords: ready-to-drink tea, pummelo, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเปลือกส้มโอซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาพร้อมบริโภค วางแผนการทดลองแบบ mixture design ใช้ส่วนประกอบหลัก 3 อย่าง ได้แก่ น้ำชาเปลือกส้มโอ ฟรุกโตสไซรัป และ กรดซิตริก ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดลองทั้งหมด 9 สูตร จากการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคที่ประกอบด้วย น้ำชาเปลือกส้มโอมากกว่าร้อยละ 89 ขึ้นไป มีการยับยั้งอนุมูลอิสระสูง ($p \leq 0.05$) ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ขึ้นอยู่ปริมาณของกรดซิตริก และ ฟรุกโตสไซรัปในผลิตภัณฑ์ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เครื่องดื่มเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0 และ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 2 ประกอบด้วย น้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 84 ฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 15 และกรดซิตริกร้อยละ 1 สูตรที่ 3 ประกอบด้วยน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 85 และฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 15 และสูตรที่ 6 ประกอบด้วยน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 90 และฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 10

คำสำคัญ: เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภค ส้มโอ สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย เช่น เนื้อส้มโอมีกรดอินทรีย์ วิตามินซี วิตามินเอ วิตามินบี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และสารอื่นๆ มีสารสำคัญคือสารที่เรียกว่า ไบยูมีนเอ และบี (baiyumine A+B) เปลือกของผลไม้ตระกูลส้มมีสารจากธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น flavonoids, carotenoids และเพคตินอยู่มาก (Wang และคณะ, 2008) นอกจากนี้ส่วนเปลือกส้มโอยังใช้เป็นยาขับลม ช่วยขับเสมหะ แก้อึดอัด แน่นหน้าอก ไอ จุกแน่น ปวดท้องน้อย หรือต้ม

---

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี** 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

น้ำอาบแก้คัน ใช้ตำพอกฝี (มนัส, 2543) สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกส้มโอคือ limonene และ myrcene และมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.3-0.9 (นฤมล, 2552)

ชาเป็นพืชในตระกูล คาเมลเลีย ชื่อทางพฤกษศาสตร์ของชาคือ *Camellia sinesis* ชาเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันนานมาก จัดเป็น healthy drink หรือเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (ชนิพรรณและจินตนา, 2542) ชายังเป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคมากที่สุดเป็นอันดับ 2 รองจากน้ำเปล่า สำหรับคำว่า ชาสมุนไพร นั้น หมายถึง น้ำที่ชงจากสมุนไพร ใบไม้ ดอกไม้ หรือผลไม้ ของพืชอื่นๆ ที่ไม่มีส่วนผสมจากต้นชา (วิกิพีเดีย, 2554) ดังนั้นการนำเปลือกส้มโอมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจึงน่าจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่อีกด้วย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอ และเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (ทั้งส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียวและขาว) ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยสารละลายด่างทับทิม จากนั้นล้างด้วยสารละลายคลอรีน 10 ppm นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นทำการนวดเป็นเวลา 30 นาที และหมัก 1 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือ ความชื้นประมาณร้อยละ 11-12 แล้วจึงบดละเอียดให้มีขนาด 1-2 mm และบรรจุซอง

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคโดยวางแผนการทดลองแบบ mixture design ใช้ส่วนประกอบหลัก 3 อย่าง ได้แก่ น้ำชาเปลือกส้มโอปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ฟรุกโตสไซรัปปริมาณร้อยละ 5-15 และสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณไม่เกินร้อยละ 2 ได้ทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Leong และ Shui, 2002) ทดสอบทางประสาทสัมผัสความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale จากนั้นคัดเลือก มา 3 สิ่งทดลอง เพื่อทำการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอมีค่าสี L* a* และ b* อยู่ระหว่าง 62.8–67.6, 3.1 – 8.7 และ 47.3 – 48.7 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 5.12 และความสามรถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 95.59 เปลือกส้มโอประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น flavonoid giycosides และ *naringin* ซึ่งมีรสขม และกลุ่มที่ไม่มีรสขม (non-bitter flavonoid) เช่น heaperidin, pectin และสารอื่นๆ เช่น น้ำมันหอมระเหย (นฤมล, 2552)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัย ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยสิ่งทดลองที่เติมฟรุคโตสไซรัปร้อยละ 15, 10 และ 5 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 16.03 – 16.47, 11.90 – 12.00 และ 7.87–7.97 °Brix ตามลำดับ ฟรุคโตสไซรัปเป็นไซรัปผลไม้มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 3 เท่าเป็นน้ำตาลที่นิยมใส่ในเครื่องดื่มที่ต้องการให้รสชาติหวานใกล้เคียงกับความหวานของผลไม้ (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2557ก)

เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอมีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมในแต่ละสูตร โดยเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 2 มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 2.65 - 2.82 ซึ่งต่ำกว่าเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอที่เติมสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 และเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอที่ไม่มีการติมสารละลายกรดซิตริก อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (Table 1)

ชาทั่วไปมีค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระโดยรวมระหว่างร้อยละ 65.8 - 106.2 (อรพรรณ, 2549) ซึ่งจากการทดลองพบว่าชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอมีความสามารถสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงเดียวกับชาทั่วไป และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มากขึ้นเมื่อส่วนผสมของน้ำชาเปลือกส้มโอมากขึ้น (Table 1) สิ่งทดลองที่ 5 - 9 มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอมากกว่าร้อยละ 89 นั้นมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ระหว่างร้อยละ 96.45 – 97.66 และสิ่งทดลองที่ 1 มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 83 มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด คือร้อยละ 76.35 ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปแล้วสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อโดนความร้อนจะทำให้สารนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไป และเมื่อนำไปอบแห้ง จะเป็นการหยุดปฏิกิริยา

การหมัก และเกิดการลดความชื้นให้เหลือน้อยลง เพื่อให้สามารถเก็บได้นาน ความร้อนในกระบวนการผลิตทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง (Moure และคณะ, 2000) และในการบรรจุขวดซึ่งเป็นขวดใสนั้นแสงอาจทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาลดลงได้เช่นกัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคแสดงดัง Table 2 จากการทดสอบพบว่า ความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์มีคะแนนอยู่ระหว่าง 6.47 – 7.03 คะแนน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง ($p > 0.05$) เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอที่มีส่วนผสมน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 85 ฟรุคโตสไซรัปร้อยละ 15 และสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุดเท่ากับ 6.83 คะแนน ในขณะที่เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 93 ฟรุคโตสไซรัปร้อยละ 5 และสารละลายกรดซิตริก ร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสน้อยที่สุด คือ 5.70 คะแนน ($p \leq 0.05$) ความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีคะแนนอยู่ระหว่าง 4.20 – 6.73 และ 5.77 – 7.20 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งเครื่องดื่มที่ไม่มีการเติมกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าเครื่องดื่มที่เติมกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอ ที่มีส่วนผสมน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 90 ฟรุคโตสไซรัปร้อยละ 10 และสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติเท่ากับ 6.73 คะแนน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.20 ซึ่งมากกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ สำหรับสิ่งทดลองที่ได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด ได้แก่ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 88 ฟรุคโตสไซรัปร้อยละ 10 และสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 2 มีค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.20 และ 5.77 คะแนน ตามลำดับ กรดซิตริกเป็นกรดที่ใช้แทนพืชตระกูลส้มจึงมีรสเปรี้ยว (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2557ข) ดังนั้นปริมาณของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้จึงมีผลต่อความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค

เครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคมีค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 76.35 – 97.66 โดยผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอมากกว่าร้อยละ 89 นั้นมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง แต่จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมน้ำชาเปลือกส้มโอ ฟรุคโตสไซรัป และสารละลายกรดซิตริก ร้อยละ 90, 10 และ 0 ตามลำดับ มากที่สุด และมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 96.64 จึงได้คัดเลือกสูตรนี้มาทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป โดยกลุ่มผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 15 – 35 ปี เป็น เพศหญิงร้อยละ 66 และเพศชายร้อยละ 34 ผู้ที่ชอบดื่มชาพร้อมบริโภคคิดเป็นร้อยละ 55 รู้สึกเฉยๆ และไม่ชอบคิดเป็นร้อยละ 43 และ 2 ตามลำดับ และจากผลการทดสอบพบว่าผู้บริโภคร้อยละ 96 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอนี้ และถ้ามีผลิตภัณฑ์บรรจุในขวดปริมาตร 420 มิลลิลิตร และจำหน่ายในราคา 15 บาท มีผู้บริโภคร้อยละ 81 สนใจซื้อผลิตภัณฑ์นี้

สรุปผล

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดด่างของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคขึ้นอยู่กับปริมาณฟรุคโตสไซรัปและกรดซิตริกที่เติมในผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นเมื่อส่วนผสมของน้ำชาเปลือกส้มโอมากขึ้น และเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอมากกว่าร้อยละ 89 นั้นมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 90 ขึ้นไป ปริมาณกรดซิตริกที่เติมให้ผลิตภัณฑ์มีผลต่อความชอบของผลิตภัณฑ์มากกว่าปริมาณน้ำชาเปลือกส้ม โดยเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคที่ไม่เติมกรดซิตริก และมีส่วนผสมของน้ำชาเปลือกส้มโอและฟรุคโตสไซรัปร้อยละ 90 และ 10 ตามลำดับ มีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

ชนิพรรณ บุตรยี่ และจินตนา ศิริวลัย, 2542, ชาดำกับสุขภาพ, วารสารอาหาร, 29: 157-166.

นฤมล มานิพพาน, 2552, ส้มโอ, สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกะรัต, กรุงเทพฯ, 79 หน้า.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์,2557ก, ไซรัปผลไม้/Cordia [สืบค้น], http://www.foodnetwork solution.com/wiki/word/3199 [30/ June/ 2014].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2557ข, Citric acid/ กรดซิตริก [สืบค้น], http://www.foodnetwork solution.com/wiki/word/1339 [June 30, 2014].

มนัส จูมี, 2543, ส้มโอ, วิทยาเขตพิษณุโลก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 86 หน้า.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2554, ชา [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki/ชา [24/ June/ 2014].

อรพรรณ บุญวิธวาเจริญ, 2549, ปัจจัยที่มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระในชาพาสเจอร์ไรซ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

Leong, L.P. and Shui, G., 2002, An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruits in Singapore Market, Food Chemistry, 76: 69-75.

Moure, A., Franco, D., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M.J. and Lema, J.M., 2000, Evaluation of Extract from *Gevuina avellana* Hulls as Antioxidants, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3890-3897.

Wang, Y.C., Chuang, Y.C. and Hsu, H.W., 2008, The Flavonoid, Carotenoid and Pectin Content in Peels of Citrus Cultivated in Taiwan, Food Chemistry, 106: 277-284.

Table 1 Total soluble solid (TSS), pH and free radical scavenging of ready-to-drink pummelo peel tea.

Treatment	Component factors (%)			pH	TSS	Free radical
	Pummelo peel tea	Fructose syrup	Citric acid		(°Brix)	scavenging (%)
1	83	15	2	2.65[e]	16.47[a]	76.35[d]
2	84	15	1	3.23[c]	16.40[a]	82.14[c]
3	85	15	0	6.63[b]	16.03[b]	83.19[c]
4	88	10	2	2.75[d]	11.97[c]	89.07[b]
5	89	10	1	3.27[c]	11.90[c]	96.45[a]
6	90	10	0	6.62[b]	12.00[c]	96.64[a]
7	93	5	2	2.82[d]	7.97[d]	97.29[a]
8	94	5	1	3.27[c]	7.87[d]	97.93[a]
9	95	5	0	6.79[a]	7.97[d]	97.66[a]

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

Table 2 Sensory evaluation of ready-to-drink pummelo peel tea.

Component factors (%)			Color[ns]	Flavor	Taste	General
Pummelo peel tea	Fructose syrup	Citric acid				Acceptability
83	15	2	6.60	6.27[abc]	6.20[abc]	6.63[abc]
84	15	1	6.97	6.27[abc]	6.40[abc]	7.07[ab]
85	15	0	6.93	6.83[a]	6.50[ab]	7.07[ab]
88	10	2	6.47	5.90[bc]	4.20[e]	5.77[d]
89	10	1	6.97	6.30[abc]	5.60[bcd]	6.47[abcd]
90	10	0	6.80	6.80[ab]	6.73[a]	7.20[a]
93	5	2	7.03	5.70[c]	5.03[de]	6.03[cd]
94	5	1	6.53	6.03[abc]	5.40[cd]	6.23[bcd]
95	5	0	6.67	6.76[ab]	6.73[ab]	6.97[ab]

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ns = not significantly differences ($p > 0.05$)

ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของส้มแขกแห้ง

Effect of Drying Temperature on Quality of Dried Garcinia (*Garcinia atroviridis*)

สุธีรา เสาวภาคย์[1] ธรรมรัตน์ สัมมะวัฒนา[1] และ ศิริพร อาจณรงค์[1]

Saowapark, S.[1], Summawattana, T.[1] and Artnarong, S.[1]

Abstract

This research was aimed to study the effect of drying temperature on the physicochemical and microbial qualities of dried garcinia. Garcinia (*Garcinia atroviridis*) fruits were sliced, then immersed in 3% (w/v) salt solution for 60 min and dried in a hot air tray dryer at different temperatures of 45, 55, and 65 ºC, until the moisture content of the samples did not exceed 7% (wb) which took 20, 12 and 8 h, respectively. The results indicated the higher the temperature, the shorter the drying time. However, the Aw value, colour (L*, a*, b*) and rehydration ratios of the dried samples were not significantly different (*p>0.05*). The samples had the good physicochemical and microbial qualities that met the Thai community product standard, TCPS 476/2547. The dried garcinia can be used as a rehydrated material as an ingredient in food or with further processing for herb and dietary supplemented products.

Keywords: garcinia, drying temperature, rehydration, Thai community product standard

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางจุลินทรีย์ของส้มแขกแห้ง โดยนำผลส้มแขกมาหั่นเป็นชิ้นแล้วแช่ในสารละลายเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 (กรัม/มล.)นาน 60 นาที ก่อนนำไปทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้ง 20, 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการทำแห้งสูงทำให้เวลาการทำแห้งลดลง แต่ตัวอย่างส้มแขกแห้งมีค่า Aw สี (L*, a*, b*) และอัตราส่วนการดูดคืนน้ำ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (*p*>0.05) ส้มแขกแห้งทุกตัวอย่างมีคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางจุลินทรีย์ดี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง (มผช. 476/2547) สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์คืนรูปเพื่อเป็นส่วนประกอบอาหาร หรือเป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร และอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: ส้มแขก อุณหภูมิอบแห้ง การดูดคืนน้ำ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำนำ

ส้มแขก (garcinia หรือ som-khaek) เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งในภาคใต้ของไทย มีชื่อพื้นเมืองหลายชื่อ เช่น มะขามแขก ชะมวงช้าง ส้มมะวน ส้มมะอ้น ส้มควาย ส้มพะงุน อาแซกะลูโก ผลส้มแขกมีรสเปรี้ยว และมีกรดไฮดรอกซีซิตริก (Hydroxy citric acid, HCA) เป็นสารสำคัญที่สามารถยับยั้งการสะสมของไขมันส่วนเกินในร่างกาย นอกจากนี้สารสกัดจากผลส้มแขกยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* (ปิยุกฤษณ์ และคณะ, 2554) *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas aeruginoa* (Mackeen และคณะ, 2000) ผลส้มแขกสดมีปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) สูง จึงเน่าเสียได้ง่าย การแปรรูปผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์แห้ง เป็นวิธีการเก็บรักษาอาหารที่ประหยัดพลังงานและช่วยลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ แม้เกษตรกรและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในภาคใต้จะมีการผลิตส้มแขกแห้งส่งขายทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่ยังไม่มีข้อมูลการแปรรูปและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ไว้อ้างอิงเพื่อใช้เป็นข้อมูลควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ จึงมีปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง (มผช. 476/2547) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ส้มแขกแห้ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตเกษตรและพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารฮาลาลของไทย

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

[1] Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus. Mueang Pattani 94000

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลส้มแขกสดจัดซื้อจากเกษตรกรจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส คัดเลือกผลแก่จัดถึงเริ่มสุก เปลือกผลสีเขียว-เหลือง เนื้อผลแข็ง ผลสมบูรณ์ ไม่เน่าเสีย ไม่มีโรคและแมลง ไม่มีรอยช้ำหรือตำหนิที่เด่นชัดที่ผิวผล ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำสะอาด ใช้พัดลมเป่าและเช็ดผลให้แห้ง

เตรียมส้มแขกหั่นชิ้นและอบแห้ง โดยผ่าผลตามความยาวจากขั้วผลถึงท้ายผลผ่านแกนกลาง เอาเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร แช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 3 (กรัม/มิลลิลิตร) นาน 60 นาที แล้วอบแห้งในเครื่องทำแห้งลมร้อนแบบถาด (NB-901L HandyLab®) ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อคสมบูรณ์ (RCB) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างมาวัดปริมาณความชื้นและค่า Aw ทุก 2 ชั่วโมง จนตัวอย่างมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ส้มแขกแห้ง

นำตัวอย่างส้มแขกแห้งมาวัดค่าสี (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Quest XE) ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม และทดสอบการดูดคืนน้ำ (rehydration test) ที่อุณหภูมิห้องและที่ 100 องศาเซลเซียส คำนวณอัตราส่วนการดูดคืนน้ำ (rehydration ratio, R_o) = M_2/M_1 เมื่อ M_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังดูดคืนน้ำ (กรัม) และ M_1 = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชิ้นส้มแขกสดที่มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 86 ค่า Aw 0.99 และความเป็นกรดด่าง 1.8 เมื่อนำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้น และค่า Aw ของตัวอย่างลดลงเป็นลำดับตามเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น (Figure 1) จนกระทั่งสิ้นสุดการอบแห้งใช้เวลา 20, 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) ทั้งนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ Rittirut และ Siripatana (2006) ที่ทำแห้งชิ้นส้มแขกที่อุณหภูมิ 55-75 องศาเซลเซียส เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้การถ่ายเทมวลในชิ้นอาหารเร็วขึ้นเพราะทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้อัตราการอบแห้งน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำกว่าโดยเฉพาะในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการเกิดผิวเปลือกแข็ง (case hardening) ของอาหารเมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงเกินไป

ตัวอย่างส้มแขกแห้งจากการแปรรูปทุกระดับอุณหภูมิที่ศึกษา มีค่าสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้ง ความสว่าง (L*), สีแดง-เขียว (a*) และสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิการอบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่แตกต่างกันมาก จึงไม่ทำให้สีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน

ค่า Aw ของตัวอย่างแห้งอยู่ในช่วง 0.43-0.44 (Table 1) ซึ่งต่ำกว่าระดับจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียจะสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และรา กล่าวคือกิจกรรมของจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดถูกยับยั้งที่ Aw ต่ำกว่า 0.6 (Fellows, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่พบว่า ส้มแขกแห้งทุกตัวอย่างมีปริมาณจุลินทรีย์น้อย ทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง (มผช. 476/2547) (Table 2)

การดูดคืนน้ำของส้มแขกแห้งที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง และที่ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที ส้มแขกดูดคืนน้ำได้น้ำหนักมากที่สุด (Figure 2) อัตราส่วนการดูดคืนน้ำของส้มแขกที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากช่วงอุณหภูมิการทำแห้งนี้ ไม่ทำให้เนื้อเยื่อของส้มแขกแตกต่างกันจึงดูดคืนน้ำได้ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการดูดคืนน้ำของส้มแขกแห้งที่อุณหภูมิห้องจะใช้เวลานานกว่าการดูดคืนน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส แต่ส้มแขกที่ผ่านการดูดคืนน้ำที่อุณหภูมิห้องมีอัตราส่วนการดูดคืนน้ำสูงกว่าที่ 100 องศาเซลเซียส อัตราเร็วและระดับของการดูดคืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารแห้งได้ ความร้อนจากการทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของอาหาร ทำให้การดูดคืนน้ำและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ลดลง ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาหารที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะที่เหมาะสมจะเกิดการเสียหายน้อยกว่าและดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะไม่เหมาะสม (Fellows, 2000)

สรุปผล

การอบแห้งชิ้นส้มแขกในตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 45 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ส้มแขกแห้งจากทุกระดับอุณหภูมิที่ศึกษา มีปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) ค่าสี (L*, a* และ b*) และการดูดคืนน้ำ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) และมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง (มผช. 476/2547)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์อาหารฮาลาล ภาควิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับทุนอุดหนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง, มผช. 476/2547 [สืบค้น], http://www.tisi.go.th/otop/standard/standards.html [25/ December/ 2009].

ปิยุกฤษฎ์ ทองบุญ สุวิทย์ สุวรรโณ และสุธีรา เสาวภาคย์, 2554, ประสิทธิภาพสารสกัดน้ำของส้มแขกในการยับยั้งแบคทีเรีย, แพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก, 9(1): 30.

Fellows, P., 2000, Food Processing Technology Principles and Practice, 2nd ed., Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 575p.

Mackeen, M.M., Ali, A.M., Lajis, N.H., Kawazu, K., Hassan, Z., Amran, M., Habsah, M., Mooi, L.Y. and Mohamed, S.M., 2000, Antimicrobial, Antioxidant, Antitumour-promoting and Cytotoxic Activities of Different Plant Part Extracts of *Garcinia artroviridis* Griff. Ex T. Anders, Ethnopharmacology, 72: 395-402.

Rittirut, W. and Siripatana, C., 2006, Drying characteristic of *Garcinia atroviridis*, Walailak Journal of Science and Technology, 3(1): 13-32.

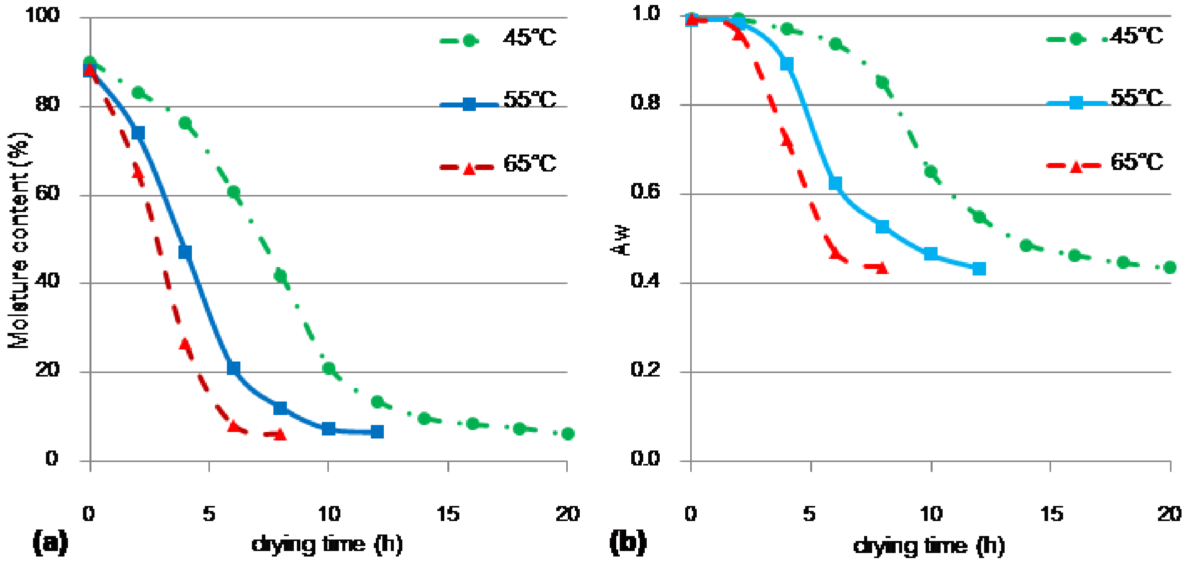


Figure 1 Effect of drying temperature on moisture content (a) and Aw (b) versus time during drying of garcinia slices at 45, 55 and 65 °C.

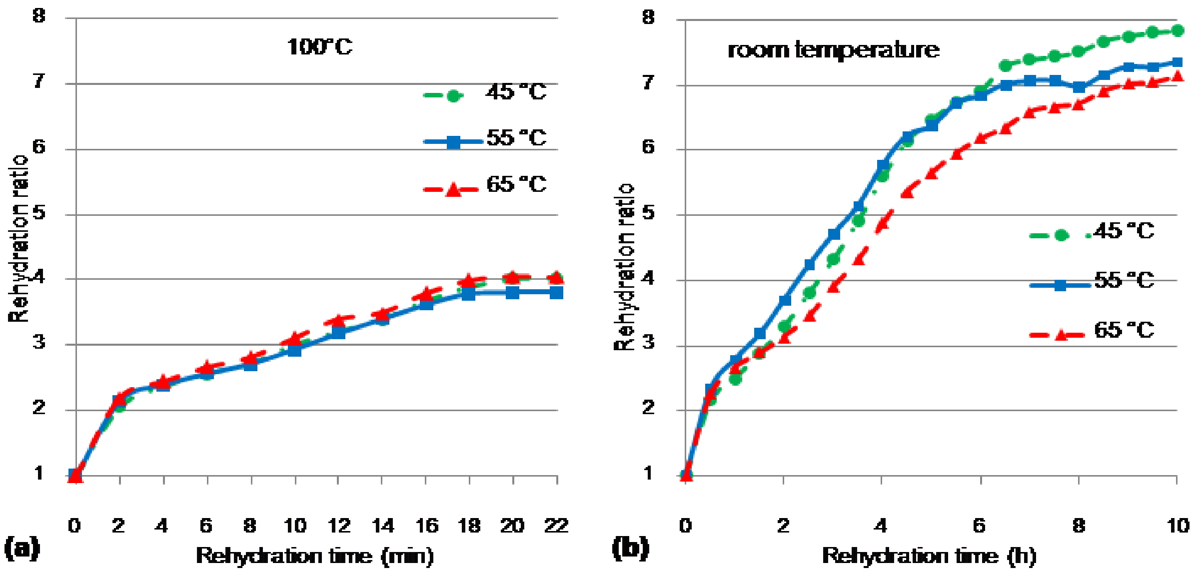


Figure 2 Rehydration curve at room temperature (a) and 100°C (b) for garcinia slices dried at 45, 55 and 65°C.

Table 1 Moisture content, Aw and colour of garcinia slices dried at 45, 55, and 65°C.

Properties		Drying temperature (°C)		
		45	55	65
Moisture content (%)		6.12±0.45	6.61±0.00	6.20±0.48
Aw		0.44±0.02	0.43±0.01	0.44±0.01
colour	L* ^{ns}	57.94±0.49	56.98±1.78	55.30±1.39
	a* ^{ns}	1.33±0.75	1.22±0.25	1.47±0.26
	b* ^{ns}	13.00±0.35	9.52±2.15	10.84±0.38

^{ns} Means within the same row are not significantly different (*p>0.05*).

Table 2 Microbial qualities of garcinias dried at 45, 55, and 65°C and TCPS 476/2547.

Microbial	Drying temperature (°C)			TCPS 476/2547*
	45	55	65	
Total viable count (cfu/g)	≤25	≤25	≤25	≤ $1x10^4$
Yeast and mold (cfu/g)	not detected	not detected	not detected	≤ 10
Coliform bacteria (MPN/g)	not detected	not detected	not detected	not specified

* Thai community product standard 476/2547

การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค

The Study of Optimal Formulation for Ready-to-drink Pummelo Peel Tea

นันท์ชนก นันทะไชย[1]

Nanthachai, N.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the optimal formulation of ready-to-drink tea from pummelo peel by using a mixture design technique. Three main components included pummelo peel tea ($\geq$ 80%), fructose syrup (5-15%) and citric acid ($\leq$ 2%). The results showed that EC_{50} of ready-to-drink tea contained with 93-95% pummelo peel tea ranged from 154.73-167.09 µl/ml. Whereas, EC_{50} of ready-to-drink tea contained with 83-85% pummelo peel tea was higher, which is EC_{50} ranged from 154.73-167.09 µl/ml. For sensory evaluation, the result indicated that the products contained with 2% citric acid had lower sensory scores of flavor, taste and overall acceptance ($p \leq 0.05$). The data was further analyzed by using response surface methodology. Factors affected the acceptability of product were citric acid, fructose syrup and pummelo peel tea, respectively. From contour plot, the results showed that optimal formulations of ready-to-drink pummelo peel tea consisted of 90-95% pummelo peel tea, 5-10% fructose syrup and 0-1% citric acid.

Keywords: ready-to-drink tea, pummelo, mixture design

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคจากเปลือกส้มโอ โดยจัดการทดลองแบบผสม กำหนดปัจจัยหลัก 3 อย่าง ได้แก่ น้ำชาเปลือกส้มโอ (มากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป) ฟรุกโตสไซรัป (ร้อยละ 5-15) และ กรดซิตริก (ไม่เกินร้อยละ 2) จากการศึกษาพบว่า เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภคที่มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 93-95 มีค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 154.73-167.09 µl/ml ในขณะที่เครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคที่มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 83-85 มีค่า EC_{50} สูงถึง 330.75-340.6 µl/ml จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมน้อยกว่าเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอสูตรที่เติมสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 และสูตรที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองพบว่าอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ ปริมาณกรดซิตริก ฟรุกโตสไซรัป และน้ำชาเปลือกส้มโอ ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์จากแผนภาพคอนทัวร์ที่ซ้อนทับกันระหว่างค่า EC_{50} และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 90-95 ฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 5-10 และ กรดซิตริกไม่เกินร้อยละ 1 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค

คำสำคัญ: เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภค ส้มโอ การทดลองแบบผสม

คำนำ

การใช้ผลไม้ตระกูลส้มในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การแปรรูปเป็นเครื่องดื่มน้ำผลไม้ พบว่าปริมาณน้ำผลไม้ที่ได้จากผลสดนั้นน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักทั้งหมด และมีส่วนที่เหลือทิ้ง ได้แก่ กากและเปลือกเป็นปริมาณมาก ซึ่งเศษที่เหลือทิ้งนี้มีคุณค่าทางโภชนาอยู่มาก เช่น เพคติน และ สารประกอบฟีนอลเป็นต้น สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง มีอยู่ในส่วนต่างๆ ของผักและผลไม้ ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่นรส และรสชาติของผักและผลไม้หลายชนิด (Li และคณะ, 2006)

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

ในประเทศไทยมีการแปรรูปผลไม้ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น เปลือกและเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ (bioactive compounds) สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น การทำชาจากเปลือกมังคุด โดยในเปลือกมังคุดมีสารแซนโทนอยู่มากและหลายชนิด จากแนวความคิดนี้จึงได้หาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น เช่น เปลือกส้มโอ ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้ดังกล่าวมีสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) อยู่มาก มีการศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มหลายชนิด (Yen Ben lemon, Meyer lemon, grapefruit, mandarin และ orange) (Li และคณะ, 2006) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตชาพร้อมดื่มจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการผลิตโดยใช้เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง กำหนดค่าสี (L* a* b*) ของเปลือกส้มโอสด ดังนี้ ค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 62.8 – 67.6 ค่า a* มีค่าอยู่ในช่วง 3.1 – 4.7 และค่า b* มีค่าอยู่ในช่วง 47.3 – 48.7 ในการผลิตผงชาเปลือกส้มโอมีขั้นตอนดังนี้ ล้างเปลือกส้มโอด้วยน้ำสะอาด สารละลายด่างทับทิม และสารละลายคลอรีน 10 ppm จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วผึ่งให้แห้ง ทำการนวดเป็นเวลา 30 นาที และหมัก 1 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60° C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือ ความชื้นประมาณร้อยละ 11-12 แล้วจึงบดให้ละเอียด นำไปบรรจุซองเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคโดยวางแผนการทดลองแบบ mixture design ใช้ส่วนประกอบหลัก 3 อย่าง ได้แก่ น้ำชาเปลือกส้มโอปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ฟรุกโตสไซรัปปริมาณร้อยละ 5-15 และสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณไม่เกินร้อยละ 2 ได้ทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง วิธีการเตรียมเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค มีดังนี้ นำผงชาเปลือกส้มโอ 0.7 กรัม ชงในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำน้ำชาที่ชงได้มากรองให้น้ำชาใส เติมฟรุคโตสไซรัป (ความเข้มข้น 42%) และสารละลายกรดซิตริก (ความเข้มข้น 50%) ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่ 65°C เป็นเวลา 30 นาที ทำการบรรจุขวดขณะร้อน แล้วจึงนำไปแช่ในน้ำเย็น จะได้เครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค

วิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค โดยรายงานผลเป็นค่า EC_{50} (Leong and Shui, 2002) และทดสอบทางประสาทสัมผัสความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของสิ่งทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT สร้างแบบจำลอง และแผนภาพคอนทัวร์เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยสาร DPPH เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว (Molyneux, 2004) อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายจะมีสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH จะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งจะเห็นเป็นสารสีเหลืองนวล ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกัน ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป (Lonita, 2005) แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ อาจมีอิทธิพลของรงควัตถุอื่นในพืชที่สามารถรบกวนการดูดกลืนคลื่นแสง ทำให้มีความแม่นยำน้อย (Pathania และคณะ, 2006) จากการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคพบว่า เครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคที่มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 93 – 95 มีค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 154.73 – 167.09 µl/ml ในขณะที่ค่า EC_{50} ของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคที่มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 83 – 85 มีค่า EC_{50} สูงถึง 330.75 - 340.6 µl/ml (Table 1) ค่า EC_{50} ของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอมาก แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถต้านอนุมูลอิสระและปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอที่ใช้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภคนี้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความร้อนในกระบวนการผลิตมีผลทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกส้มโอลดลง (Moure และคณะ, 2000) เนื่องจากเปลือกส้มโอประกอบด้วย สารในกลุ่ม polyphenol เป็นสารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อโดนความร้อนจะทำให้สารเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไป

กรดซิตริกเป็นกรดที่ใช้แทนพืชตระกูลส้มจึงมีรสเปรี้ยว (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2557) ดังนั้นปริมาณของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้จึงมีผลต่อความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอ

พร้อมบริโภค โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมสารละลายกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมน้อยกว่าเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอสูตรที่เติมสารละลายกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 1 และสูตรที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเครื่องดื่มชามีรสเปรี้ยวมากจึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาที่มีการเติมสารละลายกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 2 และผู้ทดสอบมีแนวโน้มให้การยอมรับเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอสูตรที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกมากที่สุด (Figure 1)

จากการหาความสัมพันธ์พบว่า อิทธิผลของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ ปริมาณกรดซิตริก ฟรุกโตสไซรัป และน้ำชาเปลือกส้มโอ ตามลำดับ ปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอยิ่งมากมีแนวโน้มแสดงค่า EC_{50} ต่ำ (Figure 2a) และปริมาณฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 10 และการไม่เติมกรดซิตริกนั้นทำให้มีแนวโน้มแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สูงกว่า (Figure 2b) และเมื่อวิเคราะห์จากแผนภาพคอนทัวร์ที่ซ้อนทับกันของค่า EC_{50} ระหว่าง 150 – 275 µl/ml และความชอบโดยรวมระหว่าง 6.5-7.5 คะแนน (Figure 2c) พบว่าปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 90-95 ฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 5-10 และ กรดซิตริกไม่เกินร้อยละ 1 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอสูตรที่เติมสารละลายกรดซิตริก อิทธิผลของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ปริมาณกรดซิตริก ฟรุกโตสไซรัป และน้ำชาเปลือกส้มโอ ตามลำดับ ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มชาเปลือกส้มโอพร้อมบริโภค คือ ปริมาณน้ำชาเปลือกส้มโอร้อยละ 90-95 ฟรุกโตสไซรัปร้อยละ 5-10 และกรดซิตริกไม่เกินร้อยละ 1

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2557, Citric acid/ กรดซิตริก [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1339 [30/ June/ 2014].

Molyneux, P., 2004, The Use of the Stable Free Radical Diphenyipicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 26: 211-219.

Moure, A., Franco, D., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M.J. and Lema, J.M., 2000, Evaluation of Extract From Gevuina avellana Hulls as Antioxidants, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3890-3897.

Leong, L.P. and Shui, G., 2002, An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruits in Singapore Market, Food Chemistry, 76: 69-75.

Li, B.B., Smith, B. and Hossain, Md.M., 2006, Extraction of Phenolics from Citrus Peels I. Solvent Extraction Method, Separation and Purification Technology, 48: 182–188.

Lonita, P., 2005, Is Dpph Stable Free Radical a Good Scavenger for Oxygen Active Species, Chemicals papers, 59: 11-16.

Pathania, V., Gupta, A.P. and Singh, B., 2006, Improved HPTLC Method for Determination of Curcuminoids from *Curcuma longa*, Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 29: 877–887.

Table 1 DPPH scavenging activity (EC_{50}) of ready-to-drink pummelo peel tea.

Component factors (%)			EC_{50} (µl/ml)
Pummelo peel tea	Fructose syrup	Citric acid	
83	15	2	330.75
84	15	1	338.45
85	15	0	340.6
88	10	2	268.25
89	10	1	269.88
90	10	0	273.93
93	5	2	165.62
94	5	1	154.73
95	5	0	167.09

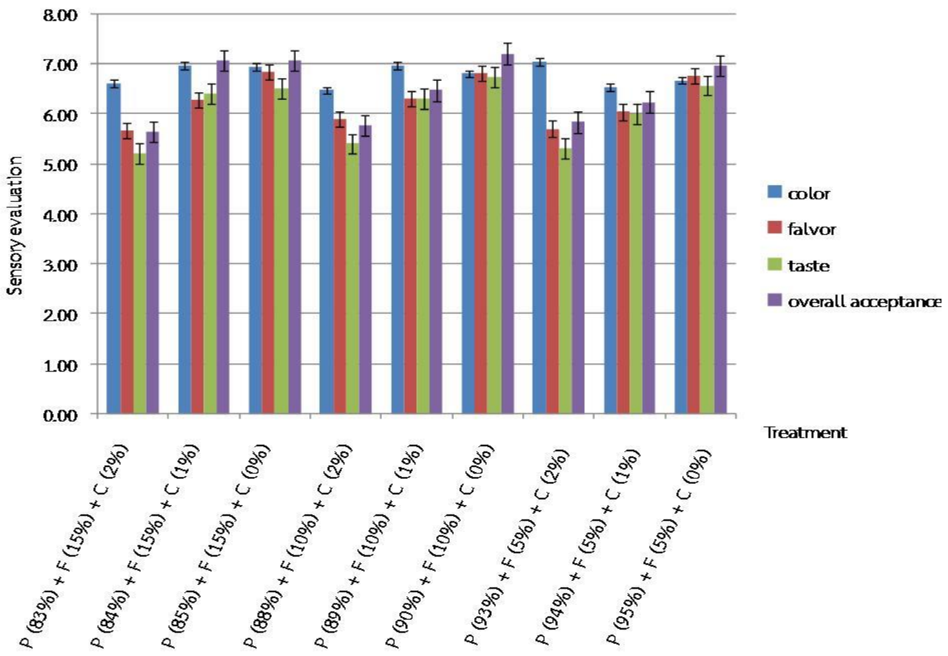


Figure 1 Sensory evaluation of ready-to-drink pummelo peel tea. Symbols; P, F and C in figure mean pummelo peel tea, fructose syrup and citric acid, respectively.

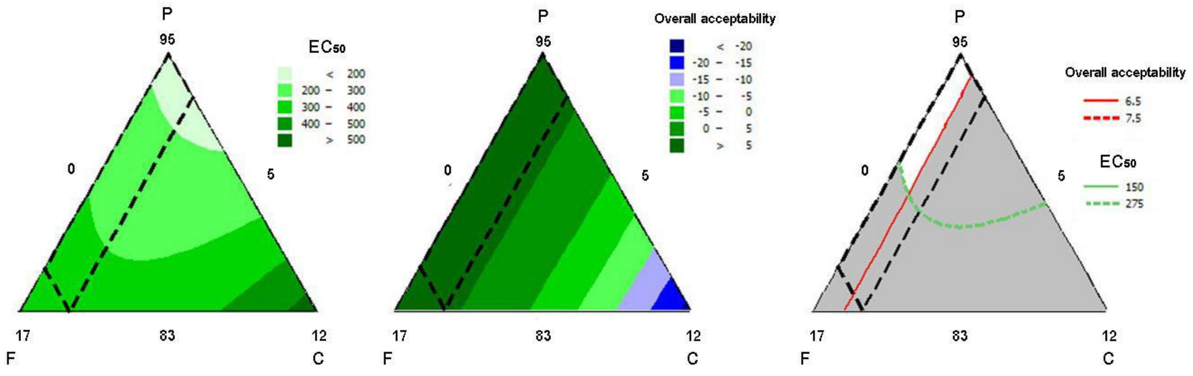


Figure 2 Contour plot of (a) EC_{50} (b) overall acceptability and (c) overlaid between EC_{50} and overall acceptability of ready-to-drink pummelo peel tea.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 45-48 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 45-48 (2557)

ผลของเมทิลจัสโมเนทต่อเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแคลลัสองุ่นพันธุ์ป๊อกดำ

Effect of Methyl Jasmonate on Peroxidase and Antioxidant Activity of Callus in Grape *Vitis vinifera* cv. Pok Dum

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]
Rungruang, R.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

The objective of this investigation was to monitor the effect of various concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 µM) of methyl jasmonate (MeJA) on peroxidase, antioxidant and free radical scavenging activities including 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) of *Vitis vinifera* cv. Pok Dum callus culture. It was found that the fresh biomass of grape cell callus was the highest (40.67 mg/FCW) in cells treated with 50 µM MeJA. At 15 days in callus culture, peroxidase of the grape callus treated with MeJA was lower compared to the control culture (no MeJA). However, at day 3, *V. vinifera* cv. Pok Dum callus cultured with 50 µM MeJA had the highest antioxidant activity as indicated by DPPH and ABTS and the values were 12.62% and 10.32%, respectively.

Keywords: methyl jasmonate (MeJA), peroxidase, antioxidant activity, callus culture, *Vitis vinifera*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 µM ต่อเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยวิธี 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH)และ 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) ของ *Vitis vinifera* cv. Pok Dum ผลการศึกษาพบว่าเซลล์แคลลัสองุ่นมีน้ำหนักสดสูงสุดเมื่อเติมเมทิลจัสโมเนทเข้มข้น 50 µM สำหรับปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสพบว่า ระยะเวลา 15 วัน การเติมเมทิลจัสโมเนท มีผลให้ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลดลง อย่างไรก็ตามการเติมเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 50 µM สามารถส่งเสริมให้แคลลัสองุ่นมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงที่สุดในวันที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ12.62 และ 10.32 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เมทิลจัสโมเนท เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส สารต้านอนุมูลอิสระ แคลลัสองุ่น

Introduction

Callus cultures in common with grapes and grape seeds accumulate a wide range of flavonoids, including anthocyanins, flavan-3-ols and stilbenes, that are biologically active. Phenolic acids have been proposed to have beneficial effects on human health because of their antioxidants and anti-cardiovascular effects (Vermerris and Nicholson, 2006). Plant cell cultures are a means to study or to produce some active metabolites such as triterpenes, quinines or polyphenols (Oksman-Caldentey and Inze, 2004). Several biotechnological advances have been developed in tissue culture that improve secondary metabolite production. There are several strategies to increase the secondary metabolites production in plant cell cultures, e.g. elicitation. The use of biotic or abiotic elicitors to stimulate product formation has become an important progress strategy and has been very useful in reducing the process time to attain a high product concentrations and increased volumetric productivity (Dornenburg, 2004). However, there are very few reports

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tien-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

of using elicitor (Methyl Jasmonate, MeJA) to induce phenolic increment *in vitro* or medium culture. In this study, we investigated the effects of different concentrations of MeJA on biomass accumulation, peroxidase and antioxidant activity in cell callus cultures of *V. vinifera* cv. Pok Dum.

Materials and Methods

Plant material

Callus cultures were initiated from seeds of *Vitis vinifera* cv. Pok Dum purchased from Talad Thai Market, Pathumthani, Thailand. The seeds were surface sterilized with ethanol 75%(v/v) for 30 s, then by NaOCl 10%(v/v) for 10 min and NaOCl 5%(v/v) for 15 min, and finally rinsed three times with sterile distilled water for 5 min. The seed was placed on a solid Murashige and Skoog culture medium (MS medium; Murashige & Skoog, 1962) containing 0.1 mg/L 6-benzyladenine (BA), 30 g/L sucrose and 0.9% (w/v) agar, and observed until root and shoot protuberance or emergence which occurred in 30 days. When shoots and roots were 5-6 cm length. The explants were then cut into 5±1 mm segments. The explant were sterilized with ethanol 75%(v/v) for 30 s, then in NaOCl 10%(v/v) for 10 min and NaOCl 5%(v/v) for 15 min, followed by three sequential rinses in sterile distilled water for 5 min, similar to surface cleaning of seed. The sterile pieces of shoot and root were placed on MS medium for initiation of callus. Cultures were incubated for 4 weeks at 25ºC with 16 h light.

Effect of Methyl Jasmonate (MeJA) on callus culture

To investigate the effects of MeJA on callus, MS-based medium with MeJA at different concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 µM) was used. Callus culture were collected immediately (time 0) and at 1, 3, 6, 10 and 15 days after treatment with MeJA. The cells were harvested to determine fresh cell weight, peroxidase activity, phenolic content and antioxidant activity.

Parameters

1. Callus were harvested from the culture medium on (time 0) and at 1, 3, 6, 10 and 15 days after treated with MeJA. The fresh weight of the harvested samples was recorded. The growth yield was calculated as: harvested FCW (g).
2. Total antioxidant activity was measured by the improved 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging (DPPH) method of Brand-William *et al*. (1995) and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method of Cai *et al*. (2004)
3. Peroxidase activity was assayed as follows. Callus sample were homogenized in a mortar with 1.5 mL of 0.1 M Phosphate buffer pH 7.0 at 4^{o}C, for 3 min and centrifuged 15,000 g. The peroxidase activity was estimated from the increase in absorbance at 470 nm in phosphate buffer containing 8 mM of guaiacol and 0.05 mM of hydrogen peroxide at 25 ^{o}C modified according to Chance and Maehl (1995).

Results and Discussion

Cell growth of callus V. *vinifera* was monitored by measuring fresh cell weight (FW) at days 0, 1, 3, 6, 10 and 15 days. All treatments showed a similar growth curve compared to the control (Figure 1). Among different concentrations of MeJA, the highest accumulation of biomass was observed in the grape cell callus culture treated with 50 µM MeJA and the accumulated biomass was 40.67 mg/FW. The 3th day, the callus cells treated with MeJA had a lower peroxidase activity compared to the control callus. However, peroxidase activity of grape callus treated with 50 µM MeJA resulted in an accumulation of 1.37 unit/mg protein at 3 days (Figure. 2), and peroxidase activity decreased, thereafter. Similar results were reported by Chong *et al*. (2005), 1 day after culturing with 50 µM MeJA, peroxidase activity of Morinda elliptica increased at 3 days and decreased

drastically at 6 days. Peroxidases are associated with biochemical and physiological processes such as growth, cell formation, fruit development, ethylene biosynthesis, as well as the response to various stresses (Matamoros *et al*., 2003). In our study, the effects of different concentrations of MeJA on antioxidant activity were assessed by the DPPH (Figure 3) and ABTS radical scavenging activity (Figure 4). It was found that the antioxidant activity of *V. vinifera* cv. Pok Dum callus cells treated with four doses of MeJA increased in the early period from day 0 until day 3. However, the antioxidant activity decreased when the concentration of MeJA increased. MeJA could act as elicitor that activated the secondary metabolite accumulation (Giri *et al*., 2012). In this study, the treatment of *V.vinifera* by 50 μM MeJA for 3 days was the optimal condition which gave the highest DPPH and ABTS radical scavenging activity (12.62% and 10.32%, respectively).

Summary

This study has shown that MeJA elicitor at 50 μM could induce biomass accumulation, peroxidase activity, and antioxidant activity of *Vitis Vinifera* cv. Pok Dum cultured callus cells.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

Brand-William, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of A Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel Wissenschaft and Technology, 28: 25–30.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. and Corke, H., 2004, Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer, Life Sciences, 75: 2157–2184.

Chance, B. and Maehly, A.C., 1995, Assay of Catalases and Peroxidase, Method Enzyme, 52: 764–775.

Chong, T.M., Abdullah, M.A., Fadzillah, N.M., Lai, O.M. and Lajis, N.H., 2005, Jasmonic Acid Elicitation of Anthraquinones with Some Associates Enzymic and Non Enzymic Antioxidant Responses in *Morinda elliptica*, Biochemical Journal, 36: 469–477.

Dornenburg, H., 2004, Evaluation of Immobilization Effects on Metabolic Activities and Productivity in Plant Cell Processes, Process Biochemistry, 39: 1369–1375.

Giri, L., Dhyani, P., Rawat, S., Bhatt, I.D., Nandi, S.K., Rawal, R.S. and Pande, V., 2012, *In vitro* Production of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Callus Suspension Cultures of *Habenaria edgeworthii*: A Rare Himalay an Medicinal Orchid, Industrial Crops and Products, 39: 1–6.

Matamoros, M.A., Dalton, D.A., Ramos, J., Clemente, M.R., Rubio, M.C. and Becana, M, 2003, Biochemistry and Molecular Biology of Antioxidants in the Rhizobia-Legume Symbiosis, Plant Physiology, 133: 499–509.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Reviewed Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Cultures, Physiology Plant, 15: 473-479.

Oksman-Caldentey, K.M. and Inze, D., 2004, Plant Cell Factories in the Postgenomicera: New Ways to Produce Designer Secondary Metabolites, Trends in Plant Science, 9: 433–440.

Slinkard, K. and Singleton, V.L., 1977, Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods, American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49–55.

Vermerris, W. and Nicholson, R., 2008, Phenolic Compound Biochemistry, Springer, Dordrecht, The Netherlands.

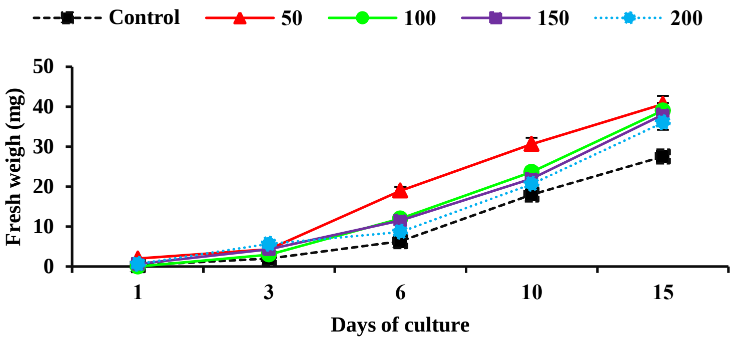


Figure 1 Effect of Methyl Jasmonate (MeJA) level on cell biomass (mg FW) of the *V. vinifera* cv. Pok Dum cell callus cultures.

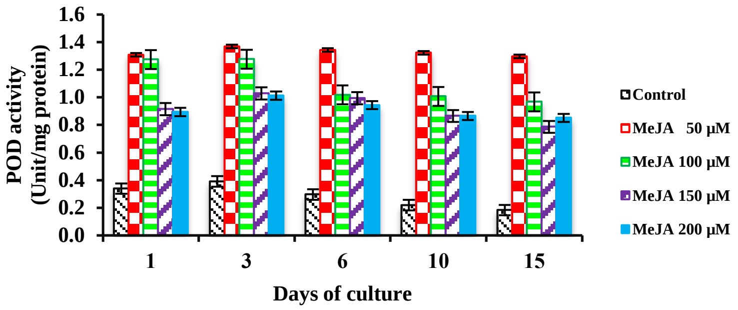


Figure 2 Effect of Methyl Jasmonate (MeJA) level on Peroxidase(POD) of the *V. vinifera* cv. Pok Dum cell callus cultures.

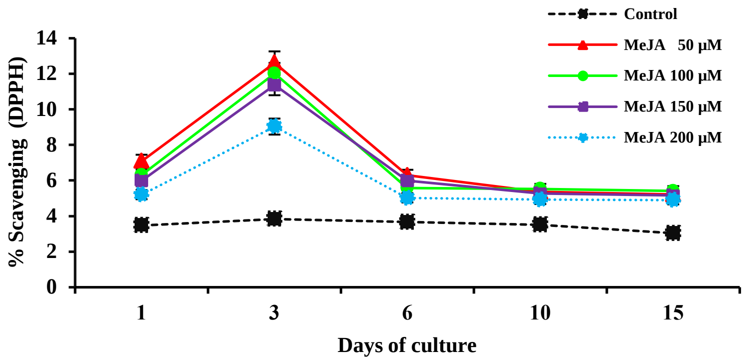


Figure 3 Effect of Methyl Jasmonate (MeJA) on DPPH scavenging of the *V. vinifera* cv. Pok Dum cell callus cultures.

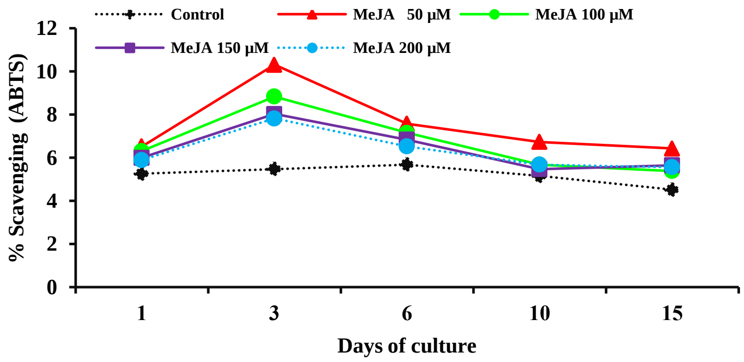


Figure 4 Effect of Methyl Jasmonate (MeJA) on ABTS scavenging of the *V. vinifera* cv. Pok Dum cell callus cultures.

การสกัดและคุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel')

Extraction and Characterization of Volatile Flavor from Banana (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel')

สรศักดิ์ งามสง่า[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Ngamsanga, S.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Kluay Hom Tong Banana (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel') flavoring was extracted by a mixture of water and ethanol at 5 ratios; 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 and0:100 for 10, 30, and 60 min. Banana flavor at 100:0 of water: ethanol for 10 min was the best combination for extraction. Brown yellow banana extracts gave L^*, Chroma and Hue angle values of 59.28±0.35, 11.41±0.14 and 84.86±0.78, respectively. Moreover, this combination gave the highest yield at 98.45±1.63% (% wet basis) and consisted of the lowest total soluble solid of 20.95±0.50°Brix. The major volatile compounds were 2-methylpropyl acetate, butyl acetate, 2-pentyl acetate, isoamyl acetate, butyl butyrate, isobutyl isovalerate, hexyl acetate, isoamyl butyrate, isoamyl isovalerate, 2-methylpropyl butyrate and isoamyl hexanoate. The volatile compounds profile of banana extract was similar to that of fresh banana.

Keywords: banana (KluayHom Tong), volatile compounds, solid-phase micro-extraction

บทคัดย่อ

การสกัดสารให้กลิ่นรสของกล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel') ด้วยตัวทำละลายผสมน้ำต่อเอทานอลสัดส่วน 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที พบว่าการสกัดกล้วยหอมทองด้วยน้ำ (100:0) เวลา 10 นาที ได้สารสกัดกล้วยหอมทองมีสีน้ำตาลเหลืองโดยมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเข้มสี (Chroma) และ ค่าเฉดสี (Hue angle) เท่ากับ 59.28±0.35, 11.413±0.14 และ 84.86±0.78 ตามลำดับ มีปริมาณร้อยละผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 98.45±1.63 (โดยน้ำหนักสด) แต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 20.95±0.50 องศาบริกซ์ และพบว่ามีสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ 2-methylpropyl acetate, butyl acetate, 2-pentyl acetate,isoamyl acetate, butyl butyrate, isobutyl isovalerate, hexyl acetate, isoamyl butyrate, isoamylisovalerate, 2-methylpropyl butyrateและisoamylhexanoate ที่มีลักษณะแนวกลิ่นเช่นเดียวกับกล้วยหอมทองผลสด(ชุดควบคุม)

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง สารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ Solid-phase micro-extraction

คำนำ

กล้วยหอมเป็นผลไม้เมืองร้อน นิยมบริโภคกันแพร่หลายทั่วโลก แต่ละสายพันธุ์ให้กลิ่นรสที่แตกต่างกัน มีรายงานวิจัยพบว่ากล้วยสายพันธุ์ Giant Cavendish และ Dwarf Cavendish มีสารระเหยในกลุ่มเอสเทอร์เป็นหลัก ได้แก่ ethyl acetate, 2-methylpropyl acetate, 3-methylbutyl acetate (isoamyl acetate) และ 3-methylbutylbutanoate เป็นต้น (Jordan และคณะ, 2001) สำหรับประเทศไทยกล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel') เป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่โดดเด่น และปลูกมาก กล้วยหอมทองนอกจากรับประทานผลสดแล้ว ยังมีการนำเนื้อกล้วยหอมทองสุกมาผสมเป็นสารให้กลิ่นรสในอาหาร เช่น ไอศกรีมเค้ก และ ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น แต่ยังไม่พบรายงานการศึกษาคุณลักษณะของกลิ่นรสในกล้วยหอมทอง ถึงแม้ปัจจุบันมีการผลิตสารให้กลิ่นที่เหมือนสารให้กลิ่นธรรมชาติและกลิ่นสังเคราะห์ที่มีกลิ่นคล้ายกล้วยหอมเพื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด แต่ยังไม่มีคุณลักษณะของกลิ่นกล้วยหอมที่แท้จริง การแก้ปัญหาเพื่อให้ได้กลิ่นรสธรรมชาติของกล้วยหอมวิธีหนึ่งคือ การสกัดจากกล้วยหอมผลสดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งวิธีนี้ไม่ใช้ความร้อนทำให้ได้สารหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิม โดยต้องเลือกชนิดของตัวทำละลายให้เหมาะสม และคำนึงถึงความปลอดภัยในด้านความเป็นพิษตามที่กฎหมายกำหนด (Heath, 1981) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมทองด้วยตัวทำละลายผสมน้ำต่อเอทานอลที่สัดส่วนต่างกันต่อคุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสในกล้วยหอมทอง

[1] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150**
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การสกัดสารให้กลิ่นรสในกล้วยหอมด้วยตัวทำละลาย นำกล้วยหอมทองแก่ร้อยละ 80 มาเร่งสุกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน นำมาสกัดสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมทองโดยใช้ตัวทำละลาย2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอล แปรสัดส่วนน้ำต่อเอทานอลเป็น 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 ใช้อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:2(w/v) กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แปรเวลาสกัดที่10, 30 และ 60 นาที หลังจากนั้นกรองเอากากออก ได้สารสกัดที่มีลักษณะเป็นสารละลายข้นเหลวนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและสารหอมระเหยมีดังนี้

วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ วิเคราะห์ปริมาณร้อยละผลผลิต (ปริมาณร้อยละผลผลิตโดยน้ำหนักสด = น้ำหนักสารสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทองหลังกรอง (กรัม)/น้ำหนักเนื้อกล้วยและตัวทำละลาย(กรัม)x100), ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง handheld refractometer และค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10) นำสารสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทุกสภาวะการสกัดปริมาตร5 มิลลิลิตร ใส่ใน glass sample cup โดยอ่านค่าตามระบบ CIEได้แก่ lightness (L*), chroma(C*) และ hue angle (h°) โดยค่า L*คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (มืดดำ) ถึง 100 (สว่างขาว) ค่า C* เป็นค่าที่แสดงความเข้มสี ค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีซีดจาง (เทา) และค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึงวัตถุมีสีเข้ม และค่า h° เป็นค่าที่แสดงช่วงเฉดสีของวัตถุ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา

วิเคราะห์สารหอมระเหย โดยใช้dynamic headspace-solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GS-MS)(Agilent Technologies รุ่น 7890A MS ประเทศจีน) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 2 cm-50/30µmDVB /Carboxen^{TM}/PDMS StableFlex^{TM} อุ่นสารตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที พร้อมเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 rpm จากนั้น ให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที และฉีดเข้าเครื่อง GC ที่อุณหภูมิ injection 240 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที ด้วยวิธี splitless โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร)(J&W Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา) มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพาที่อัตราไหลคงที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven ที่ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 250 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 2นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ใช้ electron impact mode (EI Mode) ที่ภาวะเครื่อง 70 eV และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

วิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ 5x3Factorial inRandomized Complete Block Designจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและสารหอมระเหย พบว่าสารสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทองที่สกัดด้วยน้ำ (100:0) เวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม ได้สารสกัดกล้วยหอมทองมีสีน้ำตาลเหลือง โดยมีค่า L* (ค่าความสว่าง) 59.28±0.35, C* (ค่าความเข้มสี) เท่ากับ 11.413±0.14 และ h° (ค่าเฉดสี) เท่ากับ 84.86±0.78 (Table1) เนื่องจากเนื้อกล้วยหอมมีเอนไซม์ polyphenol oxidase สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อกล้วยหอมทองทำให้เกิดสีน้ำตาล (มณฑล, 2557) ขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมที่สัดส่วนของเอทานอลสูงขึ้น ได้สารสกัดกล้วยหอมทองสีเหลืองอ่อนมี h° อยู่ในช่วง (98.35± 0.76 - 102.11±0.88) และไม่เกิดสีน้ำตาล (Table1) เนื่องจากเอทานอลสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (มณฑล, 2557) และเอทานอลมีความสามารถสกัดแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองที่สามารถละลายได้ดีในเอทานอล (นิธิยา, 2549) ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงขึ้น ($p \leq 0.01$) ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดประกอบด้วยน้ำตาล กรดอินทรีย์ รวมทั้งแคโรทีนอยด์ (Jorge และคณะ, 2013) แต่ปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทองด้วยเอทานอลลดลง เมื่อเทียบกับสารสกัดกล้วยหอมทองด้วยน้ำซึ่งมีร้อยละผลผลิตมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 98.45±1.63 (โดยน้ำหนักสด) เนื่องจากน้ำมีค่าดัชนีความมีขั้ว (p.i.= 9) ที่สูงกว่าเอทานอล (p.i. = 5.2) มีผลทำให้น้ำสามารถสกัดสารให้กลิ่นรสในกล้วยหอมทองออกมาได้ดีกว่าเอทานอล (Hemwimol และคณะ, 2006)

เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหย พบว่าสารสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทองด้วยน้ำ (100:0) เวลา 10 นาที มีชนิดสารหอมระเหยสูงที่สุดทั้งหมด 24 ชนิด (Table 2) และมีสารหอมระเหยหลักที่สำคัญเช่นเดียวกับกล้วยหอมทองผลสด (Figure 1a และ b) โดยมีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 2-methylpropyl acetate, butyl acetate, 2-pentyl acetate, isoamyl acetate, butyl butyrate, isobutyl isovalerate, hexyl acetate และ isoamylhexanoate เนื่องจากสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหลักในกล้วยหอมทองเป็นสารประกอบเอสเทอร์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีขั้ว ทำให้การสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทองด้วยน้ำซึ่งเป็นสารที่มีขั้วสูง

สามารถสกัดสารหอมระเหยในกล้วยหอมทองสดได้สูงที่สุดในขณะที่เพิ่มสัดส่วนของเอทานอลในตัวทำละลายผสมให้มากขึ้น 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 ส่งผลให้ปริมาณสารในกลิ่นรสกล้วยหอมทองลดลง (Figure 1c) เนื่องจากเอทานอลเป็นสารที่มีขั้วต่ำ ทำให้ความสามารถในการสกัดสารหอมระเหยในกล้วยหอมทองลดลง โดยความสามารถในการสกัดสารหอมระเหยที่มีขั้วขึ้นอยู่กับความมีขั้วของตัวทำละลาย (Durling และคณะ, 2007)

สรุปผล

การสกัดสารให้กลิ่นรสของกล้วยหอมทองด้วยน้ำ (100:0) เวลา 10 นาที ได้สารสกัดสีเหลืองน้ำตาล มีปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำสุด อีกทั้งพบสารหอมระเหย 24 ชนิด เช่น 2-methylpropyl acetate, butyl acetate, 2-pentyl acetate, isoamyl acetate และ isoamylhexanoate โดยมีสารหอมระเหยหลักที่สำคัญเช่นเดียวกับที่พบในกล้วยหอมทองผลสด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

มณฑล สุกใส, 2557, หลักกระบวนการควบคุมการเกิดน้ำตาลในอาหาร, ข้อมูลเผยแพร่ [สืบค้น] http://www.thaifoodscience.com [8/ January/ 2014].

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร, 487 หน้า.

Heath, H.B., 1978, Source Book of Flavors, The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 836.

Hemwimol, S., Pavasant, P. and Shotipruk, A., 2006, Ultrasound-Assisted Extraction of Anthraquinones from Root of Morindacitrifolis, Ultrasonic Sonochemistry, 13: 543-548.

Jordan, M.J., Tandon, K., Shaw, P.E. and Goodner, K.L., 2001, Aromatic Profile of Aqueous Banana Essence and Banana Fruit by Gas Chromatography-massspectrometry (GC–MS) and Gas Chromatography-olfactometry (GC–O), Journal of Agriculturaland Food Chemistry, 49: 4813–4817.

Pino, J.A. and Febles, Y., 2013, Odour-active Compounds in Banana Fruit cv. Giant Cavendish, Food Chemistry, 141: 759-801.

Durling, N.E., Catchpole, O.J., Grey, J.B., Webby, R.F., Mitchell, K.A., Foo, L.Y. and Perry, N.B., 2007, Extraction of Phenolics and Essential Oil from Dried Sage (*Salvia officinalis*) Using Ethanol-Water Mixture, Food Chemistry, 101(4):1417-1424.

Table1 %yield, color and total soluble solid of the banana juice extract

Water:ethnanol	Time(min)	Color			yield (% wet weight basis)	Total soluble solid (°Brix)
		Lightness (L^*)	Chroma (C^*)	Hue angle (h°)		
100:0	10	59.28±0.35^{e}	11.41±0.14^{a}	84.86±0.78^{e}	98.45±1.63^{a}	20.95±0.50^{g}
	30	60.65±0.60^{de}	8.27±1.00^{bc}	90.16±3.08^{d}	98.08±0.89^{a}	22.68±0.86^{f}
	60	60.93±0.38^{cde}	7.60±0.87^{bcd}	90.43±1.70^{d}	90.30±1.97^{bcde}	21.91±0.34^{fg}
70:30	10	61.68±0.16^{cd}	7.61±0.59^{bcd}	98.35±0.76^{c}	95.92±0.88^{ab}	26.69±0.55^{e}
	30	62.36±0.20^{cd}	7.30±0.50^{cd}	101.17±0.94^{b}	95.16±3.85^{ab}	27.81±0.37^{d}
	60	62.30±0.31^{cd}	7.21±0.40^{d}	100.75±1.07^{b}	90.03±4.15^{bcde}	27.40±1.63^{de}
50:50	10	61.82±0.20^{cd}	8.52±0.10^{b}	100.28±0.55^{bc}	91.61±9.54^{abc}	29.85±0.16^{ab}
	30	62.45±0.19^{cd}	7.61±0.44^{bcd}	102.13±0.42^{ab}	87.53±9.67^{cdef}	30.39±0.58^{a}
	60	62.50±0.12^{cd}	7.47±0.20^{cd}	101.63±0.43^{b}	90.72±1.67^{bcd}	29.45±0.21^{ab}
30:70	10	61.78±0.18^{cd}	7.68±0.21^{bcd}	100.92±0.77^{b}	95.62±4.15^{ab}	28.03±0.51^{dc}
	30	62.59±0.63^{c}	7.50±1.33^{bcd}	103.63±0.88^{a}	80.64±5.04^{f}	28.86±0.46^{bc}
	60	62.21±0.64^{cd}	7.54±0.61^{bcd}	101.94±1.40^{ab}	83.30±1.80^{ef}	28.03±0.20^{dc}
0:100	10	67.53±0.20^{ab}	7.72±0.25^{bcd}	100.89±0.17^{b}	83.67±2.64^{def}	30.26±0.29^{a}
	30	66.01±4.14^{b}	7.51±0.39^{bcd}	101.64±0.37^{b}	84.75±2.40^{cdef}	30.13±0.05^{a}
	60	68.43±0.46^{a}	7.43±0.84^{bcd}	102.11±0.88^{ab}	81.94±2.12^{f}	30.03±0.20^{a}
F-test		**	**	**	**	**
LSD		1.88	1.04	1.95	7.34	0.99
C.V.		1.79	7.97	1.18	4.90	2.15

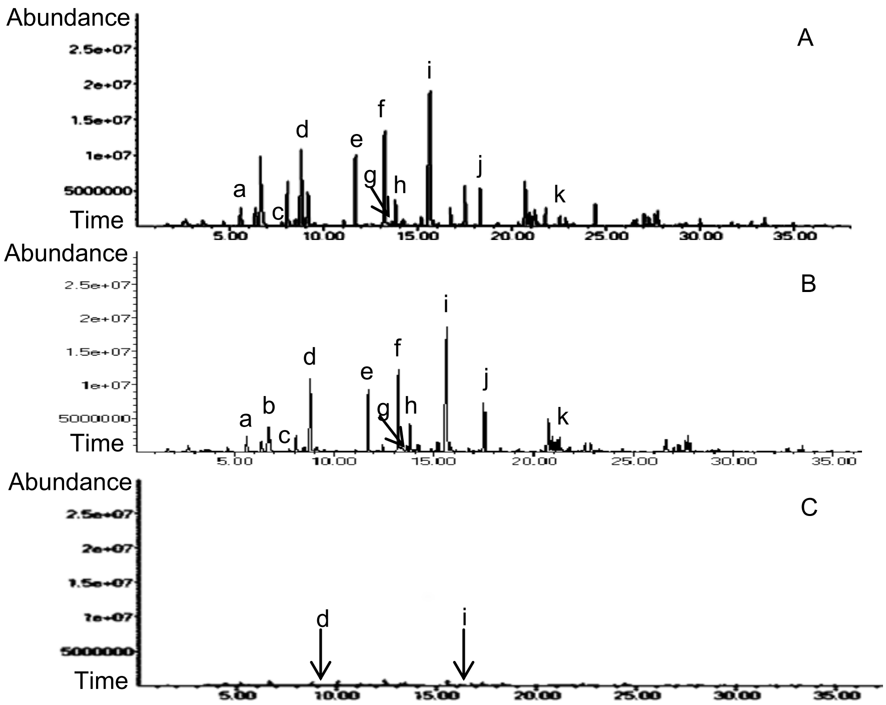


Figure 1 Volatile compound chromatograms of the banana flavor from: (**A**) fresh banana,(**B**) banana extracted by water (100:0) at 10 min and(**C**) banana extracted by ethanol at 10 min (0:100). **a.** 2-methylpropyl acetate; **b.** butyl acetate; **c.** 2-pentyl acetate; **d.** isoamyl acetate; **e.** 2-methypropyl butyrate; **f.** butyl butyrate; **g.** isobutylisovalerate; **h.** hexyl acetate; **i.** isoamyl butyrate; **j.** isoamylisovalerate; **k.** isoamylhexanoate)

Table2 Percentage of the volatile composition from Banana extract (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel')

Compounds	RI Value[a]	%relative peak area	Odor description
Ethyl Acetate	602	1.20	Etherial, fruity, sweet, grape, rum-like
3-Methylbutan-1-ol	630	0.78	Etherial, fruity, banana
2-methylpropyl acetate	643	2.27	Sweet, fruity, etherial with and apple banana nuance
Ethyl butyrate	653	1.82	Sweet, fruity
Butyl acetate	659	4.37	Sharp etherial, fruity banana, diffusive
2-pentyl acetate	674	0.31	Sweet, banana, fruity, fruit-like note
(E)-2-hexanal	678	2.32	Intense green-fruity, banana
1-hexanal	684	0.61	-
Isoamyl acetate	688	11.20	Ripe banana, sweet
2-Methylpropyl butyrate	955	8.28	Sweet, fruity, berry, cherry, bubble gum-like
Butyl butyrate	996	11.98	Ripe banana, fruit, sweet, fresh
Isobutyl isovalerate	1006	0.71	Sweet, fruity, banana, apple, raspberry
Hexyl acetate	1011	4.10	Fruity, sweet, banana, apple, pear, green
(4Z)-4-Hexenyl acetate	1018	0.73	-
1-Methylbutyl butyrate	1022	0.74	Fruity, apple
Isoamyl butyrate	1059	32.30	Fruity, green, sweet estry, banana, apple, pear
Isoamylisovalerate	1106	6.31	Ripe fruity
3-methybutyl pentanoate	1153	6.31	Ripe apple
(Z)-3-hexen-1-yl butyrate	1181	0.23	Fresh, green apple, fruity
Hexyl butyrate	1190	4.69	Green, fruity, estry
Hexyl pentanoate	1241	1.09	Fruity, green
Isoamylhexanoate	1250	1.49	Fruity, sweet, banana, pineapple, apple
Eugenol	1357	1.57	Sweet, spicy, clove like, woody
1,2,3-trimethoxy-5-prop-2-enylbenzene	1546	0.48	Spice, flower

การลดความฝาดของเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*

Removal of Astringency of Cashew Apple Pulp by *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]

Kaprasob, R.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

Fresh cashew apple (*Anacardium occidentale*) pulp, an agricultural waste or by-product from processed cashew nut, contains bioactive compounds with potential health benefits. This study was aimed to reduce tannins, causing astringency in cashew apple pulp fermented with *Saccharomyces cerevisiae* for 0, 12, 24, 48 and 72 h. After fermenting cashew apple with *S. cerevisiae* for 72 h, the pH, total sugar, reducing sugar, condensed tannin (proanthocyanidins), hydrolysable tannin, and total phenolic contents decreased. The 10% *S. cerevisiae* cashew apple fermentation for 72 h resulted in the greatest tannin removal; condensed tannin and hydrolysable tannins were 1.84 and 13.86 mg/ 100 g DW, respectively. However, DPPH$^{\bullet}$ (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical-scavenging and ABTS $^{+}$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate]) radical scavenging activities of fermented cashew apple were greater than 70% and 80%, respectively, indicating fermented cashew apple has a good potential for free radical scavenging.

Keywords: cashew apple, tannins, antioxidant activity, *Saccharomyces cerevisiae*

บทคัดย่อ

เนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นของเสียทางการเกษตร ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเม็ดมะม่วงหิมพานต์ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดความฝาดของน้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วยกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นเวลา 0, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่า หลังจากผ่านกระบวนการหมัก 72 ชั่วโมง ค่า pH ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ คอนเดนส์แทนนิน (โปรแอนโทไซยานิดิน) ไฮโดรไลซ์แทนนิน และสารประกอบฟีนิลิคทั้งหมดลดลง มะม่วงหิมพานต์ที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ร้อยละ 10 นาน 72 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณแทนนินได้ดีที่สุด โดยพบปริมาณคอนเดนส์แทนนิน และไฮโดรไลซ์แทนนิน เท่ากับ 1.84 และ 13.86 mg/ 100 g DW ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์หมัก สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$ (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS$^{\bullet+}$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate]) ได้มากกว่าร้อยละ 70 และ 80 ตามลำดับ ซึ่งเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์หมักมีศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี

คำสำคัญ: มะม่วงหิมพานต์ แทนนิน การต้านอนุมูลอิสระ เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*

Introduction

The cashew nuts represents only 9.5% of the total fruit weight and after harvest large amounts of cashew apples are left in the field to rot as an agricultural by-product, thus, 90.5% of this production is lost or underutilized (Silveira *et al*., 2012). Cashew apples are an excellent source of nutritions which include ascorbic acid, vitamins, minerals, organic acid, phenolics (anacardic acids), carbohydrate, reducing sugars (fructose and glucose), and some amino acids (Gyedu-Akoto, 2011). Cashew apple has been shown to be suitable for fermentation, because of its unique taste, flavor, availability, high sugar and water content (moisture content), and overall chemical composition (Ward and Ray, 2006). Moreover, cashew apple is also as a good medium for cultivating probiotics despite the high level of tannin content. The purpose of this study was to reduce tannins causing astringency in cashew apple pulp by fermenting with *Saccharomyces cerevisiae* in afforts to develop healthy food and/or drinks.

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Bangkhuntein, Bangkok 10150

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

Materials and Methods

Plant material: The cashew apple was washed with water and then cut into small pieces. The edible pieces were homogenized using a Waring blender for 5 min and kept at -20°C during the period of the study.

***Saccharomyces cerevisiae* cultures preparation**: *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 were obtained from Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Thailand. Cell cultivation was carried out statically in an incubator until the cell density spectrophotometrically determined reached 1.000 at 600 nm that correspond to 15×10^{8} CFU/mL, using the McFarland scale (Chapin and Lauderdale, 2003).

Fermentation of Probiotic Cashew Apple: Fermentation experiments were conducted in sealed Erlenmeyer flask, each containing 25g of pasteurized cashew apple and inoculated with *S. cerevisiae* (2.5 mL of inoculum). The fermentation process was performed at 37°C for 72 h. Samples for chemical analyses were taken at 0, 12, 24, 48 and 72 h.

Vitamin C content: Ascorbic acid analysis of sample extraction was done with 2,6-dichloroindolphenol according to the Official titrimetric method (AOAC, 2000). Vitamin C content was expressed as gram ascorbic acid equivalents (AAE)/ kg dry weight (DW).

Determination of condensed tannin content: Condensed tannins or proantrocyanidins were measured using the modified Vanillin Assay described by Sun *et al.* (1998). Three milliliters of 4% methanol vanillin solution and 1.5 mL of concentrated HCl were added to 100 µL of sample. The mixture was kept for 15 min, and the absorbance was measured at 500 nm against methanol as a blank. Results were expressed as mg (+)-catechin equivalent /100g dry weight (DW).

Determination of hydrolysable tannin content: Hydrolysable tannins were determined according to the method of Saad *et al.* (2012). A 2.5 mL of KIO_3 aqueous solution (2.5% w/v) was added to the test tube and heated for 7 min at 30°C, and then 0.5 mL of sample was added. After additional 2 min of tempering at 30°C, the absorbance was measured at 550 nm, using distilled water as a blank. Results were expressed as mg tannic acid equivalent (TAE)/ 100 g dry weight (DW).

Determination of total phenolic content: Total phenolic content was measured using the Folin–Ciocalteu colorimetric method (Huang *et al.*, 2005). Sample (20 µL) was added to the test tube and mixed with 80 µL of distilled water and 2 mL of 2% (w/v) Na_2CO_3 solution. After incubation for 3 min, 100 µL of Folin-Ciocalteu reagent was added. After standing for 30 min at room temperature, absorbance was measured at 750 nm, using distilled water as a blank. Results were expressed as gram gallic acid equivalents (GAE)/ 100g dry weight (DW).

Methods to estimate antioxidant capacity

1) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging efficiency: The scavenging effect was measured according to the modify method of Bersuder *et al.* (1998).

2) ABTS (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic) radical scavenging activity: The scavenging activity was measured according to Shan *et al.* (2005).

Results and Discussion

Changes in pH, total titratable acidity, reducing sugar, and total sugar of the *S. cerevisiae* cashew apple are shown in Table 1. The pH of the fermented cashew apple decreased from 3.90 to 3.72, but total titratable acidity expressed as percent lactic acid increased from 0.44% to 0.55% after the 72 h fermentation. The patterns of pH and acidity exhibited are in agreement with the findings of Ibanoglu *et al.* (1995).

Sugar content of cashew apple has usually been assessed in terms of total sugar or reducing sugar. Total sugar levels were sharply decreased in *S. cerevisiae* cashew apple from an initial value of 2.50 to 0.26 g/100g DW. However, the drop in sugar slowed down rapidly during the first 12 h of fermentation. This finding agrees with the changes in reducing sugar content of fermented cashew apple which sharply decreased from an initial value of 2.46 to 0.21 g/100 g DW after the 72 h (Table 1). Results indicated that the *S. cerevisiae* produce alcohol and carbon dioxide from sugars.

Biologically active compounds with antioxidant properties included condensed tannins or proanthocyanidins, which were the oligomers and polymers of flavan-3-ols (Havsteen, 2002). The condensed tannin, hydrolysable tannins (Figure 1) and total phenolic contents (Figure 2) of fermented cashew apple with *S. cerevisiae* decreased during fermentation. The total phenolic result of *S. cerevisiae* cashew apple was in accordance with Escudero-López *et al.* (2013), who reported that the total phenolics content of orange juice with *Saccharomycetaceae var. Pichia kluyveri* decreased during fermentation. Moreover, the ascorbic acid or vitamin C content of probiotic cashew apple with *S. cerevisiae* sharply increased after ferment for 12 h, and then decreased until 72 h of fermentation. Ascorbic acid of *S. cerevisiae* cashew apple fermented for 12 h was the highest at 2093.55 mg AAE/100 g DW (Figure 3).

The antioxidant activities of *S. cerevisiae* cashew apple did not differ among fermentation times according to ABTS and DPPH. The highest DPPH and ABTS free radical scavenging activity was 74.90% and 88.44%, respectively, at 12 h fermentation (Figure 4).

Table 1 Changes in pH, total titratable acidity, reducing sugar and total sugar during fermentation of cashew apple.

	Fermentation time (h)	pH	total titratable acidity (% lactic acid) ^{x}	reducing sugar ^{y} (g/100g DW)	total sugar ^{y} (g/100g DW)
control	0	$3.80±0.04^{b}$	$0.47±0.03^{cd}$	$2.62±0.14^{bc}$	$2.54±0.17^{cd}$
	12	$3.89±0.02^{a}$	$0.46±0.02^{cd}$	$2.59±0.04^{bc}$	$2.73±0.08^{bcd}$
	24	$3.73±0.01^{c}$	$0.50±0.03^{c}$	$2.79±0.02^{a}$	$2.79±0.27^{bc}$
	48	$3.66±0.02^{d}$	$0.48±0.02^{cd}$	$2.64±0.13^{b}$	$3.09±0.13^{a}$
	72	$3.68±0.02^{d}$	$0.56±0.04^{b}$	$2.51±0.13^{cd}$	$2.92±0.35^{ab}$
Saccharomyces cerevisiae	0	$3.90±0.01^{a}$	$0.44±0.03^{d}$	$2.46±0.15^{d}$	$2.50±0.23^{d}$
	12	$3.77±0.01^{b}$	$0.50±0.02^{c}$	$1.21±0.06^{e}$	$1.13±0.12^{e}$
	24	$3.62±0.04^{e}$	$0.55±0.02^{b}$	$0.37±0.02^{f}$	$0.26±0.04^{f}$
	48	$3.65±0.01^{de}$	$0.60±0.03^{a}$	$0.36±0.02^{f}$	$0.32±0.04^{f}$
	72	$3.72±0.01^{c}$	$0.55±0.04^{b}$	$0.21±0.02^{g}$	$0.26±0.03^{f}$

The results are expressed as means ± standard deviation (SD) with three replications. Values with different superscript letters in a column are significantly different at $p<0.05$.

^{x} Expressed as lactic acid (%)

^{y} Measured as glucose equivalent and expressed as g/100g dry weight (DW)

Summary

Fermentation of cashew apple with 10% *Saccharomyces cerevisiae* for 72 h was the optimum condition due to low sugars, condensed tannins (proanthocyanidins) and hydrolysable tannin and high antioxidant activity compared with the control and other times of fermentation. Fermented cashew apple might be suitable for developing healthy food and/or drinks.

Acknowledgements

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University (NRU) Project of Thailand, The Royal Golden Jubilee Ph.D Program and Heritage Grower Corporation, Ltd.

Literature cited

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists, 14, Washington D.C, Pages.

Bersuder, P., Hole, M. and Smith, G., 1998, Antioxidants from a Heated Histidine-Glucose Model System. I: Investigation of the Antioxidant Role of Histidine and Isolation of Antioxidants by High-Performance Liquid Chromatography, JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society, 75(2): 181-187.

Chapin, K.C. and Lauderdale, T., 2003, Reagents, Stains, and Media: Bacteriology, In Manual of Clinical Microbiology. Murray, P.R., Baron, E.J., Jorgensen, J.H., Pfaller, M.A. and Yolken, R.H., ASM Press, Washington, D.C., pp 358.

Escudero-López, B., Cerrillo, I., Herrero-Martín, G., Hornero-Méndez, D., Gil-Izquierdo, A., Medina, S., Ferreres, F., Berná, G., Martín, F. and Fernández-Pachón, M.S., 2013, Fermented Orange Juice: Source of Higher Carotenoid and Flavanone Contents, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(37): 8773-8782.

Gyedu-Akoto, E., 2011, Utilization of Some Cashew by-Products, Nutrition and Food Science, 41(6): 393-400.

Havsteen, B.H., 2002, The Biochemistry and Medical Significance of the Flavonoids, Pharmacology and Therapeutics, 96(2-3): 67-202.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L., 2005, The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1841-1856.

Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson, G. and Hayes, G.D., 1995, The Effect of Fermentation Conditions on the Nutrients and Acceptability of Tarhana, Food Chemistry, 53(2): 143-147.

Saad, H., Charrier-El Bouhtoury, F., Pizzi, A., Rode, K., Charrier, B. and Ayed, N., 2012, Characterization of Pomegranate Peels Tannin Extractives, Industrial Crops and Products, 40(1): 239-246.

Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M. and Corke, H., 2005, Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Charactrization of Their Phenolic Constituents, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 7749-7759.

Silveira, M.S., Fontes, C.P.M.L., Guilherme, A.A., Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S., 2012, Cashew Apple Juice as Substrate for Lactic Acid Production, Food and Bioprocess Technology, 5(3): 947-953.

Sun, B., Ricardo-da-Silva, J.M. and Spranger, I., 1998, Critical Factors of Vanillin Assay for Catechins and Proanthocyanidins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(10): 4267-4274.

Ward, O.P. and Ray, R.C., 2006, Microbial Biotechnology in Horticulture an Overview, In Microbial Biotechnology in Horticulture. Ray, R.C. and Ward, O.P., Science Publishers, Enfield, NH, pp 566.

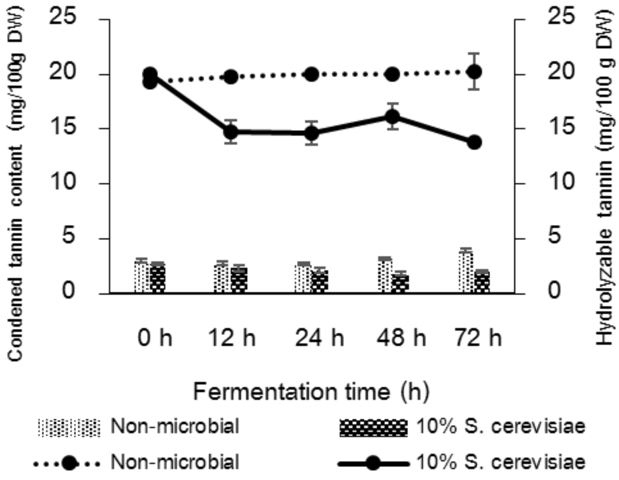


Figure 1 Condensed and hydrolysable tannins content of fermented cashew apple.

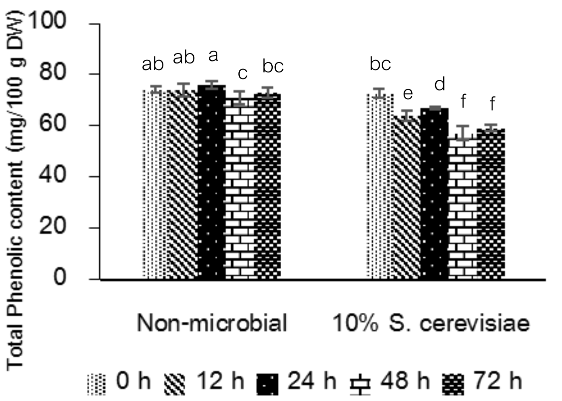


Figure 2 Total phenolic content of fermented cashew apple.

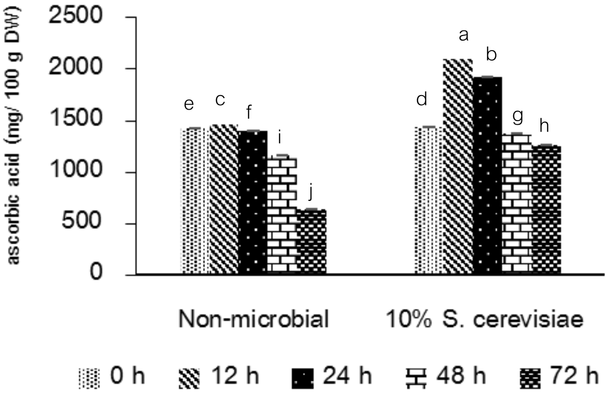


Figure 3 Ascorbic acid content of fermented cashew apple.

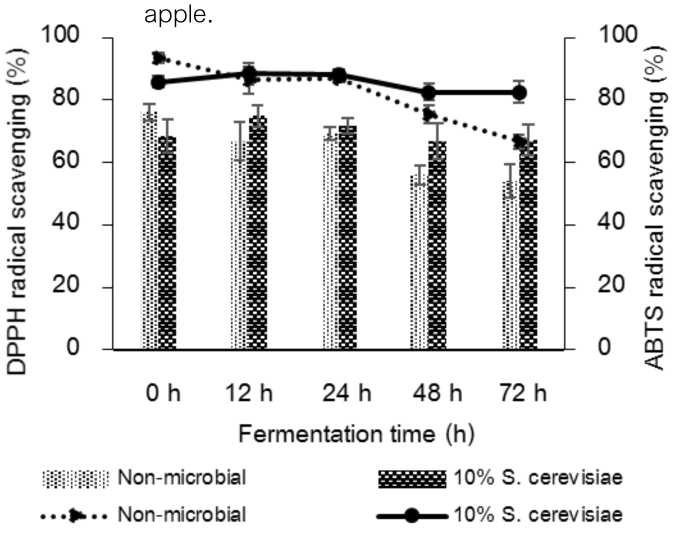


Figure 4 DPPH and ABTS radical scavenging of fermented cashew apple.

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากทานตะวันด้วยเอนไซม์โบรมิเลนและ Flavourzyme®

Functional Properties of Enzymatic Sunflower Protein Hydrolyzed by Bromelain and Flavourzyme®

พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์[1] **ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์**[1] **และ อรพิน เกิดชูชื่น**[1]

Thongimpong, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Sunflower seed meal (SSM) as a by-product of oil refinery industries contained a high amount of protein (60%). SSM was hydrolyzed with bromelain and Flavourzyme® at concentrations of 10% and 20% (by wt), for 1 to 18 h. Degree of hydrolysis (DH) of sunflower protein hydrolysates was increased with increasing enzyme concentration and hydrolysis time. DH ranged from 30.48-71.24%. Flavourzyme® sunflower protein hydrolysates (ef-SPHs) showed higher DH than bromelain sunflower protein hydrolysates (eb-SPHs), bromelain sunflower protein hydrolysates had higher functional properties including foaming and emulsifying capacity than Flavourzyme® sunflower protein hydrolysates. Sunflower protein hydrolysates which hydrolyzed by 10% bromelain for 1 h gave the highest foaming and emulsifying capacity of 256% and 57%, respectively, though DH was the lowest (30.48%).

Keywords: sunflower seed meal, foaming capacity, emulsifying capacity, degree of hydrolysis

บทคัดย่อ

กากทานตะวันเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมัน มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 60 เมื่อไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน เปรียบเทียบกับ Flavourzyme® แปรความเข้มข้นเอนไซม์แต่ละชนิดร้อยละ 10 และ 20 (โดยน้ำหนัก) และเวลาไฮโดรไลซ์ 1 ถึง 18 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์ ระดับการย่อยสลาย (degree of hydrolysis, DH) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30.48- 71.24 แต่โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ไฮโดรไลซ์ด้วย Flavourzyme® (ef-SPHs) มี DH สูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน (eb-SPHs) อย่างไรก็ตาม eb-SPHs มีสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดฟองและเกิดอิมัลชั่นดีกว่า ef-SPHs โดยเฉพาะการไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดและเกิดอิมัลชั่นสูงที่สุดร้อยละ 256 และ 57 ตามลำดับ ทั้งที่มี DH ต่ำ (ร้อยละ 30.48)

คำสำคัญ: กากเมล็ดทานตะวัน ความสามารถในการเกิดโฟม ความสามารถในการเกิดอิมัลชั่น ระดับการย่อยสลาย

Introduction

Sunflower seeds are used in the food industry as a source of edible oil. One of the by-products of the oil extraction process is sunflower meal which has high protein content (40 - 50%) and an attractive protein source to produce hydrolysates protein (Gonzalez-Perez and Vereijken, 2008). Generally, sunflower meal consists of a high relatively protein content and its essential amino acids are phenylalanine, valine, tryptophan, threonine, isoleucine, methionine, cysteine, arginine, lysine and leucine (Salunkhe *et al*., 1992). Although sunflower protein contains low level of lysine, it is relatively rich of sulphur-containing amino acids of methionine and cysteine (Canibe *et al*., 1999), glutamic and aspartic acid (Villanueva *et al*., 1999), compared to other oil seeds. Sunflower meal is used for animal feed (Ordonez *et al*., 2008) but it is not suitable for human consumption because it contain high contents of fiber, soluble sugars, and polyphenols (Villanueva *et al*., 1999). Proteolytic enzyme modification of protein is an effective method to improve the various functional properties and to increase the field of application of hydrolyzed protein (Kakali *et al*., 2008). However, foaming property and emulsifying property of sunflower protein hydrolysates can be improved with a limited degree of

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

hydrolysis, but excessive hydrolysis often causes loss of some the functionalities. To understand the basis of peptide functionality, it is necessary to know the fundamental properties of the peptide, including degree of hydrolysis, molecular weight pattern, emulsifying and foaming properties. This study aimed to investigate these fundamental properties of sunflower protein hydrolysates hydrolyzed by bromelain and Flavourzyme®. The functional properties of sunflower protein hydrolysates were determined.

Materials and Methods

Defatted sunflower meals (DSM) 10 g were hydrolyzed by 10% and 20% (gram of enzyme per gram of DSM) of bromelain and Flavourzyme® for 1, 3, 6, 12 and 18 at 50°C. Hydrolysis was stopped by heating at 95 °C for 15 min. Bromelain sunflower protein hydrolysate (eb-SPHs) and Flavourzyme® sunflower protein hydrolysates (ef-SPHs) were filtered by ultrafiltration through filter paper Whatman No.1 to remove insoluble substrate. Sunflower protein hydrolysate was analyzed degree of hydrolysis, molecular weight distribution, emulsifying and foaming capacity.

The degree of hydrolysis (DH) was measured according to Kaewka *et al*. (2009) by determining the soluble nitrogen of treated sample in 20% trichloroacetic acid (TCA). The soluble nitrogen in supernatant and total nitrogen were determined by the Kjeldahl method (AOAC, 2000). The percent DH was calculated as follows:

$$DH (\%) = (\text{soluble nitrogen in TCA solution (mg)} \times 100) / (\text{Total nitrogen (mg)})$$

The molecular mass distribution of the hydrolysates was determined by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) (Villanueva *et al*., 1999). Approximate molecular mass of protein hydrolysates was determined using broad range (2–250 kDa) Precision Plus Protein™ Dual Xtra Standards from Bio Rad.

Emulsifying capacity (EC) was evaluated according to the method of Chandi and Sogi (2007) and Cao *et al*. (2009). Sunflower protein hydrolysates solutions (50%, 10 mL) were prepared and taken in a centrifuge tube (size 50 mL). Refined peanut oil (2.5 mL) was added and the solutions were homogenized at 10,000 rpm for 1 min, and then centrifuged at 1,200 g for 5 min. The emulsifying capacity was calculated as volume of emulsion to volume of solution multiplied by hundred.

Foaming capacity (FC) was determined according to the method of Chandi and Sogi (2007) and Cao *et al*. (2009). Sunflower protein hydrolysates dispersions (50%, 10 mL) were prepared and taken in a 100 ml cylinder. The dispersions were then whipped in a mechanical homogenizer (Ultra-turrax T25 basic, Germany) at 10,000 rpm for 1 min. The volumes before and after whipping were recorded and the foam capacity was calculated. Overrun percentage was calculated as volume of foam to volume of solution multiplied by hundred.

Results and Discussion

Sunflower meal consisted of 60% protein. Sunflower protein hydrolysates hydrolyzed by Flavourzyme® (ef-SPHs) gave higher DH than sunflower protein hydrolysates hydrolyzed by bromelain (eb-SPHs) because Flavourzyme® is endo- exo protease which had higher specific activity than bromelain. The eb-SPHs at 10% bromelain for 1h showed the lowest DH at 30.48%, but ef-SPHs at 20% Flavourzyme® for 18h showed the highest DH at 71.24% (Figure 1). Moreover, enzyme concentration and time of hydrolysis had an effect on degree of hydrolysis, by means of peptide bonds were more likely cleaved in the presence of a high amount of enzyme concentration. Degree of hydrolysis affected functional properties of sunflower protein hydrolysates.

The eb-SPHs and ef-SPHs exhibited the same trend of foaming and emulsifying capacity. However, eb-SPHs showed higher emulsifying and foaming than ef-SPHs. Sunflower protein hydrolyzed with 10%

bromelain for 1 h showed the highest foaming and emulsifying capacity of 256% and 57%, respectively (Figure 2). The ef-SPHs at 20% Flavourzyme® for 18h showed the highest foaming and emulsifying capacity of 87.5% and 15.5%, respectively (Figure 2). The decreasing in emulsifying and foaming activity with an extensively hydrolysis process is due to DH and size of peptide. After digestion, eb- SPHs and ef-SPHs had molecular weight of peptides less than 31 kDa that was smaller size than native protein (15-50 kDa) but eb-SPH had the molecular weight higher than ef-SPH (Figure 3). The result of emulsifying and foaming property is agreement with Chobert *et al*. (1988) who reported that protein hydrolysates contribute to significant change in the foaming and emulsifying properties when compared to those of the original proteins. Therefore, hydrolysis must be carried out under strictly controlled conditions to a specified (generally low) degree of hydrolysis to obtain desirable functional properties in sunflower protein hydrolysates.

Summary

The degree of hydrolysis of ef-SPH is higher than eb-SPH, while eb-SPH has the molecular weight higher than ef-SPH. Sunflower protein hydrolysates hydrolyzed by 10% bromelain for 1 h gave the highest foaming and emulsifying capacity. These sunflower protein hydrolysates can apply for various food products.

Acknowledgments

This work was supported by The Royal Golden Jubilee Ph.D Program, The Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of Higher Education Commission, and King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Literature cited

Adler-Nissen, J., 1979, Determination of the Degree of Hydrolysis of Food Protein Hydrolysates by Trinitrobenzene Sulfonic Acid, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 27(6): 1256–1262.

Canibe, N., Martin, M., Robredo, L. and Knudsen, K., 1999, Chemical Composition, Digestibility and Protein Quality of 12 Sunflower (*Helianthus annuus* L) Cultivars, Journal of the Science of Food and Agriculture, 79: 1775-1782.

Chobert, J.M., Bertrand-Harb, C. and Nicolas, M.G., 1988, Solubility and Emulsifying Properties of Caseins and Whey Proteins Modified Enzymatically by Trypsin, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36: 883–892.

González-Pérez, S. and Vereijken, J.M, 2008, Sunflower Proteins: Overview of Their Physicochemical, Structural and Functional Properties, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 2172–2191.

Kakali, B., Gautum, M. and Santinath, G., 2008, Preparation and Characterization of Protein Hydrolysates from Indian Defatted Rice Bran Meal, Journal of Oleo Science, 57(1): 47-52.

Kim, S.Y., Park, P.S.W. and Rhee, K.C., 1990, Functional Properties of Proteolytic Enzyme Modified Soy Protein Isolate, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(3): 651-656.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S., 1992, Sunflower, World Oil Seed Chemistry Technology and Ultilization, Van Nostrand. Reinhold, New York: 97-139.

Villanueva, A., Vioque, J., Sánchez, V.R., Clement, A., Pedroche, J., Bautista, J. and Millán, F., 1999, Peptide Characteristics of Sunflower Protein Hydrolysates, Journal of the American Oil Chemists' Society, 76(12): 1455-1460.

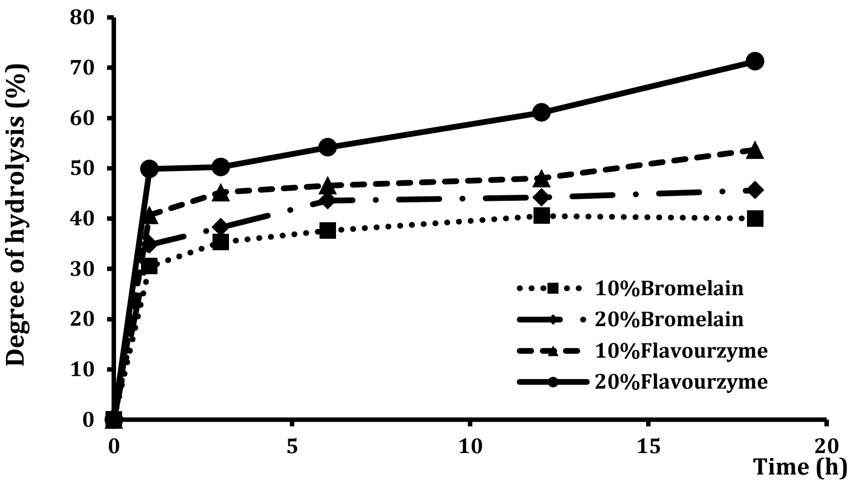


Figure 1 Degree of hydrolysis of eb- SPHs and ef- SPHs

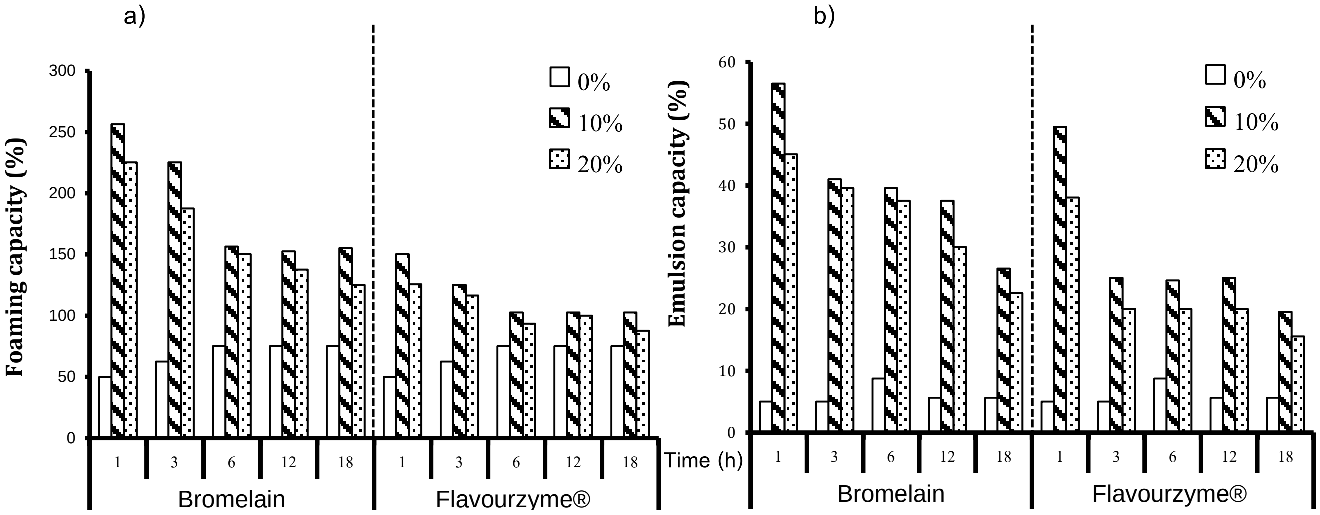


Figure 2 Functional properties of sunflower protein hydrolysates a) Foaming and b) Emulsifying capacity of eb-SPHs and ef-SPHs

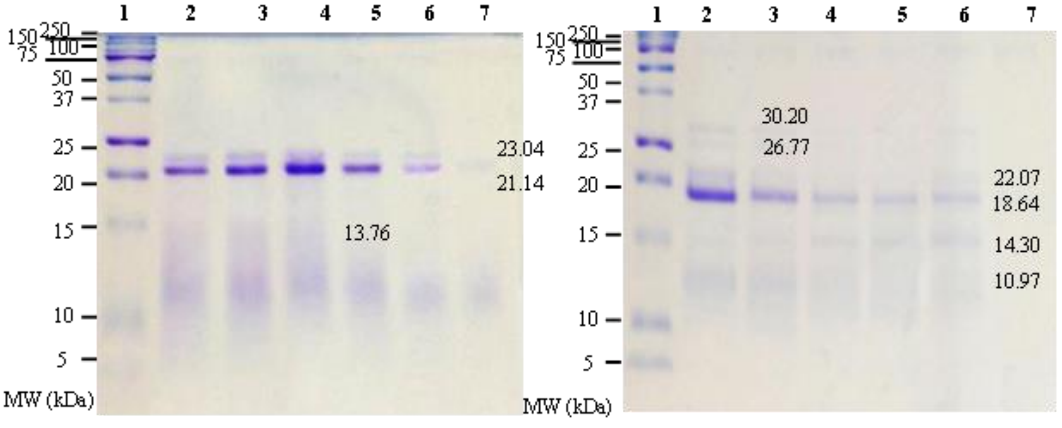


Figure 3 SDS-PAGE protein patterns of sunflower native protein (SFP) and enzymatic sunflower protein hydrolysates by a) Bromelain and b) Flavozyme®

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เอนโด-เอกโซโปรติเอส

Functional Properties of Brown Rice Hydrolyzyed by Endo-Exo Protease

อรพรรณ เสลามาศสกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]
Selamassakul, O.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

Brown rice (*Oryza sativa* L.) was hydrolyzed by PROTEASE FP51® at 0-20 (% w/w) for 0.5-12 h to produce brown rice protein hydrolysate (RPH). Results showed that the degree of hydrolysis of RPH increased with increasing enzyme concentration and positively correlated with molecular weight distribution estimated by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). Electrophoresis pattern showed that RPH contained significantly lower molecular-weight peptides (MW < 20 kDa) than those of native brown rice protein. Protein solubility of the RPH increased when the degree of hydrolysis (DH) was increased. Conversely, the foaming capacity and emulsifying capacity of RPHs increased as the DH was decreased. The hydrolysis of brown rice with 10% PROTEASE FP51® for 3 h was the optimal hydrolysis condition for the production of brown rice protein hydrolysate which gave the strongest protein solubility, foaming capacity and emulsifying capacity. It was concluded that brown rice protein hydrolysates could potentially be used as a functional food ingredient in various food products.

Keywords: protein solubility, foaming capacity, emulsifying property, PROTEASE FP51®

บทคัดย่อ

ข้าวกล้อง (*Oryza sativa* L.) ไฮโดรไลซ์ด้วย PROTEASE FP51® ที่ความเข้มข้นเอนไซม์0-20 (% w/w) แปรเวลาไฮโดรไลซ์ 0.5-12 ชั่วโมง เพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้อง (RPH) พบว่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับขนาดของเพปไทด์ที่วิเคราะห์โดยวิธี sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) จาก electrophoresis pattern แสดงให้เห็นว่า RPH ประกอบด้วยเพปไทด์ขนาดเล็ก (MW < 20 kDa) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าโปรตีนข้าวกล้อง RPH มีปริมาณโปรตีนละลายได้เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามการเกิดฟองและการเกิดอิมัลชั่นของ RPH เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการย่อยสลายลดลง การไฮโดรไลซ์ข้าวกล้องด้วยเอนไซม์ PROTEASE FP51® ร้อยละ 10 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องซึ่งมีปริมาณโปรตีนละลายได้สมบัติการเกิดฟองและการเกิดอิมัลชั่นสูงที่สุด แสดงว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องมีศักยภาพในการใช้เป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ได้

คำสำคัญ: การละลายของโปรตีน การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชั่น PROTEASE FP51®

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is the most widely consumed staple food and the most important crop of Thailand. Rice is a good protein source because rice protein is hypoallergenic and contains essential amino acids, especially lysine which is a limited amino acid in other cereals (Fiocchi *et al*., 2003). However, the application of rice protein as a nutritional and functional food is limited due to its low solubility in aqueous solutions (Hamada, 1999). Modification of the enzymatic hydrolysis has been used to improve nutritional and functional properties of food proteins (McCarthy *et al*., 2012). Partial proteolysis of proteins produced peptides which have smaller molecular size and less secondary structure than the native proteins. These peptides contribute to significant increase in protein solubility, foaming capacity, and emulsifying capacities compared

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

with those of the native proteins (Klompong *et al*., 2007). Functional properties of protein hydrolysates are greatly influenced by the operational conditions employed, type of protease, and degree of hydrolysis (McCarthy *et al*., 2012). There is substantial evidence reported that endo-exo proteases can hydrolyze canola protein to produce low molecular weight peptides which can improve functional properties (Cumby *et al*., 2008). PROTEASE FP51® or Aspergillopepsin I (EC 3.4.23.18) derived from a selected strain of *Aspergillus oryzae* was a useful endo-exo protease for the production of the flavor, and improvement of the nutrition and functional properties of food products (Ward *et al*., 2009). Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of PROTEASE FP51® on the functional properties of brown rice.

Materials and Methods

Preparation of brown rice protein hydrolysates

Ten grams of brown rice were dispersed in 100 mL of sterile distilled water, and then pre-incubated at 50ºC for 10 min in order to exert activity of enzyme. The dispersions were incubated at 50ºC for 0.5, 3, 6 and 12 h with PROTEASE FP51® at enzyme to substrate ratios (w/w) of 0, 10 and 20%. After hydrolysis, the reaction was stopped by heating at 75ºC for 15 min to inactivate the enzyme. The dispersions were centrifuged at 5,000×g for 15 min, obtaining a supernatant, and filtered through filter paper (Whatman No. 1). The RPH solutions were kept in brown glass bottles at -20ºC prior to analysis. Hydrolysates of all conditions were analyzed for chemical properties and functional properties as follows;

Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE): Samples were mixed with 0.5 M Tris-HCl buffer and then boiled for 5 min. Treated samples (15 µL) were injected into 15% gel wells and run. The gel was stained with 0.2% Coomassie Brilliant Blue R-250 for 45 min and de-stained with 10% acetic acid/40% methanol solution until the bands were clear. Molecular weight markers with 2-250 kDa molecular weights were used as a reference.

Degree of hydrolysis and protein solubility: Brown rice hydrolysates (10 mL) was mixed with 10 mL of 20% TCA and then centrifuged at 5,000 ×g for 15 min at 25°C. The supernatant was filtered through Whatman paper No. 1, and the total nitrogen content and soluble nitrogen in the supernatant was analyzed by the Kjeldahl method (AOAC, 2005). The degree of hydrolysis and the protein solubility in each sample were calculated by the following formula:

$$\%\text{ degree of hydrolysis} = \frac{20\%\text{ TCA soluble N} \times 100}{\text{Total N}}$$

where total N is a number of nitrogen of hydrolyzed protein solution, and 20% TCA soluble N is a number of protein which soluble in TCA.

$$\%\text{Protein solubility} = \frac{\text{protein content in supernatant} \times 100}{\text{total protein content in sample}}$$

Foaming capacity: Brown rice hydrolysates (5 mL) were mixed with distilled water (5 mL), and then the mixtures were whipped by homogenizer at speed of 10,000 rpm to incorporate the air for 1 min at room temperature. The volume of whipped sample was then recorded. The volumes before and after whipping were recorded and the foam capacity was calculated according the following equation:

$$\text{Foaming capacity (\%)} = \frac{\text{total volume of foam} \times 100}{\text{total volume of solution}}$$

Emulsifying property: Refined peanut oil (2.5 mL) and 10 mL of 50% cereal protein hydrolysates were mixed and the mixture was homogenized using a homogenizer (Ultra-turrax T25 basic, Germany) at a speed of 10,000 rpm for 1 min, then centrifuged at 5,000 ×g for 5 min at 25°C. The emulsifying stability was determined

by measuring the emulsifying volume (cream volume). Emulsifying property was calculated as volume of cream to volume of solution multiplied by hundred.

Statistical analysis: All the tests were performed in triplicate. Analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using the SAS Program Version 9.0.

Results and Discussion

In this study, the degree of hydrolysis (DH) of the brown rice protein hydrolysate (RPH) increased with increasing enzyme concentration (Table 1). The DH value rapidly increased within the third hour of hydrolysis and then slowed. The reaction rate reached a plateau because the enzyme active sites became saturated with substrate, or the end-products could be combined with enzyme to stop the hydrolysis reaction (Gauthier *et al*., 1986). Figure 1 shows that PROTEASE FP51® effectively degraded brown rice protein into small peptides. High molecular weight fractions were almost disappeared after hydrolysis and the small peptides (lower than 20kDa) were obviously in the lower part of gel. The molecular weight of peptide was in agreement with DH.

After hydrolysis by PROTEASE FP51®, the protein solubility of brown rice protein was significantly increased and also increased with increasing DH (Table 1). The modification of enzymatic hydrolysis could lead to the unfolding of protein molecules and producing of low molecular weight peptides and polar amino acid groups which are able to form hydrogen bonds and electrostatic interactions with water molecules (Klompong *et al*., 2007). The smaller peptides are produced, the higher the RPH have hydrophilic groups. As a consequence, the RPHs have excellent protein solubility at high degree of hydrolysis. For foaming capacity, brown rice protein hydrolyzed by PROTEASE FP51® observed high foam capacity; whereas native protein did not have foam capacity (Table 1). An improvement of foaming capacity of the RPHs might be due to an increasing of net charges and flexibility of the protein which allowed the protein to encapsulate air particles. However, the foaming capacity decreased when DH was increased. This might be due to the presence of low molecular weight peptides which was clearly observed in the SDS–PAGE profile (Figure 1). Excessive hydrolysis could reduce the foaming capacity because the small peptides did not have the strength to maintain stable foam (Diniz and Martin, 1997). Conversely, the proteolytic hydrolysis of PROTEASE FP51® had negative effects on emulsifying capacity. The emulsification capacity depends on hydrophilic or hydrophobic nature of the peptides and ionic charge on particles (Diniz and Martin, 1997). The low molecular weight peptides may not be amphiphilic enough to exhibit good emulsifying capacity (Klompong *et al*., 2007).

Summary

With a limited degree of hydrolysis, hydrolysis of PROTEASE FP51® can improve protein solubility and foaming capacity of brown rice protein hydrolysate, but it has a negative effect on emulsifying capacity. Results indicated that the hydrolysis of brown rice by 10% PROTEASE FP51® hydrolyzed for 3 h is a condition for production of RPH that exhibited high functional properties.

Acknowledgments

This work was supported by the Royal Golden Jubilee Ph.D Program, the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand (NRU), and King Mongkut's University of Technology Thonburi. PROTEASE FP51® was kindly provided by Siam Victory Chemicals Corporation.

Literature cited

Cumby, N., Zhong, Y., Naczk, M. and Shahidi, F., 2008, Antioxidant Activity and Water-holding Capacity of Canola Protein Hydrolysates, Food Chemistry, 109: 144-148.

Diniz, F.M. and Martin, A.M., 1997, Effects of the Extent of Enzymatic Hydrolysis on Functional Properties of Shark Protein Hydrolysate, LWT - Food Science and Technology, 30(3): 266-272.

Fiocchi, A., Travaini, M., D'Auria, E., Banderali, G., Bernardo, L. and Riva, E., 2003, Tolerance to a Rice HydrolysateFormula in Children Allergic to Cow's Milk and Soy, Clinical & Experimental Allergy, 33: 1576-1580.

Hamada, J.S., 1999, Use of Proteases to Enhance Solubilization of Rice Bran Proteins, Journal of Food Biochemistry, 23(3): 307-321.

Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F., 2007, Antioxidative Activity and Functional Properties of Protein Hydrolysate of Yellow Stripe Trevally (*Selaroides leptolepis*) as Influenced by the Degree of Hydrolysis and Enzyme Type, Food Chemistry, 102(4): 1317-1327.

McCarthy, A., O'Callaghan, Y. and O'Brien, N., 2012, Protein Hydrolysates from Agricultural Crops-Bioactivity and Potential for Functional Food Development, Agriculture, 3(1): 112-130.

Ward, O.P., Rao, M.B., Kulkarni, A. and Moselio, S., 2009, Proteases, Production, *In*S. Moselio (Ed.), Encyclopedia of Microbiology (Third Edition), pp 495-511, Academic Press, Oxford.

Table 1 Effect of enzyme concentration and hydrolysis time on nitrogen solubility, foaming capacity and emulsifying capacity of brown rice hydrolyzed PROTEASE FP51®.

Enzyme concentration	Hydrolysis Time	Degree of hydrolysis	Nitrogen solubility	Foaming capacity	Emulsifying capacity
0	0.5	0.00±0.00[d]	17.12±1.20[h]	0.00±0.00[e]	6.16±0.00[a]
	3	0.00±0.00[d]	25.83±0.82[g,h]	0.00±0.00[e]	6.16±0.00[a]
	6	0.00±0.00[d]	34.35±2.47[g]	0.00±0.00[e]	6.16±0.00[a]
	12	0.00±0.00[d]	47.62±4.65[f]	0.00±0.00[e]	6.16±0.00[a]
10	0.5	48.66±2.20[c]	56.33±3.70[f]	52.36±4.36[a]	3.08±0.00[b]
	3	53.49±1.57[b]	73.21±6.39[c]	24.64±0.00[c]	3.08±0.00[b]
	6	51.76±1.76[b]	86.65±3.76[d]	24.64±0.00[c]	3.08±0.00[b]
	12	52.00±1.73[b]	90.18±3.74[d]	6.16±0.00[d]	3.08±0.00[b]
20	0.5	51.96±1.08[b]	74.81±4.00[e]	35.42±2.18[b]	3.08±0.00[b]
	3	59.76±1.96[a]	101.29±6.41[c]	24.64±0.00[c]	3.08±0.00[b]
	6	59.50±1.62[a]	122.97±8.14[b]	21.56±0.87[c]	3.08±0.00[b]
	12	60.30±1.81[a]	146.92±6.38[a]	6.16±0.00[d]	3.08±0.00[b]
F-test		**	**	**	**
LSD		2.39	2.39	0.02	1.14
C.V. (%)		3.9	3.9	4.63	1.65

[a, b, c]Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

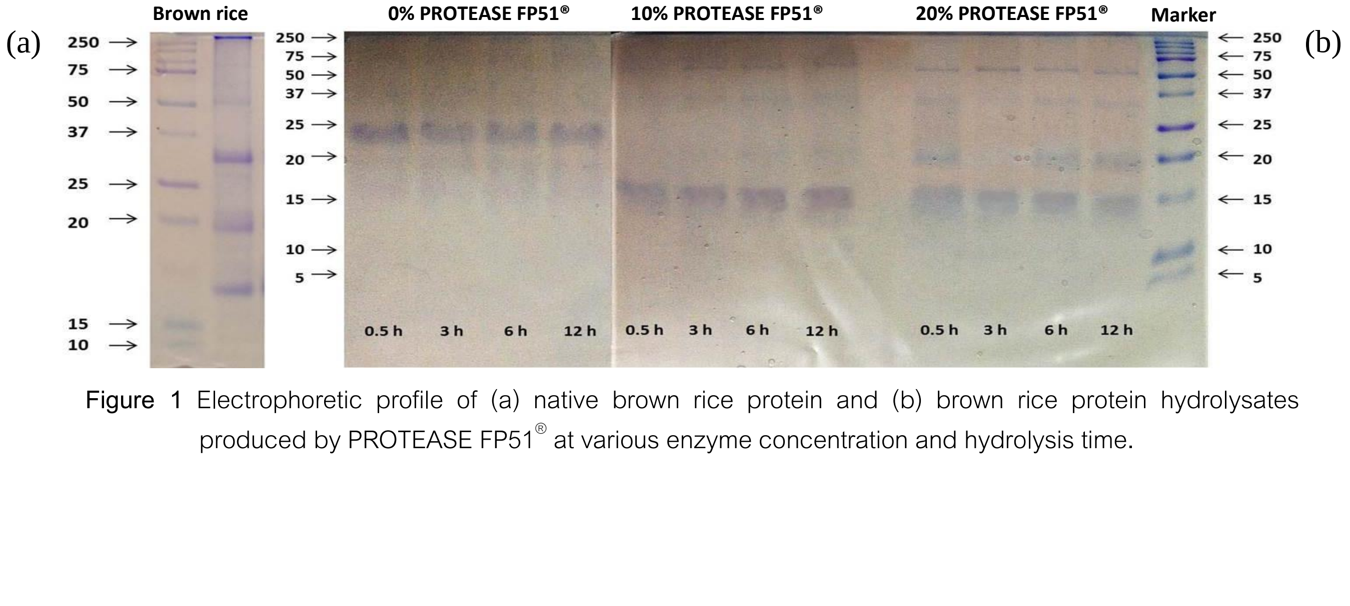


Figure 1 Electrophoretic profile of (a) native brown rice protein and (b) brown rice protein hydrolysates produced by PROTEASE FP51® at various enzyme concentration and hydrolysis time.

สารให้กลิ่นรสและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนเห็ดโคนญี่ปุ่นที่ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน

Volatile Compounds and Antioxidant Activity of *Agracybe cylindracea* Protein Hydrolyzed by Bromelain

จินดาพร คงเดช[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Khongdetch, J.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Yanangi Matsutake (Agracybe cylindracea) consists high protein (30.18% dry weight). In this study, Yanangi Matsutake was hydrolyzed by 0, 5, 10, 15 and 20% bromelain for 0.5-12 h to obtain various degree of hydrolysis (DH). Results showed that hydrolysis at 15% bromelain for 6 h served the optimum hydrolyzed condition to produce enzymatic bromelain Yanangi Matsutakeprotein hydrolysate (eb-YPH) with the highest degree of hydrolysis (56.50%) and antioxidant activity. The maximum values of 1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl ($DPPH^{\cdot}$) and 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{\cdot+}$) radical scavenging activity were of 38.27% and 50.99%, respectively. Volatile compounds of eb-YPH were identified by solid phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (SPME GC-MS). It was found that the predominant odorants were 3-octanone, 3-octanol,1-octen-3-ol, benzaldehyde, benzeneacealdehyde, acetophenone, cyclododecane, 4-methyl-phenol and 1-indol-3-ol with %relative peak area were 1.27, 1.56, 1.45, 8.39, 4.09, 2.32, 0.15, 1.76 and 1.16, respectively. The odorants had an odor description of mushroom like, nutty, musty, green, almond and sweet.

Keywords: Yanangi Matsutake, protein hydrolysate, antioxidant, volatile compound

บทคัดย่อ

เห็ดโคนญี่ปุ่น (*Agracybe cylindracea*) มีโปรตีนสูง (ร้อยละ 30.18 ของน้ำหนักแห้ง) เมื่อนำมาไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนที่ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 แปรเวลาไฮโดรไลซ์ 0.5-12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณโบรมิเลนร้อยละ 15 เวลาไฮโดรไลซ์ 6 ชั่วโมง ให้ค่าระดับการย่อยสลายสูงสุด (ร้อยละ 56.50) และมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือค่าร้อยละ scavenging activity (ความสามารถในการให้ไฮโดรเจน) ของ 1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl ($DPPP^{\cdot}$) และ 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{\cdot+}$) เท่ากับร้อยละ 38.27 และ 50.99 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ solid phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (SPME GC-MS) พบสารให้กลิ่นรสที่สำคัญได้แก่ 3-octanone, 3-octanol, 1-octen-3-ol, benzaldehyde, benzeneacealdehyde, acetophenone, cyclododecane, 4-methyl-phenol และ 1-Indol-3-ol ซึ่งมีค่า %relative peak area เท่ากับ 1.27, 1.56, 1.45, 8.39, 4.09, 2.32, 0.15, 1.76 และ 1.16 ตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะแนวกลิ่นเห็ด กลิ่นถั่ว กลิ่นอับ กลิ่นเขียว และกลิ่นหอมหวาน

คำสำคัญ: เห็ดโคนญี่ปุ่น โปรตีนไฮโดรไลเซท สารต้านอนุมูลอิสระ สารให้กลิ่นรส

Introduction

Mushrooms have long been used as traditionally food or medicine for thousand years due to their attractive tastes, aroma and nutritional values (Pinho *et al.*, 2008). Recently, they have become increasingly attractive as functional foods for their potential effects on human health. Yanangi Matsutake (*Agracybe cylindracea*) consists of high protein (approximately 30.18% DW) but low fat content (1.62% DW), which is a good source for protein hydrolysate production. Protein hydrolysates are generated from the digestion of

[1] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Division Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien) 49 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

various protein sources to protein fragments, which are inactive within the sequence of the original protein (Ktari *et al*., 2012). There are 2 types of hydrolysis; enzymatic, chemical (acid or alkali) hydrolysis. Chemical hydrolysis is difficult to control, reduces the nutritional quality of products and produces toxic substances such as lysine-alanine (Celus *et al*., 2007). Enzymatic hydrolysis is an alternative processing because it is mild condition, more specific and non toxic substances (Ranjana *et al*., 2012). In recent years, protein hydrolysate have emerged as a new source of antioxidants, because of high solubility, the concentration of free amino acid, carboxyl groups and hydrophobic residues, which play a vital role in both food systems as well as in the human body to reduce oxidative processes (Ching-Ching *et al*., 2012).

Moreover, protein hydrolysates have been recognized as a flavoring agent. The enzymatic protein hydrolysis generates either free amino acids or a large amount of short chain peptides. Various reports have indicated that amino acids and short chain peptides produce a unique taste profile (Sonklin *et al*., 2011). Several studies have described the antioxidant activity and volatile compounds of protein hydrolysate from soybean, rice, oil seeds, sunflower and mungbean, but the protein hydrolysate of mushrooms have not been reported. Therefore, the objective of this study was to investigate the antioxidant activity and volatile compounds of Yanangi Matsutake protein hydrolyzed by bromelain.

Materials and Methods

Defatted Yanangi Matsutake mushrooms were analyzed chemical compositions such as protein, carbohydrate, ash, fiber and oil content by AOAC (2000). Yanangi Matsutake proteins were hydrolyzed by 5, 10, 15, 20, 25% (gram of bromelain/ gram of sample) for 0.5, 1, 3, 6 and 12 h. The reaction will be stopped by heating at 95°C for 15 min. Enzymatic bromelain Yanangi Matsutake protein hydrolysates (eb-YPH) were filtered through filter paper (Whatman No. 1). The filtrate of eb-MPH was collected and analyzed for as following; Degree of hydrolysis (% DH) according to Flavia *et al.* (1998) and antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$ radical-scavenging activity) (Re *et al*., 1999) and 2,2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$ radical-scavenging activity) (Pan *et al*., 2011).

The $DPPH^{\bullet}$ radical-scavenging activity of the hydrolysates was determined as described by Bersuder *et al*. (1998). Samples (300 µL) were mixed with 900 µL of a 0.1mM DPPH solution. The mixtures were incubated for 30 min in the dark at room temperature, and the reduction of DPPH radicals was measured at 517 nm. The control was conducted in the same manner, except that distilled water was used instead of sample. The blank is the value of 300 µL of sample solution mixed with 950 µL of 95% ethanol. DPPH radical-scavenging activity was calculated as:

$$DPPH^{\bullet} \text{ radical scavenging activity (\%)} = \frac{(\text{Abs. of control + Abs. of blank}) - \text{Abs. of sample} \times 100}{\text{Abs. of control}}$$

$ABTS^{+\bullet}$ radical scavenging activity was determined as described by Binsan *et al*. (2008). The stock solutions included 7.4 mM $ABTS^{+\bullet}$ solution and 2.6 mM potassium persulphate solution. The working solution was prepared by mixing the two stock solutions in equal quantities and allowing them to react for 12 h at room temperature in the dark. The solution was then diluted by mixing 1 mL $ABTS^{+\bullet}$ solution with 50 mL methanol, in order to obtain an absorbance of 1.1± 0.02 units at 734 nm using a spectrophotometer. Sample (50 µL) was mixed with 950 µL of $ABTS^{+\bullet}$ solution and the mixture was left at room temperature for 2 h in the dark. The absorbance was then measured at 734 nm using a spectrophotometer. The control was prepared in the same manner, except that distilled water was used instead of the sample. The blank is the value of 50 µL of sample solution mixed with 950 µL methanol. ABTS radical-scavenging activity was calculated as:

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{(\text{Abs. of control + Abs. of blank}) - \text{Abs. of sample} \times 100}{\text{Abs. of control}}$$

The composition of volatile compounds in eb-YPH was analyzed by a headspace solid-phase microextraction gas chromatoghaphy mass spectrometry (HS-SPME-CG-MS) (789DA MS, Agilent Technologies, Santa Clara, CA) (Sonklin *et al*., 2011).

Results and Discussion

The degree of hydrolysis at hydrolysis time 0-6 h in all enzyme concentration rapidly increased, after that the rate of hydrolysis was tended to decrease gradually in the following time. Adler-Nissen (1986) attributed the reduction in hydrolysis rate to the competition between unhydrolyzed protein and the peptides being constantly formed during hydrolysis. The results showed that the enzyme concentration and hydrolysis time significantly influenced on the degree of hydrolysis. The highest %DH was obtained with 5% bromelain for 6 h (56.50 %DH).

The radical scavenging activity of the eb-YPH were dependened on the degree of hydrolysis. During hydrolysis, a wide variety of smaller peptides and free amino acids was generated. Changes in size, level and composition of free amino acids and small peptides affect the antioxidative activity (Jun *et al*., 2004). $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ radical scavenging activity of eb-YPH in all enzyme concentration explicitly increased at the hydrolysis time 0-6 h after that there were constant. The eb-YPH hydrolyzed by 15% Bromelain for 6 h showed the highest $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ radical scavenging activity of 38.27% and 50.99%, respectively. The results revealed that the eb-YPH potentially contained substances which were electron donors and could react with free radicals to convert them to more stable products and terminate the radical chain reaction.

Approximately twenty-three volatile compounds were identified from all experimental and control (unhydrolyzed). The key compounds which consist of unique aroma of mushroom were predominantly 3-octanone, 3-octanol, 1-octen-3-one and 1-indol-3-ol (Shu *et al*., 2009). The major compounds of the eb-YMP (hydrolyed by 15% bromelain for 6 h) decreased, but benzaldehyde, benzeneacealdehyde and acetophenone increased when compared with control (Fig 1). In addition, the odorants had an odor description of mushroom-like, nutty, musty, green almond and sweet.

Summary

The eb-YMP was hydrolysed at 15% bromelain for 6 h gave the highest %DH, antioxidant activity and had an odor description of mushroom-like, nutty, musty, green almond and sweet.

Acknowledgments

This work was supported by King Mongkut's University of Technology Thonburi and Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.

Literature cited

Adler-Nissen, J., 1986, A Review of Food Protein Hydrolysis Specific Areas: Enzymatic Hydrolysis of Food Protein, Elsevier Applied Science Publications, New York, 57-131.

Barros, L., Venturini, B., Baptista, P., Estevinho, L,M. and Ferreira, I,C,F,R., 2008, Chemical Composition and Biological Properties of Portuguese Wild Mushrooms: A Comprehensive Study, Food Chemistry, 56: 3856-3862.

Celus, I., Brijs, K. and Delcour, J.A., 2007, Enzymatic Hydrolysis of Brewer's Spent Grain Proteins and Technofunctional Properties of the Resulting Hydrolysates, Journal of Agricultural Food Chemistry, 55: 8703-8710.

Ching-Ching, L., Noorlidah, A., Adawiyah, S.S. and Norhaniza, A., 2012, Proteomic Analysis of Antihypertensive Proteins in Edible Mushroom, Journal of Agricaltural and Food Chemistry, 60: 12341-12348.

Flavia, M.N. and Maria, A., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Food Science and Technology, 31: 624–631.

Jun, S.Y., Park, P.J., Jung, W.K. and Kim, S.K., 2004, Purification and Characterization of An Antioxidative Peptides from Enzymatic Hydrolysate of Yellowfin Sole (*Limanda aspera*) Frame Protein, European Food Research and Technology, 219: 20-26.

Kanu, P.J., Jestina, B.K., Edward, H.S., Joseph, B.A.K., Philip, M.P.M. and Zhou, H., 2009, Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Defatted Sesame Flour by Different Proteases and their Effect on the Functional Properties of the Resulting Protein Hydrolysate, American Journal of Food and Technology, 4: 226-240.

Ktari, N., Mourad, J., Intidhar, B., Nadhem, S., Riadh, B.S. and Moncef, N., 2012, Functionalities and Antioxidant Properties of Protein Hydrolysates from Muscle of Zebra Blenny (*Salaria basilisca*) Obtained with Different Crude Protease Extracts, Food Research International, 49: 747-756.

Pan, M., Jiang, T.S. and Pan, J.L., 2011, Antioxidant Activities of Rapeseed Protein Hydrolysates, Food Bioprocess Technology, 4: 1144-1152.

Pinho, P.G., Ribeiro, B., Goncalves, R.F., Baptista, P., Valentao, P. and Seabra, R.M., 2008, Correlation between the Pattern Volatiles and the Overall Aroma of Wild Edible Mushrooms, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 1704-1712.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999, Antioxidant Activity Applying an Improved $ABTS^{\cdot+}$ Radical Cation Decolorization Assay, Free Radical Biology and Medicine, 26: 1231-1237

Shu, Y.T., Shih, J.H., Sheng, H.L., Tasi, P.W., Pei, Y.L. and Jeng, L.M., 2009, Flavour Components and Antioxidant Properties of Several Cultivates Mushrooms, Food Chemistry, 113: 578-584.

Sonklin, C., Laohajunkit, N. and Kerdchouchuen, O., 2011, Physicochemical and Flavor Characteristics of Flavoring Agent from Mungbean Protein Hydrolyzed by Bromelain, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 8475-8483.

Wang, L.L. and Xiong, Y.L., 2005, Inhibition of Lipid Oxidation in Cooked Beef Patties by Hydrolyzed Potato Protein is Related to its Reducing and Radical Scavenging Ability, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 9186-9192.

Table 1 The %DH and radical scavenging activity of eb-YPH obtained with various conditions.

Con^n (%)	Time (h)	%DH	%radical scavenging activity		Con^n (%)	Time (h)	%DH	%radical scavenging activity	
			$DPPH^{\cdot}$	$ABTS^{\cdot+}$				$DPPH^{\cdot}$	$ABTS^{\cdot+}$
5	0.5	17.64	6.62	4.33	15	0.5	38.9	28.47	22.76
	1	32.11	12.16	9.91		1	48.85	31.66	28.04
	3	33.33	19.38	11.46		3	54.54	42.10	36.74
	6	39.60	23.49	17.74		6	56.50	38.27	50.99
	12	40.44	18.36	20.56		12	51.36	31.05	46.93
10	0.5	30.40	27.29	7.82	20	0.5	39.3	32.91	24.86
	1	38.71	29.39	10.61		1	50.03	36.57	30.02
	3	40.00	32.21	13.41		3	56.00	36.34	34.10
	6	45.10	32.55	18.81		6	52.60	37.21	42.74

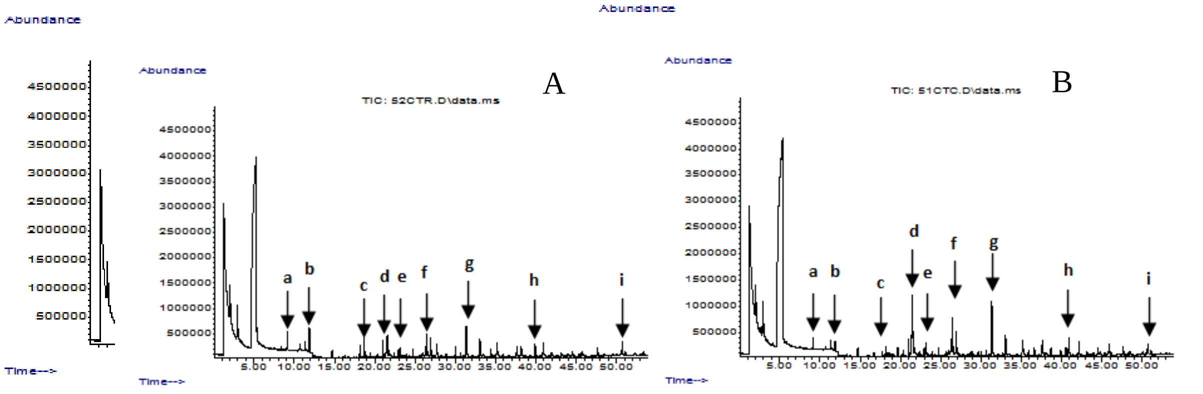


Figure 1 Chromatogram of the volatile compound profile between (A) control and (B) eb-YPH by 15% bromelain for 6 h. a: 3-Octanone; b: 3-Octanol; c: 1-Octen-3-one; d: Benzaldehyde; e: Benzeneacealdehyde; f: 4-Methyl-phenol; g: Acetophenone; h: Cyclododecane and i; 1-Indol-3-ol.

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮไลเซทกากถั่วเขียวโดยใช้น้ำตาลต่างกัน

Antioxidant Activity of Processed Mungbean Meal Protein Hydrolysate with Different Sugar

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น[1] **ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์**[1] **และ อรพิน เกิดชูชื่น**[1]

Sonklin, C.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The research was aimed to study and compare the antioxidant activity of processed mungbean meal protein hydrolysate (MH) with different sugar. The Maillard reaction processed mungbean meal protein hydrolysate (MPMH) was prepared with two types of sugar with different carbons; 6 carbon sugar (glucose) and 5 carbon sugar (ribose). The MH processed with glucose and ribose Maillard reaction were Glu-MPMH and Ri-MPMH, respectively. The Glu-MPMH and Ri-MPMH were determined the antioxidant activity using ABTS and DPPH radical-scavenging activity methods and the volatile compounds was analysed by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS).Results revealed that Ri-MPMH had the highest ABTS (3.35 mgTE/mL) and DPPH (0.90mg TE/mL)when compared to Glu-MPMH (1.88and 0.27 mg TE/mL, respectively). In addition, Glu-MPMH and Ri-MPMH consisted of 31 volatiles compounds but Ri-MPMH volatile intense was stronger. The predominant odorants of Glu-MPMH was furfural, benzaldehyde and benzeneacetaldehyde whereas Ri-MPMH was 3-methyl-butanal, furfural, benzaldehyde and benzeneacetaldehyde. Their volatile compounds were not only contributed to good aroma but also antioxidant activity.

Keywords: protein hydrolysate, mungbean meal, Maillrad reaction products, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวที่ผ่านปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction processed mungbean meal protein hydrolysate หรือ MPMH) ที่ใช้น้ำตาล 2 ชนิดคือ น้ำตาล 6 คาร์บอน (กลูโคส) และน้ำตาล 5 คาร์บอน (ไรโบส) ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากปฏิกิริยา คือ ผลิตภัณฑ์เมลลาร์ดจากกลูโคส (Glu-MPMH) และไรโบส (Ri-MPMH) จากนั้นวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTSและ DPPH radical-scavenging activity และวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเทคนิค GC-MS พบว่าค่าความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ Ri-MPMH ที่วิเคราะห์ได้จากวิธี ABTS (3.35 mg TE/mL) และ DPPH (0.90mg TE/mL)สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ Glu-MPMH (1.88และ 0.27 mg TE/mL) ตามลำดับ นอกจากนี้พบสารหอมระเหย 31 ชนิด ใน MPMH ทั้ง 2 ชนิด แต่ Ri-MPMH มีปริมาณสารหอมระเหยมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งพบสารหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบหลักของ Glu-MPMH 3 ชนิด คือfurfural, benzaldehyde และ benzeneacetaldehyde ในขณะที่ Ri-MPMH พบ 4 ชนิด คือ 3-methyl-butanal, furfural, benzaldehyde และ benzeneacetaldehyde สารหอมระเหยเหล่านี้ไม่เพียงแต่ให้กลิ่นรสที่ดีแต่ยังมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซท กากถั่วเขียว ปฏิกิริยา Maillard สารต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Maillard reaction is non-enzymatic reaction in food, mainly the interaction between reducing sugars and amino groups contribute to colored compounds, flavor and texture (Delgado-Andrade *et al*., 2010). The flavors, which are occurred from volatile compounds, greatly influence essential food sensory attributes by consumers. The volatile products of the Maillard reaction were furans, pyrones, cyclopentenes, carbonyls and acids; the amino acid degradation products as aldehydes and sulfur compounds; and the volatiles produced by further interactions as pyrroles, pyridines, imidazoles, pyrazines, oxazoles, thiazoles, and others (Cerny,

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ถนนเทียนทะเล25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

2008). Some volatile compounds derived from Maillard reaction products (MRPs) have been published to show strong antioxidant activity (Yanagimoto *et al*., 2002). However, due to the complexity of the peptide structure and composition, only a few studies have investigated the antioxidant activity and volatile compounds of MRPs (Kim and Lee, 2009). The previous studies reported that volatile compounds from Maillard reaction products of soy protein hydrolysate related to heterocyclic compounds might be significant contributors to the antioxidant activity (Liu *et al*., 2012). The characteristic volatile heterocyclic compounds such as pyrroles, furans, and thiazoles exhibited certain levels of antioxidant activity. Especially, furfuryl alcohol and pyroles contributed to strong antioxidant activity, which were similar to R-tocopherol (Yanagimoto *et al*., 2004). Mungbean meal protein hydrolysate contributed to good flavor characteristics and antioxidant capacity. It contained the high amount of peptides amino acids (Sonklin *et al*., 2012). These peptides and amino acids could be precursor in Maillard reaction. In general, the Maillard reaction might be used to improve flavor characteristics but it could improve antioxidant activity of mungbean bean meal protein hydrolysate as well. Therefore, the objective of this research was to study and compare the antioxidant activity and volatile compounds of processed mungbean meal protein hydrolysate (MH) mixed with 2 types of sugar.

Materials and Methods

The 10 g of defatted mungbean meal (DMM) was dispersed in 500 mL of steriled water. The pH was adjusted to pH 6.0 with 2 M NaOH or 2 M HCl. DMM and 15% (w/w) bromelain solution was incubated in a water bath at 50°C for 5 min before mixing. After 5 min, bromelain solution was mixed with DMM and incubated at 50°C in water bath for 12 h. The reaction will be stopped by heating at 95°C for 15 min. Mungbean meal protein hydrolysates (MH) were filtered through filter paper. The filtrate of MH was further thermal processed with 6 carbon sugar (glucose) and 5 carbon sugar (ribose) by Maillard reaction. The MH (0.25 g) was dissolved in distilled water and 0.4 g of glucose was added. The Maillard reaction of MH with ribose was prepared as same as MH with glucose of reaction. The MH processed with glucose and ribose Maillard reaction were Glu-MPMH and Ri-MPMH, respectively. All samples were heated by water bath at 95°C for 2 h. After heating for 2 h, these samples were immediately cooled in ice-water for 15 min. The controls were MH and heated MH without sugar (HMH). Four samples were analyzed antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazy l (DPPH radical-scavenging activity) by Bersuder *et al*. (1998) and 2,2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS radical-scavenging activity) by Binsan *et al*. (2008). Moreover,volatile compounds of Glu-MPMH and Ri-MPMH were determined by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS).

Results and Discussion

After Maillard reaction, the ABTS and DPPH scavenging activity of the Ri-MPMH and Glu-MPMH were significantly higher than MH and HMH (Figure 1 and 2). The Ri-MPH showed the highest ABTS radical scavenging activity at 3.1, 1.8 and 1.8 times of MH, HMH and Glu-MPMH, respectively. These were similar to DPPH radical scavenging activity at 5.3, 3.3 and 3.3 times of MH, HMH and Glu-MPMH, respectively. It could be indicated that the reaction rate of ribose and mungbean protein hydrolysate was higher than Glu-MPMH reactions. For sugars, the rate of the reaction depends on the rate at which the sugar ring opens to the reducible, open-chained form or acyclic form. It can be explained that the amount of acyclic form of pentose sugar is higher than hexoses sugar. Thus, pentose sugars react more rapidly than hexoses (Cantor and Penniston, 1940; Reynolds, 1963). In addition, Glu-MPMH and Ri-MPMH consisted of 31 volatiles compounds but Ri-MPMH volatile intense was stronger. These results were associated with antioxidant activity. The predominant odorants of Glu-MPMH was furfural, benzaldehyde and benzeneacetaldehyde, respectively whereas Ri-MPMH was 3-methyl-butanal, furfural, benzaldehyde and benzeneacetaldehyde (Figure 3a and

3b).The antioxidant might be associated with 3-methyl-butanal, furfural, benzaldehyde and benzeneacetaldehyde that they highly increased after the Maillard reaction. Generally, heterocyclic compounds such as furans, pyrroles, and thiazoles, were found to contribute to strong antioxidant activity (Eiserich *et al*. 1992). In 2001, Woffenden and co-worker found that the 3-methyl-butanal was not only the most contributors to flavor in crystal malt barley but also showed ABTS radical scavenging activity. The resonance electron within aromatic ring which is the conformation of benzaldehyde and benzeneacetaldehyde might be the main factor to antioxidant activity of them.

Summary

From the antioxidant activity and volatile compound, they could be concluded that Ri-MPMH, which obtained from 5 carbon atom sugar, showed the greatest antioxidant activity (around 3-5 times of it substrate) and the strongest intense volatile compounds. This study is the first publication of new process to improve the antioxidant of mungbean meal protein hydrolysate by bromelain. Ribose Maillard reaction product of mungbean meal protein hydrolysate was not only contribute to the good flavor but also to improve antioxidant capacity. From now on, this is the new choice for consumers that they will get a delicious and healthy at the same time.

Literature cited

Bersuder, P., Hole, M. and Smith, G., 1998, Antioxidants from a Heated Histidine–glucose Model System. I. Investigation of the Antioxidant role of Histidine and Isolation of Antioxidants by High Performance Liquid Chromatography, Journal of the American Oil Chemist's Society, 75: 181–187.

Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Tanaka, M. and Kishimura, H., 2008, Antioxidative Activity of Mungoong, an Extract Paste, from the Cephalothorax of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*), Food Chemistry, 106: 185–193.

Cantor, S.M. and Penniston, Q.P., 1940, The Reduction of Aldoses at the Dropping Mercury Cathode: Estimation of Aldehyde Structure in Aqueous Solutions, Journal of the American Oil Chemists'Society, 62: 2113-2121.

Cerny, C., 2008, The Aroma Side of the Maillard Reaction, Annals of the New York Academy of Sciences, 1126(1): 66–71.

Delgado-Andrade, C., Morales, F.J., Seiquer, I. and Navarro, M.P., 2010, Maillard Reaction Products Profile and Intake from Spanish Typical Dishes, Food Research International, 43: 1304–1311.

Eiserich, J. P., Macku, C. and Shibamoto, T., 1992, Volatile Antioxidants Formed from an L-cysteine/D-glucose Maillard Model System, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 1982–1988.

Kim, J.S. and Lee, Y.S., 2009, Antioxidant Activity of Maillard Reaction Products Derived from Aqueous Glucose/glycine, Diglycine, and Triglycine Model Systems as a Function of Heating Time, Food Chemistry, 116(1): 227–232.

Liu, P., Huiang, M., Song, S., Hayat, K., Zhang, X., Xia, S. and Jia, C., 2012, Sensory Characteristics and Antioxidant Activities of Maillard Reaction Products from Soy Protein Hydrolysates with Different Molecular Weight Distribution, Food and Bioprocess Technology, 5: 1775-1789.

Reynolds, T.M., 1963, Chemistry of Non-enzymic Browing, Advance in Food Research, 12: 1-52.

Sonklin, C., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2012, Antioxidant Activity of Enzymatic Mungbean Meal Protein Hydrolysate, Journal of Agricultural Science, 43(2)(Suppl.): 521-524.

Woffenden, H.M., Ames, J.M. and Chandra, S., 2001, Relationships between Antioxidant Activity, Color, and Flavor Compounds of Crystal Malt Extracts, Food chemistry, 49(11): 5524-5530.

Yanagimoto, K., Ochi, H., Lee, K.G. and Shibamoto, T., 2004, Antioxidative Activities of Fractions Obtained from Brewed Coffee, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 592–596.

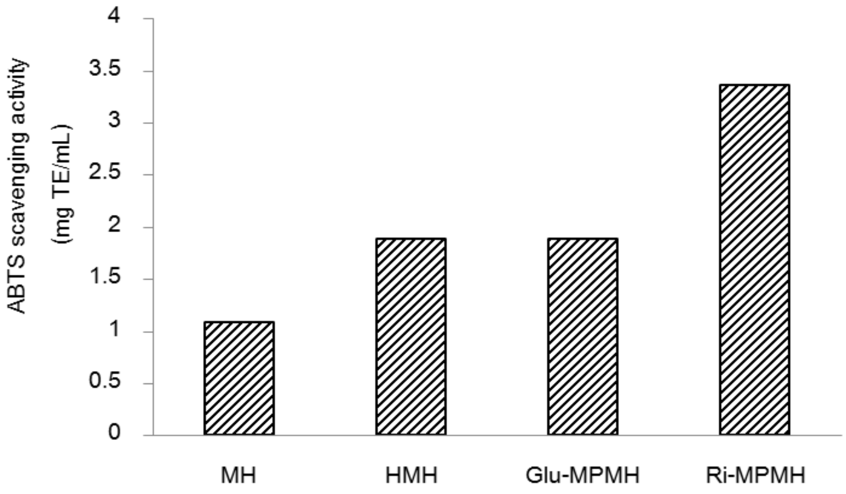


Figure 1 ABTS radical scavenging activity of MH and their thermal process

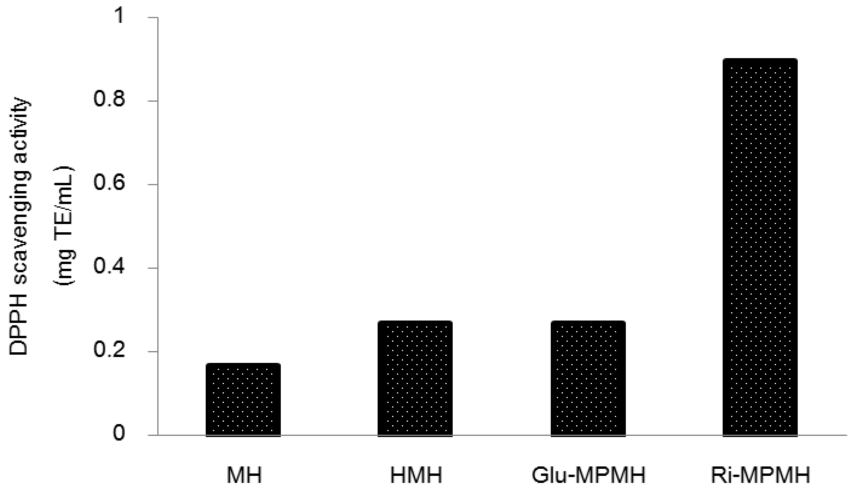


Figure 2 DPPH radical scavenging activity of MH and their thermal process

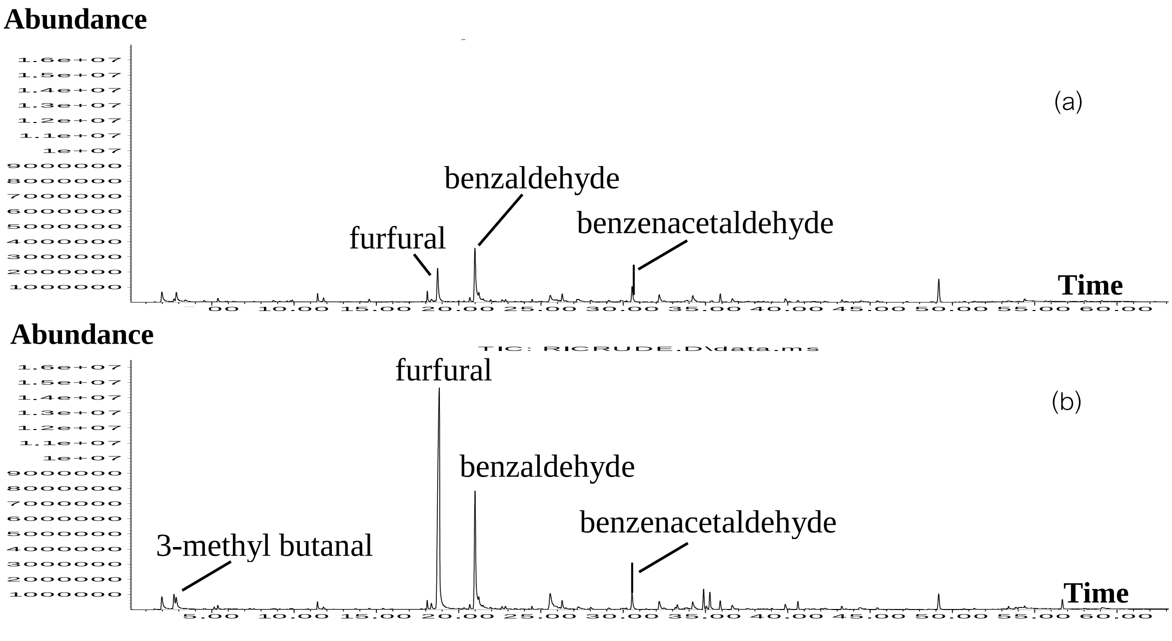


Figure 3 Chromatograms of volatile compounds in Glu-MPMH (a) and Ri-MPMH(b)

การศึกษาสารพฤกษเคมีของพืชไทยในการใช้เป็นสารให้ความหวาน

Phytochemical Screening of Thai Plants as Sweeteners

กีระติ ธรรมพันธ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Thamapan, K.[1], Laohankunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Phytochemicals extracted by water and ethanol from nine Thai plants (Cha-em Thai, Safflower, Tan Mon, Ixora, Blady grass, Raksamsib, Emblica, Yellow Myrobalan and Bastard Myrobalan) were studied. The percentage yield of the aqueous extract from the nine Thai plants ranged from 3.33% to 12.01%. Aqueous extracts of Tan Mon had the highest percentage yield (12.01%), and aqueous extracts of Ixora had the lowest percentage yield (3.33%). The ethanolic extracts had lower yield than water extracts, the highest yield of ethanolic extract was found in Yellow Myrobalan (10.35%), and Safflower had the lowest yield (1.44%). The phytochemicals were analyzed by the phytochemical test and thin layer chromatography technique of crude extracts from the nine Thai plants. Results showed that the extracts contain coumarins, flavonoids, saponins, terpenoids and some sugars, but it varies depended on plant species.

Keywords: sweet Thai plants, thin layer chromatography, sweeteners

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสารพฤกษเคมีพืชไทย 9 ชนิด ได้แก่ เปลือกชะเอมไทย ดอกคำฝอย ใบตานหม่อน รากเข็ม รากหญ้าคา รากสามสิบ ผลมะขามป้อม ผลสมอไทย และ ผลสมอพิเภกที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลพบว่า สารสกัดของพืชทั้ง 9 ชนิดที่สกัดด้วยน้ำมีร้อยละผลผลิต ร้อยละ 3.33 ถึง 12.01 (โดยน้ำหนักแห้ง) โดยสารสกัดจากใบตานหม่อนสกัดด้วยน้ำมีปริมาณร้อยละผลผลิตมากที่สุด (ร้อยละ 12.01) ขณะที่สารสกัดจากรากเข็มมีร้อยละผลผลิตต่ำที่สุด (ร้อยละ 3.33) ส่วนการสกัดพืชทั้ง 9 ชนิดด้วยเอทานอลพบว่า มีร้อยละผลผลิตน้อยกว่าการสกัดด้วยน้ำ โดยร้อยละผลผลิตของสารสกัดเอทานอลที่สูงที่สุดพบในสมอไทย (ร้อยละ 10.35) แต่สารสกัดจากดอกคำฝอยมีปริมาณร้อยละผลผลิตที่น้อยที่สุด (ร้อยละ 1.44) เมื่อนำสารสกัดด้วยน้ำและเอทานอลของพืชทั้ง 9 ชนิดทดสอบสารพฤกษเคมีโดยวิธีปฏิกิริยาการเกิดสีหรือการตกตะกอนและเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโตกราฟีพบสารในกลุ่มคูมาริน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน เทอร์ปีนอยด์ และน้ำตาลซึ่งชนิดของสารแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของพืช

คำสำคัญ: พืชไทยที่ให้ความหวาน ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี สารให้ความหวาน

Introduction

Sugar and other calorie sweeteners play an important role in the human diet. These sweeteners could cause the major undesirable problem for human health such as obesity, dental caries and diabetes (Rao *et al*., 2012). Thus, industries and scientists have been searching for non-nutritive natural sweeteners to substitute sugar and other calorie sweeteners (Surana *et al*., 2006). The non-natural sweeteners were divided into many groups including terpenoids, flavonoids, coumarin derivatives and steroidal saponins.

In Thailand, many varieties of plants were used as ingredient, flavoring agent, flavor enhancer and folk medicine. Various domestic Thai plants give sweet taste was used as traditional medicine and are widespread such as Cha-em Thai (*Albizia myriophylla* Benth.), Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), Tan Mon (*Vernonia elliptica* DC.), Siam Ixora (*Ixora* sp.), Blady grass (*Imperata cylindrica* L.), Raksamsib (*Asparagus racemosus* Willd.), Emblica (*Phyllanthus emblica* L.), Yellow Myrobalan (*Terminalia chebula* Retz.) and Bastard Myrobalan (*Terminalia bellirica* Roxb.). However, these plants have not been reported about the compounds and structures that give sweet taste, except Cha-em Thai contained sweetness compounds, albiziasaponin B, which gave 600

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

times sweeter than sucrose (Yoshikawa *et al*., 2002). Therefore, the objective of this research was to screen the sweeteners compounds in nine Thai plant extracts by phytochemical test and thin layer chromatography (TLC).

Materials and Methods

Sample preparations

Nine dried Thai plant materials; stem of Cha-em Thai (*Albizia myriophylla* Benth.), flower of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), leaves of Tan Mon (*Vernonia elliptica* DC.), root of Siam Ixora (*Ixora* sp.), root of Blady grass (*Imperata cylindrica* L.), root of Raksamsib (*Asparagus racemosus* Willd.), fruit of Emblica (*Phyllanthus emblica* L.), fruit of Yellow Myrobalan (*Terminalia chebula* Retz.) and fruit of Bastard Myrobalan (*Terminalia bellirica* Roxb.) were purchased from Chao KromPer shop (ร้านเจ้ากรมเป๋อ), Bangkok, in June 2013. Plant samples were grinded and sieved through a 40-mesh. The dried powder samples were used for extraction. The extracts were analyzed by phytochemical analysis and thin layer chromatography.

Solvent extraction

Ten grams of dried plant samples were extracted with 50 mL of water at 70 – 80ºC compared with 95% ethanol extracted at room temperature for 24 hr. The extracts were filtered with filter paper (Whatman No.1) and removed the solvent by rotary evaporator. The concentrated extracts were kept at -18ºC for phytochemical analysis by phytochemical test and thin layer chromatography.

Phytochemical test of sweetness compounds

Aqueous and ethanolic extracts were screened for the bioactive compounds which consisted in forms of glycosides (bound sugars), terpenoids, flavonoids, coumarins and saponins followed the method of Webb (1955); Harborne, (1973); Sharma *et al*. (2012); Haskins and Gorz (1957) and Bello *et al*. (2011), respectively.

Identification of sweetness compounds by thin layer chromatography (TLC)

Aqueous and ethanolic extracts were characterized by TLC for identification the bioactive compounds consisted in forms of sugars, terpenoids, flavonoids, coumarins and saponins. The both extracts were spotted onto silica gel TLC plate (Silica gel 60 F_{254} (20 cm × 20 cm)) using mobile phase system, spraying reagent and visualized condition followed the method of Miroslaw and Monika (2008); Eljan *et al*. (2008); Sharma *et al*. (2012); Hajnos (2008); Rita *et al*. (2008) and Thales *et al*. (2008), respectively. Moreover, the extracts were applied to a silica gel TLC plate for sugar identification. Ribose, glucose, arabinose, melibiose, galactose, sucrose, rhamnose, fructose and xylose were used as standard.

Results and Discussion

Nine Thai plants were extracted with different solvents, which different yields were obtained from water and ethanol. The yields of nine Thai plants extracted by water and ethanol are shown in Table 1. The yield of plant extracts depended on its solubility in solvent because of the "like dissolves like" rule. Percentage yield of nine plants aqueous extract ranged from 3.33% to 12.01%, which Tan Mon had the highest percentage yield (12.01%) and Ixora had the lowest percentage yield (3.33%). The highest yield of ethanolic extract was found in Yellow Myrobalan (10.35%) and Safflower extracted by ethanol had the lowest yield (1.44%).

The results of phytochemical component were analyzed by phytochemical screening and confirmed by TLC method are shown in Table 2. Coumarins were found in aqueous extracts of Cha-em Thai and Ixora, and ethanolic extracts of Raksamsib. Coumarins prefer to dissolve in ethanol rather than water because of medium polarity (Hajnos *et al*., 2006). Saponins were found in all crude plant extracts except in Tan-Mon. Saponins, a high polarity compounds, could be absolutely dissolved in water and partially dissolved in ethanol (Doughari, 2012). Flavonoids, terpenoids and sugars were found in all crude plant extracts. For flavonoids and terpenoids, they could be dissolved in water and ethanol depended on the compound structures (Marston and Hostettmann, 2006; Çitoglu *et al*., 2012). Generally, sugars in plant were found in glycoside form. So, these sugars could be extracted with water and ethanol depended on aglycone structures.

Moreover, sugar profiles of the extracts were analyzed by TLC compared to a standard mixture (Table. 3). For water extract, Rf value of Bastard Myrobalan, Tan Mon, Safflower, Ixora, Blady grass and Raksamsib were ranged from 0.423 – 0.457. These plant extracts may be contained glucose and fructose (Rf value, 0.457). Emblica and Yellow myrobalan extracts may be contained sucrose, glucose and fructose. For Cha-em Thai extract, Rf value of this plant was 0.514 and 0.637. This plant contained ribose and rhamnose when compared to standard. For ethanolic extracts, Tan Mon and Safflower might be contained fructose and glucose. Ixora and Raksamsib may be contained arabinose. Yellow Myrobalan exhibited glucose and fructose. For Emblica, the Rf value indicated that it may be contained galactose, glucose and fructose. Blady grass may be contained sucrose, fructose and glucose when compared with Rf value of standards. For Cha-em Thai extracts, Rf value showed that it contained arabinose and rhamnose. This result is consistent with Yoshikawa *et al*. (2002), who found Albiziasaponin B, sweet compounds in Cha-em Thai. The structure of Albiziasaponin B contained rhamnose and two D-glucoronic acids in form of sugar moiety.

Summary

Ethanol and water can be extracted the chemical compounds in group of coumarins, flavonoids, saponins, terpenoids and sugars. All these compounds might be natural sweeteners. However, it needs to further investigate in sweeten properties of these plants.

Acknowledgements

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of Higher Education Commission, The Royal Golden Jubilee Ph.D. Program and King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Literature Cited

Bello, I., Ndukwe, G., Audu, O. and Habila, J., 2011, A Bioactive Flavonoid from Pavetta Crassipes K. Schum, Organic and Medicinal Chemistry Letters, 1(1): 1-5.

Çitoglu, G.C. and Acıkara, O.B., 2012, Column Chromatography for Terpenoids and Flavonoids, In Chromatography and Its Applications, InTech, 210 Pages

Doughari, J.H., 2012, Phytochemicals: Extraction Methods, Basic Structures and Mode of Action as Potential Chemotherapeutic Agents, In Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health, InTech, 548 Pages

Eljan, M., Ana, M., Marica, M.A. and Ivona, J., 2008, Application of TLC in the Isolation and Analysis of Flavonoids, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Hajnos, M.L., 2008, TLC of Diterpenes, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Harborne, J.B., 1973, Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis, London, Chapman and Hall, 302 Pages.

Haskins, F.A. and Gorz, H.J., 1957, Fluorometric Assay of Free and Bound Coumarin in Sweetclover, Agronomy Journal, 49(9): 493-497.

Marston, A. and Hostettman, K., 2006, Separation and Quantification of Flavonoids, In Flavonoids: Chemistry, Biochemistry, and Applications, CRC Press, 1256 Pages

Miroslaw, A.H. and Monika, W.-H., 2008, Application of TLC in the Isolation and Analysis of Coumarins, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Rao, A.B., Reddy, G.R., Ernala, P., Sridhar, S. and Ravikumar, Y.V.L., 2012, An Improvised Process of Isolation, Purification of Steviosides from Bertoni Leaves and Its Biological Activity, International Journal of Food Science and Technology, 47(12): 2554-2560.

Rita, R., Simla, B. and Angelika, K., 2008, TLC of Mono- and Sesquiterpenes, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Sharma, O.P., Kumar, N., Singh, B. and Bhat, T.K., 2012, An Improved Method for Thin Layer Chromatographic Analysis of Saponins, Food Chemistry, 132(1): 671-674.

Surana, S.J., Gokhale, S.B., Rajmane, R.A. and Jadhav, R.B., 2006, Non-Saccharide Natural Intense Sweeteners – An Overview of Current Status, Natural Product Radiance, 5(4): 270-278.

Thales, R.C., Lauro, M.d.S., Marcello, I. and Guilherme, L.S., 2008, TLC of Carbohydrates, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Webb, L., 1955, A Preliminary Phytochemical Survey of Papua-New Guinea, Pacific Science, 9: 430 - 441.

Yoshikawa, M., Morikawa, T., Nakano, K., Pongpiriyadacha, Y., Murakami, T. and Matsuda, H., 2002, Characterization of New Sweet Triterpene Saponins from *Albizia myriophylla*, Journal of Natural Products, 65(11): 1638-1642.

Table 1 Percentage yields of nine Thai plants extracted by water and ethanol.

Samples	Part of Plants	Percentage yields (% dry weight)	
		Aqueous extracts	Ethanolic extracts
Cha–em Thai	Stems	9.16	3.00
Safflower	Flowers	4.42	1.44
Tan Mon	Leaves	12.01	3.09
Ixora	Roots	3.33	3.01
Blady glass	Roots	4.80	6.09
Raksamsib	Roots	6.08	3.96
Emblica	Fruits	5.83	2.88
Yellow Myrobalan	Fruits	5.83	10.35
Bastard Myrobalan	Fruits	6.44	6.88

Table 2 Comparison of phytochemical composition of nine Thai plants by phytochemical test and TLC methods ((+) Present, (-) Absent).

Dried plants	Coumarins				Saponins				Flavonoids				Terpenoids				Sugars			
	Phy		TLC		Phy		TLC		Phy		TLC		Phy		TLC		Phy		TLC	
	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq	Et	Aq
Cha–em Thai	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Safflower	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Tan Mon	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Ixora	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Blady glass	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Raksamsib	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Emblica	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Yellow Myrobalan	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bastard Myrobalan	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+

Et = Ethanolic extract, Aq = Aqueous extract, Phy = Phytochemical test, TLC = Thin layer chromatography

Table 3 R_f values of aqueous and ethanolic extracts of nine Thai plants for sugar analysis.

Aqueous extracts		Ethanolic extracts	
Sample	Rf	Sample	Rf
Mellibiose	0.246	Mellibiose	0.220
Sucrose	0.371	Sucrose	0.343
Galactose	0.411	Galactose	0.389
Fructose	0.457	Fructose	0.429
Glucose	0.457	Glucose	0.437
Arabinose	0.477	Arabinose	0.457
Ribose	0.537	Ribose	0.549
Xylose	0.577	Xylose	0.537
Rhamnose	0.646	Rhamnose	0.640
Cha-em Thai	0.514, 0.637	Cha-em Thai	0.071, 0.457, 0.651
Emblica	0.383, 0.44	Emblica	0.389, 0.429
Yellow Myrobalan	0.389, 0.44	Yellow Myrobalan	0.423
Bastard Myrobalan	0.423	Bastard Myrobalan	0.269, 0.429
Tan Mon	0.457	Tan Mon	0.414, 0.463
Safflower	0.440	Safflower	0.411, 0.463
Ixora	0.451	Ixora	0.460
Blady grass	0.429	Blady grass	0.326, 0.434
Raksamsib	0.423	Raksamsib	0.463

สารหอมระเหยเป็นดัชนีระบุความสุกของทุเรียนไทยในระหว่างการเก็บรักษา

Volatile Fingerprinting as Ripeness Index of Thai Durian (*Durio zibethinus* Murray) in Storage

อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Niponsak, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Profiling of volatiles from fresh-cut durian during storage at 29^{O}C for 5 days was determined using headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) techniques. Thirty-six compounds were identified and classified into 6 functional groups (aldehydes, ketones, carboxylic acid, alcohols, esters, and sulfur compounds). The major volatiles found were: diethyl disulfide, diethyl trisulfide, 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane, and ethyl acetate. Peak area unit of diethyl disulfide, diethyl trisulfide, 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane, and ethyl acetate increased the 3 days of storage and then decreased at the end of storage. Alcohols decreased throughout the 5 days of storage. All these results were consistent with sensory analysis, fresh-cut durians had high scores in "sulfur odor" and "sweet odor" during the first 3 days of storage, and fresh-cut durians stored for 5 days had a high value of "off-odor" and "green odor". The relationship between volatile compounds and sensory analysis was analyzed using Principal component analysis (PCA). PCA explained 79.106% of the total variance which revealed that the sulfur reduction could indicate ripeness of fresh-cut durian during storage.
Keywords: fresh cut durian, volatile compounds, ripeness, storage

บทคัดย่อ

สารหอมระเหยจากทุเรียนตัดแต่งสดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน วิเคราะห์โดยเทคนิค headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC/MS) พบสารหอมระเหย 36 ชนิด สามารถจัดสารเป็น 6 กลุ่มตามหมู่ฟังชัน (แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก แอลกอฮอล์ เอสเตอร์ และ ซัลเฟอร์) โดยมีสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ diethyl disulfide diethyl trisulfide 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane และ ethyl acetate โดยที่ peak area unit ของ diethyl disulfide diethyl trisulfide 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane และ ethyl acetate เพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาหลังจากนั้นลดลงจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บ แต่แอลกอฮอล์ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บ 5 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าทุเรียนตัดแต่งสดมีคะแนนด้าน กลิ่นซัลเฟอร์ (sulfur odor) และกลิ่นหวาน (sweet odor) สูง ระหว่างการเก็บรักษา 3 วัน แต่ทุเรียนตัดแต่งสดเก็บรักษา 5 วัน มีคะแนนด้าน กลิ่นผิดปกติ (off-odor) และกลิ่นเขียว (green odor) เพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารหอมระเหยและทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยเทคนิค Principal component analysis (PCA) มีค่าความแปรปรวน 79.106% แสดงว่าสารประกอบซัลเฟอร์ที่ลดลงสามารถใช้เป็นดัชนีระบุความสุกของทุเรียนตัดแต่งสดในระหว่างการเก็บรักษา
คำสำคัญ: ทุเรียนตัดแต่งสด สารหอมระเหย ความสุก การเก็บรักษา

Introduction

Durian fruit is the most famous and economically important tropical fruit in South East Asia, especially fresh-cut durian. Fresh-cut durians represent a source of antioxidant substances which may intervene in the prevention of pathologies. Due to its composition, sensory characteristics, and strong odor, the fresh-cut durian has a great popular for consumer. The storage of fresh-cut durian is very important for its quality, in particular its organoleptic flavor properties. During storage period, fruit respiration could affect the emission of volatile compounds. The aroma of fresh-cut durian resulted from a complex interaction between several organic

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

compounds. Although sulfur compounds were of major importance, other compounds such as esters, alcohols, aldehydes, among others, also significantly contributed to the characteristic aroma of durian fruit (Laohakunjit *et al*., 2007). Moreover, the perception of aroma was strongly influenced not only by the relative quantities, but also by the interaction of the volatile compounds presented in a specifal fruit. In the case of durian fruit cv. Chanee, it had been found that the sulfur compound contributed strongly to the sensory properties of these fruits (Wong and Tie, 1995). An increase in diethyl disulfide was associated with "sulfur aroma", however, an aroma quality also influenced by the presence of ethyl acetate and hexanol (Chin *et al*., 2007). According to Irwandi *et al*. (2005), the storage of durian fruit at 4 ^{O}C resulted in reduced concentrations of esters and sulfur compounds. Such results suggested that aroma changes might be related to durian ripeness during storage. Thus, the objective of this research was to evaluate volatile changes and sensory analysis of fresh-cut durian during storage at 29 ^{O}C for 5 days, in order to define the ripeness index of fresh-cut durian.

Materials and Methods

Raw material and fruit processing: Durian fruit were harvested at 80% maturity. Fruits with no visual defects and uniform in shape, size, and color appearance were selected. Fruit were washed in cold water, dipped in 500 ppm of sodium hypochlorite solution for 5 min, then rinsed with distilled water and allowed to drain. The durian fruits were dehusked with sharp knife and durian pulp were removed from husk by hand.

Packing and storage condition: Durian pulps prepared from numerous fruits were randomized before packaging. Fresh-cut durians (250 g) were placed in polystyrene tray and were overwrapped with commercial film. All samples were stored at 29 ^{O}C for 5 days, and analyzed at days 0, 3, and 5 for volatiles and sensory analysis.

Analysis of volatile compounds: Durian pulp of 5 grams was placed inside a 20 mL vial and sealed with PTFE-coated silicone lid seals. In order to extract volatile compounds from the headspace, samples were subjected to solid phase microextraction (HS-SPME). A 50/30µm DVB/CAR/PDMS fiber (Supelco, USA) was used. The vials containing the sample were incubated at 50 ^{O}C for 10 min. Afterwards the fibre was exposed to the headspace of sample for 20 min. The volatiles were quantified by a 7890A gas chromatograph equipped with a mass spectrometer (Agilent, USA). The fibre was thermally desorbed into the injection port at 240 ^{O}C for 7 min, in a splitless mode. The compounds were separated in a polar fused silica capillary column DB-WAX (30m length x 0.32 mm I.d., 0.5µm film thickness). Helium was used as carrier gas at constant flow rate (1.5 mL /min). The initial column temperature was set to 40 ^{O}C, and then a temperature gradient was started at 5 ^{O}C min^{-1} until 200 ^{O}C, and maintained at isothermal conditions for 2 min. The interface temperature was 220 ^{O}C and mass spectra in the electron ionization (MS-EI) mode were generated at 70 eV. The mass spectrometer was operated in a scan mode from 10 to 350 amu. Data was identified according to NIST and Wiley library. Compounds were then confirmed by GC retention time, Kovats index, Mass spectra, and alkanes standard (C_8-C_{20}).

Sensory evaluation: Descriptive analysis was conducted by semi-trained panel (10 assessors) to evaluate the intensities of sensory characteristics of fresh-cut durian that were stored in 29 ^{O}C. Ten semi-trained panelists were asked to assess odor (by sniffing) and flavor (by tasting) of samples for intensity of the following attributes: "fruity odor", "sulfur odor", "green odor", "off-odor", "sweetness", and "bitterness". The sensory evaluation was conducted using a 9-points scale, with 1 representing the lowest intensity and 9 representing the highest intensity, for all attributes. Fresh-cut durian samples were prepared as follows: the durian pulp was sliced and put in a small white plastic cup covered with aluminum foil. Samples were labeled with random three digit codes. The experimental samples were served to panelists in random order.

Statistical analysis: Principal component analysis (PCA) and analysis of variance was carried out using SAS. The results were considered to be significant at the $p \leq 0.05$.

Results and Discussion

The chromatograms of volatile compounds of durian during storage at 29 ^{O}C are shown in Figure 1. Thirty-six different volatile compounds from the headspace of durian were detected by HS-SPME-GC-MS. The volatiles detected included 18 sulfur containing compounds, 6 esters, 8 alcohols, 2 ketone, 1 aldehydes and 1 carboxylic acid. Diethyl disulfide, diethyl trisulfide, and 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane (isomer1 and 2) were the predominant sulfur containing compounds which increased during storage for 3 days, and then decreased until the end of storage. The three compounds found in this study might serve as character impact compounds in durian that contribute to its sulfur odor. Ethyl acetate, the major ester which gave the fruity odor in durian pulp, was increased at 3 days of storage and then decreased. 3-Hydroxy-2-butanone, which was reported to be the dominant a hydroxyl ketone in durian fruit by Wong and Tie (1995), was also detected. Ethyl alcohol was the predominant alcohol found in durian. The most volatile compounds increased at the earliest stage of storage due to the increase in respiration which generated volatile by chemical reaction such as oxidation/reduction, degradation and hydrolysis. Afterward volatiles decreased due to fruit senescence (Damiani *et al*., 2009). Sensory evaluation is shown in Table 1. The intensity of fruity odor and sulfur odor increased as a consequence of storage time. Green odor was elevated due to the increase in 1-hexanol which was correlated with the green aroma. On day 3, most panelists detected a high off-odor of durian aroma and a high sweetness and bitterness of durian flavor. Principal component analysis (PCA) explained 79.106% of the total variance (Figure 2). A highly significant correlation was found between volatile compounds (ethyl acetate, diethyl disulfide, and diethyl trisulfide), storage time, and sensory parameters (sulfur odor, green odor, off-odor, and sweetness). These results showed that reduction of sulfur compound might be ripeness index of fresh-cut durian during storage at 29 ^{O}C.

Summary

Storage time affected the volatile fingerprint and sensory properties of fresh cut durian. The loss of sulfur containing compounds and esters was found after 3 days of storage at 29 ^{O}C. PCA showed a great correlation between the volatile compounds changes and sensory properties. Overall results revealed that fresh cut durian could be stored for 3 days, after which the green aroma became intense and rendered the fruit unacceptable. The data of this study can be used to indicate the quality and storage period of fresh-cut durian for consumer acceptance.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Thailand Research Fund through the Royal Golden Jubilee Ph.D Program (Grant No. PHD/0324/2550) and The National Research University (NRU) Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission to student’s initials and advisor’s initials is acknowledged.

Literature cited

Chin, S.T., Nazimah, S.A.H., Quek, S.Y., Che Man, Y.B., Abdul Rahman, R. and Mat Hashim, D., 2007, Analysis of Volatile Compounds from Malaysian Durians (*Durio zibethinus*) Using Headspace SPME Coupled to Fast GC–MS, Journal of Food Composition and Analysis, 20: 31–44.

Damiani, C., Vilas, B.V., Ferri, P.H., Pinto, D.M. and Rodrigues, L.J., 2009, Volatile Compounds Profile of Fresh-Cut Peki Fruit Stored under Different Temperatures, Ciência e Tecnologia de Alimentos, 29(2): 435–439.

Irwandi, J., Che Man, Y.B., Selamat, J., Ahmad, F. and Sugisawa, H., 2005, Effect of Processing Conditions and Storage on Retention of Volatile Components of Durian Leather, Journal of Food Agriculture and Environment, 3: 66–72.

Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., Matta, F.B., Silva, J.L. and Holmes, W.E., 2007, Postharvest Survey of Volatile Compounds in Five Tropical Fruits Using Headspace-Solid Phase Microextraction (HS-SPME), HortScience, 42(2): 309–314.

Wong, K.C. and Tie, D.Y., 1995, Volatile Constituents of Durian (*Durio zibethinus* Murr.), Flavour and Fragrance Journal, 10: 79–83.

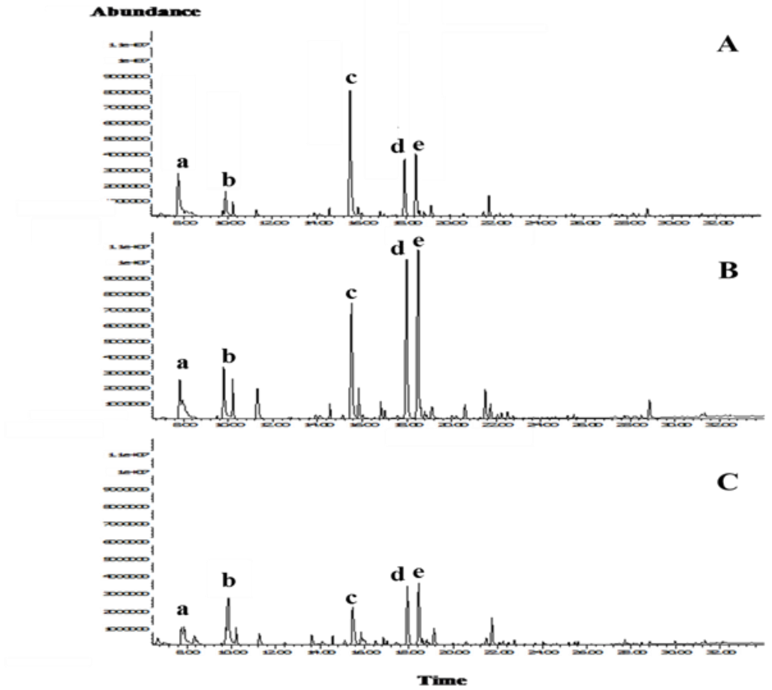


Figure 1 Chromatograms of fresh-cut durian during storage at 29 ^{O}C for A: initial day, B: 3 days and C: 5 days. a: diethyl disulfide; b: ethylacetate; c: diethyltrisulfide; d: 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane (isomer1); e: 3, 5-dimethyl-1, 2, 4-trithiolane (isomer 2)

Table 1 sensory attributes of minimally process durian during storage at 29 ^{O}C for 5 days.

Storage days	Fruity odor	Sulfur odor	Green odor	Off-odor	Sweetness	Bitterness
Initial	4.50b	4.50b	2.00b	1.00b	6.00a	2.50b
3	5.54a	5.92b	3.61a	2.69a	7.23a	4.00a
5	5.57a	7.28a	3.71a	2.71a	7.14a	4.14a

Values are expressed in sensory test metric units and presented as mean (n=10). Mean in columns followed by different letters differed significantly (p<0.05).

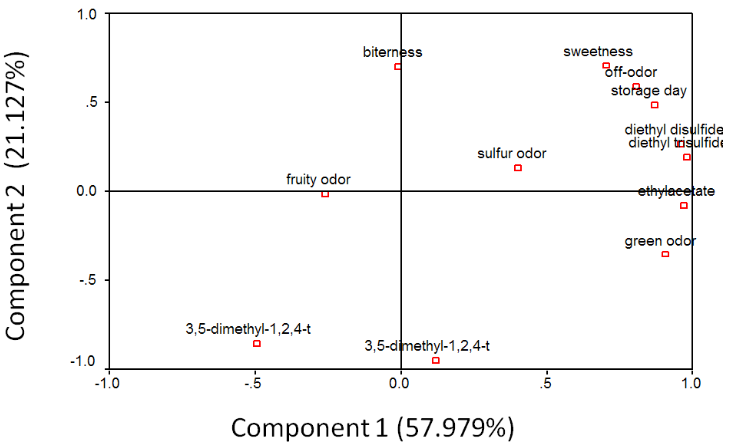


Figure 2 Correlation between major volatile compounds and sensory analysis of fresh-cut durian during storage.

การศึกษาสมบัติการต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสจากสารสกัดพริกหวาน ด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

In vitro Alpha-glucosidase Inhibitory Activity of Sweet Pepper Extracted using Different Solvents

พุทธชา สอนจันทร์[1] กัลยารัตน์ เครือวัลย์[1] วรางคณา ศรีจำนงค์[1] สมศรี เจริญเกียรติกุล[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Sornchan, P.[1], Kruawan, K.[1], Srichamnong, W.[1], Charoenkiatkul, S.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Sweet pepper (*Capsicum annuum*) appears in various fruit colors including green, red, yellow and orange. Sweet pepper has been reported as a rich source of bioactive compounds such as myricetin, quercetin and luteolin that exhibit antioxidant activity. These bioactive compounds were previously reported to be able to inactivate α-glucosidase, the key enzyme that degrades carbohydrate into sugar. Thus, inhibition of α-glucosidase could possibly decrease rate of starch degradation and might as well lower sugar absorption into body. Besides, consumption of sweet pepper could possibly control diabetes through α-glucosdiase inhibition. The objective of this study is to investigate the α-glucosidase inhibitory activities of selected green, yellow, orange and red sweet pepper under different extracted solvents, including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor. As results, sweet peppers extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol exhibited the highest anti-α-glucosidase activity (64-74% inhibition), followed by those with ethyl acetate (4-17% inhibition) and hexane (0-9% inhibition), respectively. Under all extraction solvents, red and orange sweet pepper exhibited the highest inhibitory activities. These results possibly suggested that the bioactive compounds in sweet pepper that could function against α-glucosidase might possess polar functional group(s) rather than semi-polar and non-polar groups. Besides, these bioactive compounds might reside in red and orange (mature) pepper than in green (immature) pepper as a result of biodegradation and structural changes upon fruit maturity.

Keywords: sweet pepper, diabetes, α-glucosdiase inhibitor

บทคัดย่อ

พริกหวานเป็นพริกที่มีผลหลายสี เช่น สีเขียว สีแดง สีเหลือง และสีส้ม มีการรายงานว่าพริกหวานเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ไมริซิทิน เควอซิทิน และลูทีโอลิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้มีรายการก่อนหน้านี้ว่าสามารถต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสอาจจะสามารถลดอัตราการย่อยแป้งและลดการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ร่างกายได้ นอกจากนี้การบริโภคพริกหวานอาจทำให้สามารถควบคุมโรคเบาหวานผ่านการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส จากสารสกัดพริกหวานสีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดง ภายใต้การสกัดด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน อันได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร โดยใช้เครื่องสกัดซอกห์เลต จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดพริกหวานที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลมีฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสสูงที่สุด (ร้อยละ 64-74) ตามมาด้วยพริกหวานที่สกัดด้วยเอธิลอะซิเตต (ร้อยละ 4-17) และเฮกเซน (ร้อยละ 0-9) ตามลำดับ ภายใต้สารละลายทั้งหมดนี้พริกหวานสีแดงและสีส้มมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ได้มากที่สุด ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพริกหวานที่สามารถต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสอาจประกอบไปด้วยหมู่ฟังก์ชันที่มีความเป็นขั้วมากกว่ากึ่งมีขั้วและที่มีขั้วต่ำ/ไม่มีขั้ว นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้อาจจพบอยู่ในพริกหวานสีแดงและสีส้ม (ผลแก่) มากกว่าพริกหวานสีเขียว (ผลอ่อน) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการย่อยสลายทางชีวภาพและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารในช่วงการเจริญเติบโตของผลพริก

คำสำคัญ: พริกหวาน โรคเบาหวาน สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

---

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมนฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมนฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Institution of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd.,Salaya, Phutthamonthon, NakhonPathom 73170

Introduction

Diabetes is a chronic disease, in which body cannot produce enough insulin or properly respond to the insulin, leading to increased blood sugar. Diabetes can be prevented by reducing sugar absorption through inhibition of α-glucosidase, the enzyme that hydrolyzes α-1-4-glycosidic linkage on polysaccharide (starch) into smaller sugar units such as disaccharide (maltose) and glucose. These products are then absorbed into the wall of intestine and are subsequently delivered by blood to targeted cells throughout the body. Thus, the inhibition of α-glucosidase can control diabetes by delaying carbohydrate degradation and glucose absorption. Currently, acarbose is a medicine that used to treat diabetes through inhibition of α-glucosidase (Yamashita *et al*., 1984). However, acarbose has side effects, including flatulence and diarrhea. Thus, natural plant extracts that can inhibit α-glucosidase without or less side effects are currently of interest.

Nowadays, natural products that can act as nutraceutical foods have been focused to promote health benefits. Sweet pepper (*Capsicum annuum*) or bell pepper with different fruit colors is a rich source of bioactive compounds such as capsanthin, quercetin and luteolin (Marín *et al*., 2004; Sun *et al*., 2007). Some of these have been reported for their α-glucosidase inhibitory activities (Ani and Naidu, 2008; Kim *et al*., 2000; Liu *et al*., 2013; Tadera *et al*., 2006). Thus, the consumption of sweet pepper could possibly control diabetes through inhibition of α-glucosidase. Nevertheless, the information regarding the relationship of fruit colors of sweet pepper (or maturity stage), extraction solvents with different polarities and their corresponding anti-α-glucosidase activities is limited. Therefore, this research would be focused on α-glucosidase inhibitory activities of green, yellow, orange and red sweet peppers extracted under different solvents, including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol.

Materials and Methods

Sweet peppers (green, yellow, orange and red fruit colors) were purchased from Baan Rai Paovaris, Pak Chong, Nakhon Ratchasima (Thailand). Sweet peppers were washed with clean water, cut into small pieces and removed the seeds before being freeze-dried. The samples were then ground by a grinder and stored at -20 °C. Sweet pepper powder (5 g) was extracted with different solvents (400 mL), including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor for 6 hours. The extractant was evaporated, and the remaining was resuspended with a minimal volume of DMSO.

The determination of α-glucosidase inhibitory activity was performed by the colorimetric couple assays utilizing *Saccharomyces cerevisiae* α-glucosidase (0.1 U/mL), *p*-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside (pNPG*,* 0.5 mM) and extract samples (16.37 mg/mL) in assay buffer (50 mM KPB, pH 7.0). The α-glucosidase inhibitory activity was monitored at 405 nm using a microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) and a Gen5 data analysis software. The results were calculated as a percentage of inhibitory activity using the equation; %Inhibition = $100 \times (1 - ((B-b)/(A-a)))$, where A is an initial velocity of the control reaction with enzyme, a is an initial velocity of the control reaction without enzyme, B is an initial velocity of the enzyme reaction with extract and b is an initial velocity of the reaction with extract but without enzyme. All data were expressed as mean of triplicate assays ± standard deviation (SD). One way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison tests were performed to determine the significant differences between values with $p<0.05$. All statistical analysis was carried out using SPSS statistical analysis (version 17 for Windows, SPSS Inc., Chicago, USA).

Results

It was found that sweet peppers (green, yellow, orange and red colors) extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol exhibited higher anti-α-glucosidase activities than those extracted with ethyl acetate and hexane, respectively (Figure 1). Orange and red sweet peppers extracted under this optimized extraction solvent significantly exhibited higher inhibitory activity (74% inhibition) than green and yellow sweet peppers (64-68%

inhibition). Similarly, under ethyl acetate extraction, red sweet pepper exhibited the highest anti-α-glucosidase activity (18% inhibition), followed by green and yellow sweet peppers, respectively. However, the inhibitory activity was not observed in orange sweet pepper extracted under the same extraction condition. The inhibitory activities of sweet peppers using hexane, the least preferable solvent for extraction of anti-α-glucosidase agents, were in a similar trend as those extracted with ethyl acetate. However, the inhibitory activities of orange and yellow sweet peppers were only in trace amount such that it could not be detected under this extraction concentration.

Discussion

Sweet peppers are a rich source of bioactive compounds with various biological properties, some of which (such as flavonoids, phenolics and polyphenol) were reported to act as anti-α-glucosidase agents (Ani and Naidu, 2008; Kim *et al*., 2000; Liu *et al*., 2013; Tadera *et al*., 2006). Nevertheless, the content and quantity of these compounds is influenced by various internal and external factors such as growth environments (climate and soil nutrients), ripening stages and cultivars. Besides, the difference in polarity of solvents could affect the types of isolated compounds due to their solubility in those particular solvents. The results suggested that sweet peppers extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol exhibited the highest inhibitory activities with red and orange peppers being the most providers of anti-α-glucosidase agents. These results were corresponded to the previous research, which suggested that the maximum flavonoids (quercetin, luteolin, kaempferol and apigenin) contents could be obtained using hydrophilic solvents (Bae *et al*., 2012). Some of these flavonoids were reported to be able to inactivate α-glucosidase (Lee *et al*., 2007). For examples, quercetin, luteolin and myricetin exhibited IC_{50} values of 1.6, 6.0 and 2.1 ug/mL, respectively, against α-glucosidase (Lee *et al*., 2007). In addition, the different colored sweet peppers have been reported to exhibit different level of bioactive compounds such as capsanthin, beta-carotene, quercetin and luteolin (Sun *et al*., 2007; Materska and Perucka, 2005; Matsufuji *et al*., 2007). Red sweet pepper was found to contain high contents of total phenolics, carotenoids and flavonoids, followed by orange, yellow and green peppers, respectively (Sun *et al*., 2007). Thus, it could be suggested that higher α-glucosidase inhibitory activities as being observed in red and orange peppers than those of yellow and green peppers in our experiment were a result of these bioactive compounds regarding their types and quantities.

Summary

This research provided fundamental knowledge regarding the potential biological functions of sweet peppers against diabetes through inhibition of key enzyme, α-glucosidase, that degrades starch into glucose. The α-glucosidase inhibitory property as being observed in sweet peppers might be a result of bioactive compounds such as flavonoids, phenolics and polyphenol with polar functional group(s). Besides, these compounds were possibly resided in red and orange (mature) peppers than in green (immature) pepper. Nevertheless, consumption of sweet pepper could possibly be beneficial in terms of reducing risk of diabetes. These results will be useful for further production of functional food, nutraceutical or dietary supplement for prevention of high blood sugar.

Literature cited

Ani, V. and Naidu, K.A., 2008, Antihyperglycemic Activity of Polyphenolic Components of Black/bitter Cumin *Centratherum anthelminticum* (L.) Kuntze Seeds, European Food Research and Technology, 226(4): 897-903.

Bae, H., Jayaprakasha, G.K., Jifon, J. and Patil, B.S., 2012, Variation of Antioxidant Activity and the Levels of Bioactive Compounds in Lipophilic and Hydrophilic Extracts from Hot Pepper (Capsicum spp.) Cultivars, Food Chemistry, 134(4): 1912-1918.

Kim, J.S., Kwon, C.S. and Son, K.H., 2000, Inhibition of Alpha-glucosidase and Amylase by Luteolin, a Flavonoid, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 64(11): 2458-2461.

Lee, Y.A., Cho, E.J., Tanaka, T. and Yokozawa, T., 2007, Inhibitory Activities of Proanthocyanidins from Persimmon against Oxidative Stress and Digestive Enzymes Related to Diabetes, Journal of Nutritional Science and Vitaminology (Tokyo), 53(3): 287-292.

Liu, S., Li, D., Huang, B., Chen, Y., Lu, X. and Wang, Y., 2013, Inhibition of Pancreatic Lipase, α-glucosidase, α-amylase, and Hypolipidemic Effects of the Total Flavonoids from Nelumbo nucifera leaves, Journal of Ethnopharmacology, 149(1): 263-269.

Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A. and Gil, M.I., 2004, Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(12): 3861-3869.

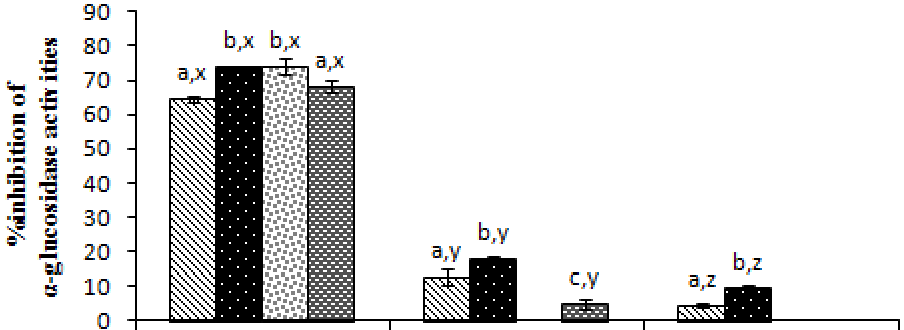
Matsufuji, H., Ishikawa, K., Nunomura, O., Chino, M. and Takeda, M., 2007, Anti-oxidant Content of Different Coloured Sweet Peppers, White, Green, Yellow, Orange and Red (*Capsicum annuum* L.), International Journal of Food Science and Technology, 42: 1482–1488.

Materska, M. and Perucka, I., 2005, Antioxidant Activity of the Main Phenolic Compounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1750-1756.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W. and No, H.K., 2007, Antioxidant Activities of Different Colored Sweet Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.), Journal of Food Science, 72(2): S98-S102.

Tadera, K., Minami, Y., Takamatsu, K. and Matsuoka, T., 2006, Inhibition of Alpha-glucosidase and Alpha-amylase by Flavonoids, Journal of Nutritional Science and Vitaminology (Tokyo), 52(2): 149-153.

Yamashita, K., Sugawara, S. and Sakairi, I.,1984, Effects of an Alpha-glucosidase Inhibitor, Acarbose, on Blood Glucose and Serum Lipids in Streptozotocin-induced Diabetic Rats, Hormone and Metabolic Research, 16(4): 179-182.



	70% EtOH	Ethyl acetate	Hexane
Green	64.41±1.06	12.69±2.37	4.52±0.41
Red	73.89±0.13	17.76±0.86	9.39±1.06
Orange	74.00±2.50	UD	UD
Yellow	68.37±1.60	4.95±1.60	UD

UD = unable to detect

Figure 1 The α-glucosidase inhibitory activities of sweet peppers (green, yellow, orange and red colors) extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol, ethyl acetate and hexane (16.37mg/mL). The same letter including a-c and x-z within same solvent extraction and colored pepper, respectively, is not significantly different with $p<0.05$ using one-way analysis of variance using the Tukey’s test.

สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis* โดยการสกัดด้วยกรด

In vitro Antioxidant Activities of Crude Polysaccharide from *Ulva intestinalis* Extracted by Acid

นภัสสร เพียสุระ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ โศรดา วัลภา[2]

Peasura, N.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Walapa, S.[2]

Abstract

Crude polysaccharides from *Ulva intestinalis* were extracted with by 0.1N, 1N and 10N HCl at 80°C for 1, 3, 6 and 12 h. Results showed that crude polysaccharide extracted with 0.1N HCl for 12h had the highest hydroxyl radical scavenging activity and the concentration of crude polysaccharide was 10 mg/mL. The radical scavenging activity of crude polysaccharide was 89.13%, which was lower than that of ascorbic acid used as the control. The IC_{50} of crude polysaccharide was 5 mg/mL. Moreover, crude polysaccharide extracted by 1N HCl for 12h had the highest radical scavenging activity evaluated by 2,2-azino-bis(3-ehylbenzthiazoline-6-sulphonate) ($ABTS^{\bullet+}$). The radical scavenging activity was 1.67 mM Trolox equivalents/1 mL sample with a IC_{50} of 7 mg/mL. The radical scavenging activity of crude polysaccharide was consistent with sulfate content in the crude polysaccharide. Sulfate content increased (24.25-28.31%) with increasing extraction time (1 to 12 h), resulting in increased radical scavenging activity.

Keywords: *Ulva intestinalis*, acid extraction, radical scavenging activity

บทคัดย่อ

การสกัดพอลิแซคคาไรด์หยาบจาก *Ulva intestinalis* ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1, 1 และ 10 นอร์มัล อุณหภูมิการสกัด 80°C นาน 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่า พอลิแซคคาไรด์หยาบที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล นาน 12 ชั่วโมง มีสมบัติในการจับอนุมูลไฮดรอกซิลสูงสุด เมื่อความเข้มข้นของพอลิแซคคาไรด์หยาบเท่ากับ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยมีค่าความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ เท่ากับ 89.13% ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรดแอสคอบิก ที่ใช้เป็นสารควบคุม และมีค่า IC_{50} เท่ากับ 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร แต่พอลิแซคคาไรด์หยาบที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล นาน 12 ชั่วโมง มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบด้วยวิธี 2,2-azino-bis(3-ehylbenzthiazoline-6-sulphonate) ($ABTS^{\bullet+}$) สูงที่สุด เท่ากับ 1.67 มิลลิโมลาร์สมมูลย์ทรอลอกซ์/ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 7 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งสมบัติการจับอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์หยาบสอดคล้องกับปริมาณซัลเฟตในสารสกัดพอลิแซคคาไรด์หยาบ โดยปริมาณซัลเฟตจะเพิ่มขึ้น (24.25-28.31%) เมื่อเวลาการสกัดนานขึ้น (1 ถึง 12 ชั่วโมง) ส่งผลให้สมบัติในการจับอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: *Ulva intestinalis* การสกัดด้วยกรด สมบัติในการจับอนุมูลอิสระ

Introduction

Marine algae have attracted increasing attention in the search for natural antioxidants to develop new medicinal and functional food ingredients. The green alga, *Ulva intestinalis*, is nutritious with abundant vitamins, trace elements and dietary fibers (Lahaye and Jegon, 1993). *Ulva intestinalis* contains large amounts of polysaccharides and non-carbohydrate substituents (mainly sulfate group) in their cell walls (Imbs *et al*., 2011). Polysaccharide, made up of many monosaccharides linked with glycosidic bonds, possess marked immunological properties ranging from nonspecific stimulation of host immune system, resulting in anti-tumor, anti-viral, and anti-mutagenic or hematopoietic activity (Zhang *et al*., 2010). In recent years, several reports have revealed that algal polysaccharides exhibit strong free-radical scavenging activity and can be used as antioxidants. Antioxidants are effective in protecting living

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถ.เลียบคลองห้า ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[2] Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Changwat Pathum Thani 12120

organisms against oxidative damage caused by reactive oxygen species (ROS). Therefore, commercial antioxidants, especially safe and inexpensive supplements of natural origin have been in high demand. Among the bioactive constituents, polysaccharides from natural sources are found to be effective, non-toxic substances with a wide variety of pharmacological activities. Recently, various chemistry effects of polysaccharide from marine algae have been verified and the interest on marine algae inducing bioactive materials has been increased. Despite extensive research on the antioxidant potential of extracts from various types of marine algae, few studies have been performed on the antioxidant activities originating from green seaweeds which are ubiquitous and important natural resources (Morand and Briand, 1996). Therefore, the aim of this work was to extract crude polysaccharide from *U. intestinalis* with 0.1, 1 and 10N HCl and the extraction time (1, 3, 6, and 12 h) at 80°C. After that, crude polysaccharide was determined antioxidant activity, including DPPH•, ABTS •+ and OH• radical scavenging assay.

Materials and Methods

Ten grams of algae powder were extracted with hydrochloric acid of 0.1, 1 and 10N at 80°C. The extraction time was varied at 1, 3, 6 and 12 h. The mass/volume ratio of seaweed and solvent was 1:20. After cooling and standing at room temperature for 1 h, the slurry was neutralized with 6N NaOH, filtered and centrifuged at 12,000g for 15 min. The extract was added with three fold of the volume of 95% ethanol (v/v) for precipitation overnight, followed by centrifugation to remove the supernatant. Then the precipitant was collected and dried at 40 ˚C and ground into powder, which was also used for sulfate content and antioxidant activity study. Sulfate content of crude polysaccharide was analyzed with barium chloride–gelatin method of Cong *et al*. 2003. The antioxidant activity was evaluated by 2, 2-diphenyl- 1-picrylhydrazyl (DPPH•) (Duan *et al*., 2006), azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid diammoniumsalt) ($ABTS^{\bullet+}$) (Kim *et al*., 2011) and hydroxyl radical scavenging activity (Siddhuraju, 2007 and Pan *et al*., 2009). All analysis was conducted based on a 3×4 factorial randomized complete block design (RCBD) with three replications.

Results and Discussion

Results showed that sulfate content of crude polysaccharide varied between 23.87% and 37.52% (Table 1). Sulfate content significantly increased ($p\leq0.05$) with increase of extraction time from 1 to 12 h. The highest sulfate of crude polysaccharide was found at 0.1N HCl for 12 h. Moreover, sulfate content decreased with increasing acid concentration. This indicated that the high acid concentration could eliminate the sulfate group that attached with polysaccharides chains (Chirapart *et al*., 1995). According to Duarte *et al*. (2001) who reported that high acid concentration with high temperature extraction (80-90°C) obtained low sulfate content. For antioxidant activity, the scavenging ability of crude polysaccharide on DPPH• $ABTS^{\bullet+}$ and hydroxyl radical was shown in Table 1. Results showed that antioxidant activity of crude polysaccharide increased with increasing extraction time. A trend in the DPPH and ABTS scavenging of crude polysaccharides was similar to hydroxyl scavenging activity. Crude polysaccharide with the highest sulfate content (37.52%) had strong DPPH scavenging activity. It suggested that the sulfate content of crude polysaccharide had great influence on its scavenging effects of DPPH radical. It was reported that the effect of antioxidant activities was due to their hydrogen donating ability (Wang *et al*., 2009). The presence of sulfate groups in the crude polysaccharide molecule could activate the hydrogen atom of the anomeric carbon. The higher activated capacity of the sulfate group, the stronger hydrogen atom-donating capacity (Wang *et al*., 2014). Moreover, crude polysaccharide extracted by 1N HCl for 12h had the highest ABTS radical scavenging activity. As shown in Table 1, crude polysaccharide extracted with 0.1N for 12 h had the highest hydroxyl radical scavenging. The result indicated that the sulfate group played an important role in the scavenging of hydroxyl radicals. In the present study, the scavenging activity of crude polysaccharide on hydroxyl radicals was stronger than DPPH and ABTS. Different radical scavenging activities of crude polysaccharide extracted from *U. intestinalis* in different evaluation systems suggested that chemical composition had a certain effect on antioxidant activity (Shao *et al*., 2013). However, the antioxidants of the tested samples were not determined by single factor but a combination of several factors (Li *et al*., 2013). It also has

been reported that the molecular weight of polysaccharides was an important parameter influencing antioxidant activity and the lowest molecular weight showed the highest antioxidant activities (Zeng *et al*., 2012). In addition, crude polysaccharide contained significantly different sulfate content extracted with 0.1, 1 and 10N for 12 h, but antioxidant activity did not difference. Therefore, crude polysaccharide was evaluated IC_{50} on DPPH radical scavenging. This method has been widely used to determine the free-radical scavenging ability of samples (Souza *et al*., 2012). Results demonstrated that the IC_{50} on DPPH radicals scavenging of crude polysaccharide extracted with 0.1, 1 and 10N for 12 h was 5, 7 and 7 mg/mL, respectively. The result suggested that concentration of crude polysaccharide extracted with 0.1N for 12 h (high sulfate) was less than crude polysaccharide extracted with 1 and 10N for 12 h (low sulfate). Qi *et al*. (2005) concluded that sulfate content had a significant effect on DPPH scavenging activity.

Summary

The crude polysaccharide extracted from *U. intestinalis* with 0.1N HCl for 12 h had the highest sulfate content, which effected on the highest DPPH and hydroxyl radical scavenging. The results indicate that sulfate content markedly affected the antioxidant activity of crude polysaccharide with the exception of the ABTS radical scavenging activity.

Acknowledgment

This work was supported by the Higher education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission and Thailand Institute of Scientific and Technological Research.

Literature cited

Chirapart, A., Ohno, M., Ukeda, H., Sawamura, M. and Kusunose, H., 1995, Chemical Composition of Agars from a Newly Reported Japanese Agarophyte, *Gracilariopsis lemaneiformis*, Journal of Applied Phycology, 7: 359-365.

Cong, J.B., Wang, C.Z., Li, Y. and Wu, K., 2003, Investigation of Barium Sulfate Turbidimetry on Determination the Sulfated Group of Sulfated Polysaccharides, Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 19: 183–191.

Costa, L.S., Fidelis, G.P., Cordeiro, S.L., Oliveira, R.M., Sabry, D.A. and Camara R.B.G., 2010, Biological Activities of Sulfated Polysaccharides from Tropical Seaweeds, Biomedicine and Pharmacotherapy, 64(1): 21-28.

Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M. and Wang, B.G., 2006, Evaluation of Antioxidant Property of Extract and Fractions Obtained from Red Algae*, Polysiphonia urceolata*, Food Chemistry, 95: 37-43.

Duarte, M.E.R., Cardoso, M.A., Noseda, M.D. and Cerezo, A.S., 2000, Structural Studies on Fucoidans from the Brown Seaweed *Sargassum stenophyllum*, Carbohydrate Research, 333: 281–293.

Imbs, T.I., Shevchenko, N.M., Semenova, T.L., Sukhoverkhov, S.V. and Zvyagintseva, T.N., 2011, Compositional Heterogeneity of Sulfated Polysaccharides Synthesized by the Brown Alga *Costaria costata*, Chemistry of Natural Compounds, 47: 96–97.

Kim, J.K., Cho, M.L., Karnjanapratum, S., Shin, I.S. and You, S.G., 2011, *In vitro* and *in vivo* Immunomodulatory Activity of Sulfated Polysaccharides from *Enteromorpha prolifera*, International Journal of Biological Macromolecules, 48: 311-318.

Lahaye, M. and Jegon, D., 1993, Chemical and Physical-chemical Characteristics of Dietary Fibres from *Ulva lactuca* (L.) Thuret and *Enteromorpha compressa* (L.) Grev, Journal of Applied Phycology, 5: 195-200.

Li, B., Liu, S., Xing, R., Li, K., Li, R., Qin, Y., Wang, X., Wei, Z. and Li, P., 2013, Degradation of Sulfated Polysaccharides from *Enteromorpha prolifera* and their Antioxidant Activities, Carbohydrate Polymers, 92: 1991-1996.

Morand, P. and Briand, X., 1996, Excessive Growth of Macroalgae: A Symptom of Environmental Disturbance, Botanica Marina, 39: 491-516.

Qi, H., Zhao, T., Zhang, Q., Li, Z. and Zhao, Z., 2005, Antioxidant Activity of Different Molecular Weight Sulfated Polysaccharides from *Ulva pertusa* Kjellm (Chlorophyta), Journal of Applied Phycology, 17: 527-534.

Shao, P., Chen, X. and Sun, P., 2013, *In vitro* Antioxidant and Antitumor Activities of Different Sulfated Polysaccharides Isolated from Three Algae, International Journal of Biological Macromolecules, 62: 155-161.

Siddhuraju, P., 2007, Antioxidant Activity of Polyphenolic Compounds Extracted from Defatted Raw and Dry Heated Tamarindus Indica Seed Coat, LWT-Food Science and Technology, 40: 982-990.

Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Bourbon, A.I., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Teixeira, J.A., Coimbra, M.A. and Vicente, A.A., 2012, Chemical Characterization and Antioxidant Activity of Sulfated Polysaccharide from the Red Seaweed *Gracilaria birdiae*, Food Hydrocolloids, 27: 287-292.

Wang, J., Niua, S., Zhao, B., Luoa, T., Liua, D. and Zhang, J., 2014, Catalytic Synthesis of Sulfated Polysaccharides. II: Comparative Studies of Solution Conformation and Antioxidant Activities, Carbohydrate Polymers, 107: 221-231.

Wang, J., Zhang, Q.B., Zhang, Z.S., Zhang, J.J. and Li, P.C., 2009, Synthesized Phosphorylated and Aminated Derivatives of Fucoidan and their Potential Antioxidant Activity *in vitro*, International Journal of Biological Macromolecules, 44: 170–174.

Xua, R.J., Yea, Ho., Sun, Y., Tu, Y. and Zeng, X., 2012, Preparation, Preliminary Characterization, Antioxidant, Hepatoprotective and Antitumor Activities of Polysaccharides from the Flower of Tea Plant *(Camellia sinensis)*, Food and Chemical Toxicology, 50: 2473-2480.

Yang, Y., Liu, D., Wu, J., Chen, Y. and Wang, S., 2011, *In vitro* Antioxidant Activities of Sulfated Polysaccharide Fractions Extracted from *Corallina officinalis,* International Journal of Biological Macromolecules, 49: 1031-1037.

Zeng, W.-C., Zhang, Z., Gao, H., Jia, L.-R. and Chen, W.-Y., 2012, Characterization of Antioxidant Polysaccharides from *Auricularia auricular* using Microwave-assisted Extraction, Carbohydrate Polymers, 89: 694-700.

Zhang, Z., Wang, F., Wang, X., Liud, X., Hou, Y. and Zhang, Q., 2010, Extraction of the Polysaccharides from Five Algae and their Potential Antioxidant Activity *in vitro*, Carbohydrate Polymers, 82: 118-121.

Zhang, Z., Zhang, Q., Wang, J., Song, H., Zhang, H. and Niu, X., 2010, Chemical Modification and Influence of Function Groups on the i*n vitro* Antioxidant Activities of Porphyran from *Porphyra haitanensis*, Carbohydrate Polymers, 79: 290-295.

Table 1 Antioxidant activities of crude polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with hydrochloric acid at 0.1, 1 and 10N HCl for 1, 3, 6 and 12 h, at 80ºC.

Concentration	Time	Sulfate content (%)	(mM Trolox equivalent/g dry weight) DPPH$^{\bullet}$	(mM Trolox equivalent/g dry weight) ABTS$^{\bullet +}$	OH$^{\bullet}$ (mg Ascorbic Acid equivalent/g dry weight)
0.1N HCl	1	27.72 ± 0.01^{d}	1.44 ± 0.38^{d}	1.54 ± 0.03^{c}	30.37 ± 0.38^{g}
	3	29.77 ± 0.21^{c}	1.54 ± 0.21^{abc}	1.58 ± 0.03^{bc}	31.47 ± 0.06^{e}
	6	30.3 ± 0.06^{b}	1.57 ± 0.01^{b}	1.60 ± 0.01^{b}	32.20 ± 0.04^{d}
	12	37.52 ± 0.41^{a}	1.68 ± 0.03^{a}	1.62 ± 0.02^{b}	41.84 ± 0.06^{a}
1N HCl	1	25.36 ± 0.07^{f}	1.37 ± 0.06^{d}	1.47 ± 0.02^{e}	29.83 ± 0.01^{h}
	3	25.59 ± 0.22^{f}	1.41 ± 0.01^{d}	1.51 ± 0.01^{dc}	30.73 ± 0.04^{f}
	6	26.37 ± 0.29^{e}	1.52 ± 0.09^{c}	1.53 ± 0.01^{d}	30.82 ± 0.03^{f}
	12	27.61 ± 0.22^{d}	1.59 ± 0.02^{ab}	1.66 ± 0.02^{a}	37.50 ± 0.06^{b}
10N HCl	1	23.87 ± 0.06^{g}	1.27 ± 0.01^{d}	1.38 ± 0.02^{g}	27.96 ± 0.02^{i}
	3	23.88 ± 0.09^{g}	1.34 ± 0.01^{cd}	1.43 ± 0.03^{f}	30.32 ± 0.02^{g}
	6	24.15 ± 0.11^{g}	1.55 ± 0.02^{abc}	1.49 ± 0.01^{ef}	30.62 ± 0.08^{f}
	12	24.17 ± 0.14^{g}	1.54 ± 0.03^{abc}	1.58 ± 0.04^{bc}	37.22 ± 0.17^{c}
F-test		*	*	*	*
LSD		0.32	0.22	0.04	0.21
CV		0.72	0.47	1.71	0.39

$^{a, b, c,...}$Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p < 0.05$)

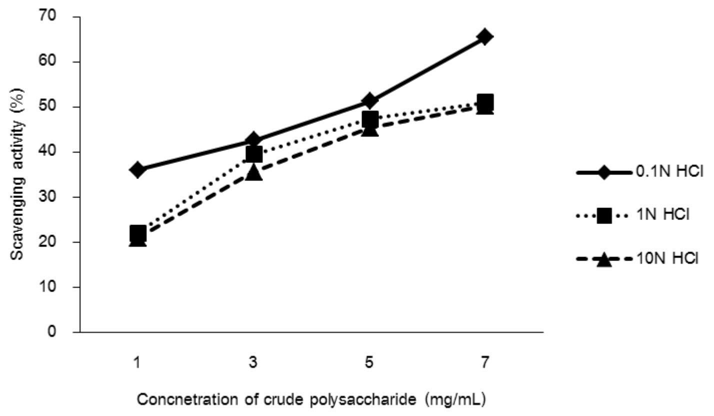


Figure 1 The IC_{50} of crude polysaccharide on 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicals extracted with hydrochloric acid for 12 h.

ผลของออกซินต่อการขยายพันธุ์สับปะรดปัตตาเวียด้วยจุก

Effect of Auxin on Crown Propagation of 'Pattawia' Pineapple [*Ananascomosus* (L.) Merr.]

ศศิภา เทียนคำ[1] เจนจิรา ชุมภูคำ[1] และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม[1]
Teankum, S.[1] Chumpookam, J.[1] and Theanhom, A.A.[1]

Abstract

This experiment studied effect of auxin (1000, 2000, 3000 mg·L^{-1} IBA or 250, 500, 1000, 2000, 3000 mg·L^{-1} NAA) on rooting and growth of 'Pattawia' pineapple by crown sectioning. The experiment was designed in Completely Randomized Design. The results showed that the crown sectioning of pineapple was treated with 1000 mg·L^{-1} IBA gave the highest number of leaves (45 leaves), leaf length (16.93 cm), leaf width (1.93 cm), growth rate of canopy (0.25 cm/day), canopy diameter (37 cm), number of root (54 roots), shoot fresh weight (158.22 g), root fresh weight (8.54 g), shoot dryweight (19.08 g) and root dry weight (1.58 g). And the use of 250 mg·L^{-1} NAA yielded the longest root (16.90 cm). The largest root (1.50 mm in diameter) was observed after treated with 1000 mg·L^{-1} NAA. Therefore, The application 1000 mg·L^{-1} IBA was suitable for the growth of 'Pattawia' pineapple propagated using crown.

Keywords: IBA, NAA, rooting, growth

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของออกซิน (IBA 1000, 2000, 3000 หรือ NAA 250, 500, 1000, 2000,3000 มิลลิกรัมต่อลิตร) ต่อการออกรากและการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ขยายพันธุ์ด้วยจุก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า ต้นสับปะรดที่ได้รับ IBA 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้จำนวนใบ (45 ใบ) ความยาวใบ, (16.93 เซนติเมตร), ความกว้างใบ (1.93 เซนติเมตร), อัตราการเจริญเติบโตของทรงพุ่ม (0.25 เซนติเมตร/วัน), เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (37 เซนติเมตร), จำนวนราก (54 ราก), น้ำหนักสดต้น (158.22 กรัม), น้ำหนักสดราก (8.54 กรัม), น้ำหนักแห้งต้น (19.08 กรัม) และน้ำหนักแห้งราก (1.58 กรัม) สูงที่สุด NAA 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความยาวราก (16.90 เซนติเมตร) มากที่สุด และ NAA 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางราก (1.50 มิลลิเมตร) มากที่สุด ดังนั้นการใช้ IBA 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ขยายพันธุ์ด้วยจุกได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: IBA NAA การเกิดราก การเจริญเติบโต

คำนำ

สับปะรด [*Ananascomosus* (L.) Merr.] เป็นพืชในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ บริเวณตอนกลางและตอนใต้ของประเทศบราซิล รวมทั้งตอนเหนือของอาร์เจนตินาและปารากวัย เนื่องจากเป็นพืชทนแล้งจึงสามารถเติบโตได้ดีในเขตร้อน (กิสณะ, 2551) สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ในปี 2555 ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตสับปะรดเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศฟิลิปปินส์ มีครัวเรือนที่ปลูกสับปะรดโรงงาน 43,420 ครัวเรือน มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 631,251 ไร่ มีผลผลิต 2,450,266 ตัน หรือ 3,882 กิโลกรัม/ไร่ มีการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ 0.24 ล้านตัน ผลิตเพื่อส่งออก 15,906 ตันมูลค่าการส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์รวม 24,000 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) สับปะรดขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนต่างๆ ของลำต้น ได้แก่ หน่อดิน (sucker) เจริญขึ้นมาจากตาที่อยู่ในบริเวณลำต้นใต้ดิน หน่อข้าง (shoot) เกิดจากตาที่พักตัวอยู่บนลำต้นในบริเวณโคนใบ ให้ผลผลิตเมื่อมีอายุ 14-18 เดือน ซึ่งใช้ขยายพันธุ์ได้ดีมีระบบรากที่แข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและทนทานโรคยอดเน่าได้ดี จุก (crown) เกิดที่ส่วนยอดของผลให้ผลผลิตมีอายุ 22-24 เดือน การนำจุกมาขยายพันธุ์จะให้ต้นสับปะรดที่มีระบบรากที่แข็งแรงมีการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอดีกว่าการขยายพันธุ์ด้วยหน่อ ทำให้สามารถควบคุมการออกดอกออกผลตามเวลาที่ต้องการได้ดี ตะเกียง (slip) เป็นส่วนที่เจริญมาจากตาที่อยู่บนก้านผลมีอายุการให้ผลผลิตเมื่ออายุ 18-20 เดือน แต่ใน

---

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

สภาพแวดล้อมของประเทศไทยสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายมักจะไม่มีการสร้างตะเกียง จึงไม่พบว่ามีใช้ตะเกียงในการปลูก (จินดารัฐ, 2541) การใช้สารเคมีที่มีผลในการส่งเสริมการเกิดรากมาใช้ในการปักชำจุกสับปะรด คาดว่าจะสามารถร่นระยะเวลาในการออกรากได้ โดยที่ออกซิน (Auxins) เป็นกลุ่มของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ การยืดยาวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ การเกิดราก (ลิลลี่ และคณะ, 2552) ซึ่งออกซินที่นิยมใช้ในการเร่งรากของกิ่งปักชำและกิ่งตอน ได้แก่ IBA และ NAA โดยเฉพาะ IBA จะสลายตัวได้เร็วทำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเร่งราก (นพดล, 2541) NAA ให้ผลการตอบสนองที่ดีในระยะความเข้มข้นค่อนข้างแคบ ซึ่งความเข้มข้นที่เป็นพิษใกล้เคียงกับขีดความเข้มข้นที่ให้ผลในการตอบสนองที่ดี ส่วน IBA จะมีระยะความเข้มข้นที่ให้ผลกว้างกว่าแม้ว่าจะเร่งการเกิดรากไม่ค่อยมากแต่ส่งผลให้รากมีความแข็งแรงและเจริญอย่างรวดเร็ว (Audus, 1953) เนื่องจากจุกสับปะรดเป็นส่วนที่สามารถนำไปขยายพันธุ์ได้ การขยายพันธุ์ด้วยจุกอาจมีอายุให้ผลผลิตที่นานกว่าการใช้หน่อ แต่มีข้อดีคือ ให้ต้นสับปะรดที่มีระบบรากที่แข็งแรง มีการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอ และสามารถควบคุมการออกดอกออกผลตามเวลาที่ต้องการได้ นอกจากนี้จุกสับปะรดยังเป็นส่วนที่เหลือทิ้งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตอีกด้วย ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของออกซิน (IBA และ NAA) ต่อการพัฒนารากและการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยการขยายพันธุ์ด้วยจุก

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกจุกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน ปลิดใบบริเวณโคนจุกสับปะรดออกประมาณ 10-12 ใบ แล้วใช้มีดเฉือนจุกด้านล่างออกเล็กน้อย นำไปจุ่มสารละลาย IBA ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 2,000 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 250 500 1,000 2,000 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือการไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต (control) นาน 5 นาที ทิ้งให้แห้ง จากนั้นนำไปปลูกในกระถางพลาสติกสีดำ ขนาด 10 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูก (ทรายผสมแกลบในอัตราส่วน 1:1) ให้มีความลึกประมาณ 6-10 เซนติเมตร ให้จุกตั้งตรง รดน้ำให้มีความชื้นพอเหมาะตามความเหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design ทำการบันทึกข้อมูลมีดังนี้ คือ การเจริญเติบโตของทรงพุ่มของสับปะรด (เซนติเมตร) ที่อายุ 80 วัน,จำนวนราก, ความกว้างของรากบริเวณโคนราก (มิลลิเมตร), ความยาวของราก (เซนติเมตร), จำนวนใบ, ความกว้างของใบ (เซนติเมตร), ความยาวของใบ (เซนติเมตร), น้ำหนักสดของต้นและรากของสับปะรด (กรัม/ต้น), น้ำหนักแห้งของต้นและรากของสับปะรด (กรัม/ต้น)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของออกซิน (IBA และ NAA) ต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่าต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ IBA 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ อัตราการเจริญเติบโตของทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้นสูงที่สุด คือ 45 ใบ, 16.93 เซนติเมตร, 1.93 เซนติเมตร 0.25, เซนติเมตร/วัน, 37เซนติเมตร 158.22 กรัม และ 19.08 กรัม ตามลำดับ ส่วนต้นสับปะรดที่ได้รับ NAA 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวใบต่ำที่สุด คือ 10.85 เซนติเมตร ต้นสับปะรดที่ได้รับ NAA 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวนใบ ความกว้างใบ อัตราการเจริญเติบโตของทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้นต่ำที่สุด คือ 36 ใบ, 1.54 เซนติเมตร, 0.07 เซนติเมตร/วัน, 18.90 เซนติเมตร, 50.56 กรัม และ 7.22 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

จากผลการทดลอง การใช้ IBA 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร กับต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบได้ดีกว่าการไม่ใช้ออกซินและการใช้ IBA 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไปอาจเป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไป ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย สอดคล้องกับการศึกษาของสัมฤทธิ์ (2552) พบว่าการใช้ IBA สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้ NAA เนื่องจาก IBA เป็นสารที่มีฤทธิ์ของออกซินค่อนข้างต่ำเคลื่อนย้ายได้ช้า สลายตัวได้เร็ว ส่วน NAA เป็นสารที่มีฤทธิ์ของออกซินสูงกว่า เคลื่อนย้ายภายในลำต้นพืชได้ดี และสลายตัวได้ช้ากว่า จึงมีโอกาสเป็นพิษต่อกิ่งพืชได้มากกว่าการใช้ IBA

ต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ IBA 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนราก น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด คือ 54 ราก 8.54 กรัม และ 1.58 กรัม ตามลำดับ ต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ NAA 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวรากสูงที่สุด คือ 16.90 เซนติเมตร และต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ NAA 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางรากสูงที่สุด คือ 1.50 มิลลิเมตร ส่วนต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ IBA 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เส้นผ่าศูนย์กลางรากต่ำที่สุดคือ 0.96 มิลลิเมตร ต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ NAA 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวน

รากที่ต่ำที่สุดคือ 13 ราก และต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับ NAA 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวราก น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งรากต่ำที่สุด คือ 7.27 เซนติเมตร, 1.76 กรัม และ 0.20 กรัม ตามลำดับ (Table 2)

จากผลการทดลองพบว่าการไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถมีการพัฒนารากของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ แสดงว่าต้นสับปะรดอาจมีปริมาณออกซินสะสมพอที่จะทำให้เกิดรากได้ แต่จำนวนราก ความยาวราก และเส้นผ่าศูนย์กลางรากน้อยกว่ากิ่งที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโต เนื่องจากออกซินส่วนใหญ่ในพืช คือ IAA มีเสถียรภาพต่ำสลายตัวเร็ว และถูกทำลายโดยแสงได้ง่าย (Sircar, 1971) ดังนั้นการให้สารกลุ่มออกซินจากภายนอกจึงช่วยกระตุ้นให้มีการออกรากได้ดียิ่งขึ้น (Hartmann และคณะ, 1990) และรากมีความสมบูรณ์มากขึ้นและเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ IBA และ NAA มีแนวโน้มทำให้ต้นสับปะรดมีจำนวนรากลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ กฤษฎา (2528) พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสาร IBA และ NAA มีแนวโน้มทำให้กิ่งบ๊วยมีเปอร์เซ็นต์การออกรากลดลง วิทยา และคณะ (2529) พบว่าการใช้ IBA 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กิ่งบ๊วยเกิดรากมากขึ้นและมีความยาวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้รากมีการแตกแขนงมากขึ้น และลักษณะของรากมีความยาวรากต่ำที่สุด มีการแตกแขนงของรากมากที่สุด การแตกแขนงของรากจะผันแปรกับความยาวราก ออกซินจากลำต้นมีอิทธิพลอย่างสูงต่อการเกิดของราก ดังนั้นเมื่อมีการให้ออกซินจากภายนอกมีผลทำให้มีการยับยั้งการยืดยาวของรากที่มีอยู่แล้ว แต่ออกซินที่ความเข้มข้นสูงสามารถส่งเสริมการสร้างรากแขนงได้ (นพดล, 2541)

สรุปผล

จากการศึกษาผลของออกซินต่อการขยายพันธุ์สับปะรดปัตตาเวีย พบว่า การใช้ IBA 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ดีที่สุด เนื่องจากมีจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ อัตราการเจริญเติบโตของทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม จำนวนราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา วงศ์สมุทร, 2528, ผลของ NAA และ IBA ที่มีผลต่อการออกรากของกิ่งตอนบ๊วยแบบควั่น, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิสณะ ตันเจริญ, สับปะรด: คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร [สืบค้น], http://ag-ebook.lib.ku.ac.th /index.php/component/content/article/799 [2/ January/ 2014].

จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2541, สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์, 2541, ฮอร์โมนและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุริยา ตันติวิวัฒน์, 2552, สรีรวิทยาของพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทยา สุริยาภณานนท์ โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ และกฤษณา กฤษณพุกต์, 2529, ผลของ IBA และ NAA ที่มีต่อการออกรากของกิ่งตัดชำบ๊วย, ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 24 สาขาพืช, มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 230-237.

สัมฤทธิ์ เศรษฐวงศ์, 2552, ฮอร์โมนและการใช้ฮอร์โมนกับไม้ผล, สำนักพิมพ์เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2555 [สืบค้น], http://www.oae.go.th/download/download_journal/commodity55.pdf [2/ January/ 2014].

Audus, L.J., 1953, Plant Growth Substances, Leonard Hill Limited, London.

Hartmann, H.T., Kester, D.E. and Davies, F.T., 1990, Plants Propagation, Principles and Practices.5th ed., Prentice Hall Inc., New Jersey.

Sircar, S.M., 1971, Plant Hormone Research in India, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.

Table 1 Effect of auxin on growth of crown propagation 'Pattawia' pineapple at 80 day after planting.

Auxin ($mg{\cdot}L^{-1}$)	Leaf number	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Growth rate of canopy (cm/day)	Canopy diameter (cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
Control	44 ab[1/]	16.58 a	1.69 bc	0.23 a	33.40 b	146.34 ab	17.92 ab
IBA 1000	45 a	16.93 a	1.93 a	0.25 a	37.00 a	158.22 a	19.08 a
IBA 2000	43 ab	15.15 ab	1.65 bc	0.22 a	31.70 b	118.06 bc	15.45 bc
IBA 3000	41 ab	15.72 ab	1.80 ab	0.17 b	30.60 bc	114.44 c	16.67 ab
NAA 250	40 ab	12.75 dc	1.67 bc	0.13 b	26.40 d	92.84 dc	11.20 d
NAA 500	40 ab	12.74 dc	1.56 c	0.16 b	27.60 cd	100.36 dc	12.36 dc
NAA 1000	44 ab	13.54 bc	1.67 bc	0.13 b	25.90 d	102.64 dc	12.50 dc
NAA 2000	43 ab	10.85 d	1.56 c	0.08 c	20.70 e	77.34 de	9.74 de
NAA 3000	36 b	11.25 dc	1.54 c	0.07 c	18.90 e	50.56 e	7.22 e
F-test	*	*	*	*	*	*	*
C.V.%	14.43	11.87	9.39	18.74	9.53	22.04	33.86

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by DMRT.

Table 2 Effect of auxin on rooting of crown propagation 'Pattawia' pineapple at 80 day after planting.

Auxin ($mg{\cdot}L^{-1}$)	Root number	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
Control	41 ab[1/]	16.74 ab	0.97 c	8.10 a	1.36 ab
IBA 1000	54 a	13.28 bc	1.18 bc	8.54 a	1.58 a
IBA 2000	51 a	11.66 c	0.96 c	5.70 ab	1.17 abc
IBA 3000	36 bc	14.10 abc	1.12 bc	6.32 ab	1.48 a
NAA 250	25 dc	16.90 a	1.34 ab	5.00 b	0.88 c
NAA 500	25 dc	15.52 ab	1.19 bc	5.22 b	0.90 bc
NAA 1000	21 d	13.50 abc	1.50 a	5.02 b	0.94 bc
NAA 2000	13 d	13.90 abc	1.07 bc	3.46 bc	0.34 d
NAA 3000	16 d	7.27 d	1.09 bc	1.76 c	0.20 d
F-test	*	*	*	*	*
C.V.%	33.98	17.54	19.59	37.61	17.62

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by DMRT.

การวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย เพื่อการป้อนชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาเข้าสู่โรงงานผลิตพลังงาน

Cost Analysis in Baling Sugarcane Trash Process for Field-based Residue Biomass Supplied to Bio-energy Plant in Thailand

พชรอร แก้วเจริญ[1] เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์[1] เสาวลักษณ์ ยองรัมย์[1] และ สุวรรษา ทองหยู[1]

Kaeocharean, P.[1], Kaewtrakulpong, K.[1], Yongram, S.[1] and Thonghyu, S.[1]

Abstract

In Thailand, a field-based residue such as sugarcane trash has relatively huge potential for the second generation of biofuel production, which does not involve the use of human food. However, to have such biomass available with cost competitive to other dedicated feedstock, pre-processing steps including collecting, baling, and handling processes of such biomass feedstock are considered important. Therefore, this study was done in order to evaluate the field capacity of the agricultural machinery used in the processes, also analysis of cost and investment in baling sugarcane trash process were conducted. The results showed that by using the rice straw baling machine after green sugarcane harvesting, the fuel consumption rate of tractor worked with collecting and baling machines were 0.37 and 0.43 litre/rai, respectively. When the cost of sugarcane trash biomass was in the range of 20 - 80 baht/rai, the total cost for baling sugarcane trash was between 583.42 - 643.42 baht/rai or 12.96 - 14.30 baht/bale, as well the cost for baling process was the most. In addition, if selling price of baled sugarcane trash is 25 baht/bale, the break-even point would be 99,139.09 bales. According to the result obtained from the field test, the accumulated amount of fields that machines have to work for such process was around 2,203.09 rai by 1.81 years to meet the break-even point.

Keywords: baling process, cost analysis, sugarcane trash, field-based residue biomass

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อยซึ่งเป็นชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนได้ จึงได้ทำการทดสอบภาคสนามเพื่อหาความสามารถในการทำงานเชิงไร่ของเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย รวมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนและการลงทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีตัดสด หากทำการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าว จะประกอบด้วยขั้นตอนการรวบรวม การอัดก้อน และการลำเลียงก้อนยอดและใบอ้อยออกจากแปลง ซึ่งจากการทดสอบภาคสนามพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ที่ทำงานร่วมกับเครื่องรวบรวมยอดและใบอ้อย และเครื่องอัดก้อนยอดและใบอ้อยมีค่าเท่ากับ 0.37 และ 0.43 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลจากการทดสอบภาคสนามมาวิเคราะห์หาต้นทุนรวมของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย พบว่า หากค่าใช้จ่ายในการเหมาซื้อชีวมวลยอดและใบอ้อยมีค่าเท่ากับ 20 - 80 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมของกระบวนการดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับ 583.42 - 643.42 บาท/ไร่ หรือคิดเป็น 12.96 - 14.30 บาท/ก้อน โดยขั้นตอนการอัดก้อนจะเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า หากกำหนดให้ราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยอยู่ที่ก้อนละ 25 บาท จุดคุ้มทุนของการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าว จะมีค่าเท่ากับ 99,139.09 ก้อน และเมื่อนำค่าความสามารถในการทำงานเชิงไร่ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบภาคสนามมาวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน ทำให้ทราบว่าจุดคุ้มทุนดังกล่าวจะอยู่ที่ 2,203.09 ไร่ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.81 ปี

คำสำคัญ: กระบวนการอัดก้อน การวิเคราะห์ต้นทุน ยอดและใบอ้อย ชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นา

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ 10900

[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

คำนำ

ตามที่กระทรวงพลังงานได้กำหนดยุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยกำหนดเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือก 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมด ภายใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 – 2564) ส่วนหนึ่งเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือชีวมวลมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน ซึ่งชีวมวลที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีลักษณะพร้อมใช้ไม่จำเป็นต้องผ่านการแปรรูป เช่น แกลบ ซังข้าวโพด ซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์เกือบหมดแล้ว แต่ยังคงมีชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาที่ยังไม่ได้มีการนำมาใช้งานมากนัก เช่น ยอดและใบอ้อย ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น (พินิจ และคณะ, 2552; Hunt, 2007) ซึ่งชีวมวลดังกล่าวมีปริมาณคงเหลืออยู่ในแปลงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาจึงถือได้ว่าเป็นทางเลือกใหม่ที่จะนำมาใช้ในการผลิตพลังงานชีวมวลต่อไป

ยอดและใบอ้อย จัดเป็นชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีตัดสด ยอดและใบอ้อยดังกล่าวจะมีอยู่อย่างกระจัดกระจายภายในแปลง ทำให้การเก็บรวบรวมยุ่งยากและใช้แรงงานมาก ซึ่งในการจะนำยอดและใบอ้อยมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลเกษตรเข้ามาช่วย โดยทั่วไปในประเทศไทยจะนิยมใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าวมาใช้ในการรวบรวมยอดและใบอ้อยออกจากแปลงอ้อย (สันธาน และคณะ, 2553) ดังนั้นขั้นตอนการรวบรวมและขนส่งยอดและใบอ้อยไปยังโรงงานจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตพลังงานจากชีวมวลมีค่าเพิ่มขึ้น (เกรียงไกร และคณะ, 2554)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อยที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน ทั้งนี้เพื่อนำผลจากการศึกษาที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแผนการเก็บเกี่ยวและขนส่งชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นาเข้าสู่โรงงานผลิตพลังงานชีวมวลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ทำการทดสอบภาคสนามเพื่อหาความสามารถในการทำงานเชิงไร่ของเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย

2. วิเคราะห์ต้นทุนรวมของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย ได้แก่ ต้นทุนชีวมวล ต้นทุนการรวบรวม ต้นทุนการอัดก้อนและต้นทุนการลำเลียง รวมทั้งวิเคราะห์การลงทุนของกระบวนการดังกล่าว

ผลการทดลอง

1. ผลจากการทดสอบภาคสนามเพื่อหาความสามารถในการทำงานเชิงไร่ของเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย พบว่า ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีการตัดสด หากทำการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าว จะประกอบด้วยขั้นตอนการรวบรวม การอัดก้อน และการลำเลียงก้อนยอดและใบอ้อยออกจากแปลงโดยใช้แรงงานคน และจากการทดสอบภาคสนามพบว่า ความสามารถในการทำงานเชิงไร่ของเครื่องรวบรวมและเครื่องอัดก้อนยอดและใบอ้อย มีค่าเท่ากับ 3.25 และ 2.46 ไร่/ชั่วโมง ตามลำดับ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ที่ทำงานร่วมกับเครื่องรวบรวมยอดและใบอ้อย และเครื่องอัดก้อนยอดและใบอ้อยมีค่าเท่ากับ 0.37 และ 0.43 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ (Table 1)

2. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและการลงทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อยนี้ เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้หลักการของ Hunt (2007) และวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานดังต่อไปนี้ ราคาเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในกระบวนการ เช่น เครื่องอัดก้อนฟางข้าว 500,000 บาท เครื่องรวบรวมยอดและใบอ้อย (เครื่องเกลี่ยรวมกอง) 170,000 บาท รถแทรกเตอร์ 35 แรงม้า 460,000 บาท นอกจากนี้โดยทั่วไปฤดูการเก็บเกี่ยวอ้อยของประเทศไทยจะอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนของทุกปี (6 เดือน) และในปัจจุบันจะมีการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีตัดสดประมาณ 34.25% ของการเก็บเกี่ยวอ้อยทั้งหมดในประเทศไทย นั้นหมายความว่า ช่วงเวลาที่จะสามารถเก็บเกี่ยวยอดและใบอ้อยขึ้นมาใช้ประโยชน์มีเพียง 2.05 เดือน/ปี หรือ มีระยะเวลาในการทำงานประมาณ 62 วัน/ปี และจากการทดสอบภาคสนาม พบว่า จำนวนก้อนยอดและใบอ้อยที่สามารถเก็บเกี่ยวขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 45 ก้อน/ไร่ เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาวิเคราะห์ต้นทุนและการลงทุน พบว่า

2.1 ต้นทุนดำเนินการของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย ประกอบด้วย ค่าชีวมวลยอดและใบอ้อย ค่าเชือก ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น และค่าแรงงาน เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนดำเนินการดังกล่าว พบว่า หากค่าใช้จ่ายใน

การเหมาซื้อชีวมวลยอดและใบอ้อย มีค่าเท่ากับ 20 - 80 บาท/ไร่ ต้นทุนดำเนินการของทั้งกระบวนการ จะมีค่าเท่ากับ 242.98 - 302.98 บาท/ไร่ และมีต้นทุนดำเนินการในแต่ละขั้นตอน แสดงดังใน Table 2

2.2 ต้นทุนรวมของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย ประกอบด้วย ค่าจัดซื้อเครื่องจักรกลเกษตร ค่าเสื่อมราคา ค่าดอกเบี้ย ค่าบำรุงและซ่อมแซม ค่าชีวมวลยอดและใบอ้อย ค่าเชือก ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น และค่าแรงงาน และเมื่อนำข้อมูลจากการทดสอบภาคสนาม (Table 1) มาวิเคราะห์หาต้นทุนรวมของกระบวนการดังกล่าว พบว่า หากค่าใช้จ่ายในการเหมาซื้อชีวมวลยอดและใบอ้อยมีค่าเท่ากับ 20 - 80 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมของกระบวนการดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับ 583.42 - 643.42 บาท/ไร่ หรือ 12.96 -14.30 บาท/ก้อน และในกรณีที่มีการอัดก้อนยอดและใบอ้อยในแปลงของตนเองหรือไม่มีค่าใช้จ่ายในการเหมาซื้อชีวมวลยอดและใบอ้อย ต้นทุนรวมของกระบวนการอัดก้อนจะมีค่าเพียง 563.42 บาท/ไร่ หรือ 12.52 บาท/ก้อน ดังแสดงใน Table 2 โดยในขั้นตอนการอัดก้อนจะเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุด คิดเป็น 50.97 - 58.20% ของต้นทุนรวมทั้งหมด (หากค่าใช้จ่ายในการเหมาซื้อชีวมวลยอดและใบอ้อยมีค่าเท่ากับ 0 - 80 บาท/ไร่) เนื่องจากราคาต้นทุนเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีราคาแพง

2.3 การวิเคราะห์การลงทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย พบว่า หากกำหนดให้ราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยอยู่ที่ก้อนละ 25 บาท จุดคุ้มทุนของการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าว จะมีค่าเท่ากับ 99,139.09 ก้อน และเมื่อนำค่าความสามารถในการทำงานเชิงไร่ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบภาคสนามมาวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน ทำให้ทราบว่าจุดคุ้มทุนดังกล่าวจะอยู่ที่ 2,203.09 ไร่ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.81 ปี ดังแสดงใน Figure 1

วิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและการลงทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย พบว่า ต้นทุนรวมของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย จะมีค่าเท่ากับ 12.96 - 14.30 บาท/ก้อน และหากราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยอยู่ที่ก้อนละ 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 บาท จุดคุ้มทุนของการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าว จะมีค่าเท่ากับ 144,046.87 ก้อน, 99,139.09 ก้อน, 75,577.26 ก้อน, 61,064.42 ก้อน, 51,227.41 ก้อน, 44,120 ก้อน และ 38,744.51 ก้อน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยนั้นแปรผกผันกับจุดคุ้มทุน กล่าวคือเมื่อราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยเพิ่มขึ้น จุดคุ้มทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อยนี้จะลดลง เช่นเดียวกับระยะเวลาคืนทุนที่เมื่อราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยเพิ่มขึ้น ระยะเวลาคืนทุนก็จะลดลง นั้นหมายความว่า หากราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยสูงขึ้น กระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าวจะสามารถคืนทุนได้รวดเร็วขึ้นนั้นเอง โดยมีระยะเวลาคืนทุน แสดงดัง Figure 1

สรุปผล

หากค่าใช้จ่ายในการเหมาซื้อชีวมวลยอดและใบอ้อยมีค่าเท่ากับ 20 - 80 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย จะมีค่าเท่ากับ 583.42 - 643.42 บาท/ไร่ หรือคิดเป็น 12.96 - 14.30 บาท/ก้อน ซึ่งในขั้นตอนการอัดก้อนจะเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุด และนอกจากนี้ยังพบว่า หากกำหนดให้ราคาขายก้อนยอดและใบอ้อยอยู่ที่ก้อนละ 25 บาท จุดคุ้มทุนของการอัดก้อนยอดและใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดก้อนฟางข้าว จะมีค่าเท่ากับ 99,139.09 ก้อน หรือจุดคุ้มทุนดังกล่าวจะอยู่ที่ 2,203.09 ไร่ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.81 ปี

บทความนี้เป็นการเสนอผลการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการอัดก้อนยอดและใบอ้อย โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบความสามารถเชิงไร่ของเครื่องจักรกลเกษตรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการดังกล่าว เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาแผนการเก็บเกี่ยวและขนส่งชีวมวล ที่เหลือทิ้งในไร่นาเข้าสู่โรงงานผลิตพลังงานชีวมวลที่สามารถลดต้นทุนและปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการดังกล่าวได้ในลำดับต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรกำแพงแสน วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์ สมพงษ์ เจษฎาธรรมสถิต ชุติ ม่วงประเสริฐ และกันย์ กังวานสายชล, 2554, การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสถานการณ์ด้านโลจิสติกส์ของการป้อนชีวมวลเข้าสู่โรงงานผลิตพลังงาน, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาพืช), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 383-389.

พินิจ จิรัคคกุล วีรชัย อาจหาญ สุภัทร หนูแย้ม และสาวิตรี คำหอม, 2552, การศึกษาต้นทุนการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพานิชย์, การประชุมวิชาการระบบเกษตร แห่งชาติครั้งที่ 5: พลังงานทดแทนและความมั่นคงทางอาหารเพื่อมนุษยชาติ, ประเทศไทย.

สันธาน นาควัฒนานุกูล ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ วิชัย โอภานุกูล และจารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ, 2553, วิจัยและพัฒนาเครื่องอัดฟางข้าว, รายงานแผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาเครื่อง จักรกลทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ,

Hunt, D., 2007, Farm Power and Machinery Management, Lowa State University Press Ames, Lowa, 368 p.

Table 1 The effective field capacity and fuel consumption rate of the agricultural machinery used in the baling sugarcane trash process

List	Collecting machinery	Bailing machinery	Unit
Effective field capacity	3.35	2.46	rai/hrs
fuel consumption rate	0.37	0.43	litre/rai

Tractor 35 HP 354 SLX CHAMP, Baler 376 NEW HOLLAND

Table 2 Analysis of cost in the baling sugarcane trash process

Type of cost	Sugarcane trash	Collecting	Bailing	Handling	Total	Total
			(baht/rai)			(baht/bale)
Operating cost	0	27.39	119.36	76.22	222.98	4.96
	20	27.39	119.36	76.22	242.98	5.40
	50	27.39	119.36	76.22	272.98	6.07
	80	27.39	119.36	76.22	302.98	6.73
Total Cost	0	159.27	327.93	76.22	563.42	12.52
	20	159.27	327.93	76.22	583.42	12.96
	50	159.27	327.93	76.22	613.42	13.63
	80	159.27	327.93	76.22	643.42	14.30

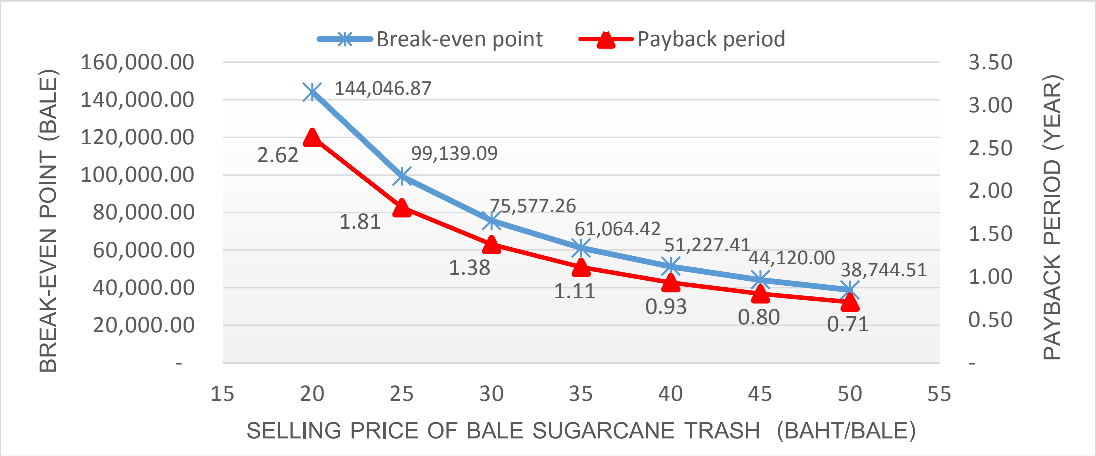


Figure 2 Investment analysis of baling sugarcane trash process, break-even point and payback period

ผลของปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว

Effect of Purple Sweet Potato Flour Content on the Quality of Mantou

ญานิล ชัยณรงค์[1] กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]
Chainarong, Y.[1], Limroongreungrat, K.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

This research is aimed to study the effects of the purple sweet potato flour content on the quality of mantou. The mantou made from 15, 30, 45 and 60% purple sweet potato flour as wheat flour replacement and 100% wheat flour (control) were produced. The results found that mantou made from purple sweet potato flour gave lower specific volume (1.47 - 0.82 cm^3/g) and firmness (3.05 - 4.69 N) except for mantou from 60% purple sweet potato flour but higher springiness (69.64 – 71.66%) than those of the control. The increase of purple sweet potato flour used in mantou increased total phenolic content (0.085 – 6.27 mg GAE/g), anthocyanin content (0.48 – 1.36 mg/g) and antioxidant activity (EC_{50} 18.44 – 4.75 mg/mL) ($p<0.05$). The results of sensory evaluation showed that mantou made from 15 and 30% of purple sweet potato flour presented the highest score of overall acceptance of 7.30 and 7.33, respectively. Available data provided in this study showed the possibility of purple sweet potato flour utilization as wheat flour replacement for increasing antioxidant activity in mantou.

Keywords: purple sweet potato flour, mantou, wheat flour, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว เตรียมหมั่นโถวโดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง และแป้งสาลีล้วน (สูตรควบคุม) จากผลการวิจัยพบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะ (1.47 – 0.82 cm^3/g) และความแน่นเนื้อ (3.05 – 4.69 N) ต่ำกว่าหมั่นโถวสูตรควบคุม ยกเว้นหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 60 แต่มีความยืดหยุ่น (69.64 – 71.66%) สูงกว่าสูตรควบคุม จากผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีทำให้หมั่นโถวมีปริมาณฟีนอลิก (0.085 – 6.27 mg GAE/g) ปริมาณแอนโทไซยานิน (0.48 – 1.36 mg/g) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} 18.44 – 4.75 mg/mL) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.30 และ 7.33 คะแนน ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในหมั่นโถเพื่อเพิ่มคุณค่าในด้านการต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: แป้งมันเทศสีม่วง หมั่นโถว แป้งสาลี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

แป้งมันเทศสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารแทนสีสังเคราะห์ และใช้ทดแทนแป้งชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดปริมาณการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ ซึ่งยังไม่มีการรายงานถึงการใช้แป้งมันเทศในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว (mantou) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีและทำให้สุกโดยการนึ่งด้วยไอน้ำโดยไม่ใช้วิธีการอบด้วยความร้อนในตู้อบ การนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจากคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และรงควัตถุที่เป็นเอกลักษณ์ของมันเทศเนื้อสีม่วง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการนำแป้งมันเทศสีม่วงใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่างๆ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapa University, 169 Bangsaen Rd, Sansuk, Chonburi 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งมันเทศสีม่วงได้โดยนำหัวมันเทศสีม่วงสด 500 กรัม ล้างและปอกเปลือก แล้วนำมาสไลด์เป็นแผ่นบาง นำชิ้นมันเทศสีม่วงที่ได้มาลวกด้วยไอน้ำ (steam blanching) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 8 นาที จากนั้นนำมาทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จนได้แป้งมันเทศสีม่วง นำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง เตรียมหมั่นโถวตามสูตรพื้นฐานของ Hou และ Popper (2007) โดยวิเคราะห์คุณภาพของหมั่นโถวทางด้านกายภาพ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิก (Hsu และคณะ, 2003) ปริมาณแอนโทไซยานิน (Yang และ Gadi, 2008 ดัดแปลงจาก Furuta และคณะ, 1998) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (Huang และคณะ, 2005) แสดงในรูปของค่า EC_{50} และเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) (9=ชอบมากที่สุด, 8=ชอบมาก, 7=ชอบปานกลาง, 6=ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 2=ไม่ชอบมาก และ 1=ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านกายภาพและเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย วิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี (Figure 1, Table 1) พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (control) มีปริมาตรจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 1.54 cm^3/g ส่วนหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 1.47 – 0.82 cm^3/g ซึ่งมีค่าต่ำกว่า control ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่ใช้ในการทดแทนแป้งสาลี มีผลให้ปริมาณกลูเตนในส่วนผสมลดลง โดมีความสามารถในการกักเก็บก๊าซในระหว่างการหมักได้น้อยลงด้วย เป็นผลให้ปริมาตรจำเพาะต่ำลง ส่วนค่าความแน่นเนื้อ พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 และ 45 โดยน้ำหนักแป้ง มีความแน่นเนื้อในช่วง 3.05 – 4.69 N มีค่าต่ำกว่า control (5.29 N) เนื่องจากปริมาณกลูเตนในส่วนผสมลดลง ส่งผลให้โครงสร้างมีความแข็งแรงน้อยสามารถยุบตัวได้ง่าย มีความสามารถในการต้านทานต่อการเสียสภาพจากแรงกระทำได้น้อย ส่งผลโดยตรงให้มีค่าความแน่นเนื้อต่ำด้วย และพบว่าหมั่นโถวจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 6.35 มีค่าสูงกว่า control เป็นผลมาจากปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่ใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในปริมาณมาก จึงส่ง ผลให้หมั่นโถวมีปริมาตรจำเพาะต่ำเกิดการขยายตัวได้น้อย โครงสร้างภายในของหมั่นโถวแข็งและแน่น ทำให้มีความแน่นเนื้อมากขึ้นด้วย และสำหรับค่าความยืดหยุ่น พบว่า หมั่นโถวจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 69.64 – 71.66% มีค่าสูงกว่า control (60.64%) เนื่องจากหมั่นโถวจากแป้งมันเทศสีม่วง มีค่าแรงที่ใช้ในการคืนตัวต่ำ เมื่อคำนวณค่าความยืดหยุ่น ซึ่งได้จากแรงสูงสุดที่ใช้กดครั้งแรกต่อค่าค่าแรงที่ใช้ในการคืนตัว ส่งผลให้หมั่นโถวจากแป้งมันเทศสีม่วงมีความยืดหยุ่นสูงกว่า control จากปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Table 2) พบว่า หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาณฟีนอลิก (0.085 – 6.27 mg GAE/g) ปริมาณแอนโทไซยานิน (0.48 – 1.36 mg/g) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} 18.44 – 4.75 mg/mL, 1650.80 – 7614.29 µmol Trolox/g) สูงกว่า control เนื่องจากแป้งมันเทศสีม่วงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Salunkhe และ Kadam, 1998) โดยเฉพาะฟีนอลิกและแอนโทไซยานิน และมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงด้วย (Furuta และคณะ, 1998) ดังนั้นการเติมแป้งมันเทศสีม่วงส่งผลให้หมั่นโถวมีปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่ใช้ในการทดแทนแป้งสาลี ส่งผลให้มีปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Table 3) พบว่าผู้ทดสอบชอบหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงมากกว่าหมั่นโถวจากแป้งสาลีล้วน ซึ่งพบว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในทุกปริมาณ (ร้อยละ 15 30 45 และ 60) มีคะแนนความชอบรวมสูงกว่า control อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) โดยหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.30 และ 7.33 คะแนน ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างในทางสถิติ ($p\geq0.05$)

สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพเคมี และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าหมั่นโถวจากแป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาตรจำเพาะและความแน่นเนื้อต่ำกว่า และมีความยืดหยุ่นสูงกว่าหมั่นโถวจากแป้งสาลีล้วน และยังพบอีกว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในทุกระดับ มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าหมั่นโถวแป้งสาลีล้วน จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกด้านพบว่าหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุด จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในหมั่นโถที่มีสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2555 และขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

Furuta, S., Suda, I., Nishiba, Y. and Yamakawa, O, 1998, High Tert-butylperoxyl Radical Scavenging Activities of Sweet Potato Cultivars with Purple Flesh, Food Science and Technology International, 4(1): 33-35.

Hou, G.G. and Popper, L., 2007, Chinese Steamed Bread, In Popper, L., Schafer, S., and Freund, W. (Eds.), Future of Flour- A Compendium of Flour Improvement, p. 309-318.

Hsu, C.L., Chen, W., Weng, Y.M. and Tseng, C.Y., 2003, Chemical Composition, Physical Properties, and Antioxidant Activities of Yam Flours as Affected by Different Drying Methods, Food Chemistry, 83: 85-92.

Huang, Y.C., Chang, Y.H. and Shao, Y.Y., 2005, Effects of Genotype and Treatment on the Antioxidant Activity of Sweet Potato in Taiwan, Food Chemistry, 98: 529-538.

Yang, J. and Gadi, R.L., 2008, Effects of Steaming and Dehydration on Anthocyanins, Antioxidant Activity, Total phenols and Color Characteristics of Purple-Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas*), American Journal of Food Technology, 3(4): 224-234.

Figure 1 Mantou with different amount of purple sweet potato flour.

Table 1 Specific volume, firmness and springiness of mantou with different amount of purple sweet potato flour.

Sample	Specific volume (cm^3/g)	Firmness (N)	Springiness (%)
Control	1.54 ± 0.04^a	5.29 ± 0.44^b	60.64 ± 0.79^d
15	1.47 ± 0.03^b	3.54 ± 0.19^d	69.64 ± 0.24^c
30	1.37 ± 0.01^c	3.05 ± 0.17^e	71.32 ± 0.44^a
45	1.14 ± 0.03^d	4.69 ± 0.21^c	71.66 ± 0.14^a
60	0.82 ± 0.01^e	6.35 ± 0.44^a	70.52 ± 0.22^b

[a,b,c] Mean followed by a different letter within the same column are significant different ($p<0.05$)

Table 2 Total phenolic, anthocyanin and antioxidant activity of mantou with different amount of purple sweet potato flour.

Sample	Total phenolic (mg GAE/g)	Anthocyanin (mg/g)	Antioxidant activity	
			(EC_{50}, mg/ml)	(μmol Trolox/g)
Control	0.47 ± 0.09^d	0.21 ± 0.04^e	400.25 ± 9.61^a	81.90 ± 4.36^e
15	0.85 ± 0.02^d	0.48 ± 0.03^d	18.44 ± 0.12^b	1650.80 ± 14.55^d
30	3.40 ± 0.35^c	0.81 ± 0.01^c	8.51 ± 0.40^c	3914.29 ± 9.52^c
45	5.05 ± 0.41^b	1.07 ± 0.01^b	5.62 ± 0.02^c	5947.62 ± 21.82^b
60	6.27 ± 0.43^a	1.36 ± 0.02^a	4.75 ± 0.03^c	7614.29 ± 14.28^a

[a,b,c] Mean followed by a different letter within the same column are significant different ($p<0.05$)

Table 3 Sensory scores of mantou with different amount of purple sweet potato flour.

Sample	Attribute					
	appearance	color	odor	taste	texture	overall acceptability
Control	6.87 ± 0.86^b	6.53 ± 0.90^b	5.27 ± 0.91^c	5.40 ± 0.77^c	5.40 ± 0.67^c	5.70 ± 0.88^d
15	7.53 ± 0.86^a	7.57 ± 0.82^a	6.73 ± 0.91^a	7.13 ± 0.78^a	7.07 ± 0.87^a	7.30 ± 0.79^a
30	7.00 ± 0.87^b	6.90 ± 0.84^b	6.87 ± 0.86^a	7.13 ± 0.90^a	7.30 ± 0.75^a	7.33 ± 0.84^a
45	6.10 ± 0.84^c	6.00 ± 0.79^c	6.70 ± 0.88^a	6.67 ± 0.84^b	7.10 ± 0.84^a	6.80 ± 0.80^b
60	5.40 ± 0.81^d	5.23 ± 0.86^d	6.20 ± 0.89^b	6.47 ± 0.86^b	6.30 ± 0.75^b	6.27 ± 0.74^c

[a,b,c] Mean followed by a different letter within the same column are significant different ($p<0.05$)

ผลของการเตรียมขั้นต้นและวิธีการในการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบขลู่ผง

Effect of Pretreatment and Drying Method on Quality of Indian Marsh Fleabane Powder Product

สิริมา ชินสาร[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ นิสานารถ กระแสร์ชล[1]

Chinnasarn, S.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Krasaechol, N.[1]

Abstract

This research was to study the effect of pretreatment and drying method on qualities of indian marsh fleabane powder. First step, the effect of 3 pretreatment methods, no pretreatment (control), water blanching and 0.06% magnesium carbonate solution blanching, on qualities of indian marsh fleabane powder was investigated. Results showed that pretreatment method affected in color value (a* and b*), total phenolic compound content, free radical inhibition and attribute intensity in term of green color with significant difference ($p<0.05$). But there was no significant difference on the attribute intensity in term of flavor ($p\geq 0.05$). The appropriated pretreatment method was magnesium carbonate solution blanching. The powder obtained from this method had the lowest ΔE and highest score for the attribute intensity in term of green color ($p<0.05$). Final step, the effect of drying methods on qualities of indian marsh fleabane powder was studied. There were 4 drying methods for this experiment, vacuum drying, hot air drying, leaf roasting combined with vacuum drying and leaf roasting combined with hot air drying. Results revealed that the leaf roasting combined with vacuum drying method gave the best quality for indian marsh fleabane powder as compared with other methods. This powder had the lowest ΔE (7.18) but highest in greenness (-4.72), phenolic compound content (121.80 mg GAE/g dry matter) and free radical inhibition (88.58% inhibition) with significant difference ($p<0.05$). The obtained tea had the highest liking score in term of flavor at the level of moderately like.

Keywords: indian marsh fleabane powder, blanching method, drying method, free radical inhibition

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้น และวิธีการในการทำแห้ง ต่อคุณภาพของขลู่ผง ขั้นตอนแรก เป็นการศึกษาผลของวิธีการเตรียมขั้นต้นที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ ไม่มีการเตรียมขั้นต้น (ตัวอย่างควบคุม) การลวกในน้ำ และการลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.06% ต่อคุณภาพของขลู่ผง พบว่า วิธีการเตรียมขั้นต้นมีผลต่อค่าสี (ค่า a* และ b*) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และคะแนนความเข้มด้านสีเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนความเข้มด้านกลิ่นรส ($p\geq0.05$) โดยวิธีการเตรียมขั้นต้นที่เหมาะสมที่สุดคือ การลวกใบขลู่ในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต ซึ่งทำให้ขลู่ผงมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ต่ำที่สุด และได้รับคะแนนความเข้มด้านสีเขียวสูงที่สุด ($p<0.05$) ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของขลู่ผง โดยแปรวิธีการในการทำแห้ง 4 วิธี คือ การอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การคั่วใบขลู่ร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ และการคั่วใบขลู่ร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ผลการทดลองพบว่า การคั่วใบขลู่ร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขลู่ผงที่มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ โดยมีค่า ΔE (7.18) ต่ำที่สุด แต่มีค่าความเป็นสีเขียว (-4.72) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (121.80 mg GAE/g dry matter) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (88.58%) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) น้ำชาที่ได้ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุดในระดับชอบปานกลาง

คำสำคัญ: ขลู่ผง วิธีการลวก วิธีการอบแห้ง การยับยั้งอนุมูลอิสระ

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

คำนำ

ขลู่เป็นพืชประจำถิ่นของจังหวัดจันทบุรี มักพบตามป่าชายเลนบริเวณที่มีน้ำกร่อย ชาวชุมชนนิยมรับประทานใบขลู่กับน้ำพริก ใช้ประกอบอาหาร และใช้เป็นยารักษาโรค เนื่องจากมีรายงานการวิจัยหลายฉบับระบุว่าขลู่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปัจจุบันจึงมีการแปรรูปเป็นชาใบขลู่จำหน่ายสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และเป็นของฝาก โดยในกระบวนการผลิตชาใบขลู่ด้วยวิธีดั้งเดิมของชาวชุมชนนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ชาใบขลู่ที่ได้มักจะมีสีค่อนข้างดำคล้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการเตรียมวัตถุดิบโดยการลวกน้ำนั้นสามารถช่วยรักษาสีเขียวของพืชไว้ได้ นอกจากนี้ เทคนิคการทำแห้งก็ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการใช้ตู้อบลมร้อนและตู้อบสุญญากาศในการทำแห้งใบขลู่ เพื่อลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์และเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากที่สุด แต่การทำแห้งด้วยอากาศร้อนต้องใช้อุณหภูมิสูง จึงอาจส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพด้านสี กลิ่นและรส รวมทั้งคุณค่าทางสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่การทำแห้งด้วยสุญญากาศเป็นกระบวนการลดความดันในขณะทำแห้ง เพื่อช่วยให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยที่อุณหภูมิต่ำ จึงอาจส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพและสารอาหารในใบขลู่คงเหลืออยู่มากกว่าการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกและวิธีการในการทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและสุญญากาศต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบขลู่ผง

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกใบขลู่ที่มีขนาดความกว้างของใบ 3-5 เซนติเมตร ความยาว 5-7 เซนติเมตร หั่นเป็นเส้นตามขวางกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร ล้าง และผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นศึกษาสภาวะในการเตรียมวัตถุดิบ โดยแบ่งการเตรียมเป็น 3 วิธี คือ 1) ตัวอย่างควบคุม (ไม่มีการเตรียมขั้นต้น) 2) การลวกในน้ำ โดยลวกใบขลู่ที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นเวลา 1 นาที 3) การลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต โดยลวกใบขลู่ในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.06% ที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นเวลา 1 นาที การลวกทั้ง 2 วิธีใช้อัตราส่วนใบขลู่: น้ำที่ใช้ลวก 1: 12 หลังการลวกแช่ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 1 นาที

นำใบขลู่ที่ผ่านการเตรียมในสภาวะต่างๆ ไปทำแห้งโดยคั่วในกระทะอะลูมิเนียมด้วยไฟอ่อนนาน 30 นาที จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำใบขลู่แห้งมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช ได้เป็นขลู่ผง วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าสี ในระบบ L*, a*, b* (ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง)และคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เปรียบเทียบกับใบขลู่สด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin- Ciocalteus method (Zhou และ Yu, 2006) สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging (DPPH assay) ดัดแปลงจากวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995) การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ด้วยวิธี Scoring test ประเมินความเข้มของคุณลักษณะด้านสีเขียวของขลู่ผง โดย 1 หมายถึง สีเขียวเข้มน้อยที่สุด และ 5 หมายถึง สีเขียวเข้มมากที่สุด และประเมินความเข้มของคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของน้ำชาจากขลู่ผง โดย 1 หมายถึง กลิ่นรสของน้ำชามีความเข้มน้อยที่สุด และ 5 หมายถึง กลิ่นรสของน้ำชามีความเข้มมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน เตรียมน้ำชาจากขลู่ผงโดยนำขลู่ผงปริมาณ 1 กรัม ชงกับน้ำกลั่นต้มเดือดปริมาณ 75 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no.1 ได้เป็นน้ำชาขลู่สำหรับการทดสอบ

คัดเลือกสภาวะในการเตรียมใบขลู่สำหรับการทำขลู่ผงที่มีค่า ΔE ต่ำ และได้รับคะแนนความเข้มของคุณลักษณะด้านสีเขียวของขลู่ผง และคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของน้ำชาจากขลู่ผงสูงสำหรับใช้ในการทำการทดลองขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ศึกษาผลของวิธีการในการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบขลู่ผง โดยแปรวิธีการทำแห้งเป็น 4 วิธี คือ 1) การอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ 2) การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 3) การคั่วใบชาร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ 4) การคั่วใบชาร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาทีสำหรับวิธีที่มีการคั่วใบชาร่วมด้วยและอบแห้งเป็นเวลา 82 นาที สำหรับวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 40 เซนติเมตรปรอท เป็นเวลา 57 นาที สำหรับวิธีทีมีการคั่วใบชาร่วมด้วย และอบแห้งเป็นเวลา 108 นาที สำหรับวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ ทุกตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 7± 1% จากนั้นนำตัวอย่างไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช นำขลู่ผงมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าสีในระบบ L*, a*, b* และ ΔE ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากขลู่ผงด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินความชอบของคุณลักษณะด้านสี กลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของน้ำชาขลู่ (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาสภาวะในการเตรียมวัตถุดิบด้วยการลวกในน้ำและการลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.06% ผลการวิเคราะห์คุณภาพขลู่ผงแสดงดัง Table 1 และ Table 2 จากนั้นศึกษาผลของวิธีการในการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ตู้อบสุญญากาศ และการใช้วิธีการคั่วร่วมกับการอบทั้งสองแบบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขลู่ผง ผลที่ได้แสดงดัง Table 3 และ Table 4

Table 1 Color value and color different value of indian marsh fleabane powder from 3 pretreatment methods

Pretreatment method	L^{*ns}	a*	b*	ΔE
control	31.57 ± 1.07	0.77 ± 0.57^{a}	14.30 ± 0.24^{b}	15.86 ± 0.38^{a}
water blanching	34.04 ± 0.19	-3.27 ± 0.25^{b}	18.85 ± 0.59^{a}	9.61 ± 0.29^{b}
alkaline blanching	33.80 ± 1.66	-3.06 ± 0.05^{b}	18.77 ± 1.22^{a}	9.19 ± 1.07^{b}

^{a,b} Different letters in the same column indicated significant difference ($p<0.05$). ^{ns} Not significant ($p \geq 0.05$).

Table 2 Total phenolic content, free radical inhibition and intensity rating of green color attribute of indian marsh fleabane powder and intensity rating of flavor attribute of indian marsh fleabane tea

Pretreatment method	Phenolic (mg GAE/g)	% inhibition	Intensity rating	
			Green color	$Flavor^{ns}$
control	47.88 ± 2.45^{b}	83.35 ± 0.30^{b}	1.20 ± 0.56^{c}	3.33 ± 0.82
water blanching	92.50 ± 0.82^{a}	85.15 ± 0.12^{a}	3.67 ± 0.62^{b}	2.93 ± 1.33
alkaline blanching	96.54 ± 1.09^{a}	84.44 ± 0.20^{a}	4.37 ± 0.46^{a}	3.93 ± 1.27

^{a,b,c} Different letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$). ^{ns} Not significant ($p \geq 0.05$).

Table 3 Color value, color different value, total phenolic content and free radical inhibition of indian marsh fleabane powder from different drying methods

Drying method	L*	a*	b*	ΔE	Phenolic (mg GAE/g)	% inhibition
vacuum	39.69 ± 1.04^{b}	-3.74 ± 0.03^{a}	26.33 ± 0.91^{a}	8.97 ± 0.83^{b}	126.94±6.68^{a}	88.75 ± 0.52^{a}
hot air	37.50 ± 0.26^{c}	-4.56 ± 0.04^{c}	26.88 ± 0.41^{a}	9.47 ± 0.31^{b}	93.59 ± 2.22^{b}	81.57 ± 0.07^{b}
roasting-vacuum	41.53 ± 0.41^{a}	-4.72 ± 0.10^{d}	26.67 ± 0.38^{a}	7.18± 0.40^{c}	121.80±2.22^{a}	88.58 ± 0.03^{a}
roasting-hot air	34.57 ± 0.54^{d}	-3.90 ± 0.07^{b}	22.59 ± 0.22^{b}	13.27 ± 1.05^{a}	94.87 ± 2.22^{b}	81.50 ± 1.38^{b}

^{a,b,c} Different letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

Table 4 Liking scores for quality attributes of indian marsh fleabane tea from different drying methods

Drying method	Color	$Odor^{ns}$	Flavor	Overall $liking^{ns}$
vacuum	5.87 ± 1.41^{b}	6.10 ± 1.47	5.27 ± 0.78^{d}	6.63 ± 1.37
hot air	6.60 ± 1.22^{a}	6.57 ± 1.28	5.73 ± 0.94^{c}	6.51 ± 1.45
roasting-vacuum	6.50 ± 1.43^{a}	6.57 ± 1.14	7.50 ± 0.51^{a}	6.67 ± 1.60
roasting-hot air	6.37 ± 1.38^{ab}	6.43 ± 1.14	6.80 ± 0.80^{b}	6.53 ± 1.76

^{a,b,c} Different letters in the same column indicated significant difference($p<0.05$). ^{ns} Not significant ($p \geq 0.05$).

วิจารณ์ผล

Table 1 แสดงให้เห็นว่า วิธีการเตรียมขั้นต้นมีผลต่อค่า a*, b* และ ค่า ΔE ในขลู่ผงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า L* ($p\geq0.05$) โดยขลู่ผงที่ผ่านการลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต 0.06% และการลวกในน้ำมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ต่ำกว่าขลู่ผงที่ไม่มีการเตรียมขั้นต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เนื่องจาก การลวกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟีลเลสจึงช่วยป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ การใช้เกลือของด่างร่วมด้วยในการลวกยังช่วยลดการเกิดฟีโอไฟตินซึ่งมีสีเขียวอมน้ำตาล โดยการสะเทินกรดที่ถูกปลดปล่อยจากพืชในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน (Lioutas, 1989)

Table 2 แสดงให้เห็นว่าการลวกในน้ำและการลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของขลู่ผงได้มากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการลวกไปทำลายผนังเซลล์ ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกมามากขึ้น และยังช่วยยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้สารประกอบฟีนอลิกไม่ถูกทำลายจากเอนไซม์ (Giovanelli และคณะ, 2012) ส่งผลให้ขลู่ผงที่ผ่านการลวกทั้งสองวิธีมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย

สำหรับคะแนนความเข้มด้านสีเขียวของขลู่ผง (Table 2) พบว่า ขลู่ผงที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตได้รับคะแนนความเข้มด้านสีเขียวสูงที่สุด รองลงมาคือ ขลู่ผงที่ผ่านการลวกด้วยน้ำ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับค่า a* และค่า ΔE คือ ตัวอย่างขลู่ผงที่ลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตและลวกในน้ำมีความเป็นสีเขียว และมีสีที่ใกล้เคียงกับใบขลู่สดมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเตรียมขั้นต้น แต่สำหรับคะแนนความเข้มของคุณลักษณะด้านกลิ่นรส พบว่า วิธีการเตรียมขั้นต้นไม่มีผลต่อคะแนนความเข้มด้านกลิ่นรสของน้ำชาจากขลู่ผง ($p\geq0.05$)

จากผลการทดลองข้างต้น จึงเลือกการลวกใบขลู่ในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต 0.06% เป็นวิธีการเตรียมขั้นต้นสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป เนื่องจาก ทำให้ได้ขลู่ผงที่มีค่า ΔE ต่ำ และได้รับคะแนนความเข้มด้านสีเขียวสูงที่สุด

Table 3 พบว่า การทำแห้งด้วยวิธีการคั่วใบชาร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศทำให้ขลู่ผงมีค่าความเป็นสีเขียวสูงที่สุด สอดคล้องกับค่า ΔE ที่ต่ำที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นว่าขลู่ผงมีความแตกต่างจากใบขลู่สดน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ การใช้ตู้อบสุญญากาศในการทำแห้งยังช่วยรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไว้ได้มากกว่าการใช้ตู้อบลมร้อน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกมีความไวต่อความร้อนสูง การใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่ำกว่าในการทำแห้งแบบสุญญากาศจึงสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไว้ได้มากกว่า และ Table 4 ยังแสดงให้เห็นว่าน้ำชาที่เตรียมจากขลู่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการคั่วใบชาร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุดในระดับชอบปานกลาง

สรุปผล

วิธีการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.06% ช่วยรักษาสีเขียวของขลู่ผงไว้ได้มากที่สุด โดยขลู่ผงมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ต่ำที่สุด และได้รับคะแนนความเข้มด้านสีเขียวสูงที่สุด ส่วนวิธีการในการทำแห้งใบขลู่ที่เหมาะสม ได้แก่ การคั่วใบขลู่เป็นเวลา 20 นาที ร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 40 เซนติเมตรปรอท เป็นเวลา 57 นาที ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขลู่ผงที่มีความแตกต่างของสี (ΔE) ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับใบขลู่สด น้ำชาที่ได้ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุดในระดับชอบปานกลาง และขลู่ผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 121.80 mg GAE/g dry matter และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ 88.58 %

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

Brand-Williams, W., Cubelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 28: 25-30.

Giovanelli, G., Brambilla, A., Rizzolo, A. and Sinelli, N., 2012, Effects of Blanching Pre-treatment and Sugar Composition of the Osmotic Solution on Physico-chemical, Morphological and Antioxidant Characteristics of Osmodehydrated Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.), Food Research International, 49: 263-271.

Lioutas, T. S., 1989, Dried Green Vegetable and Method of Preparation, US Patent No. 4, 832, 969.

Zhou, K. and Yu, L., 2006, Total Phenolic Contents and Antioxidant Properties of Commonly Consumed Vegetables Grown in Colorado, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 39: 1155-1162.

ผลของสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ

Influence of High Temperature Short Time Drying Conditions on Quality of Dehydrated Crispy Jackfruit

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สิริมา ชินสาร[1] และ นิสานารถ กระแสร์ชล[1]

Yuenyongputtakal, W.[1], Chinnasarn, S.[1] and Krasaechol, N.[1]

Abstract

The effect of high temperature combined with air drying was studied during dehydration of crispy jackfruit. The high temperature and short time process (HTST) was employed to obtain dehydrated crispy jackfruit from osmotically pretreated with sucrose and salt solution sample. The process parameters considered puffing temperature (200-220°C) and puffing time (10-20 min) were investigated. Both temperature and time of HTST process were significant variables affecting a_w, L* a* and b* color value, hardness, rate of expansion, density, as well as sensorial liking in terms of color, texture, taste and overall acceptability of dehydrated crispy jackfruit product ($p<0.05$). The best conditions for the HTST jackfruit slices were obtained using a temperature of 210°C and time of 15 min. The developed product received the highest overall liking score at moderately like level.

Keywords: high temperature short time drying, dehydrated crispy jackfruit, puffing

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้สภาวะอุณหภูมิสูงในการอบแห้งร่วมกับการทำแห้งด้วยลมร้อนในการอบชิ้นขนุนจากการนำขนุนที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิสโดยการแช่ในสารละลายผสมของน้ำตาลซูโครสและโซเดียมคลอไรด์มาอบแห้งแบบใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST) ศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิ (200-220 องศาเซลเซียส) และเวลา (10-20 นาที) ในการทำให้พองกรอบ พบว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการทำอบแห้งช่วง HTST มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบด้านต่างๆ ได้แก่ ค่า a_w ค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น และ ความชอบด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ($p<0.05$) โดยสภาวะการอบแห้งช่วง HTST ที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดในระดับชอบปานกลาง

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น ขนุนอบกรอบ การพองกรอบ

คำนำ

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความนิยมเนื่องจากเป็นขนมขบเคี้ยวที่ไม่มีการทอด เหมาะกับผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำมัน โดยมุ่งหมายให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพองกรอบ และมีอายุการเก็บรักษานาน โดยอาศัยหลักการของการออสโมซิสร่วมกับการอบแห้ง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อบกรอบวิธีหนึ่งสามารถทำได้โดยการอบแห้งแบบต่อเนื่องที่ใช้อุณหภูมิและเวลาหลายสภาวะ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการใช้อุณหภูมิในการอบสูงและเวลาสั้นร่วมกับการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน Hofsetz และคณะ (2007) และ Antonio และคณะ (2008) กล่าวว่า ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อบกรอบที่มีคุณภาพดี คือ การกำหนดการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของอาหาร การอบแห้งโดยการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น มีหลักการสำคัญ คือ การสร้างระบบอากาศร้อนให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศอย่างทั่วถึง ควบคุมการให้ความร้อนที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของชิ้นอาหารที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองกรอบนาน มีความชื้นและค่า a_w ต่ำ ซึ่งระบบของอากาศร้อนในอุปกรณ์อบแห้งควรแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ 1) ช่วงการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST stage) เป็นขั้นแรกของการอบแห้ง ที่ต้องการให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว กล่าวได้ว่าเกิดการปลดปล่อยหรือขยายตัวของไอน้ำในชิ้นอาหารเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงอย่างรวดเร็วนั่นเอง ซึ่งจะมีผลให้โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์เกิดการขยายตัวทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ คือ ผลิตภัณฑ์มีความกรอบพอง และปริมาตรเพิ่มขึ้น ขั้นตอนนี้มักใช้อากาศร้อนสูงมากกว่า 100 องศาเซลเซียส และให้เวลาสั้นไม่เกิน 15 นาที 2) ช่วง

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, TambonSaensuk, AmphorMuang, Chonburi 20131

การทำให้เย็นลง (Cooling stage) เป็นการลดอุณหภูมิในห้องอบลงหลังจากการให้ความร้อน เพื่อไม่ให้ตัวอย่างได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงนานจนเกินไป ขั้นตอนนี้มักใช้อุณหภูมิในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส เวลาไม่เกิน 30 นาที และ 3) ช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อน (Air drying stage) เป็นขั้นตอนให้ความร้อนเพื่อควบคุมความชื้นและลดค่า a_w เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบนาน ปลอดภัยสำหรับการบริโภคและเก็บรักษาได้นาน ขั้นตอนนี้มักใช้อุณหภูมิในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส จนทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ตามต้องการ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของการอบแห้งช่วงอุณหภูมิสูงเวลาสั้นเพื่อผลิตขนุนอบกรอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเนื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ ระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ หั่นเป็นชิ้นขนาด 1.5 x 5 เซนติเมตร ออสโมซิสโดยแช่ในสารละลายผสมของน้ำตาลทรายความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ และเกลือความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ กำหนดอัตราส่วนระหว่างขนุนกับสารละลายออสโมติกเป็น 1:5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน ดังนี้ 1) การทำแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST stage) โดยใช้เตาอบไฟฟ้า 2) การทำให้เย็นลง (Cooling stage) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที โดยใช้เตาอบไฟฟ้า และ 3) การทำแห้งด้วยลมร้อน (Air drying stage) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนความชื้นเหลือ 12±1% โดยใช้ตู้อบลมร้อน โดยในขั้นตอน HTST stage แปรปัจจัยที่ศึกษาดังนี้ คือ ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิในการอบช่วง HTST ได้แก่ อุณหภูมิ 200 210 และ 220 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 เวลาในการอบแห้ง ได้แก่ 10 15 และ 20 นาที จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial (3x3) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง หลังการอบแห้งเก็บตัวอย่างไว้ในถุงโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ปิดผนึกสนิท แล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นไม่เกิน 1 วัน วิเคราะห์คุณภาพขนุนหลังการทำแห้ง ได้แก่ 1) ค่า a_w โดยเครื่องวัด a_w 2) ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) 3) ค่าสี L* a* และ b* โดยเครื่องวัดสี 4) ค่าความแข็ง โดยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้แรงตัดผ่านจากชุดหัววัดแบบใบมีด 5) อัตราการพองตัวและความหนาแน่น (Hofsetz และคณะ, 1990) และ 6) ทดสอบความชอบวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ที่อุณหภูมิการอบแห้งเท่ากัน เมื่อเวลาการอบเพิ่มมากขึ้น ค่า a_w ของขนุนอบกรอบมีแนวโน้มลดลง และที่เวลาในการอบแห้งเท่ากัน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่า a_w ของขนุนอบกรอบมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่รุนแรงมากขึ้นมีโอกาสกำจัดปริมาณน้ำได้มาก และส่งผลต่อปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์นั้น ทำให้ค่า a_w ลดลง และพบว่าปริมาณความชื้นของขนุนอบกรอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากในการทดลองควบคุมให้อยู่ในช่วง 12±1%

Table 1 Effect of temperature and time of HTST stage on a_w and moisture of dehydrated crispy jackfruit

Treatment	Temperature (°C)	Time (min)	a_w	Moisture content (%)^{ns}
1	200	10	0.62±0.01^a	12.55±0.12
2	200	15	0.59±0.00^b	11.52±0.02
3	200	20	0.57±0.01^b	11.22±0.45
4	210	10	0.60±0.00^a	11.75±0.01
5	210	15	0.57±0.01^b	11.67±0.01
6	210	20	0.56±0.00^b	11.37±0.04
7	220	10	0.59±0.01^b	12.42±0.06
8	220	15	0.56±0.00^b	11.58±0.57
9	220	20	0.55±0.01^c	11.18±0.02

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

^{ns} Mean values in the same column are not significantly different ($p\geq0.05$)

จาก Table 2 พบว่าสี L* a* และ b* ของขนุนอบกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งเท่ากัน เมื่อเวลาการอบเพิ่มมากขึ้น ค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานทำให้ชิ้นขนุนซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันได้ ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น จาก Table 3 พบว่าค่าความแข็งของขนุนอบกรอบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบมากขึ้น เนื่องจากเมื่ออบด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกไปเกิดการแข็งที่ผิวหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแข็งและแน่น นอกจากนี้ เนื่องจากชิ้นขนุนมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบด้วย ยิ่งเพิ่มโอกาสให้ผิวขนุนมีความแข็งจากการรวมตัวกันของน้ำตาลและเนื่องจากใช้ขนุนที่มีระดับความสุกเพียง 70% อาจมีองค์ประกอบของแป้งที่สามารถเกิดเจลาติไนซ์เซชัน เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลามากขึ้น ซึ่งมีผลต่อเม็ดแป้งขนาดเล็กทำให้เกิดรูปร่างแข็งที่ผิวของตัวอย่าง (วิชมณี และพรนภา, 2553) การอบแห้งที่สภาวะอุณหภูมิสูงในระยะเวลาสั้นนี้เกี่ยวข้องกับการเกิดการพองตัว (puffing) เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เกิดการปลดปล่อยหรือการขยายตัวของไอน้ำหรือแก๊สภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์เกิดการขยายตัวและเกิดการแตกออกจนทำให้โครงสร้างเกิดเป็นรูขึ้น (Nath และ Chattopadhyay, 2008) จากผลการทดลองพบว่า อัตราการพองตัวของขนุนอบกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส 20 นาที ทำให้อัตราการพองตัวต่ำที่สุด (0.29) และการอบที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้อัตราการพองตัวสูงที่สุด (0.39) ($p<0.05$) และพบว่าความหนาแน่นมีแนวโน้มในทางตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัว การอบที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์ทีอัตราการพองตัวสูงที่สุดและมีความหนาแน่นต่ำ

Table 2 Effect of temperature and time of HTST stage on L* a* and b* of dehydrated crispy jackfruit

Treatment	Temperature (°C)	Time (min)	L*	a*	b*
1	200	10	61.32±0.29^{a}	7.90±0.17^{h}	47.20±0.53^{a}
2	200	15	60.53±0.19^{b}	10.06±0.11^{g}	45.98±0.74^{b}
3	200	20	59.56±0.23^{c}	12.59±0.16^{g}	41.96±0.52^{c}
4	210	10	55.12±0.02^{d}	13.60±0.17^{e}	40.20±0.09^{d}
5	210	15	52.47±0.09^{f}	16.43±0.02^{a}	40.50±0.22^{d}
6	210	20	48.72±0.51^{b}	15.85±0.03^{b}	35.12±0.14^{f}
7	220	10	54.55±0.33^{h}	12.83±0.14^{d}	40.11±0.42^{d}
8	220	15	51.34±0.23^{g}	14.71±0.24^{c}	40.52±0.09^{d}
9	220	20	41.72±0.25^{i}	13.61±0.05^{d}	38.96±0.18^{e}

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 3 Effect of temperature and time of HTST stage on hardness, expansion ratio and density of dehydrated crispy jackfruit

Treatment	Temperature (°C)	Time (min)	Hardness (N)	Expansion ratio	Density (g/cm^3)
1	200	10	12.63±0.21^{f}	0.22±0.09^{b}	1.34±0.47^{b}
2	200	15	14.31±0.20^{e}	0.24±0.10^{b}	1.06±0.14^{b}
3	200	20	20.73±0.86^{d}	0.29±0.06^{a}	1.02±0.19^{a}
4	210	10	29.00±0.81^{c}	0.29±0.06^{ab}	0.95±0.27^{c}
5	210	15	29.99±0.85^{bc}	0.39±0.07^{a}	0.86±0.13^{cd}
6	210	20	31.57±0.41^{bc}	0.32±0.04^{ab}	0.84±0.22^{d}
7	220	10	30.98±0.32^{bc}	0.35±0.02^{a}	0.70±0.05^{e}
8	220	15	33.93±0.31^{b}	0.32±0.09^{ab}	0.82±0.02^{d}
9	220	20	39.23±0.86^{a}	0.30±0.04^{ab}	0.92±0.11^{cd}

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

จาก Table 4 พบว่า ขนุนอบกรอบได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ได้รับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การอบที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้ได้คะแนนการยอมรับด้านสี รสชาติและเนื้อสัมผัสมากที่สุด อย่างไรก็ตามคะแนนด้านเนื้อสัมผัสยังคงมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเนื้อสัมผัสมีลักษณะกรอบแข็งจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หากต้องการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสอาจต้องใช้เครื่องอบแห้งที่สามารถถอบผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องกัน เช่น การทำแห้งแบบ HTST โดยใช้เครื่องฟลูอิไดซ์เบด (Nath และ Chattopadhyay, 2008) การทำแห้งแบบ HTST โดยใช้เครื่องเป็นอุโมงค์อบต่อเนื่อง (Hofsetz และคณะ, 2007) นอกจากนี้ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ ควรมีปริมาณแป้งมากและน้ำตาลน้อย เช่น มันเทศ (Antonio และคณะ, 2008) และกล้วยดิบ (Hofsetz และคณะ, 2007; วิชมณี และพรนภา, 2553)

Table 4 Effect of temperature and time of HTST stage on liking scores of dehydrated crispy jackfruit

Treatment	Temperature	Time	Liking score				
	(°C)	(min)	Appearance[ns]	Color	Taste	Texture	Overall
1	200	10	6.60±1.44	6.53±1.52[ab]	6.17±1.32[a]	3.33±1.42[b]	4.17±0.98[c]
2	200	15	6.57±1.41	6.77±1.35[a]	6.30±1.46[a]	3.90±1.69[a]	
3	200	20	6.55±1.45	6.30±1.21[b]	6.17±1.29[a]		
4	210	10	6.63±1.50	5.80±1.73[b]	6.87±1.81[a]		6.27±1.50[a]
5	210	15	6.50±1.38	6.97±1.71[a]	6.17±1.63[a]	3.97±1.26[a]	6.77±1.17[a]
6	210	20	6.53±1.39	5.23±1.57[bc]	6.67±1.89[a]	3.27±1.68[b]	3.87±1.14[d]
7	220	10	6.63±1.30	6.14±1.76[b]	6.70±1.42[a]	3.57±1.87[ab]	
8	220	15	6.67±1.26	4.97±1.50[c]	6.53±2.05[a]	3.43±1.74[b]	
9	220	20	6.58±1.57	3.93±1.55[d]	3.40±2.11[b]	2.30±1.26[c]	

[a,b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

[ns] Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งช่วง HTST Stage มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบด้านต่างๆ ได้แก่ a_w ค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น และ ความชอบด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพรนภา น้อยพันธ์, 2553, ผลของการเตรียมขั้นต้นและสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 229-232.

Antonio, G.C., Alves, D.G., Azoubel, P.M., Murr, F.E.X. and Park, K.J., 2008, Influence of Osmotic Dehydration and High Temperature Short Time Processes on Dried Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Lam.), Journal of Food Engineering, 84: 375-382.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15th ed.), Arlington, Virginia, USA.

Hofsetz, K., Lopes, C.C., Hubingera, M.D., Mayor, L. and Alberto, M.S., 2007, Changes in the Physical Properties of Bananas on Applying HTST Pulse during Air-drying, Journal of Food Engineering, 83: 531–540.

Nath, A. and Chattopadhyay, P.K., 2008, Effect of process parameters and soy flour concentration on quality attributes and microstructure changes in ready-to-eat potato–soy snack using high-temperature short time air puffing, LWT, 41: 707–715.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 109-112 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 109-112 (2557)

การสำรวจข้อมูลในแปลงปลูกมะม่วงหิมพานต์ในระยะออกดอก

Field Observation of Cashew Nut Tree (*Anacardium occidentale* L.) During Flowering Stages

นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Sae-Lee, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

A field observation was undertaken to investigate factors affecting flowering stage of cashew nut tree at the cashew plantations in Ranong province, Thailand and Champasak, Lao People's Democratic Republic (Lao PDR). Soil moisture, soil pH, total nitrogen (in soil and leaves), and temperature were monitored. Results showed that soil moisture at Ranong Province and Lao PDR was 23.8-24.3% and 29.9-32.5%, respectively. Soil pH at Ranong Province was high in acidity and ranged from 4.7-5.0, such values did not differ from the soil pH at Lao PDR (4.4 to 5.0). Nitrogen contents of the soil and leaves at the observation sites were evaluated. Although, nitrogen content in soil at Ranong Province (1.82 to 2.26%) was higher than the soil in Lao PDR (3.06-3.62%), total nitrogen in leaves at Ranong Province (9.84-11.89%) was lower than those of leaves at Lao PDR (12.63 to 17.45%). Moreover, the temperature on December, 2012 in Ranong Province ranged between 32-35ºC which was higher than the temperature in Lao PDR (19.9 to 23.7ºC).

Keywords: field observation, cashew nut tree, flowering stage

บทคัดย่อ

การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในแปลงปลูกมะม่วงหิมพานต์ในระยะออกดอก โดยศึกษาข้อมูล ปริมาณความชื้นในดิน ความเป็นกรด-เบสในดิน ปริมาณไนโตรเจนในดินและใบ และอุณหภูมิในสวนมะม่วงหิมพานต์จังหวัดระนอง เทียบกับสวนมะม่วงหิมพานต์ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) พบว่า ปริมาณความชื้นในดินในสวนจังหวัดระนองมีความชื้น 23.8-24.3% ซึ่งต่ำกว่าดินในสวน สปป. ลาว โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 29.9-32.5% สำหรับค่าความเป็นกรด-เบสในดินในสวนจังหวัดระนองมีค่าความเป็นกรดสูง 4.7-5.0 ซึ่งมีค่าไม่ต่างกับดินในสวนของ สปป. ลาว โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.4-5.0 นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินและใบ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินในสวนจังหวัดระนอง (3.06-3.62%) มีค่าสูงกว่าในสวน สปป.ลาว (1.82-2.26%) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนในใบในสวนจังหวัดระนอง (9.84-11.89%) มีค่าต่ำกว่า สวนใน สปป. ลาว (12.63-15.68%) นอกจากนี้ อุณหภูมิในเดือนธันวาคม 2012 ของสวนในจังหวัดระนองมีอุณหภูมิระหว่าง 32-35°C ซึ่งสูงกว่าสวนใน สปป.ลาว ในเดือนธันวาคม 2013 (19.9-23.7°C)

คำสำคัญ: การสำรวจข้อมูลในแปลงปลูก มะม่วงหิมพานต์ ระยะออกดอก

Introduction

Cashew (*Anacardium occidentale* L.) is an important export crop in the tropical countries around the world (Masawe, 2009). However, the climate change has affected to crop yield, production, and quality. Especially, flowering of cashew in the tropic is influenced by climate change as with several other tropical fruit tree species. Flowering is an important step in fruit production affecting the price of fruit depended on market demand. Therefore, induction of flowering at certain times is necessary. It is known that the flowering process is controlled by both internal and external factors such as carbohydrate, hormones, temperature, water stress and nutrition (Albrigo and Sauco, 2004). Among these factors, nitrogen is one of the internal factors that affects flowering in fruit tree species. In peach, high flowering intensity was characterized by a high concentration of ammonium-nitrogen and glucose (González-Rossia *et al.*, 2008). Furthermore, the influences of carbohydrate and nitrogen on citrus flowering have been shown in several reports and the results differed depending on the

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

species, growth conditions or cultural practices (Garcia-Luis *et al*., 1995). In addition, temperature plays an important role in flower regulation of fruit. Low temperature and soil moisture could induce floral bud formation. It's a physiological reaction of plant that could be promoted root growth, lengthens the flowering period, increases the number of branches per plant, number of flower forming pods. Besides internal and external factors, cashew crops could be induced to flower by environmental factors and cultural practices. Therefore, the means that can induce flowering should be considered. To date, very few studies aim to understand the physiology of cashew on the flower induction and development. Therefore, this study was focused on investigation of soil moisture, soil pH, nitrogen of the soil and leaves and field temperature during flowering of cashew trees.

Materials and Methods

Plant material

The study was conducted on 6-year-old cashew (*Anacardium occidentale*) trees grown at the orchards in Ranong Province in south of Thailand and Pak Se District, Champasak in south of the Lao People's Democratic Republic (Lao PDR). On December 9, 2012 and December 19, 2013, 18 trees were selected and divided into 3 groups (non-flowering, flowering and leafy flushing). The leaves and soil were collected to analyze; the soil moisture, soil pH and total nitrogen (in soil and leaves). Leaf samples were dried at 65°C for 48 h. Soil samples were air dried at room temperature. Before analyses, all samples were further homogenized by grinding and sieving. We recorded the field temperature (°C) by using infrared thermometer.

Soil moisture and soil pH

Soil moisture was determined using a gravimetric method and soil pH was determined on a 1:5 soil: deionized water suspension. Measurement of pH involves detection of the charge in potential of a reference electrode system using a pH meter standardized against known buffer solutions. Standard buffer solutions of known pH values - standards to be used are pH of 4.0, 7.0, and 10.0.

Nitrogen concentration

Leaf and soil total N concentration were measured by a Kjeldahl method, according to AOAC, 2000.

Results and Discussion

Field experiments were conducted at the cashew plantations in Ranong Province and Lao PDR. Soil and leaf samples from non-flowering, flowering and leafy-flushing cashew tree. Results showed that soil moisture at Ranong Province and Lao PDR was 23.8-24.3% and 29.9-32.5%, respectively (Table 1). For instance, that water has affected productivity of trees and alternately bearing crops. Moreover, decreases in yield induced by low soil water might largely be associated with a decline in photosynthetic rate. Soil pH at Ranong Province was acidity and ranged from 4.7-5.0, such values did not differ from the soil pH at Lao PDR (4.4 to 5.0) (Table 2). Nitrogen contents of the soil and leaves at the observation sites were evaluated (Figure 1). Although, nitrogen content in soil at Ranong Province (3.06-3.62%) was higher than the soil in Lao PDR (1.82 to 2.26%), total nitrogen in leaves at Ranong Province (9.84-11.89%) was lower than those of leaves at Lao PDR (12.63 to 17.45%). Optimizing nitrogen is necessary to regulate vegetative growth and to promote flower induction and bud differentiation, as well as increase fruit set (Menino *et al*., 2003). Davies and Albrigo (1994) suggested that maintaining leaf nitrogen in the optimum range 2.5–2.7% resulted in a moderate number of flowers and produced the greatest fruit set and yield, while a high level of leaf nitrogen induced vegetative growth rather than flowering. Moreover, ammonium nitrogen may directly affect flowering via regulation of

ammonium and polyamine levels in the bud, which play a role in the meristematic activity involved in flower bud differentiation (Lovatt *et al*., 1988). Moreover, the temperature on December, 2012 in Ranong Province ranged between 32-35°C which was higher than the temperature in Lao PDR (19.9 to 23.7°C). In some case, a high temperature also promotes cell division resulting in an increase of the leaf number. An exposure to temperatures below 20°C is necessary for the actual flower formation (De Munk, 1989).

Summary

Although soil moisture and total nitrogen might relate to flowering, there is no relationship between soil pH and flowering of cashew nut tree. The peak of flowering of cashew was on December which the average temperature were 34.25°C and 24.7°C in Ranong Province and Lao PDR plantation, respectively.

Acknowledgments

This work was supported by the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program, Thailand Research Fund. (Grant No. PHD/0107/2554).

Literature cited

Albrigo, L.G. and Sauco, V.G., 2004, Flower Bud Induction, Flowering and Fruit-set of some Tropical and Subtropical Fruit Tree Crops with Special Reference to Citrus, Acta Horticultural, 632: 81–90.

Davies, F.S. and Albrigo, L.G., 1994, Environmental Constraints on Growth, Development and Physiology of Citrus. *In*: Citrus. (Eds.) Davies, F.S. and Albrigo. L.G., CAB International Wallingford, UK, pp. 51-82.

De Munk, W.J., 1989, Thermomorphogenesis in Bulbous Plants, Herbertia, 45: 50-55.

Garcia-Luis, A., Fornes, F. and Guardiola, J.L., 1995, Leaf Carbohydrates and Flower Formation in Citrus, Journal of the American Society for Horticultural Science, 120: 222–227,

González-Rossia, D., Reig, C., Dovis, V., Gariglio, N. and Agusti, M., 2008, Changes on Carbohydrates and Nitrogen Content in the Bark Tissues Induced by Artificial Chilling and its Relationship with Dormancy Bud Break in *Prunus* sp., Scientia Horticultural, 118: 275–281.

Lovatt, C.J., Zheng, Y. and Hake, K.D., 1988, A New Look at the Kraus-Kraybill Hypothesis and Flowering in Citrus. Proc. 6th Int. Citrus Congress, 1: 475–483.

Masawe, P.A.L., 2009, Modern Agro-practices in Cashew, Journal of Science, Technology and Management, 2(2): 9-16.

Menino, M.R., Carranca, C., Varennes, A., Almeida, V.V. and Baeta, J., 2003, Tree Size and Flowering Intensity as Affected by Nitrogen Fertilization in Non-bearing Orange Tree Grown under Mediterranean Conditions, Journal of Plant Physiology, 160: 1435–1440.

Table 1 The soil moisture (%) from non-flowering, flowering and leafy flushing cashew tree in Ranong Province and Lao PDR.

Locations	Cashew trees	Moisture (%)
Ranong	Non-flowering	$23.89^{c}\pm1.39$
	Flowering	$24.32^{c}\pm1.44$
	Leafy flushing	$23.91^{c}\pm1.01$
Lao PDR	Non-flowering	$30.36^{a}\pm0.17$
	Flowering	$32.59^{b}\pm0.87$
	Leafy flushing	$29.98^{b}\pm0.19$

Table 2 Soil pH from non-flowering, flowering and leafy flushing cashew tree in Ranong Province and Lao PDR.

Locations	Cashew trees	pH
Ranong	Non-flowering	5.05[a]±0.05
	Flowering	4.65[b]±0.07
	Leafy flushing	4.72[b]±0.12
Lao PDR	Non-flowering	4.47[c]±0.01
	Flowering	5.02[a]±0.17
	Leafy flushing	4.49[c]±0.09

Table 3 The temperature (°C) of the plantations in Ranong Province and Lao PDR on December, 2013.

Locations	Cashew trees	South	North	West	East	Average (°C)
Ranong	Non-flowering	37.0	31.5	39.5	32.0	35.0±3.89
	Flowering	33.5	31.0	40.0	32.5	34.2±3.97
	Leafy flushing	32.5	28.5	38.0	30.0	32.2±4.17
Lao PDR	Non-flowering	25.7	22.3	23.4	23.4	23.7±1.44
	Flowering	21.0	20.6	20.5	20.8	20.7±0.22
	Leafy flushing	20.3	20.3	19.3	19.6	19.9±0.50

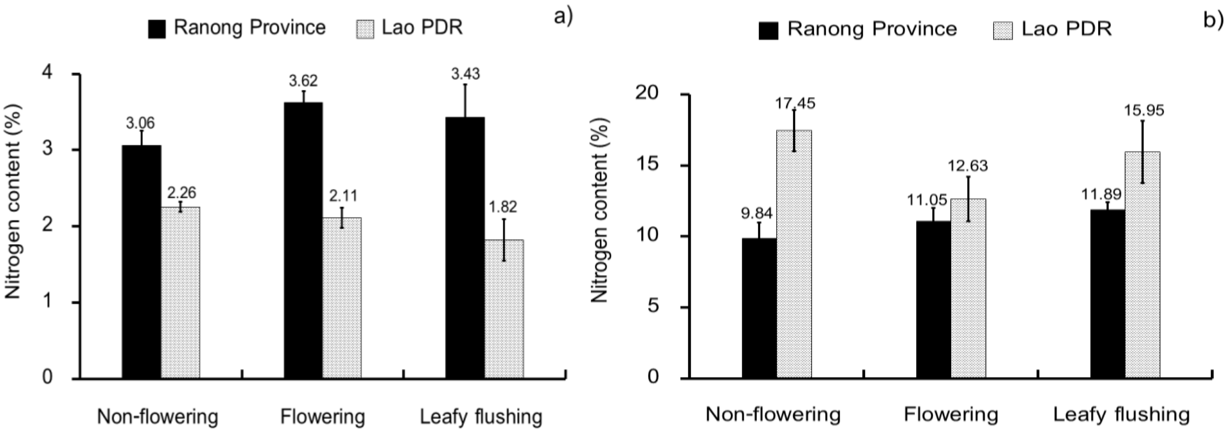


Figure 1 Total nitrogen (%) in soil (a) and leaves (b) from non-flowering, flowering and leafy flushing cashew tree in Ranong Province and Lao PDR.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 113-116 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 113-116 (2557)

การเตรียมขนุนขั้นต้นด้วยการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสสำหรับการผลิตขนุนอบกรอบ

Osmotic Dehydration of Jackfruit as a Pretreatment for Dehydrated Crispy Jackfruit Production

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สิริมา ชินสาร[1] และ นิสานารถ กระแสร์ชล[1]

Yuenyongputtakal, W.[1], Chinnasarn, S.[1] and Krasaechol, N.[1]

Abstract

This research was aimed to develop dehydrated crispy jackfruit quality using osmotic dehydration pretreatment combined with high temperature-short time drying. The pieces of jackfruit were immersed in the mixture solution of sucrose 40% and sodium chloride 2% by varying the osmosis time at 0, 1, 2 and 3 h. prior to drying. The effect of osmotic dehydration on mass transfers was investigated. The results showed that osmosis time affected the quality of the dehydrated crispy jackfruit product, including aw, a* color value, hardness, rate of expansion, density, as well as sensorial liking in terms of color, taste and overall acceptability ($p<0.05$). It was found that the products with osmotic pretreatment had better quality of crispness quality than the product without osmotic pretreatment. The dehydrated crispy jackfruit product from osmotic dehydration pretreatment for 2 h. for further high temperature-short time drying could obtain highest overall liking scores ($p<0.05$).

Keywords: pretreatment, osmotic dehydration, dehydrated crispy jackfruit

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาคุณภาพขนุนอบกรอบโดยการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีดึงน้ำออกแบบออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น การเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิสทำได้โดยแช่ชิ้นขนุนในสารละลายผสมของน้ำตาลซูโครส 40% และโซเดียมคลอไรด์ 2% แปรเวลาในการออสโมซิสเป็น 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง ก่อนการนำไปทำแห้ง การศึกษาผลของการออสโมซิสต่อการถ่ายโอนมวลสารหลังการออสโมซิส ผลการทดลองพบว่าเวลาในการออสโมซิส มีผลต่อค่าคุณภาพของขนุนอบกรอบด้านต่างๆ ได้แก่ ค่า a_w ค่าสี a* ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น รวมถึงความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวม ($p<0.05$) การออสโมซิสช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความพองกรอบมากกว่าการไม่ผ่านการออสโมซิส โดยผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิสนาน 2 ชั่วโมงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: การเตรียมขั้นต้น การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส ขนุนอบกรอบ

คำนำ

การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration) ดำเนินการได้โดยแช่อาหารในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง สำหรับในกรณีผักผลไม้หลักการของกระบวนการออสโมซิสเกี่ยวข้องกับแรงขับ (Driving force) ที่ทำให้น้ำในเซลล์ผักผลไม้เคลื่อนที่ออกจากเซลล์ เนื่องจากมีความแตกต่างกันระหว่างความเข้มข้นของน้ำภายในและภายนอกเซลล์ (Torreggiani, 1993) การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวิธีการเตรียมขั้นต้นก่อนการอบแห้งผลไม้ได้ มีผลโดยตรงต่อการลดปริมาณน้ำในชิ้นผลไม้ก่อนการนำไปอบแห้ง จึงช่วยลดเวลาการอบแห้งลงได้ และหากใช้สารละลายออสโมติกเป็นน้ำตาลมีผลให้น้ำตาลสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของผลไม้ จึงช่วยลดค่า a_w อีกทั้งปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นยังทำให้เนื้อสัมผัสและรสชาติดีกว่าผลไม้แห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (Bchir และคณะ, 2010) งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการเตรียมขนุนขั้นต้นโดยใช้เวลาที่แตกต่างกันในการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสสำหรับการผลิตขนุนอบกรอบ ใช้สารละลายออสโมติกที่เป็นสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและเกลือ เนื่องจากมีราคาถูกและหาได้ง่าย รวมทั้งการใช้สารละลายผสมจะมีผลให้การถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสดีขึ้น และช่วยปรับปรุงรสชาติ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการออสโมซิสต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, TambonSaensuk, AmphorMuang, Chonburi 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเนื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ ระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ หั่นเป็นชิ้นขนาด 1.5 x 5 เซนติเมตร ออสโมซิสโดยแช่ในสารละลายผสมของน้ำตาลทรายความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ และเกลือความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ กำหนดอัตราส่วนระหว่างขนุนกับสารละลายออสโมติกเป็น 1:5 วิเคราะห์ค่าการถ่ายโอนมวลสารดังนี้

1) ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) คำนวณได้จาก

$$WL (\%) = \frac{(W_0 M_0 - W_t M_t) \times 100}{W_0}$$

2) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) คำนวณได้จาก

$$SG (\%) = \frac{[W_t (1-M_t) - W_0 (1-M_0)] \times 100}{W_0}$$

3) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) คำนวณได้จาก

$$WR (\%) = \frac{(W_0 - W_t) \times 100}{W_0}$$

เมื่อ W_0 และ W_t คือ น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัม) ตามลำดับ

M_0 และ M_t คือ ความชื้นของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัมน้ำ/กรัมน้ำหนักตัวอย่าง) ตามลำดับ

นำขนุนที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมาทำแห้ง 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน ดังนี้ 1) การทำแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส 15 นาที โดยใช้เตาอบไฟฟ้า 2) การทำให้เย็นลง อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที โดยใช้เตาอบไฟฟ้า และ 3) การทำแห้งด้วยลมร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนความชื้นเหลือ 12±1% โดยใช้ตู้อบลมร้อน วิเคราะห์คุณภาพขนุนหลังการทำแห้ง ได้แก่ 1) ค่า a_w โดยเครื่องวัด a_w 2) ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) 3) ค่าสี L* a* และ b* โดยเครื่องวัดสี 4) ค่าความแข็ง โดยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้แรงตัดผ่านจากชุดหัววัดแบบใบมีด 5) อัตราการพองตัวและความหนาแน่น (Hofsetz และคณะ, 2007) และ 6) ทดสอบความชอบวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ทำให้มีค่า WL WR และ SG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื่องจากในระหว่างการออสโมซิส จะเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสภายในชิ้นขนุนและสารละลายออสโมติกภายนอก เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ช่วยทำให้โอกาสการสัมผัสของชิ้นอาหารกับสารละลายออสโมติกนานขึ้น จึงมีการเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลสารได้ เมื่อนำขนุนที่ไม่ผ่านและผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง มาทำแห้ง พบว่าใช้เวลาทำแห้งด้วยลมร้อน เพื่อให้ได้ความชื้นตามกำหนด เท่ากับ 196 193 190 และ 188 นาที ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นสุดท้าย เท่ากับ 12.57% 12.20% 11.57% และ 11.69% ตามลำดับ และมีค่า a_w เท่ากับ 0.67 0.58 0.57 และ 0.56 ตามลำดับ สำหรับค่า a_w มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนุนอบกรอบผ่านการออสโมซิสนานขึ้น เนื่องจากในระหว่างการออสโมซิสเกิดการแพร่ของน้ำออกจากชิ้นอาหารโดยปริมาณน้ำอิสระในช่องว่างระหว่างเซลล์จึงลดลง และตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกแพร่เข้าไปในชิ้นอาหาร (Barbosa-Canovas และคณะ, 2007) จาก Table 2 พบว่า L* และ ค่า b* ของขนุนอบกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ค่า a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่า a* ของขนุนอบกรอบมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อผ่านการออสโมซิสนานขึ้น เนื่องจากการออสโมซิสนานขึ้นทำให้เกิดการแพร่ของน้ำตาลมาสะสมในชิ้นขนุนมากขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้

Table 1 Effect of osmosis time on water loss (WL) solid gain (WR) and weight reduction (SG) of jackfruit meat

Osmosis time (h)	WL (%)	WR (%)	SG (%)
1	10.09^{b}±1.72	5.04^{b}±0.57	4.38^{b}±0.84
2	10.53^{b}±0.52	6.38^{ab}±0.76	4.42^{b}±0.56
3	15.07^{a}±1.52	7.58^{a}±0.75	9.81^{a}±0.94

a,b Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Effect of osmosis time on color value (L* a* and b*) of dehydrated crispy jackfruit

Osmosis time (h)	L* [ns]	a*	b* [ns]
0	52.58±0.95	14.92±0.45[d]	42.73±0.13
1	53.27±0.57	15.53±0.33[c]	44.95±3.24
2	52.71±0.13	16.76±0.28[b]	40.14±0.27
3	53.59±0.28	17.13±1.21[a]	41.52±2.86

[a,b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

[ns] Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

จาก Table 3 พบว่า การออสโมซิสนานขึ้นมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มแข็งขึ้นและขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิสแข็งมากกว่าที่ไม่ผ่านการออสโมซิส เนื่องจากการออสโมซิสเป็นเวลานานทำให้มีปริมาณของแข็งจากตัวถูกละลาย มีโอกาสแพร่เข้าไปในชิ้นขนุนมากขึ้น จึงเกิดการสะสมของตัวถูกละลายมาก เมื่ออบแห้งจึงเกิดโครงร่างที่แข็ง การออสโมซิสเป็นเวลานานกว่ามีผลให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณน้ำในชิ้นขนุนน้อยจึงมีลักษณะแข็งมากกว่า สำหรับอัตราการพองตัว พบว่า ขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิสมีอัตราการพองตัวมากกว่าที่ไม่ผ่านการออสโมซิส เนื่องจากสามารถลดปริมาณน้ำบางส่วนของวัตถุดิบก่อนการทำแห้งได้ จึงทำให้ความร้อนที่ใช้ซึ่งเป็นการให้ความร้อนสูงเวลาสั้นเพียงพอต่อการเกิดการกลายเป็นไอ ขยายตัวดันผนังเซลล์ให้เกิดการพองได้ ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Antonio และคณะ(2008) รายงานว่าในตัวอย่างชิ้นมันเทศที่ผ่านการออสโมซิส แล้วนำมาอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นมีการพองตัวมากกว่าการไม่ผ่านการออสโมซิส อย่างไรก็ตามพบว่า อัตราการพองตัวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น อาจเนื่องมาจากขนุนที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลานานมีปริมาณน้ำที่ลดลงมากกว่าจึงเหลือน้ำในปริมาณจำกัดที่จะเกิดเป็นไอได้น้อย และการออสโมซิสในเวลานานขึ้น น้ำตาลจากสารละลายออสโมติกสามารถแพร่เข้าไปแทนที่น้ำในช่องว่างของเซลล์ได้มากขึ้น จึงเกิดโครงร่างแข็ง ส่งผลให้เกิดการพองตัวได้ยาก สำหรับความหนาแน่นเป็นสัดส่วนของน้ำหนักต่อปริมาตรของตัวอย่าง หากมีความหนาแน่นมาก หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะพองเป็นรูน้อย หรือมีลักษณะแน่นไม่โปร่ง โดยพบว่าความหนาแน่นมีแนวโน้มในทางตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัว ตัวอย่างขนุนอบกรอบที่มีอัตราการพองตัวมากจะมีความหนาแน่นน้อย ส่วนตัวอย่างขนุนอบกรอบที่มีอัตราการพองตัวน้อยจะมีความหนาแน่นมาก

Table 3 Effect of osmosis time on hardness, expansion ratio and density of dehydrated crispy jackfruit

Osmosis time (h)	Hardness (N)	Expansion ratio	Density (g/cm^3)
0	18.57±0.38[d]	0.17±0.03[d]	1.72±0.35[a]
1	20.61±0.45[c]	0.42±0.07[a]	0.65±0.05[d]
2	27.78±0.17[b]	0.35±0.04[bc]	0.86±0.06[c]
3	30.26±0.21[a]	0.28±0.04[c]	1.10±0.26[b]

[a,b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

จาก Table 4 พบว่า ระยะเวลาในการออสโมซิสไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของขนุนอบกรอบ สำหรับความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ได้รับคะแนนค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะกรอบแข็ง เวลาในการออสโมซิสมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ผ่านการออสโมซิส 2 ชั่วโมงมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้เวลาการออสโมซิสระดับดังกล่าวทำให้มีการสะสมของปริมาณน้ำตาลและเกลือในชิ้นขนุนอยู่ในระดับที่ทำให้มีสีและรสชาติอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด

Table 4 Effect of osmosis time on liking scores of dehydrated crispy jackfruit

Osmosis time (h)	Liking score				
	Appearance[ns]	Color	Taste	Texture	Overall
0	5.60±1.30	5.40±1.69[b]	4.60±1.48[c]	3.47±2.05	4.20±1.42[d]
1	6.00±1.50	6.10±1.52[a]	5.50±1.22[b]	3.30±1.37	4.73±1.44[b]
2	6.27±1.41	6.37±1.61[a]	6.30±1.87[a]	3.57±1.89	6.77±0.77[a]
3	5.77±1.45	6.33±1.30[a]	5.13±1.6[bc]	3.43±1.85	4.67±1.60[c]

[a,b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

[ns] Mean values in the same column are not significantly different ($p\geq0.05$)

สรุปผล

เวลาในการออสโมซิสขนุนก่อนการทำแห้งมีผลต่อค่าคุณภาพของขนุนอบกรอบด้าน ค่า a_w ค่าสี a* ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น ความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวม การเตรียมขนุนขั้นต้นด้วยการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลทรายและเกลือเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนการทำแห้งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการผลิตขนุนอบกรอบ

เอกสารอ้างอิง

Antonio, G.C., Alves, D.G., Azoubel, P.M., Murr, F.E.X. and Park, K.J., 2008, Influence of Osmotic Dehydration and High Temperature Short Time Processes on Dried Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Lam.), Journal of Food Engineering, 84: 375-382.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15th ed.), Arlington, Virginia, USA.

Barbosa-Canovas, G.V., Fontana, Jr.A.J., Schmidt, S.J. and Labuza, T.P., 2007, Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications, Blackwell Publishing, Ames, Iowa, USA.

Bchir, B., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H., 2010, Osmotic Dehydration of Pomegranate Seeds (*Punica granatum* L.): Effect of Freezing Pre-treatment, Journal of Biotechnology, 26: 4096-4105.

Hofsetz, K., Lopes, C.C., Hubingera, M.D., Mayor, L. and Alberto, M.S., 2007, Changes in the Physical Properties of Bananas on Applying HTST Pulse during Air-drying, Journal of Food Engineering, 83: 531–540.

Torreggiani, D., 1993, Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International, 26: 59–69.

การแยกและศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์เชิงซ้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยฟางข้าว จากแบคทีเรียสายพันธุ์ใหม่ชนิดทนร้อนและไม่ใช้ออกซิเจน

Isolation and Characterization of Multienzyme Complex with High Rice Straw Degrading Ability from the Newly Thermophilic Anaerobic Isolated Strain

ปรารถนา เกตุบท[1] รัตติยา แววนุกูล[1,2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] ทวีศักดิ์ โอวาททัศนีย์[1] อะกิฮิโกะ โคสึกิ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Ketbot, P.[1], Waeonukul, R.[1,2], Tachaapaikoon, C.[1,2], Pason, P.[1,2], Ovattussanee, T.[1], Kosugi, A.[3] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

The newly isolated NK5 strain, thermophilic anaerobic bacterium, isolated from soil sources in Thailand, produces multienzyme complex with high rice straw degrading ability. The multienzyme complex from NK5 was isolated from the crude enzyme preparation by affinity purification on rice straw and gel filtration chromatography on Sephacryl S-500. The isolated multienzyme complex with estimated to be 1,040 kDa molecular mass was consisted of cellulolytic and xylanolytic enzyme activities. It showed only 1 band on native-polyacrylamide gel electrophoresis (native-PAGE) and composed of at least 11 proteins on sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE), 6 xylanases and 8 endoglucanases on zymograms. In addition, the multienzyme complex from NK5 hydrolyzed raw rice straw efficiently and released approximately 1.5 fold more reducing sugars compared to that of *Clostridium thermocellum* ATCC27405. This newly isolated NK5 strain has the potential as a cellulolytic-xylanolytic multienzyme complex system resource for effective rice straw degradation.

Keywords: cellulolytic enzymes, multienzyme complex, rice straw, xylanolytic enzymes

บทคัดย่อ

แบคทีเรียสายพันธุ์ใหม่ NK5 ที่คัดแยกได้จากแหล่งดินในประเทศไทย เป็นแบคทีเรียชนิดทนร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญ สามารถผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยฟางข้าว เมื่อทำการแยกเอนไซม์เชิงซ้อนด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบจำเพาะบนฟางข้าว ร่วมกับเทคนิคเจลฟิลเตรชันโครมาโตกราฟีชนิด Sephacryl S-500 พบว่า เอนไซม์เชิงซ้อนที่แยกได้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,040 กิโลดาลตัน ซึ่งแสดงกิจกรรมของเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค native-PAGE และ SDS-PAGE พบว่าเป็นโปรตีน 1 กลุ่ม ที่ประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อย 11 ชนิด ซึ่งโปรตีนอย่างน้อย 6 ชนิด แสดงกิจกรรมของไซลาเนส และอย่างน้อย 8 ชนิด แสดงกิจกรรมของเอนโดกลูคาเนส เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค zymograms นอกจากนี้พบว่า เอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 สามารถย่อยฟางข้าวที่ไม่ต้องผ่านการปรับสภาพได้ดีและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *Clostridium thermocellum* ATCC27405 โดยให้น้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยสูงกว่าถึง 1.5 เท่า ดังนั้น แบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 สามารถผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนในกลุ่มเซลลูโลไลติก-ไซลาโนไลติกที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยฟางข้าวได้ และเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการย่อยสลายและผลิตน้ำตาลจากฟางข้าว เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไปได้

คำสำคัญ: เอนไซม์เซลลูโลไลติก เอนไซม์เชิงซ้อน ฟางข้าว เอนไซม์ไซลาโนไลติก

[1] **สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150**

[1] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 TienThale 25, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150**

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 TienThale 25, BangkuntienChaithale, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] **ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น**

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

คำนำ

เอนไซม์เชิงซ้อน (multienzyme complex) หรือเซลลูโลโซม (cellulosome) เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่มีประสิทธิสูงในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลส (Bayer และคณะ, 2004; 2007; Doi และ Kosugi, 2004; Tachaapaikoon และคณะ, 2012; Waeonukul และคณะ, 2012) เนื่องจากเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่เกิดจากการอยู่ร่วมกันของเอนไซม์หน่วยย่อยหลายชนิดทั้งในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก โดยแต่ละหน่วยย่อยจับอยู่กับโปรตีนแกนกลางที่เรียกว่า scaffoldin ทำให้เซลลูโลโซมมีโครงสร้างที่แข็งแรงและมีเสถียรภาพสูง นอกจากนี้เซลลูโลโซมยังประกอบด้วยส่วนที่สามารถยึดเกาะกับโพลีแซคคาไรด์ (carbohydrate-binding module) ทำให้เซลลูโลโซมสามารถจับกับพื้นผิวของสับสเตรทได้ ช่วยให้กลุ่มเอนไซม์หน่วยย่อยเข้าไปใกล้ชิดสับสเตรท ส่งผลให้เอนไซม์ทำงานได้ดีขึ้นและเกิดการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลสได้อย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ โดยส่วนใหญ่เซลลูโลโซมถูกผลิตขึ้นจากจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic microorganisms) เช่น *Clostridium thermocellum*, *C. cellulovorans C. josui* และ *C. cellulolyticum*

โดยในกระบวนการย่อยสลายฟางข้าวซึ่งเป็นสารลิกโนเซลลูโลส ประกอบด้วยสารพอลิเมอร์หลัก 3 ชนิด คือ เซลลูโลส (ร้อยละ 35-40) เฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 25-30) และลิกนิน (ร้อยละ 10-15) (Zhang และคณะ, 2009) ในส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสถ้ามีการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคสและไซโลสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารมูลค่าสูงได้ เช่น เอทานอล หรือ กรดอินทรีย์ต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามสารลิกโนเซลลูโลสมีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อนและยากต่อการย่อยสลาย ดังนั้นในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลสต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดทั้งในกลุ่มเซลลูโลไลติก (cellulolytic enzymes) และไซลาโนไลติก (xylanolytic enzymes) ดังนั้นในงานวิจัยนี้สนใจแยกและศึกษารูปแบบของเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 ที่คัดแยกได้ (Ketbot และคณะ, 2013) ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายฟางข้าว เพื่อให้ได้แบคทีเรียและเอนไซม์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากฟางข้าว เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา และการผลิตพลังงานทดแทน เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการแยกและศึกษารูปแบบของเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 ที่คัดแยกได้โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร basal medium (BM) พีเอช 7.0 โดยมีฟางข้าวร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นแหล่งคาร์บอน บรรจุในภาชนะภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนด้วยการไล่ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่เวลา 4 วัน แล้วนำส่วน culture supernatant มาเพิ่มความเข้มข้นของ crude enzyme ด้วยเทคนิค ultrafiltration แล้วทำการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ทั้งในกลุ่มเอนไซม์เซลลูโลไลติกและเอนไซม์ไซลาโนไลติก จากนั้นศึกษารูปแบบของเอนไซม์เชิงซ้อนด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบจำเพาะบนฟางข้าว ร่วมกับเทคนิคเจลฟิลเตรชันโครมาโตกราฟีชนิด Sephacryl S-500 และตรวจสอบรูปแบบและชนิดของโปรตีนด้วยเทคนิค native-polyacrylamide gel electrophoresis (native-PAGE), sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) และ zymograms นอกจากนี้ทำการศึกษาความสามารถในการย่อยฟางข้าวของเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคที เรียสายพันธุ์ NK5 เปรียบเทียบกับเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *C. thermocellum* ATCC27405 โดยใช้เอนไซม์เข้มข้น 1 ยูนิตเซลลูเลสต่อมิลลิลิตรในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 7.0 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างๆ หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยตามวิธีของ Somogyi-Nelson (Somogyi, 1952; Nelson, 1944)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการแยกและศึกษารูปแบบของเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 ที่คัดแยกได้ พบว่าเอนไซม์เชิงซ้อนที่แยกได้แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก ได้แก่ เอ็นโดเซลลูเลสเซลโลไบโอไฮโดรเลส และเบต้ากลูโค-ซิเดส เอนโดไซลาเนส เบต้าไซโลซิเดส อะราบิโนฟูราโนซิเดส และอะซิติลเอสเทอเรส

Table 1 Enzymatic activities of crude enzyme from isolated NK5 and *C. thermocellum* ATCC27405

Enzymes	Specific activities (U/g of protein)	
	NK5	*C. thermocellum* ATCC27405
Cellulolytic enzymes		
Carboxymethyl cellulase	471.33	353.02
Cellulase (cellulose powder)	114.19	56.23
Exocellobiohydrolase	208.09	139.17
β-Glucosidase	77.49	58.11
Xylanolytic enzymes		
Xylanase	6,129.87	3,059.38
β-Xylosidase	83.75	14.77
Arabinofuranosidase	89.47	49.05
Acetyl esterase	8.03	7.78

เอนไซม์เชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,040 กิโลดาลตัน และเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค native-PAGE พบว่า เป็นโปรตีน 1 กลุ่มในรูปแบบธรรมชาติ ที่ประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อย 11 ชนิด ซึ่งมีขนาด 49, 62, 75, 83, 89, 96, 117, 131, 141, 245 และ 280 กิโลดาลตัน ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบด้วย SDS-PAGE พบว่าโปรตีนอย่างน้อย 6 ชนิด ซึ่งมีขนาด 49, 75, 83, 89, 96 และ 245 กิโลดาลตัน ตามลำดับ แสดงกิจกรรมของไซลาเนส และอย่างน้อย 8 ชนิด ซึ่งมีขนาด 62, 75, 96, 117, 131, 141, 245 และ 280 กิโลดาลตัน ตามลำดับ แสดงกิจกรรมของคาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลส (เซลลูโลสที่ละลายน้ำ) โดยมีโปรตีน 3 ชนิด ที่แสดงกิจกรรมร่วมทั้งไซลาเนสและคาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลส เมื่อตรวจสอบด้วย zymograms

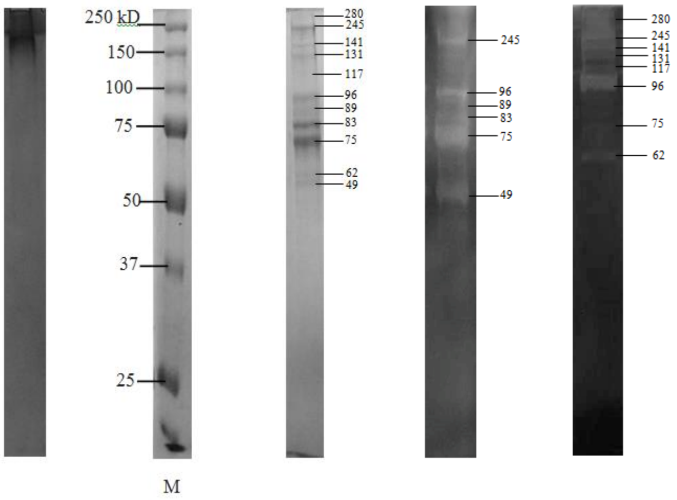


Figure 1 Native-PAGE (A), SDS-PAGE (B) and zymogram analysis of xylanase activity (C) and CMCase activity (D) of multienzyme complex from isolated NK5 on gel filtration chromatography on Sephacryl S-500 column.

นอกจากนี้การทดสอบความสามารถในการย่อยฟางข้าวด้วยเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 พบว่า เอนไซม์มีประสิทธิภาพสูงสามารถย่อยฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพได้ โดยให้น้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยสูงถึง 1,207 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเอนไซม์จาก *C. thermocellum* ATCC27405 โดยให้น้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยสูงกว่าถึง 1.5 เท่า ที่ความเข้มข้นฟางข้าวร้อยละ 2.5 และใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 1 ยูนิตเซลลูเลสต่อมิลลิลิตร และในสภาวะเดียวกัน เอนไซม์สามารถย่อยได้ดียิ่งขึ้นเมื่อใช้ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนีย โดยน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยเพิ่มสูงขึ้นถึง 3,660 มิลลิกรัมต่อลิตร

สรุปผล

เอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 ที่คัดแยกได้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,040 กิโลดาลตันซึ่งแสดงกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค native-PAGE และ SDS-PAGE พบว่าเป็นโปรตีน 1 กลุ่ม ที่ประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อย 11 ชนิด ซึ่งโปรตีนอย่างน้อย 6 ชนิด แสดงกิจกรรมของไซลาเนส และอย่างน้อย 8 ชนิด แสดงกิจกรรมของเอนโดกลูคาเนส เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค zymograms นอกจากนี้เอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 ประสิทธิภาพสูงในการย่อยฟางข้าว และเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการย่อยสลายและผลิตน้ำตาลจากฟางข้าว เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไปได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

Bayer, E.A., Belaich, J.P., Shoham, Y. and Lamed, R., 2004, The Cellulosomes: Multienzyme Machines for Degradation of Plant Cell Wall Polysaccharides, Annual Review of Microbiology, 58: 521-554.

Bayer, E.A., Lamed, R. and Himmel, M.E., 2007, The Potential of Cellulases and Cellulosomes for Cellulosic Waste Management, Current Opinion in Biotechnology, 18: 237-245,

Becker, P., 1997, Determination of the Kinetic Parameters During Continuous Cultivation of the Lipase Producing Thermophile *Bacillus* sp. IHI-91 on Olive Oil, Applied Microbiology and Biotechnology, 48: 184-190.

Doi, R.H. and Kosugi, A., 2004, Cellulosomes: Plant-Cell-Wall-Degrading Enzyme Complexes, Nature Reviews Microbiology, 2: 541-551.

Ketbot, P., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Kosugi, A. and Ratanakhanokchai, K., 2013, Screening and Isolation of Thermophilic Anaerobic Bacterium with Higher Rice Straw Degrading Ability. Agricultural Science Journal, 44(2): 165-168.

Tachaapaikoon, C., Kosugi, A., Pason, P., Waeonukul, R., Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L., Arai, T., Murata, Y. and Mori, Y., 2012, Isolation and Characterization of a New Cellulosome-Producing *Clostridium thermocellum* Strain, Biodegradation, 23: 57-68.

Waeonukul, R., Kosugi, A., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Ratanakhanokchai, K., Prawitwong, P., Deng, L., Saito, M. and Mori Y., 2012, Efficient Saccharification of Ammonia Soaked Rice Straw by Combination of *Clostridium thermocellum* Cellulosome and *Thermoanaerobacter brockii* β-Glucosidase, Bioresource Technology, 107: 352-357.

สมบัติการต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดพริกหวานในตัวทำละลายต่างกัน

Anti-Acetylcholinesterase Properties of Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) Extracts in Different Solvents

กัณฐมณี ทู้ไพเราะ[1] กัลยารัตน์ เครือวัลย์[1] วรางคณา ศรีจำนงค์[1] สมศรี เจริญเกียรติกุล[1] และอุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]
Thuphairo, K.[1], Kruawan, K.[1], Srichamnong, W.[1], Charoenkiatkul, S.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Alzheimer's disease (AD) is the most increasing tendency neurodegenerative disorder of elderly. Currently, inhibition of acetylcholinesterase (AChE) is one of several medicinal treatments of AD. It was previously reported that sweet pepper (*Capsicum annuum*) could promote several health benefits. However, the information on AD prevention of sweet pepper in different fruit colors and extraction solvents are limited. Therefore, the aim of this research was to investigate the anti-AChE properties of unripe (green) and ripe (red, orange, and yellow) sweet pepper using different extraction solvents. Freeze-dried sweet peppers were extracted with hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor. The extracts were then analyzed the anti-AChE properties using a 96-well microplate reader. Among all sweet pepper extracts, yellow pepper extracts were found to exhibit the highest anti-AChE properties in all three extraction solvents. In addition, the peppers extracted with hexane and ethyl acetate exhibited higher AChE inhibitory activity than those with ethanol. Thus, it could be concluded that AChE inhibitory properties of sweet pepper were depended on fruit colors and extraction solvent. Besides, anti-AChE agents in sweet pepper were likely dissolved in non-polar solvent (hexane) and semi-polar solvent (ethyl acetate). This is the first report on the investigation of anti-AChE properties in sweet peppers extracted with different extraction solvents. The information will be useful for developing functional food, nutraceutical or dietary supplement from sweet pepper with biological property against AD occurrence.

Keywords: Sweet pepper, Alzheimer's disease, Anti-acetylcholinesterase, Solvent extraction

บทคัดย่อ

โรคอัลไซเมอร์เป็นโรคทางระบบประสาทที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในผู้สูงอายุ วิธีหนึ่งสำหรับการรักษาโรคอัลไซเมอร์ในปัจจุบันคือการยับยั้งเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรส โดยมีการรายงานว่าพริกหวานมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย อย่างไรก็ตามข้อมูลการป้องกันโรคอัลไซเมอร์ของพริกหวานที่มีสีแตกต่างกันและการใช้ตัวทำละลายเพื่อการสกัดยังมีจำกัด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาสมบัติต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสของพริกหวานดิบ (สีเขียว) และสุก (สีแดง สีส้ม และสีเหลือง) จากการใช้ตัวทำละลายที่สกัดแตกต่างกัน โดยสกัดพริกหวานที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่แข็งด้วยตัวทำละลายเฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร โดยใช้เครื่องสกัดซอกห์เลต ต่อมาวิเคราะห์สมบัติต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสของสารสกัดโดยใช้เครื่องอ่านไมโครเพลทชนิด 96 หลุม จากการวิเคราะห์สารสกัดพริกหวานทั้งหมดพบว่า สารสกัดพริกหวานสีเหลืองในตัวทำละลายทั้งสามชนิดมีสมบัติต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสสูงที่สุด อีกทั้งพบว่าสารสกัดพริกหวานที่สกัดจากเฮกเซนและเอทิลอะซิเตทมีฤทธิ์ต้านเอนไซม์ดังกล่าวมากกว่าสารสกัดจากเอทานอล จึงสรุปว่าสมบัติต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสของพริกหวานขึ้นอยู่กับสีของผลพริกหวานและตัวทำละลายที่ใช้สกัด นอกจากนี้สารที่มีสมบัติต้านเอนไซม์ดังกล่าวในพริกหวานเป็นสารที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว (เฮกเซน) และกึ่งมีขั้ว (เอทิลอะซิเตท) งานวิจัยนี้เป็นการรายงานครั้งแรกเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรสในสารสกัดพริกหวานโดยใช้ตัวทำละลายต่างกัน โดยผลการวิจัยอาจนำไปใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โภชนเภสัช หรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากพริกหวานที่สามารถป้องกันการเกิดโรคอัลไซเมอร์ต่อไปได้

คำสำคัญ: พริกหวาน โรคอัลไซเมอร์ การต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรส การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมนฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมนฑล จังหวัดนครปฐม 73170
[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Alzheimer's disease (AD) is the most common type of dementia in elderly people (Pakaski *et al*., 2009). Currently, elderly population is increased due to longer lifespan as a result of medicinal development and lifestyle improvement. Therefore, AD is one of the leading non-communicable diseases to study regarding its prevention and treatment. Alternative medicinal treatment of AD is currently focused on reduction of acetylcholine, a neurotransmitter found in brain, into inactive metabolites by acetylcholinesterase (AChE) (Rao *et al*., 2007). Thus, anti-AChE is of interest to prevent and treat AD occurrence.

Unlike other chilli peppers, sweet pepper *(Capsicum annuum)* has a non-pungent favor and different fruit colors. Because of its unique taste and color, sweet pepper is the popular ingredient in many menus and can be consumed in large amount. In addition, the sweet pepper was reported to contain many significant health promoting compounds with biological properties against some non-communicable diseases (Materska and Perucka, 2005; Sun *et al*., 2007; Loizzo *et al*., 2013). However, researches on relationship between different colored sweet peppers and extraction solvents on anti-AChE activities to prevent AD occurrence are limit. Therefore, the aim of this research was to investigate AChE inhibitory activities of different colored sweet peppers extracted by different polarities of extraction solvents.

Materials and Methods

Sweet peppers including green, red, yellow and orange peppers were purchased from Baan Rai Paovaris, Nakhon Ratchasima, Thailand (harvesting in December-November, 2013). All seeds in sweet peppers were removed, and pepper pericarps were cut into small pieces. Then, the samples were freeze-dried and homogenized using a blender. Freeze-dry samples (11 g dry weight) were extracted by different solvents (400 mL), including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor until all colors of sweet pepper were removed (approx. 6.5 hours). The solvent was then removed by a rotary vacuum evaporator at 35-40^{o}C. The remaining residues were re-dissolved in a minimum volume of dimethyl sulfoxide (DMSO) to the final concentration of 11.46 g/L for further analysis.

The analysis of AChE activity was adapted from the method of Jung *et al*. (2009). Enzyme assay consisted of *Electrophorus electricus* AChE (10 ng), acetylcholine (ATCh, 0.08 mM) and 5–5'–dithiobis (2–nitrobenzoic acid) (DTNB, 0.8 mM) in 50 mM potassium phosphate buffer (KPB, pH 7.0). The enzyme reaction was measured at a wavelength of 412 nm using a 96-well microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) with a Gen5 data analysis software. The inhibitory activity was determined as percentage of inhibition, which could be calculated as %Inhibition = $100 \times (1 - ((B-b)/(A-a)))$, where A is an initial velocity of the control reaction with enzyme, a is an initial velocity of the control reaction without enzyme, B is an initial velocity of the enzyme reaction with extract and b is an initial velocity of the reaction with extract but without enzyme. All experiments were carried out in triplicate. The data was expressed as mean ± standard deviation (SD). Means were compared by one-way ANOVA followed by Tukey's *post hoc* test. Significantly different was considered at p value < 0.05.

Results

The AChE inhibitory activities of sweet peppers, including green, red, yellow, and orange peppers extracted with different solvents, including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol were shown in Figure 1. As results, sweet peppers extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol extracts could inactivate AChE with the lowest inhibitory activities (11-57% inhibition), while those extracted with hexane and ethyl acetate exhibited similar anti-AChE activities with approx. 21-71% inhibition. Under these 3 extraction solvents, yellow pepper significantly exhibited the highest anti-AChE activity (57-71% inhibition), followed by green pepper (11-23% inhibition), red pepper (5-12% inhibition) and orange pepper (5-7% inhibition), respectively.

Discussion

The results suggested that AChE inhibitory activities of sweet peppers were depended on the fruit colors, in which yellow pepper significantly exhibited the highest anti-AChE activity. These observations might be due to different types and quantities of bioactive compounds (i.e., plant pigments) in each colored sweet pepper. Carotenoids, including capsanthin and capsorubin, are the main pigmented bioactive compounds in red pepper, while yellow and orange peppers contain α-carotene, β-carotene, zeaxanthin, lutein and β-cryptoxanthin (Luke, 2000). On the other hand, color of green pepper is from chlorophyll (Marin *et al*., 2004). Other bioactive compounds such as capsaicin, myricetin, quercetin, luteolin, and ascorbic acid (Luke, 2000; Sun *et al*., 2007; Blanco-Ríos *et al*., 2013) were also reported to possess AChE inhibitory activities (Orhan *et al*., 2007; Katalinic *et al*., 2010). Therefore, sweet pepper might also exhibit anti-AChE activity resulting from these bioactive compounds. Besides, the results were corresponded to the previous study on the effect of ripening stage of methanolic extract of *Capsicum annuum* var. *acuminatum* regarding its AChE inhibitory activity, which suggested that anti-AChE activity was decreased with maturity of peppers (Loizzo *et al*., 2008).

Extraction solvent is another significant factor that affects anti-AChE property of sweet peppers. The results suggested that sweet peppers extracted with polar 70% (v/v) aqueous ethanol exhibited lower AChE inhibitory activities than those extracted with non-polar hexane and semi-polar ethyl acetate. Different levels of anti-AChE activities in each solvent system might be a result from solubility of anti-AChE agents. This result was corresponded to the previous research of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero extracted by ethanol and then hexane. This research found that hexane extracts showed higher anti-AChE activities than ethanol extracts, suggesting that bioactive compounds that act as AChE inhibitors are likely dissolved in lipophilic solvent (Menichini *et al*., 2009).

Summary

The colors of sweet pepper and polarities of extraction solvent could significantly affect AChE inhibitory activities, resulting from different types and levels of bioactive compounds extracted in each solvent. This research could be useful for selection of suitable solvent in each fruit color of sweet pepper regarding anti-AChE activities. This research also promotes anti-AChE property from natural sources such as sweet peppers that possess non/less toxicity, low cost and confidence to consume for prevention of AD occurrence.

Acknowledgements

This research was financially supported by graduate program in Food Science for Nutrition at the Institute of Nutrition, Mahidol University.

Literature cited

Blanco-Ríos, A.K., Medina-Juárez, L.A., González-Aguilar, G.A., Gámez-Meza, N., 2013, Antioxidant Activity of the Phenolic and Oily Fractions of Different Sweet Bell Peppers, Journal of Mexican Chemical Society, 57(2):137-143.

Jung, H.A., Min, B.S., Yokozawa, T., Lee, J.H., Kim, Y.S., Choi, J.S., 2009, Anti-Alzheimer and Antioxidant Activities of Coptidis Rhizoma Alkaloids, Biological and Pharmaceutical Bulletin, 32(8):1433-1438.

Katalinic, M., Rusak, G., Barovic, J.D., Sinko, G., Jelic, D., Antolovic, R. and Kovarik, Z., 2010, Structural Aspects of Flavonoids as Inhibitors of Human Butyrylcholinesterase, European Journal of Medicinal Chemistry, 45(1): 186-192.

Loizzo, M.R., Pugliese, A., Bonesi, M., De Luca, D., O'Brien, N., Menichini, F. and Tundis, R., 2013, Influence of Drying and Cooking Process on the Phytochemical Content, Antioxidant and Hypoglycaemic Properties of Two Bell *Capsicum annum* L. Cultivars, Food and Chemical Toxicology, 53(0): 392-401.

Loizzo, M.R., Tundis, R., Menichini, F. and Statti, G.A., 2008, Influence of Ripening Stage on Health Benefits Properties of *Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.: *in vitro* Studies, Journal of Medicinal Food, 11(1): 184-189.

Luke, R.H., 2000, Antioxidant Vitamin and Phytochemical Content of Fresh and Processed Pepper Fruit (*Capsicum annuum*), Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods: CRC Press.

Marin, A., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F.A. and Gil, M.I., 2004, Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(12): 3861-3869.

Materska, M. and Perucka, I., 2005, Antioxidant Activity of the Main Phenolic Compounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(5): 1750-1756.

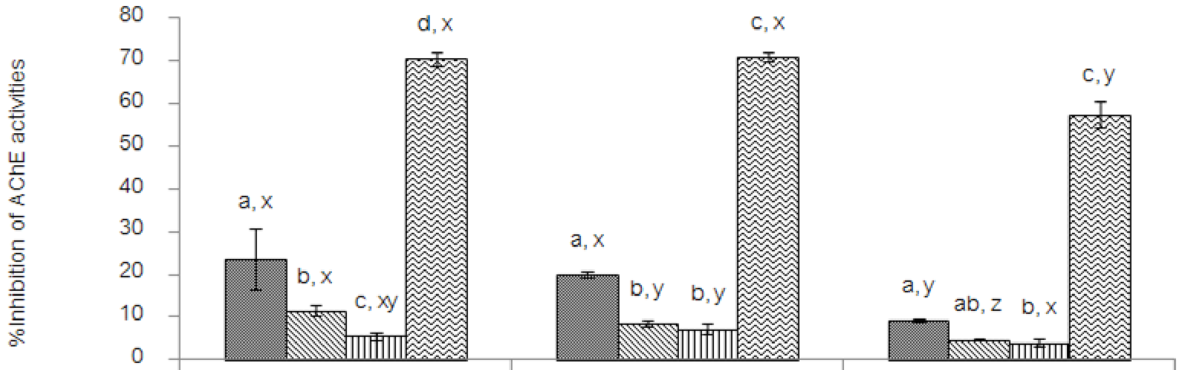
Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti, G., De Cindiob, B., Houghtonc, P.J. and Menichini, F., 2009, The Influence of Fruit Ripening on the Phytochemical Content and Biological Activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero, Food Chemistry, 114(2): 553-560.

Orhan, I., Naz, Q., Kartal, M., Tosun, F., Sener, B. and Choudhary, M.I., 2007, *In vitro* Anticholinesterase Activity of Various Alkaloids, Zeitschrift Fur Naturforschung Section C-a Journal of Biosciences, 62(9-10): 684-688.

Pakaski, M., Hugyecz, M., Santha, P., Jancso, G., Bjelik, A., Domokos, A., Janka, Z. and Kálmán, J., 2009, Capsaicin Promotes the Amyloidogenic Route of Brain Amyloid Precursor Protein Processing, Neurochemistry Internation, 54(7): 426-430.

Rao, A.A., Sridhar, G.R. and Das, U.N., 2007, Elevated Butyrylcholinesterase and Acetylcholinesterase May Predict the Development of Type 2 Diabetes Mellitus and Alzheimer's Disease, Medical Hypotheses, 69(6): 1272-1276.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W. and No, H.K., 2007, Antioxidant Activities of Different Colored Sweet Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.), Journal of Food Science, 72(2): 98-102.



	Hexane	Ethyl acetate	70% (v/v) aqueous ethanol
Green pepper	23.60±7.33	20.01±0.60	9.23±0.37
Red pepper	11.43±1.25	8.56±0.72	4.74±0.25
Orange pepper	5.58±0.88	7.29±1.35	4.01±0.79
Yellow pepper	70.39±1.54	70.87±1.07	57.35±3.10

Figure 1 The AChE inhibitory activities of green, red, yellow, and orange peppers (11.46 g/L) extracted with different solvents including hexane, ethyl acetate, and 70% (v/v) aqueous ethanol. The different letters including a-d and x-z within same solvent extraction condition and colored pepper, respectively, showed the mean significantly difference at *p* value < 0.05 using one-way ANOVA followed by Tukey's *post hoc* test.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 125-128 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 125-128 (2557)

ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพื่อลดไขมันในน้ำสลัด

Effect of Pregelatinized Riceberry Flour for Reducing Fat in Salad Dressing

ปัจจยา ตันติวีรสุต[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[3] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]

Tantivirasut, P.[1], Laohakunjit, N.[2], Suttisansanee, U.[3], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of pregelatinized Riceberry flour (PRF) in reduced fat salad dressing (RFD). The PRF was used to reduce the fat contents of salad dressings to 25, 30 and 35% (wet basis). The pH, color (L*, a*, b* and h°), viscosity, antioxidant contents, antioxidant activities (DPPH, FRAP and ORAC) and sensory scores of the RFD formulas were compared with the full fat salad dressing (FFD). The results showed that the addition of PRF had significant effects on pH, color, viscosity, antioxidant contents and antioxidant activities of RFD ($p \leq 0.05$). The pH, a* and viscosity of salad dressing increased with increasing PRF, while L*, b* and h° decreased. The total anthocyanin content (TAC), total phenolic content (TPC) and antioxidant activities also increased with increasing PRF in RFD. Both FFD and RFD exhibited shear thinning behavior under steady shear tests. Furthermore, the sensory properties showed that the mean scores of color, viscosity, odor, sweet, sour for 30% RFD were near 3, which indicated that these attributes were "just right". Moreover, an overall likeness score of the 30% RFD was the highest. This study showed a good potential of PRF to be used as a fat replacer in salad dressing.

Keywords: Riceberry, Pregelatinized flour, Reduced fat salad dressing

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัด เพื่อให้มีปริมาณไขมันลดลงเป็น 25 30 และ 35% โดยน้ำหนักเปียก จากนั้นนำน้ำสลัดลดไขมันไปตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง สี (L*, a*, b* และ h°) ความหนืด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับน้ำสลัดไขมันเต็ม (สูตรควบคุม) ผลการทดลองพบว่า การเติมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง สี ความหนืด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดลดไขมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ในน้ำสลัด ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีแดง (a*) และค่าความหนืดของน้ำสลัดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่า hue angle (h°) มีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดลดไขมันมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำสลัดสูตรไขมันเต็ม และสูตรลดไขมันแสดงพฤติกรรมการไหลแบบเชียร์ทินนิง สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำสลัดที่มีไขมันลดลง 30% มีคะแนนสี ความหนืด กลิ่นรส ความหวาน ความเปรี้ยวเข้าใกล้ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอดี และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคสูงที่สุด จากงานวิจัยนี้จึงเห็นได้ว่าแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์สามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดลดไขมันได้

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอรี่ แป้งพรีเจลาทิไนซ์ น้ำสลัดลดไขมัน

[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนน ราชวิถี แขวง/ตำบล ทุ่งพญาไท เขต/อำเภอ ราชเทวี จังหวัด กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10400

[1]Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchawithi District, Bangkok 10400

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[3]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170

[3]Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

คำนำ

น้ำสลัดข้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมของบุคคลทั่วไป แต่มีพลังงานสูงเนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำมัน ในปริมาณมาก จากการสำรวจพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดข้นทางการค้าปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ (15 กรัม) มีค่าพลังงานทั้งหมดประมาณ 85-90 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 70-75 กิโลแคลอรี) และมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 53-55 ซึ่งการบริโภคในปริมาณมากหรือเป็นประจำ อาจทำให้ได้รับไขมันเกินความต้องการของร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ เช่น โรคไขมันในเลือดสูง โรคเบาหวาน และโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น การพัฒนาน้ำสลัดลดไขมันจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่ชอบรับประทานน้ำสลัดข้นให้ได้รับไขมันในปริมาณลดลง น้ำสลัดลดไขมันนิยมใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น มอลโตเดร็กตริน หรือ แป้งดัดแปรคุณภาพ เป็นสารทดแทนไขมัน มีงานวิจัยที่นำแป้งข้าวสีดำซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดข้นบ้าง แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงการเตรียมแป้งข้าวสีดำเป็นแป้งพรีเจลาทิไนซ์ และนำมาใช้ทดแทนไขมันในน้ำสลัดข้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดข้นที่มีปริมาณไขมันลดลง และยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากข้าวไรซ์เบอรี่ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าจะมีโอกาสทางการตลาดที่ดีในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เตรียมโดยเครื่องเอกทรูเดอร์สกรูเดี่ยว ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำคือ 100:40 ในการป้อนเข้าเครื่อง ความเร็วรอบของสกรูที่ 50 rpm และใช้อุณหภูมิของบาร์เรลในส่วนแรก 80°C และส่วนที่สอง 100°C จากนั้นนำแป้งที่ได้มาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำมาบดโดยใช้เครื่องบดละเอียด (M20, IKA, Germany) และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช

การเตรียมน้ำสลัดสูตรไขมันเต็ม ซึ่งเป็นน้ำสลัดสูตรควบคุมมีส่วนประกอบคือ น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 52.98 น้ำตาลทรายร้อยละ 19.87 เกลือร้อยละ 2.21 น้ำส้มสายชูร้อยละ 15.45 ไข่แดงร้อยละ 8.39 และ มัสตาร์ดร้อยละ 1.10 เตรียมโดยนำส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้นน้ำมันถั่วเหลืองผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Kuechenmaschine, Moulinex Inc., French) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นค่อยๆเทน้ำมันถั่วเหลืองทีละน้อยจนหมดเป็นเวลา 1 นาที และผสมให้เข้ากันอีก 30 วินาที ส่วนน้ำสลัดสูตรทดแทนไขมันจทำโดยลดระดับไขมันลง 25, 30 และ 35% โดยทดแทนปริมาณไขมันที่ลดลงด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ และน้ำในอัตราส่วน 1:1 น้ำสลัดลดไขมันเตรียมโดยเริ่มจากผสมน้ำมันถั่วเหลือง และแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ให้เข้ากัน จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้นน้ำมันถั่วเหลืองและแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที ค่อยๆเทน้ำมันถั่วเหลืองและแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ที่ผสมเข้ากันแล้วทีละน้อยจนหมดเป็นเวลา 1 นาที และผสมให้เข้ากันอีก 30 วินาที

ตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำสลัดไขมันเต็ม และน้ำสลัดลดไขมัน โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ความหนืดด้วยเครื่อง Rheometer (Haake Mars III, Thermo Fisher Scientific Inc., Germany) (Mun และคณะ, 2009) และค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter (Miniscan EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) รายงานผลเป็นค่า L* a* b* และ hue angle (h°) ตรวจสอบปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Lee และคณะ, 2005) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu (Amarowicz และคณะ, 2004) และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH) (Fukumoto และ Mazza, 2000), Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996) และ Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) (Ou และคณะ, 2001) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีม่วง ความหนืด กลิ่นรส ความหวาน และความเปรี้ยว ด้วยวิธี 5 point just-about-right scale และการยอมรับโดยรวมทดสอบด้วยวิธี 5 point scoring test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี (Table 1) และความหนืด (Table 2) ของน้ำสลัดสูตรควบคุม และสูตรลดไขมัน จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีน้ำในส่วนประกอบของน้ำสลัดเพิ่มมากขึ้น แต่พบว่ายังมีค่าน้อยกว่า 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Radford และ Board (1993) พบว่า มายองเนสที่มีส่วนประกอบของไข่ดิบ และน้ำส้มสายชูต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.1 หรือน้อยกว่าเพื่อลดความเสี่ยงของการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลือง และค่า hue angle มีค่าลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อ

เพิ่มปริมาณแป้งข้าว ไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ เนื่องจากสารรงควัตถุที่พบในแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ คือ สารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารที่ให้สีม่วง (Abdel-Aal และคณะ, 2006) เมื่อเติมลงในน้ำสลัดลดไขมันจึงส่งผลให้น้ำสลัดลดไขมันมีสีม่วงเข้มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่า hue angle ของน้ำสลัดไขมันเต็มมีค่าอยู่ในช่วง 45-90° ซึ่งอยู่ในช่วงสีแดงส้ม และสีเหลือง ส่วนน้ำสลัดลดไขมันมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 0-45° ซึ่งอยู่ในช่วงสีม่วงแดง และสีแดงส้ม จากการศึกษาสมบัติทางด้านรีโอโลยีของน้ำสลัดพบว่า น้ำสลัดทั้งสูตรไขมันเต็มและสูตรลดไขมันมีค่าดัชนีการไหล (η) อยู่ในช่วง $0<\eta<1$ ซึ่งแสดงพฤติกรรมการไหลแบบ ซูโดพลาสติก หรือแบบเชียร์ทินนิงที่มีค่า yield stress และเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด ค่าคงที่ของการไหล (K) และค่า yield stress มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ในน้ำสลัด ทำให้เริ่มมีการซ้อนทับการของโมเลกุลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการสร้างจุดเชื่อมต่อภายในโมเลกุล และเกิดการขยายออกของโครงสร้างจึงทำให้ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น (Franco และคณะ, 1998)

ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดสูตรควบคุม และสูตรลดไขมัน (Table 3) พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพิ่มขึ้น ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวไรซ์เบอรี่ซึ่งพบมากในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) และสารประกอบฟีนอลิกนี้มีฤทธิ์ในการเป็นสารที่ช่วยยับยั้งออกซิเจนอะตอมเดี่ยว และเป็นสารที่ให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระได้จึงทำให้ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น (Saikia และคณะ, 2012)

ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดสูตรลดไขมัน (Table 4) แสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดที่ลดไขมันลง 25, 30 และ 35% พบว่า น้ำสลัดสูตรลดไขมันลง 30% มีคะแนนสีม่วง ความหนืด กลิ่นรส ความหวาน และความเปรี้ยวเข้าใกล้ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอดี และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคสูงที่สุด

สรุปผล

เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ในน้ำสลัดลดไขมัน ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลือง และค่า hue angle มีค่าลดลง และพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ยังส่งผลให้ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น และน้ำสลัดที่ลดไขมันลง 30% มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีม่วง ความหนืด กลิ่นรส ความหวาน และความเปรี้ยว อยู่ในเกณฑ์พอดี และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคสูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์สามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดได้ และทำให้น้ำสลัดมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ บริษัทน้ำตาลราชบุรี จำกัด ภายใต้ชื่อ "โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท" ปีพ.ศ. 2556

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Aal, E.-S.M., Young, J.C. and Rabalski, I., 2006, Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 4696-4704.

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A., 2004, Free-radical Scavenging Capacity and Antioxidant Activity of Selected Plant Species from the Canadian Prairies, Food Chemistry, 84: 551-562.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Franco, J.M., Gallegos, C. and Barnes, H.A., 1998, On Slip Effects in Steady-state Flow Measurements of Oil-in-water Food Emulsions, Journal of Food Engineering, 36: 89-102.

Fukumoto, L.R. and Mazza, G., 2000, Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3597-3604.

Lee, J., Durst, R.W. and Wrolstad, R.E., 2005, Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study, Journal of AOAC International, 88: 1269-1278.

Mun, S., Kim, Y.L., Kang, C.G., Park, K.H., Shim, J.Y. and Kim, R.Y., 2009, Development of Reduced-fat Mayonnaise Using 4αGTase-modified Rice Starch and Xanthan Gum, International Journal of Biological Macromolecules, 44: 400-407.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. and Prior, R.L., 2001, Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4619-4626.

Radford, S.A. and Board, R.G., 1993, Review: Fate of Pathogens in Homemade Mayonnaise and Related Products, Food Microbiology, 10: 269-278.

Saikia, S., Dutta, H., Saikia, D. and Mahanta C.L., 2012, Quality Characterisation and Estimation of Phytochemicals Content and Antioxidant Capacity of Aromatic Pigmented and Non-pigmented Rice Varieties, Food Research International, 46: 334-340.

Table 1 The pH and color values of FFD and RFD

Treatments	pH	L*	a*	b*	h°
FFD (Control)	3.41±0.01 ^{d}	81.55±0.03 ^{a}	5.93±0.01 ^{d}	33.11±0.03 ^{a}	79.88±0.03 ^{a}
25% RFD	3.43±0.01 ^{c}	48.04±0.03 ^{b}	12.89±0.01 ^{c}	8.68±0.02 ^{b}	33.95±0.04 ^{b}
30% RFD	3.47±0.01 ^{b}	45.24±0.14 ^{c}	13.18±0.04 ^{b}	7.22±0.00 ^{c}	28.70±0.07 ^{c}
35% RFD	3.59±0.01 ^{a}	43.69±0.04 ^{d}	13.28±0.02 ^{a}	6.57±0.02 ^{d}	26.33±0.04 ^{d}

^{a,b,c,d} Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Herschel-Bulkley parameters of FFD and RFD

Treatments	Viscosity (Pa s)	K	η	σ_0	r^2
FFD (Control)	3.35±0.26 ^{d}	39.18±2.50 ^{c}	0.3867±0.01 ^{bc}	17.70±2.59 ^{d}	0.9986
25% RFD	5.33±0.34 ^{c}	48.66±3.63 ^{c}	0.4496±0.01 ^{a}	22.48±2.31 ^{c}	0.9990
30% RFD	7.26±0.12 ^{b}	77.74±6.50 ^{b}	0.4098±0.01 ^{b}	27.67±4.75 ^{b}	0.9996
35% RFD	9.64±0.10 ^{a}	120.87±13.49 ^{a}	0.3649±0.03 ^{c}	29.42±12.43 ^{a}	0.9987

^{a,b,c,d} Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Antioxidants and antioxidant activities of FFD and RFD

Treatments	TAC (mg/L)(mg/100g)	TPC (mgGAE/100g)	DPPH (µmolTE/g)	FRAP value (µmolTE/g)	ORAC (µmolTE/g)
FFD (Control)	ND	24.8287±2.57 ^{c}	1.0213±0.07 ^{d}	0.4647±0.04 ^{d}	4.9208±0.81 ^{c}
25% RFD	6.5961±1.07 ^{c}	34.5992±2.19 ^{b}	1.4479±0.03 ^{c}	1.1600±0.04 ^{c}	11.8656±0.67 ^{b}
30% RFD	8.0155±0.71 ^{b}	44.1347±4.15 ^{a}	1.5657±0.0 ^{b}	1.2155±0.06 ^{b}	13.0697±0.63 ^{a}
35% RFD	9.4766±0.87 ^{a}	46.6454±2.02 ^{a}	1.7865±0.0 ^{a}	1.3968±0.04 ^{a}	13.6120±0.94 ^{a}

^{a,b,c,d} Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 4 Sensory attribute scores of the reduced fat salad dressings

Treatments	Purple color*	Viscosity*	Odor*	Sweet*	Sour*	Overall acceptability**
25% RFD	2.37±0.56 ^{c}	2.40±0.62 ^{c}	2.90±0.61 ^{b}***	2.40±0.50 ^{b}	3.10±0.71 ^{a}***	3.57±1.10 ^{b}
30% RFD	3.17±0.53 ^{b}***	3.13±0.63 ^{b}***	3.23±0.68 ^{a}***	2.87±0.51 ^{a}***	3.17±0.65 ^{a}***	4.13±0.63 ^{a}
35% RFD	4.30±0.65 ^{a}	3.90±0.71 ^{a}	3.47±0.63 ^{a}	3.03±0.67 ^{a}***	3.17±0.75 ^{a}***	3.50±1.04 ^{b}

^{a,b,c} Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$) * Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just right, 1 = not enough) **Five-point scoring scale (5 = most acceptable, 1 = least acceptable)
*** No significant different from the score of 3 (just right score) ($p > 0.05$)

ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตเจนต่อคุณภาพข้าวฮางงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Effect of CO_2 and N_2 on the Quality of Germinated Parboiled Brown Rice (GPR) 'KDML 105'

นิภาดา ราณมีชัย[1]พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย[1]อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Ranmeechai, N.[1], Boonyaritthongchai, P.[1], Uthairatanakij, A.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

In this research we aimed to study the effect of CO_2 and N_2 on the quality of germinated parboiled brown rice (GPR) 'KDML 105' with 8.06% moisture content (MC). The GPR was packed in 120 micron laminated bags (Nylon/LLDPE), which were sealed in three different conditions: 60% CO_2 + 40% N_2-sealed, 100% N_2-sealed, and vacuum-sealed (as a control). The samples were stored at ambient temperature (30±2°C) for 9 months. The MC of all treatments was slightly changed but the yellowness of GPR slightly increased during storage. The rancidity presented by thiobarbituric acid (TBA) value increased 2-3 fold and was the highest in vacuum-sealed bags was followed by the 100% N_2-sealed bagsand 60% CO_2 + 40% N_2-sealed bags.The free fatty acid of GPR in vacuum-sealed bags was slightly decreased from the initial value and significantly the lowest followed by in 100% N_2-sealed and 60% CO_2+ 40% N_2-sealed bags, respectively. The hardness, adhesiveness and elongation rate of the cooked GPR packed in 60% CO_2 + 40% N_2 and vacuum increased significantly more than that in the 100% N_2. Storage for 9 months only declined water absorption of the GPR packed in the vacuum-sealed bag. Overall, the results suggest that the 100% N_2-sealed package seems to be the most promising method for retaining GPR quality.

Keywords: CO_2, N_2, germinated parboiled brown rice (GPR), 'KDML 105'

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนต่อคุณภาพข้าวฮางงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ความชื้น 8.06 เปอร์เซ็นต์ ที่บรรจุในถุงลามิเนตชนิด nylon/linear low-density polyethylene (Nylon/LLDPE) ความหนา 120 ไมโครเมตร ปิดผนึกในสภาพก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับไนโตรเจน 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (60% CO_2+ 40% N_2) ปิดผนึกในสภาพก๊าซไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ (100% N_2) และปิดผนึกแบบสุญญากาศ (vacuum) (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) เป็นเวลา 9 เดือน พบว่าความชื้นของการบรรจุทุกแบบมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ข้าวฮางงอกมีสีเหลืองขึ้นเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา กลิ่นหืนที่วัดจากค่า thiobarbituric acid (TBA) เพิ่มขึ้น 2-3 เท่า โดยการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือการบรรจุแบบ 100% N_2และ 60% CO_2+ 40% N_2 ส่วนปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงจากค่าเริ่มต้น โดยการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญกับการบรรจุแบบ 100% N_2 และ 60% CO_2+ 40% N_2 ตามลำดับ ความแข็ง ความเหนียว และอัตราการยืดตัวของข้าวฮางงอกหุงสุกที่บรรจุแบบ 60% CO_2+ 40% N_2 และแบบสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการบรรจุแบบ 100% N_2การเก็บรักษาเป็นเวลา 9 เดือน มีผลต่ออัตราการดูดน้ำของข้าวฮาง งอกที่บรรจุแบบสุญญากาศ จากผลการทดลองข้าวฮางงอกหลังจากเก็บรักษาในสภาพ 100% N_2 มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนข้าวฮางงอก พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น ข้าวฮางงอกเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีสำคัญ เพราะอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย เช่น โปรตีน ไฟเบอร์ แร่ธาตุ วิตามินและกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA) (Ohtsubo และคณะ, 2005; Komatsuzaki และคณะ, 2005) แต่ปัญหาของข้าวฮางงอก ซึ่งคล้ายกับข้าวกล้อง คือเกิดกลิ่นหืนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (อรอนงค์, 2547) ส่งผลให้ข้าวฮางงอกเสื่อมคุณภาพและมีอายุ

[1] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150**

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49tientalay 25Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

การเก็บรักษาสั้น สภาวะการเก็บรักษาและภาชนะบรรจุเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพได้ เช่น การเก็บรักษาข้าวกล้องในถุงพลาสติกปิดผนึกแบบสุญญากาศ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวกล้องได้ดีกว่าการปิดผนึกแบบธรรมดา (ทักษอร, 2547) ในขณะที่การบรรจุข้าวกล้องที่คลุกเชื้อ *Aspergillus flavus* ในถุงลามิเนตในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* และการสร้างแอลฟลาทอกซินได้นานกว่า 6 เดือน ซึ่งดีกว่าการปิดผนึกแบบสุญญากาศ (บุญมี, 2548) การเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับไนโตรเจน 40 เปอร์เซ็นต์ ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระในเมล็ดข้าวโพดหวานได้ดีที่สุด (ณกัญญา, 2553) สำหรับข้าวฮางงอกยังไม่มีรายงานการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนมาใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพข้าวฮางงอก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนต่อคุณภาพข้าวฮางงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ105ภายหลังทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวฮางงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากบริษัทข้าวต้น (ประเทศไทย) จำกัด ความชื้น 8.06 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 กิโลกรัม มาบรรจุในถุงลามิเนตชนิด nylon/linear low-density polyethylene (Nylon/LLDPE) ความหนา 120 ไมโครเมตร ขนาด 5×12 นิ้ว ขยายด้านข้างประมาณ 2 นิ้ว (จำนวน 3 ซ้ำต่อทรีทเมนต์) จากนั้นทำการปิดผนึกทั้งหมด 3 แบบดังนี้ 1) ปิดผนึกในสภาพก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับไนโตรเจน 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (60% CO_2+ 40% N_2) 2) ปิดผนึกในสภาพก๊าซไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ (100% N_2) และ 3) ปิดผนึกแบบสุญญากาศ (vacuum) (ชุดควบคุม) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) เป็นเวลา 9 เดือน จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และเคมี โดยทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น (AOAC, 1995) ค่าสี L* a* และ b* ตามระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Minolta Model DP-301อัตราการดูดน้ำ (Daniels และคณะ, 1998) อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Juliano และ Perez, 1984) ความแข็งและความเหนียวของข้าวสุก วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer (model TA-XT2 Probes P/35) ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995) และวัดกลิ่นหืนจากค่า thiobarbituric acid (TBA) (ดัดแปลงจาก Hayashi และคณะ, 1998) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง ข้าวฮางงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้นเริ่มต้น 8.06 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 เดือน พบว่าการบรรจุทุกแบบไม่มีผลต่อความชื้นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 7.72-8.07 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1A) เพราะถุงลามิเนตชนิด Nylon/LLDPE สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของความชื้นได้ดี จึงส่งผลให้ความชื้นก่อนและหลังเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าความสว่าง (L*) (55.09-58.31) (Figure 1B) ค่าสีแดง (a*) (1.84-2.31) (Figure 1C) และสีเหลือง (b*) (25.21-26.37) (Figure 1D) ของข้าวฮางงอกที่ปิดผนึกทั้ง 3 แบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 เดือน ข้าวฮางงอกทุกทรีทเมนต์มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การเกิดกลิ่นหืนที่วัดได้จากค่า thiobarbituric acid (TBA) ภายหลังเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น โดยการบรรจุแบบสุญญากาศมีกลิ่นหืนมากที่สุด รองลงมาคือการบรรจุแบบ 100% N_2 และ 60% CO_2+ 40% N_2 (64.10, 58.56 และ 54.59 nmole/g of rice) ตามลำดับ (Figure 1E) สอดคล้องกับ ไกรสีห์ และสุพัฒน์ (2554) พบว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยลดการเกิดกลิ่นหืนที่วัดได้จากปริมาณเฮ็กซาแนลได้ดีกว่าการใช้ก๊าซไนโตรเจนและการบรรจุแบบสุญญากาศของ

ข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา ภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 เดือน ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น (2.25 KOH (mg)/100 g of rice) เนื่องจากทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดกลิ่นหืนมากขึ้น (Marshall และ Wadsworth, 1994) สังเกตจากค่า TBA ที่เพิ่มขึ้น โดยการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้ข้าวฮางงอกมีค่า FFA น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ กับการบรรจุแบบ 100% N_2 และ 60% CO_2 + 40% N_2 (1.66, 1.75 และ 2.11 KOH (mg)/100 g of rice) ตามลำดับ (Figure 1F) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญมี, (2548) รายงานว่า ข้าวกล้องที่บรรจุในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระไม่มีความแตกต่างกันกับการบรรจุแบบสุญญากาศ ความแข็งของข้าวฮางงอกหุงสุกที่บรรจุแบบ 60% CO_2 + 40% N_2 และแบบสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 32.66 เป็น 47.56 และ 45.60 นิวตันตามลำดับซึ่งมากกว่าการบรรจุแบบ 100% N_2 (37.60 นิวตัน) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2C) เมื่อพิจารณาถึงความเหนียวของข้าวฮางงอกหุงสุก หากตัวอย่างที่วัดได้มีค่ามากหมายถึงข้าวมีความเหนียวน้อย โดยการบรรจุ

แบบ 60% CO_2 + 40% N_2และแบบสุญญากาศมีค่าความเหนียวลดลง และมีความแตกต่างกับการบรรจุแบบ 100% N_2 อย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2D) ความแข็งเพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บรักษา เนื่องจากสตาร์ชเกิดการเกาะเกี่ยวกันเพิ่มขึ้น และโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวมีความแข็งแรงมากขึ้น ทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อยลงมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกแข็งขึ้น (Juliano, 1972) เช่นเดียวกันกับสาคร, (2547) พบว่าข้าวนึ่งที่เก็บรักษาในถุงลามิเนตปิดผนึกแบบสุญญากาศเป็นเวลา 6 เดือน ทำให้ความแข็งของข้าวสุกมีค่าเพิ่มขึ้นการบรรจุแบบ 100% N_2 มีค่าอัตราการยืดตัวของข้าวฮางงอกหุงสุก (1.08 มิลลิเมตร) ไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น (1.09 มิลลิเมตร) ในขณะที่การบรรจุแบบ 60% CO_2 + 40% N_2 (1.13 มิลลิเมตร) และแบบสุญญากาศ (1.12 มิลลิเมตร) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Figure 2A) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ละมุล (2555) พบว่า การเก็บรักษาข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลานานทำให้ค่าอัตราการยืดตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเก็บรักษาเป็นเวลา 9 เดือน ไม่ส่งผลต่ออัตราการดูดน้ำของข้าวฮางงอกที่บรรจุแบบ 60% CO_2 + 40% N_2 และ 100% N_2 แต่การบรรจุแบบสุญญากาศมีอัตราการดูดน้ำลดลงเล็กน้อยจาก 98.35 เป็น 92.18 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2B)

สรุปผล

การบรรจุข้าวฮางงอกภายใต้สภาพ 100% N_2 หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 เดือน มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวฮางงอกได้ดีที่สุดถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสีของข้าว การเกิดกลิ่นหืน และอัตราการดูดน้ำไม่แตกต่างกับการบรรจุแบบ 60% CO_2 + 40% N_2 แต่มีคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสดีกว่าการบรรจุแบบ 60% CO_2 + 40% N_2โดยสังเกตจาก ความแข็ง และอัตราการยืดตัวของข้าวสุกมีค่าน้อย แต่มีความเหนียวมากกว่า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัทข้าวต้น (ประเทศไทย) จำกัดภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ. ระดับปริญญาโท

เอกสารอ้างอิง

ไกรสีห์ พิสิษฐ์กุล และสุพัฒน์ ใต้เวชศาสตร์, 2554, อิทธิพลร่วมของปัจจัยการบรรจุหีบห่อต่อคุณภาพความหอมของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังการเก็บรักษาระยะนาน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 713-716.

ณกัญญา พลเสน, 2553, ผลของก๊าซไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 108 หน้า.

ทักษอร บุญชู, 2547, ผลของรังสี UV-C รังสีแกมมา และวิธีการบรรจุ ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซิน B1 ในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 149 หน้า.

บุญมี ณ รังสี, 2548, ผลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการควบคุมเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการสร้างอะฟลาทอกซิน B1 ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวกล้อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 114 หน้า.

ละมุล วิเศษ, 2555, ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านการหุงต้มของข้าว, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 17(1): 172-180.

สาคร นันทะวิชัย, 2547, ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพของข้าวนึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 166 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล , 2547, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 366 หน้า.

AOAC, 1995, Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemistry, Virginia., Vol. II, Chapter 27, p. 24.

Daniels, M.J., Marks, B.P., Siebenmorgen, T.J., Mcnew, R.W. and Meullenet, J.F., 1998, Effect of Long Grain Rough Rice Storage History on End-use Quality, Journal of Food Science, 63: 832-835.

Hayashi, T., Okadome, H., Toyoshima, H., Todoriki, S. and Ohtsubo, K., 1998, Rheological Properties and Lipid Oxidation of Rice Decontaminated with Low Energy Electrons, Journal of Food Protection, 61(1): 73-77.

Juliano, B.O., 1972, Rice: Chemistry and Technology, pp. 16-74, In D.F. Houston (ed.), The Rice Caryopsis and its Composition, Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minnesota.

Juliano, B.O. and Perez, C.M., 1984, Results of a Collaborative Test on the Measurement of Grains Elongation of Milled Rice during Cooking, Journal of Cereal Science, 2: 281-292.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T., 2005, Effect of Soaking and Gaseous Treatment on GABA Content in Germinated Brown Rice, Journal of Food Engineering, 78: 556-560.

Marshall, W.E. and Wadsworth, J.I., 1994, Rice Science and Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 470 p.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T., 2005, Bio-functional Components in the Processed Pregerminated Brown Rice by a Twin-screw Extruder, Journal of Food Composition and Analysis, 18(4): 303-316.

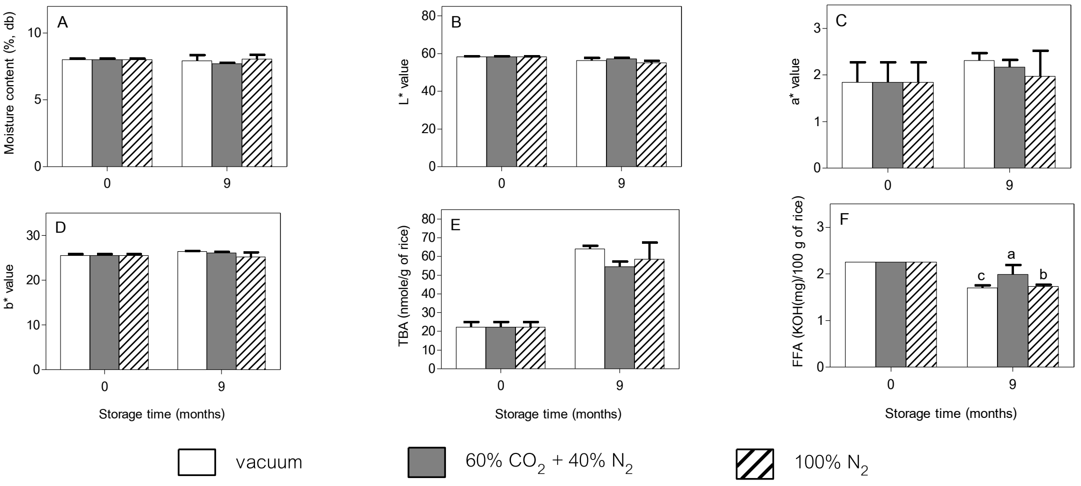


Figure 1 Moisture content (A), L* (B), a* (C), b* (D) values,thiobarbituric acid (TBA) value (E) and free fatty acid (F) of germinated parboiled brown rice (GPR) 'KDML 105' was packed in 120 micron laminated bags (Nylon/LLDPE), which were sealed in three different conditions: 60% CO_2 + 40% N_2-sealed, 100% N_2-sealed and vacuum-sealed (as a control). The samples were stored at ambient temperature (30±2°C) for 9 months.

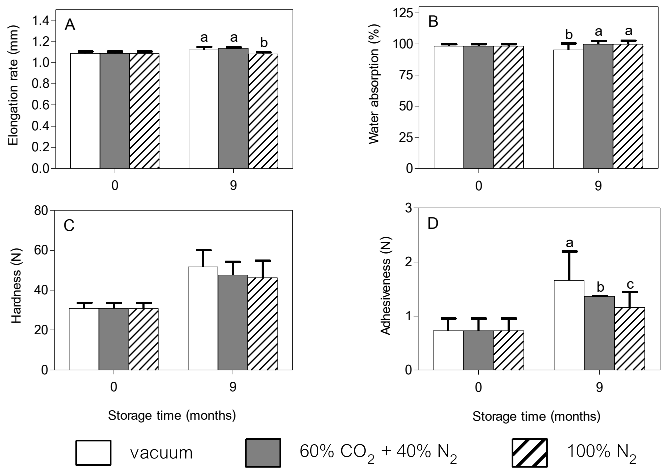


Figure 2 Elongation rate (A), water absorption (B), hardness (C) and adhesiveness (D) of germinated parboiled brown rice (GPR) 'KDML 105' was packed in 120 micron laminated bags (Nylon/LLDPE), which were sealed in three different conditions: 60% CO_2 + 40% N_2-sealed, 100% N_2-sealed and vacuum-sealed (as a control). The samples were stored at ambient temperature (30±2°C) for 9 months.

การศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสจากสารสกัดถั่ว

The Investigation on α-glucosidase Inhibitory from Legume Extracts

ปริยานุช ชุติปัญญาภรณ์[1] กัลยารัตน์ เครือวัลย์[1] เชาวนีย์ ชูพีรัชน์[1] ชลัท ศานติวรางคณา[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Chutipanyaporn, P.[1], Kruawan, K.[1], Chupeerach, C.[1], Santivarangkna, C.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Type 2 diabetes (T2DM) is a public health problem, which increased rapidly, especially in developing country. The cause of T2DM is suggested as irregular insulin action, insulin secretion and glucose absorption. One of several medical therapies of T2DM is available through inactivation of α-glucosidase, the enzyme that controls starch degradation into glucose. Thus, inhibition of α-glucosidase could decrease rate of carbohydrates digestion and glucose absorption. Legumes are good sources of phenolic compound, some of which might possess biological properties as anti-α-glucosidase agents. Thus, the aim of this study was to investigate the α-glucosidase inhibitory activities and determine the effect of cooking process using different types of legumes, including mung bean, soybean, black bean, white bean, red kidney bean and peanut. All samples (1 g) were extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol (20 mL) and determined the α-glucosidase inhibitory activity using α-glucosidase (0.1 U/mL) and *p*-nitrophenol-α-D-glucopyranoside (0.5 mM). As results, the raw legumes exhibited higher α-glucosidase inhibitory activities than cooked legumes ($p<0.05$), suggesting that anti-α-glucosidase agents from legumes might be destroyed during cooking process. Raw peanut exhibited the highest inhibitory activity, followed by soybean, red kidney bean, white bean, black bean and mung bean, respectively. On the other hand, cooked red kidney bean exhibited the highest inhibitory activity, followed by white bean, mung bean, peanut, soy bean and black bean, respectively. The information received from this study could promote health benefit of legumes regarding the control of T2DM through α-glucosidase inhibitory pathway.

Keywords: diabetes, α-glucosidase inhibition, legume extract

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 จัดเป็นปัญหาสาธารณสุขที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสาเหตุของการเกิดโรคนั้นเกิดจากความผิดปกติจากการทำงานของอินซูลิน การหลั่งของอินซูลิน และการดูดซึมของกลูโคสเข้าเซลล์ ในการรักษาทางการแพทย์ของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 นั้นจะเป็นการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยแป้งเป็นกลูโคส ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์นี้จะขัดขวางการย่อยแป้งและการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่ร่างกาย พืชตระกูลถั่วเป็นแหล่งสำคัญของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบางอย่างที่อาจมีสมบัติในการต้านเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือ เพื่อตรวจสอบฤทธิ์ต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสและผลของของความร้อนจากสารสกัดถั่วดิบและถั่วสุกแต่ละชนิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วขาว ถั่วแดงและถั่วลิสง โดยตัวอย่างถั่ว (1 กรัม) จะถูกสกัดด้วยสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร (อัตราส่วน 1 กรัมต่อสารละลาย 20 มิลลิลิตร) และศึกษาหาปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ 0.01 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.05 มิลลิโมลาร์ ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากถั่วดิบสามารถยับยั้งการเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้สูงกว่าถั่วสุก ซึ่งอาจเนื่องมาจากสารยับยั้งเอนไซม์ถูกทำลายด้วยความร้อนในกระบวนการประกอบอาหาร ซึ่งถั่วลิสงดิบสามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้สูงที่สุด ตามด้วย ถั่วเหลือง ถั่วแดง ถั่วขาว ถั่วดำ และถั่วเขียว ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วสุกพบว่าถั่วแดงสามารถยับยั้งเอนไซม์ได้สูงสุด ตามด้วย ถั่วขาว ถัวเขียว ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และถั่วดำ ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้พบว่าพืชตระกูลถั่วมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เกี่ยวกับการควบคุมโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ผ่านทางการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

คำสำคัญ: โรคเบาหวานชนิดที่ 2 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส สารสกัดถั่ว

---

[1]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1]Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Prevalence of diabetes in adults was estimated to increase up to 5.4% worldwide in year 2025 (King *et al.,* 1998). Main causes of diabetes are associated with irregular insulin action, insulin secretion and endogenous glucose output (Weyer *et al.,* 1999). Pharmacological intervention for diabetic treatment involves inhibition of enzymes that control carbohydrate degradation (Inzucchi, 2002). The enzyme, α-glucosidase, can hydrolyzed carbohydrate into disaccharide and monosaccharide; therefore, inhibition of this enzyme would prevent carbohydrate digestion and glucose absorption. These, in turn, could retard and deduce the level of postprandial hyperglycemia after the meal as well as decrease triglyceride synthesis in adipose tissue, liver and intestinal wall (Puls *et al.,* 1977).

Recently, legumes have been reported as excellent sources of diverse phytochemicals with potential efficacy for prevention or treatment of various diseases. Previous studies have suggested that high antioxidant activities and total phenolic compounds (TPCs) were found in pigmented legumes such as black and red beans (Amarowicz and Pegg, 2008). Besides, cooking process could as well affect phytochemicals and antioxidant activity (Chipurura *et al.,* 2010). Since α-glucosidase can be inactivated by several phytochemicals such as flavonoids and phenolics, the compounds that are rich in legumes, it is highly possible that legumes can provide negative effect towards α-glucosidase activity. Nevertheless, the information regarding control of diabetes through α-glucosidase inhibitory activity of legumes is limited. Therefore, the aim of this study was to determine the α-glucosidase inhibitory activities from legumes regarding the effects of legume types (colors) and heat treatment by cooking process.

Materials and Methods

All legumes including peanut, mung bean, black bean, red kidney bean, white bean and soybean were purchased from local market under the brand names, Khaothong (Thai Food Industry (1964) Co., Ltd, Bangkok, Thailand) and Raitip (Thai cereals world (1957) Co., Ltd, Bangkok, Thailand). Cooked legumes were prepared by boiling legumes (1:2 w/v) at 96-98°C for 20 minutes before freeze-drying. Cooked and raw legumes were then ground into fine powder by a cyclotex sample mill (series 1903 with 200-240 V and 81 50/60 Hz from FOSS, Höganäs, Sweden) until the particle size was approx. 80 sieve (0.18 mm). The moisture content was calculated using AOAC method (AOAC, 2000) and was found to be in a range of 5-8%. Legume powder (1 g) was extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol (20 mL) for 2 hours at 30°C with shaking at 100 rpm. The extractant was filtered through Whatman No.1 filter paper and stored at 4 °C for further analysis.

The determination of α-glucosidase inhibitory activity was performed according to the method of You *et al.* (2011). The enzyme assay consisted of *Saccharomyces cerevisiae* α-glucosidase (0.1 U/mL), *p*-nitrophenol-α-D-glucopyranoside (pNPG, 0.5 mM) and legume extract (12.5 mg/mL) in 50 mM potassium phosphate buffer (KPB, pH 7.0). The reaction was monitored at a wavelength of 405 nm using a microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) and a Gen5 data analysis software. The results were calculated as a percentage of inhibition using the equation; %inhibition = 100 x (1-((B-b)/(A-a))), where A was the initial velocity of the reaction mixture using the enzyme with substrate, a was the initial velocity of the reaction mixture using the substrate only, B was the initial velocity of the reaction mixture using the enzyme with substrate and legume extracts, and b was initial velocity of the reaction mixture using substrate and legume extracts. All data were expressed as mean of triplicate experiments (n=3) ± standard deviation (SD). One way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison tests were performed to determine the significant differences at $p<0.05$. The significant difference in the effect of cooking was determined by independent t-test group with $p<0.05$. All statistical analyses were carried out using SPSS statistical analysis (version 16 for Windows, SPSS Inc., Chicago, USA).

Results

As results, raw legumes exhibited higher percentage of inhibition than cooked legumes (Figure 1). Among all raw legumes, peanut exhibited the highest α-glucosidase inhibitory activity (60.63% inhibition),

followed by soybean, red kidney bean, white bean, black bean and mung bean, respectively. However, in cooked legumes, red kidney bean exhibited the highest α-glucosidase inhibitory activity (37.28% inhibition), followed by white bean, mung bean, peanut, soybean and black bean, respectively.

Discussion

Peanut has been reported to contain many phytochemicals such as trans-resveratrol, phytosterols, isoflavones, genistein and daidzein (Isanga and Zhang, 2007). A predominant polyphenol found in peanut is *p*-coumaric acid, which is accounting for 40–68% of the total phenolics present (Seo and Morr, 1985; Mattila and Hellstrom, 2007; Phan-Thien *et al.,* 2014). Previous research also suggested that *p*-coumaric acid content was correlated with potential inhibition against α-glucosidase with an IC_{50} (inhibition constant at 50% inhibition) of 0.004 mM (Wongsa *et al.,* 2012). Comparing to the IC_{50} of acarbose (0.42 mM), an anti-diabetic agent, under the same studied condition, *p*-coumaric acid is considered as a very effective α-glucosidase agent. Besides, resveratrol (3,5,4'-trihydroxy-trans-stilbene) that is abundantly found in peanut (84 µg/100 g) exhibited IC_{50} <0.1 mM against α-glucosidase (Chen and Blumberg 2008; Kerem *et al.,* 2006). Thus, high anti-α-glucosidase activity in peanut might be a result of abundant *p*-coumaric acid and resveratrol contents.

Red kidney bean was previously reported to be able to decrease rate of carbohydrate digestion through inhibition of α-amylase by a particular protein that acts as α-amylase inhibitor. It is thought that this inhibitor may reduce calorie intake by possibly preventing the complex carbohydrate digestion, thereby promoting weight loss. However, the inhibition of α-glucosidase that functions similarly to α-amylase in term of carbohydrate digestion has not been investigated yet. Red kidney bean has been report to contain five major anthocyanins, including cyanidin-3,5-diglucoside, delphinidin-3-glucoside, cyanidin-3-glucoside, petunidin-3-glucoside and pelargonidin-3-glucoside with delphinidin-3-glucoside being the most abundantly found (Choung *et al*., 2003). It was previously found that cyanidin-3,5-diglucoside, delphinidin-3-glucoside and some acylated anthocyanin derivatives could inhibit α-glucosidase (Matsui *et al*., 2001; You *et al*., 2011; Rojo *et al*., 2012). Thus, α-glucosidase inhibitory activity in red kidney bean might be come from these bioactive compounds.

Besides, raw legumes exhibited higher inhibitory activity than cooked legumes in all cases. It was possible that phenolics contained seed coat of legumes are destroyed during heat treatment (Vadivel *et al*., 2012). For example, the decrease in anti-α-glucosidase activity in peanut might be due to stability of its bioactive compounds, *p*-coumaric acid and resveratrol. The former was undergone thermodegradation, in which it was continuing destroyed under 75°C, while the later was found to be heat stable. Likewise, anthocyanins in red kidney bean have been reported to be sensitive toward heat treatment (Xu and Chang, 2009). It was also previously reported that boiling and soaking processes could cause decreased anthocyanin contents and total phenolics by oxidative degradation, release of free phenolic acids from conjugate forms, and formation of complex structure of phenolic substances (Xu and Chang, 2009).

Summary

Raw peanut and cooked red kidney bean exhibited the highest α-glucosidase inhibitory activity among raw and cooked legumes, respectively. This information provide supportive evidence of the fundamental knowledge to promote the usage of legumes as the excellent choices of healthy food for health conscious individual regarding control of T2DM through α-glucosidase inhibition.

Literature cited

Amarowicz, R. and Pegg, R.B., 2008, Legumes as a Source of Natural Antioxidants, European Journal of Lipid Science and Technology, 110(10): 865-878.

Chen, C.Y. and Blumberg, J.B., 2008, Phytochemical Composition of Nuts, Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 17: 329-332.

Chipurura, B., Muchuweti, M. and Manditseraa, F., 2010, Effects of Thermal Treatment on the Phenolic Content and Antioxidant Activity of Some Vegetables, Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 2(3): 93-100.

Choung, M.G., Choi, B.R., An, Y.N., Chu, Y.H. and Cho, Y.S., 2003, Anthocyanin Profile of Korean Cultivated Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 7040–7043.

Inzucchi, E.S., 2002, Oral Antihyperglycemic Therapy for Type 2 Diabetes, Jama, 287(3): 360-372.

Isanga, J. and Zhang, G.N., 2007, Biological Active Components and Nutraceuticals in Peanuts and Related Products: Review, Food Reviews International, 23: 123-140.

King, H., Aubert, E.R. and Herman, H.W., 1998, Global Burden of Diabetes, 1995–2025 Prevalence, Numerical Estimates, and Pro jections, Diabetes Care, 21(9): 1414-1431

Kerem, Z., Bolkis, I., Flaishman, M.A. and Sivan, L., 2006, Antioxidant Activity and Inhibition of α-glucosidase by Trans-resveratrol, Piceid, and a Novel Trans-stilbene from the Roots of Lsraeli Rumex bucephalophorus L, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 1243-1247.

Matsui, T., Ueda, T., Oki, T., Sugita, K., Terahara, N. and Matsumoto, K., 2001, α-Glucosidase Inhibitory Action of Natural Acylated Anthocyanins. 2. α-glucosidase Inhibition by Isolated Acylated Anthocyanins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(4): 1952–1956.

Mattila, P. and Hellstrom, J., 2007, Phenolic Acids in Potatoes, Vegetables, and Some of their Products, Journal of Food Composition and Analysis, 20(3-4): 152-160.

Phan-Thien, K.-Y., Wright, G.C. and Lee, N.A., 2014, Peanut Antioxidants: Part 2. Quantitation of Free and Matrix-bound Phytochemicals in Five Selected Genotypes with Diverse Antioxidant Capacity by High Performance Liquid Chromatography (HPLC), LWT - Food Science and Technology, 57(1): 312-319.

Puls, W., Keup, U., Krause, H.P., Thomas, G. and Hoffmeister, F., 1977, Alpha Glucosidase Inhibitor, Naturwissenschaften, 64: 535-536.

Rojo, E.L., Ribnicky, D., Logendra, S., Poulev, A., Rojas-Silva, P., Kuhn, P., Dorn, R., Grace, H.M., Lila, A.M. and Raskin, I., 2012, *In vitro* and *in vivo* Anti-diabetic Effects of Anthocyanins from Maqui Berry (*Aristotelia chilensis*), Food Chemistry, 131(2): 387-396.

Seo, A. and Morr, C.V., 1985, Activated Carbon and Ion Exchange Treatments for Removing Phenolics and Phytate from Peanut Protein Products, Journal of Food Science, 50(1): 262-263.

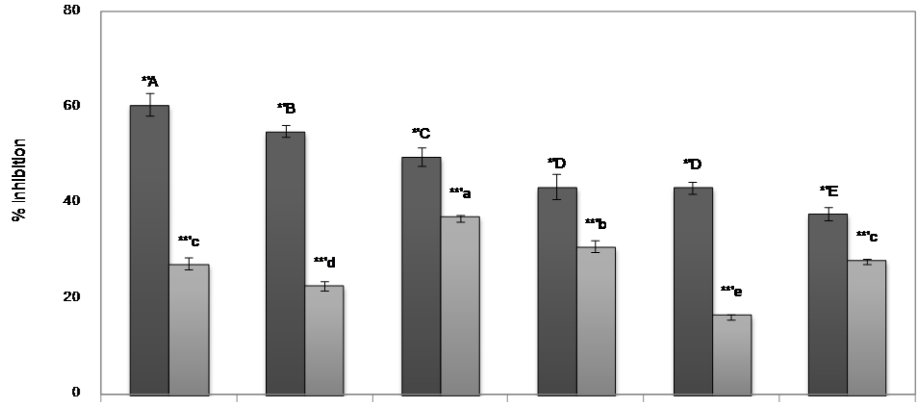
Vadivel, V., Cheong, J.N. and Biesalski, H.K., 2012, Antioxidant and Type II Diabetes Related Enzyme Inhibition Properties of Methanolic Extract of an Underutilized Food Legume, *Canavalia ensiformis* (L.) DC: Effect of Traditional Processing Methods, LWT - Food Science and Technology, 47(2): 255-260.

Weyer, C., Bogardus, C., Mott, M.D. and Pratley, E.R., 1999, The Natural History of Insulin Secretory Dysfunction and Insulin Resistance in the Pathogenesis of Type 2 Diabetes Mellitus, Journal of Clinical Investigation, 104: 787-794.

Wongsa, P., Chaiwarit, J. and Zamaludien, A., 2012, *In vitro* Screening of Phenolic Compounds, Potential Inhibition Against α-amylase and α-glucosidase of Culinary Herbs in Thailand, Food Chemistry, 131: 964–971.

Xu, B. and Chang, S.K.C., 2009, Phytochemical Profiles and Health Promoting Effects of Cool Season Food Legumes as Influenced by Thermal Processing, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 10718–10731.

You, Q., Chen, F., Wang, X., Luo, P.G. and Jiang, Y., 2011, Inhibitory Effects of Muscadine Anthocyanins on α-glucosidase and Pancreatic Lipase Activities, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(17): 9506-9511.



	Peanut	Soybean	Red kidney bean	White bean	Black bean	Mungbean
Raw legumes	60.63 ± 2.34	55.13 ± 1.30	49.82 ± 1.84	43.50 ± 2.59	43.30 ± 1.34	37.83 ± 1.40
Cooked legumes	27.26 ± 1.47	22.86 ± 1.00	37.28 ± 0.38	30.96 ± 1.36	16.84 ± 0.10	28.27± 0.18

*,** Significant difference between raw and cooked beans ($p<0.05$)

A,B,C,… Significant difference of raw bean ($p<0.05$)

a,b,c,… Significant difference of cooked bean ($p<0.05$)

Figure 1 The α-glucosidase inhibitory activities (presented as percentage of inhibition) of raw and cooked legumes including peanut, soybean, red kidney bean, white bean, black bean and mung bean (12.5 mg/mL).

ผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงจากชานอ้อย: การผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์โดย *Bacillus clausii*

High Value Product from Sugarcane Bagasse: Production of Derivative Xylooligosaccharides By *Bacillus clausii*

เกษรา เพิ่มสุข[1] ภัทรา ผาสอน[1,2] รัตติยา แววนุกุล[1,2] ทวีศักดิ์ โอวาททัศนีย์[2] อะกิฮิโกะ โคสึกิ[3] กนก รัตนะกนกชัย[1] และ จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2]

Phoemsuk, K.[1], Pason, P.[1,2], Waeonukul, R.[1,2], Ovattussanee, T.[2], Kosugi, A.[3], Ratanakhanokchai, K.[1] and Tachaapaikoon, C.[1,2]

Abstract

In this research, xylan was extracted from sugarcane bagasse using aqueous ammonia 27% combined with sodium hydroxide solution 15% under 55^{0}C for 2 h. Extracted xylan from bagasse was 259.50 ± 4.30 mg/g sugarcane bagasse. Afterward, it was used as the sole carbon source for derivative xylooligosaccharides (dXOS) production by thermophilic *Bacillus clausii*. The major product (dXOS, nearly xylopentaose) was produced in mineral salt medium (pH 7.0) with 0.5% (w/v) the extracted xylan at 55^{0}C at 200 rpm for 24 h. Effect of dXOS to growth of probiotics was investigated. The result showed that the dXOS enhance growth of *Lactobacillus casei, Enterococcus faecium* and *Streptococcus thermophilus* when cultured in MRS broth. Furthermore, short chain fatty acids such as acetic acid and butyric acid were detected in culture broth from those probiotic strains. This study showed that a high value product can be converted from agricultural residue via biological process.

Keywords: derivative xylooligosaccharides, extracted xylan, probiotics, sugarcane bagasse

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสกัดไซแลนจากชานอ้อยโดยใช้สารละลายแอมโมเนียร้อยละ 27 ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ภายใต้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถสกัดไซแลนได้ 259.50 ± 4.30 มิลลิกรัมต่อกรัมชานอ้อย เมื่อทำการผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูง *Bacillus clausii* ด้วยอาหารเหลวmineral salt ที่มีไซแลนสกัดจากชานอ้อยร้อยละ 0.5 เป็นแหล่งคาร์บอน (น้ำหนักต่อปริมาตร)ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีขนาดใกล้เคียงกับไซโลเพนตะโอสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก จากนั้นทำการศึกษาสมบัติการช่วยกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติกโดยนำอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้มาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเหลว MRS ซึ่งอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ดังกล่าวสามารถกระตุ้นการเจริญของ *Lactobacillus casei Enterococcus faecium* และ *Streptococcus thermophilus* ได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถตรวจพบการผลิตกรดไขมันสายสั้น เช่นกรดอะซิติก และกรดบิวทิริกในน้ำเลี้ยงของโพรไบโอติกทั้งสามสายพันธุ์ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตสารมูลค่าสูงจากวัสดุเหลือทางการเกษตรโดยกระบวนการทางชีววิทยา

คำสำคัญ: อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ ไซแลนสกัด โพรไบโอติก ชานอ้อย

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien-Chaithale Road,Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเลแขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi,49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien-Chaithale Road, Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

คำนำ

ชานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 44.5 (Luciana และคณะ, 2006) โดยเฮมิเซลลูโลสมีไซแลนเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งการย่อยไซแลนที่เป็นองค์ประกอบในชานอ้อยจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีมูลค่า โดยแต่ละปีชานอ้อยจากกระบวนการผลิตสินค้าเกษตรกรรมในประเทศไทยมีเหลือเป็นจำนวนมาก ชานอ้อยจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ นอกเหนือจากการนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ และปุ๋ย

อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือน้ำตาลไซโลส (xylose) ประมาณ 2 ถึง 7 โมเลกุล โดยอาจจะมีหมู่แทนที่คือ D-glucuronic acid หรือ L-arabinose (Yuan และคณะ, 2004) อนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโก-แซ็กคาไรด์มีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ เช่น คุณสมบัติในการต่อต้านแบคทีเรียแกรมบวกและ *Helicobacter pylori* ต่อต้านการแพ้ลดการเกิดคราบแบคทีเรียบนผิวฟัน (plaque) (Moure และคณะ, 2006) คุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) โดยสามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (probiotics) ซึ่งอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ เช่น *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* เป็นต้น (Mussatto และ Mancilha, 2007; Jaskari และคณะ, 1998) ดังนั้นจึงนิยมนำอนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร รวมถึงการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมทางเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง

การผลิตอนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถผลิตได้ด้วยจุลินทรีย์และวิธีทางเอนไซม์ ซึ่งมีข้อดีคือได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าการผลิตด้วยวิธีการทางเคมี เนื่องจากไซลาโนไลติกเอนไซม์มีความไวและความจำเพาะ ต่อไซแลนมากกว่าวิธีอื่นๆ (Tan และคณะ, 2008) หากใช้จุลินทรีย์หรือไซลาโนไลติกเอนไซม์จากจุลินทรีย์ย่อยไซแลนจากวัสดุ-เหลือทิ้งทางการเกษตรให้ได้อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่ ปริมาณมาก และมีจำนวนน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์น้อยชนิด จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมูลค่าสูง และเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้านกระบวนการทำบริสุทธิ์อีกทางหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำชานอ้อยมาผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ โดยใช้จุลินทรีย์ที่ทนอุณหภูมิสูง *B. clausii* ที่ผลิตไซลาโนไลติกเอนไซม์ทนอุณหภูมิสูงที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมาข้างต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชานอ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

B. clausii เป็นแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงมีลักษณะเฉพาะที่สามารถผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ถูกคัดแยกจากดินที่มีการทับถมของเศษพืช การสกัดไซแลนโดยนำชานอ้อยแช่ในแอมโมเนียร้อยละ 27 ที่อุณหภูมิ 60 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่ง พีเอชเท่ากับ 7.0 และสกัดต่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ ร้อยละ 5-17 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปรับพีเอชของสารละลายเท่ากับ 5.0 กรองส่วนที่ไม่ละลายทิ้ง นำส่วนละลายมาตกตะกอนด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ที่ปริมาตรมากกว่าสารละลายตัวอย่าง 4 เท่า ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนที่ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงตะกอนที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที ที่ 4 องศา-เซลเซียส ล้างตะกอนด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 นำตะกอนที่ได้ไปทำแห้งด้วยเครื่อง freeze-drier จากนั้นศึกษาผลของอุณหภูมิโดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมต่อการสกัดจากการทดลองก่อนหน้านี้ ทำการสกัดเหมือนวิธีที่กล่าวมาข้างต้น ที่อุณหภูมิต่างๆ จากนั้นนำไซแลนที่สกัดได้จากชานอ้อยเติมลงอาหารเหลว mineral salt ร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญและผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโก-แซ็กคาไรด์ระหว่างการเพาะเลี้ยง *B. clausii* ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พีเอช 7.0 เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่ระยะเวลาต่างๆ ตรวจสอบรูปแบบผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เกิดขึ้นโดยใช้เทคนิค Thin Layer Chromatography (Thitikorn-amorn และคณะ, 2012) ทำให้อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์บริสุทธิ์เพื่อศึกษาสมบัติการกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติก โดยนำน้ำเลี้ยงเชื้อที่ได้ปั่นเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 8,000 x g เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเซลล์ออก นำส่วนใสมากำจัดโปรตีนออกด้วยวิธี ultrafiltration ร่วมกับการใช้ activated carbon จากนั้นเพาะเลี้ยง โพรไบโอติกคือ *L. casei, E. faecium* และ *S. Thermophilus* โดยถ่ายแบคทีเรียลงในอาหารเหลว MRS ในแหล่งคาร์บอนต่างๆ คือน้ำตาลฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (FOS), อินนูลิน (inulin) และอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ ร้อยละ 1.0 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และส่วนของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมแหล่งคาร์บอน ลงในอาหารนำไปบ่มในเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำเลี้ยงแบคทีเรียที่เวลาต่างๆ วัดความขุ่นเซลล์ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร พีเอช และวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายสั้นที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค Gas chromatography (GC)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ 5 10 12 15 และ 17) และอุณหภูมิ (40 50 55 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส) ต่อการสกัดไซแลนจากชานอ้อย พบว่าที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 และอุณหภูมิ 55องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดไซแลน โดยสามารถสกัดไซแลนได้ 259.50 ± 4.30 มิลลิกรัมต่อกรัมชานอ้อย และเมื่อนำไซแลนที่สกัดได้ไปตรวจสอบองค์ประกอบพบว่ามีน้ำตาลไซโลสเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 70.33 รองลงมาคือ น้ำตาลแมนโนส กลูโคส อะราบิโนส และอื่นๆ (ร้อยละ 14.40 7.27 7.15 และ 0.84 ตามลำดับ) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถสกัดไซแลนได้ด้วยสภาวะด่างที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่สามารถใช้สารละลายที่เป็นด่างในการสกัดไซแลนออกจากวัสดุชีวมวล (Bian และคณะ, 2013)

เมื่อศึกษาการผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ โดยเก็บน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยง *B. clausii* ในอาหารเหลวที่มีไซแลนสกัดจากชานอ้อยเป็นแหล่งคาร์บอน ที่พีเอช 7.0 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลขนาดใกล้เคียงกับน้ำตาลไซโลเพนตะโอสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก พบว่าระหว่างชั่วโมงเริ่มต้นถึงชั่วโมงที่ 18 มีการผลิตน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ขนาดต่างๆ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของไซลาโนไลติกเอนไซม์ ที่ผลิตโดยแบคทีเรียดังกล่าว ภายหลังจากชั่วโมงที่ 21 น้ำตาลขนาดโมเลกุลเล็กเริ่มหายไป เนื่องจากมีการนำไปใช้โดยแบคทีเรียและเริ่มมีการสะสมที่น้ำตาลขนาดใกล้เคียงกับน้ำตาลไซโลเพนตะโอส มากขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 21 (Figure 1) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอนุพันธ์ของน้ำตาลนี้เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสมต่อการย่อยโดยไซลาโนไลติกเอนไซม์ และ/หรือ จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ (Wong และคณะ, 1988) โดยสังเกตได้ว่าตั้งแต่ชั่วโมงที่ 24 น้ำตาลขนาดใกล้เคียงกับน้ำตาลไซโลเพนตะโอสเกิดเป็นผลิตภัณฑ์หลักและเริ่มคงที่

ส่วนการนำอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้ มาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเหลว MRS เพื่อศึกษาสมบัติการช่วยกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติก พบว่าอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถส่งเสริมการเจริญของโพรไบโอติกทั้ง 3 สายพันธุ์ โดย *E. faecium* และ *S. thermophilus* สามารถใช้อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญได้ดีกว่าน้ำตาลฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์และอินนูลินซึ่งเป็นพรีไบโอติกทางการค้า โดยให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกับการเพาะเลี้ยง *L. casei* การที่โพรไบโอติกเจริญในแหล่งคาร์บอนได้แตกต่างกัน น่าจะมีสาเหตุจากโพรไบโอติกแต่ละสายพันธุ์สามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้แตกต่างกัน (Holtl และคณะ, 2005) นอกจากนี้ตรวจพบการผลิตกรดไขมันสายสั้น เช่น กรดอะซิติก และกรดบิวทิริกในน้ำเลี้ยงของโพรไบโอติก ซึ่งการผลิตกรดไขมันสายสั้นส่งผลทำให้ค่าพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อลดต่ำลง ดัง Table 1

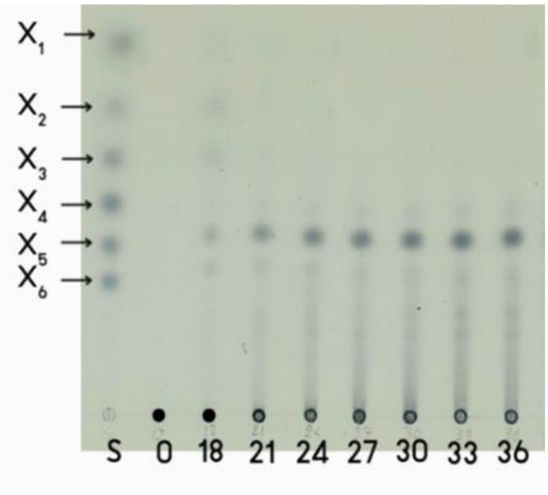


Figure 1 TLC of dXOS in supernatant of *B. clausii* when cultured at various cultivation time on extracted xylan from bagasse at 55^{0}C, pH 7.0. (X_1-X_6 = standard of xylose and xylooligosaccharides)

Table 1 Cell and short chain fatty acid from various probiotic strains in MRS broth supplemented with carbon sources at 37^{0}C for 24 h.

Probiotic strains	Carbon source (0.50%)	Cell (CFU/mL)	pH	Short chain fatty acid (mM)	
				Acetic acid	Butyric Acid
E. faecium	control	8.2 x 10^{13}	5.83	7.74	0.04
	FOS	9.9 x 10^{13}	5.26	10.32	not detected
	inulin	9.6 x 10^{13}	5.46	9.66	not detected
	dXOS	10.4 x10^{13}	5.19	10.35	0.11
S. thermophilus	control	8.5 x 10^{13}	5.94	7.09	0.12
	FOS	9.5 x 10^{13}	5.51	9.38	0.07
	inulin	9.7 x 10^{13}	5.37	9.79	0.07
	dXOS	10.6 x10^{13}	5.17	10.49	0.08
L. casei	control	7.6 x 10^{13}	5.78	7.67	0.07
	FOS	18.3x10^{13}	4.93	11.90	0.07
	inulin	20.6x10^{13}	4.85	13.48	not detected
	dXOS	9.3 x 10^{13}	5.57	9.11	0.12

สรุปผล

ชานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทางการเกษตรที่มีไซแลนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถนำมาสกัดไซแลนออกด้วยสารละลายด่าง (แอมโมเนียร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์) เมื่อนำไซแลนที่สกัดได้จากชานอ้อยมาเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญของแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูง *B. clausii* ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีมูลค่าสูง และมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติก คือ *L. casei* *E. faecium* และ *S. thermophilus* ดังนั้นชานอ้อยจึงเป็นวัสดุเหลือทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับนำมาผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัย-เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Bian, J., Peng, F., Peng, X.P., Peng, P. Xu, F. and Sun, R.C., 2013, Structural Features and Antioxidant Activity of Xylooligosacharides Enzymatically Produced from Sugarcane Bagasse, Bioresource Technology, 127: 236-241.

Holtl, S.M., Miller-Fosmore, C.M. and Cote, G.L., 2005, Growth of Various Intestinal Bacteria on Alternansucrase Derived Oligosaccharides, Applied Microbiology, 40: 385–390.

Jaskari, J., Kontula, P., Siitonen, A., Jousimies-Somer, H., Mattila-Sandholm, T. and Poutanen, K., 1998, Oat β-glucan and Xylan Hydrolysate as Selective Substrates for *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains, Applied Microbiology and Biotechnology, 49: 175-181.

Luciana, A.O., Porto, A.L.F. and Tambourgi, E.B., 2006, Production of Xylanase and Protease by *Penicillium janthinellum* CRC 87M-115 from Different Agricultural Wastes, Bioresource Technology, 97: 862–867.

Moure, A., Gullon, P., Dominguez, H. and Parajo, J.C., 2006, Advances in the Manufacture, Purification and Applications of Xylo-oligosaccharides as Food Additives and Nutraceutricals, Process Biochemistry, 41: 1913-1923.

Mussatto, S.I. and Mancilha, I.M., 2007, Review: Non-digestible Oligosaccharides, Carbohydrate Polymers, 68: 587-597.

Tan, S.S., Li, D.Y., Jiang, Z.Q., Zhu, Y.P., Shi, B. and Li, L.T., 2008, Production of Xylobiose from the Autohydrolysis Explosion Liquor of Corncob Using *Thermotoga maritime* Xylanase B (XynB) Immobilized on Nickel-chelated Eupergit C, Bioresource Technology, 99: 200-204.

Thitikorn-amorn, J., Kyu, K. L., Sakka, K. and Ratanakhanokchai, K., 2012, Production and Accumulation of 4-*O*-Methyl-α-D-Glucuronosyl-Xylotriose by Growing Culture of Thermophilic *Anoxybacillus* sp. Strain JT-12, Applied Biochemistry and Biotechnology, 166(7): 1791-1800.

Wong, K.K.Y., Tan, L.U.L. and Saddler J.N., 1988, Multiplicity of β-1,4-xylanase in Microorganisms: Functions and Applications, Microbiology, 52: 305-317.

Yuan, Q.P., Zhang, H., Qian, Z.M. and Yang, X.J., 2004, Pilot-plant Production of Xylo-oligosaccharides from Corncob by Steaming, Enzymatic Hydrolysis and Nanofiltration, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 79: 1073-1079.

ส่วนประกอบทางพฤกษเคมีและกิจกรรมการต้านจุลชีพในช่องปากของสารสกัดจาก *Phyllanthus emblica* Linn.และ *Acmella oleracea* (L.) R.K.Jansen

Phytoconstituents and *In vitro* Antibacterial Activities Against Oral Pathogens of Extracts from *Phyllanthus emblica* Linn.and *Acmella oleracea* (L.) R.K.Jansen

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1] และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1]
Maisuthisakul, P.[1] and Apintanapong, M.[1]

Abstract

Phyllanthus emblica Linn. and *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen are well-known traditional plants of Thailand. The present study dealed with the preliminary phytochemical screening and determination of antimicrobial activities of water extracts of the plants. *Streptococcus mutans* (BCC 16156) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) were used to test the activities using the disc diffusion and broth micro-dilution methods including inhibition zone. The results revealed that fruit extract of *P. emblica* revealed the presence of flavanone, flavonol, flavone and tannins, whereas a leaf and flower extract of *A. oleracea* showed the presence of saponin and flavanone. *Phyllanthus emblica* Linn. exhibited antibacterial activity against *Streptococcus mutans* (minimum inhibitory concentration (MICs) 0.50 μg/ml) and *Staphylococcus aureus*, (MICs 0.50 μg/ml). The preliminary studies on the extracts of *P. emblica* exhibited their antimicrobial potential which could be exploited further as future antimicrobials for oral care applications.
Keywords: phyto-constituents, antibacterial activities, oral

บทคัดย่อ

Phyllanthus emblica Linn.และ *Acmella oleracea* (L.) R.K.Jansen เป็นพืชพื้นเมืองซึ่งเป็นที่รู้จักในประเทศไทย งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบทางพฤกษเคมีเบื้องต้นและประเมินกิจกรรมการต้านจุลชีพของสารสกัดด้วยน้ำของพืชที่ศึกษา โดยใช้ *Streptococcus mutans* (BCC 16156) และ *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) ด้วยวิธี disc diffusion และ broth micro-dilution รวมทั้ง inhibition zone จากผลการวิจัยพบว่าสารสกัดจากผลของ *P. emblica* มีส่วนประกอบของฟลาวาโนน ฟลาโวนอล ฟลาโวนและแทนนิน ในขณะที่สารสกัดใบและดอกของ *A. oleracea* มีส่วนประกอบของซาโปนิน และฟลาวาโนน โดยที่สารสกัดจาก *P. emblica* มีความสามารถในการยับยั้ง *Streptococcus mutans* (minimum inhibitory concentration (MICs) เท่ากับ 0.50 μg/ml) and *Staphylococcus aureus*, (MICs เท่ากับ 0.50 μg/ml) จากการศึกษาเบื้องต้นนี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัด *P. emblica* มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสารต้านจุลชีพในผลิตภัณฑ์ในช่องปาก
คำสำคัญ: ส่วนประกอบทางพฤกษเคมี กิจกรรมการต้านจุลชีพ ช่องปาก

Introduction

Phyllanthus emblica Linn. (syn. *Emblica officinalis*) known as the Indian gooseberry (English) and amla (Hindi) was originally native to India but is today found growing in Pakistan, Srilanka, Southeast Asia, and Thailand. Indian gooseberry is an important medicinal plant and its regular consumption is also considered to be useful in enhance digestion, reduce fever, reduce cough, strengthen the heart, benefit the eyes and stimulate hair growth (Krishnaveni and Mirunalini, 2010). Phytochemical studies have shown that Indian gooseberry contains tannins, alkaloids, and phenolic compounds. It is a rich source of vitamin C and the levels are more than that in the oranges, tangerins or lemon (Krishnaveni and Mirunalini, 2010). Studies have also shown that Indian gooseberry showed antifungal activity against *A. fumigatus* with MICs in the range of 2.5–5.0 μg/ml. Moreover, ethanolic extracts of Indian gooseberry showed activity against both gram negative and gram positive bacteria including *S. aureus*, as reported by Nair and Chanda (2007).

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

Acmella oleracea (L.) R.K.Jansen is a natural source of bioactive secondary metabolites which are responsible for an array of therapeutic properties. Therapeutic effects are mainly due to the secondary metabolites and antioxidant activity present in different parts of the plant (Jayaweera, 1981). Studies have shown that phytochemical of *Acmella* species mainly depend on N-Alkylamides (Boonen *et al*., 2010). The major constituent of these N-Alkylamides group is spilanthol, the principal bioactive compound which has traditionally been used for the treatment of toothache and responsible bioactivities for antioxidant, anti-inflammatory activities (Boonen *et al*., 2010; Dias *et al*., 2011) including oral health care (Hebbar *et al*., 2004).

Thus, our purpose is to evaluate the phytochemical compounds and antibacterial potential of *P. emblica* and *A. oleracea* in Thailand.

Materials and Methods

Materials; Fresh fruits of *P. emblica* and leaves and flower of *A. oleracea* were purchased from a local market in Prathumthani province, Thailand from March to June in 2013. The material was kept in freezer at 4°C no longer than seven days. The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany). *Streptococcus mutans* (BCC 16156) was purchased from Biotec Culture Collection. *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) was obtained from ATCC (American Type Culture Collection, Rockville, MD, USA).

Preparation of plant extracts; The plants (80 g) was blended for 1 min with water and shaken for 4.5 hours in the dark at 25°C. The supernatant, after filtration through cheesecloth and Whatman No 4 filter paper, was evaporated under vacuum. Sample was dried in a freeze dryer and stored in aluminum foil after flushing with nitrogen at -20°C until usage. The moisture content of sample materials was measured according to AOAC (1990). The extracts were also used to evaluate total phenolic content, phenolic components, minimum inhibitory concentrations (MICs), minimum bactericidal concentrations (MBCs) and inhibition zone against *Streptococcus mutans* (BCC 16156) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213). All analyses were performed in triplicate.

Determination of total phenolic content; The total phenolic content of extracts was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (modified from Kähkonen *et al*., 1999). The concentration of total phenolic compounds in all plant extracts was expressed as mg of gallic acid equivalent (GAE) per g dry weight using a linear equation. All determinations were performed in triplicate.

Determination of phyto-constituents; A qualitative chemical screening of extracts were performed in order to know the occurrence of some classes of active phenolic constituents: saponin, flavonoids, anthraquinones and tannins. Saponin test was determined by using foam formation (Babayemi *et al*., 2006). Flavonoid test of MSK was determined using alkali reaction and Shinoda test (Olabiyi *et al*., 2008). Bornträger's test (Kumar *et al*., 2007) was used for anthraquinones evaluation. Braemer's test (Karumi *et al*., 2004) was used for tannins determination.

Determination of antibacterial activities; Antibacterial activity of the extracts was determined by the agar disk diffusion method (Vaidyanathan *et al*., 2009). *S.mutans* were grown on tryptic soy agar (TSA) anaerobically at 37°C for 24 h. Several colonies of overnight cultured bacteria were transferred into tryptic soy broth (TSB) and the density was adjusted to McFarland standard 0.5 or approximately equivalent to 10^8 CFU/mL. The plates were incubated in an upright position at 37°C for 24 hours and the zone of inhibition was measured (in mm diameter). The clinical strains were also tested for their sensitivity against the standard, succinic acid. For *S.aureus* determination (Kouidhi *et al*., 2010), the bacterium was pre-cultured in nutrient broth overnight in a rotary shaker at 37°C and the cell density was standardized spectrophotometrically (A610 nm) equaled McFarland standard 0.5 in nutrient broth. The other procedures were same as above.

The minimum inhibitory concentration (MICs) was determined by comparing the various concentrations of plant extracts which have different inhibitory effect and selecting the lowest concentration of extract showing inhibition. The MIC had done by 96 well bottom plates. The MIC plates were filled with Agar

suitable for each bacterium and various concentrations of plant extracts, succinic acid or solvent control. Finally the medium with overnight test organism (10^{-8}cfu/mL) was equally distributed. All the samples were prepared in triplicates and incubated at 37°C for 24 hrs.

To determine the MBCs, the treated broth culture from well which is not showing any visible growth in MIC assay was cultured on new sterile agar plates. The least concentration (highest dilution) of the extract that inhibits colony formation on a solid agar medium after incubation at 37°C for 24 hr was considered as MBC (Xu *et al*., 2011).

Statistical analysis; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

Results and Discussion

Phytoconstituents of plant extracts; Table 1 showed the properties of extracts from fruits of *P. emblica* and leaves and flower of *A. oleracea*. Statistical analysis indicated that type of plant influenced yield for all extracts ($P\leq0.05$). The yield from fruit of *P. emblica* showed higher value than that of leaves and flower of *A. oleracea*. While the moisture content of the extracts were not significant different (Table 1). This work also showed that total phenolic content of *A. oleracea* was low. The result was consistent to Thomson *et al*. (2012). They found that water extract of *A. oleracea* showed only terpenoid and saponin compounds (Table 2 and 3). *P. emblica* contains flavonoids and tannins (Table 2 and 3) as reported by Krishnaveni and Mirunalini (2010) showed that this fruit contains gallic acid, ellagic acid, citric acid, ellagotannin, and isostrictinin. It also contains flavonoids like quercetin, kaempferol 3 O-alpha L (6 -methyl) rhamnopyranoside, and kaempferol 3 O-alpha L (6-ethyl) rhamnopyranoside.

Table 1 The yield, moisture and total phenolic content of extracts ¢

Extracts	Yield (%)	Moisture content (%)^{ns}	Total phenolic content (mg of GAE/ g)
P. emblica	$9.21^{b} \pm 0.71$	4.18 ± 0.06	$121.14^{b} \pm 1.67$
A. oleracea	$2.43^{a} \pm 0.54$	4.02 ± 0.12	$22.29^{a} \pm 1.54$

¢ Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences ($P<0.05$) between conditions in each column.

Table 2 Qualitative contents of saponin and flavonoids of plant extracts ¢

Extracts	Saponin		Flavonoids			
	Foam (mm)	Comments	alkali reaction	Comments	Shinoda test	Comments
P. emblica	1	Negative	Brown-orange	Flavanone	Reddish purple	Flavonol, flavonone
A. oleracea	6	Positive	Brown-orange	Flavanone	Black	Negative

¢ Means of three replications.

Table 3 Qualitative contents of anthraquinones and tannins of plant extracts ¢

Extracts	Anthraquinones	Tannins
P. emblica	Negative	Positive
A. oleracea	Negative	Negative

¢ Means of three replications.

Antibacterial activities of plant extracts; The extract compounds which may be attributed to the ability to the natural antimicrobial compounds such as alkaloids, flavanoids, and phenolic compounds from the plant. Daglia (2012) reported that condensed tannin showed a antibacterial potential against *S.aureus* and *S.mutans* that is why the extract of *P. emblica* exhibits the ability of bacterial inhibitory effect on *S.aureus* and *S.mutans*. Typically, Inhibition zones with diameter less than 12 mm were considered as having low antibacterial activity. Diameters between 12 and 16 mm were considered moderately active, and these with >16mm were considered highly active. Therefore, extract of *P. emblica* showed low antibacterial activity which is consistent to MICs and MBCs (Table 4).

Table 4 Antibacterial activity against *Streptococcus mutans* (BCC 16156) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) of plant extracts

Scientific names	*Streptococcus mutans*			*Staphylococcus aureus*		
	MICs (µg/mL)	MBCs (µg/mL)	Inhibition zone (mm)	MICs (µg/mL)	MBCs (µg/mL)	Inhibition zone (mm)
Phyllanthus emblica Linn.	0.5000	1.0000	7.7	0.5000	1.0000	9.2
Acmella oleracea (L.) R.K.Jansen	NI	NI	NI	NI	NI	NI

Notes: MICs mean minimum inhibitory concentrations; MBCs mean minimum bactericidal concentrations; Each value in the table is represented as mean; NI means no inhibition.

Summary

In conclusion, this study has shown that *P. emblica* extract contains flavonoids and tannins which exhibit the ability of bacterial inhibitory effect on *S.aureus* and *S.mutans*. While water extract of *A. oleracea* composes saponin and flavanone which are not able to inhibit the studied microorganism.

Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund.

Literature cited

Babayemi, O.J., Hamzat, R.A., Bamikole, M.A., Anurudu, N.F. and Olomola, O.O., 2006, Preliminary Studies on Spent Tea Leaf: *In vitro* Gas Production as Affected by Chemical Composition and Secondary Metabolites, Pakistan Journal of Nutrition 5: 497-500.

Boonen, J., Baert, B., Roche, N., Burvenich, C. and De Spiegeleer, B., 2010, Transder-mal Behaviour of the N-alkylamidespilanthol (affinin) from Spilanthes acmella,(Compositae) Extracts, Journal of Ethno pharmacology, 127: 77–84.

Daglia, M., 2012, Polyphenols as Antimicrobial Agents, Current Opinion in Biotechnology, 23: 174–181.

Dias, A.M.A., Santosa, P., Seabraa, I.J., Júnior, R.N.C., Braga, M.E.M. and De Sousa, H.C., 2011, Spilanthol from Spilanthes acmella, Flowers, Leaves and Stems Obtainedby Selective Supercritical Carbon Dioxide Extraction, The Journal of Supercritical Fluids, 31(5): 557–559.

Hebbar, S.S., Harsha, V.H., Shripathi, V. and Hegde, G.R., 2004, Ethnomedicine of Dhar-wad District in Karnataka, India—plants Used in Oral Health Care, Journal ofEthnopharmacology, 94: 261–266.

Karumi, Y., Onyeyili, P.A. and Ogugbuaja, V.O., 2004, Identification of Active Principle of *M. balsamina* (Balsam apple) Leaf Extract, Journal of Medicinal Science, 4: 179-182.

Kouidhi, B., Zmantar, T., Hentati, H. and Bakhrouf, A., 2010, Cell Surface Hydrophobicity, Biofilm Formation, Adhesives Properties and Molecular Detection of Adhesins Genes in *Staphylococcus aureus* Associated to Dental Caries, Microbial Pathogens, 49(1): 14-22.

Krishnaveni, M. and Mirunalini, S., 2010, Therapeutic Potential of *Phyllanthus emblica* (amla): the Ayurvedic Wonder, Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology, 21: 93–105.

Kumar, G.S., Jayaveera, K.N., Kumar, C.K.A., Sunjay, U.P., Swamy, B.M.V. and Kumar, D.V.K., 2007, Antimicrobial Effects of Indian Medicinal Plants Against Acne-inducing Bacteria, Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 6: 717-723.

Nair, R. and Chanda, S.V., 2007, Antibacterial Activities of Some Medicinal Plants of the Western Region of India, Turkish Journal of Biology, 31: 231-236.

Olabiyi, T.I., Oyedunmade, E.E.A., Ibikunle, G.J. and Ojo, O.A., 2008, Chemical Composition and Bio-nematicidal Potential of Some Weed Extracts on Meloidogyne Incognita under Laboratory Conditions, Plant Science and Research, 2: 30-35.

Thompson, S., Sukesh, S and Singh, D., 2012, A study on the Antimicrobial Effect of Acmella oleraceae Against Dental Caries Bacteria, International journal of Pharmaceutical, Science and Research, 3(4): 1194-1197.

Vaidyanathan, M, Sheehy, E.C., Gilbert, S.C. and Beighton, D., 2009, Antimicrobial Properties of Dentine Bonding Agents Determined Using *in vitro* and *ex vivo* Methods, Journal of Dentist, 37(7): 514-521.

Xu, L., Liu, R., Li, D., Tu, S. and Chen, J., 2011, An *in vitro* Study on the Dental Caries Preventing Effect of Oligomeric Procyanidins in Sorghum Episperm, Food Chemistry, 126(3): 911-916.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 145-148 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 145-148 (2557)

พฤกษเคมีเบื้องต้นและศักยภาพการต้านจุลชีพในช่องปากของน้ำมันหอมระเหยจาก *Ocimum tenuiflorum* L. และ *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake

Phytochemical Screening and Antimicrobial Potential against Pathogens in Oral Cavity of Essential Oil from *Ocimum tenuiflorum* L. and *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1] และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1]

Maisuthisakul, P.[1] and Apintanapong, M.[1]

Abstract

Ocimum tenuiflorum L. is a herbal plant commonly known in Thailand and it is as herbal medicine for curing diseases. Oil of *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake is used in pharmaceutical preparations for the relief of coughs and colds, rheumatism and neuralgia and in aromatherapy. Essential oil of these plants was assessed for its antimicrobial potential and phytochemical screening. Phytochemical screening of the leaf oil of *O. tenuiflorum* and *M. quinquenervia* revealed the presence of some bioactive components, which have been linked to antimicrobial properties. Various chemical tests showed the presence of phenolics, flavonoids, saponin, quinones and tannins compounds. The antimicrobial efficacy was determined using the disc diffusion and broth micro-dilution methods against *Streptococcus mutans* (BCC 16156), *Streptococcus pyogenes* (ATCC 19615), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) and *Porphyromonas gingivalis* (ATCC 33277). Studies of the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of these essential oils on the tested organisms showed that the lowest MIC and the MBC were demonstrated against *P. gingivalis* including the highest MIC and MBC were against *S. mutans* and *S. aureus*. Therefore, essential oil of *O. tenuiflorum* and *M. quinquenervia* can use as antimicrobial ingredient for oral care product.

Keywords: *Ocimum, Melaleuca*, oral pathogens

บทคัดย่อ

Ocimum tenuiflorum L. เป็นพืชสมุนไพรที่รู้จักกันดีในประเทศไทยและใช้ในการรักษาโรค ส่วนน้ำมันจาก *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake ถูกใช้ในการเตรียมส่วนผสมยาสำหรับการบรรเทาอาการไอ เป็นไข้ ไขข้ออักเสบ อาการปวดประสาท และในการบำบัดรักษาด้วยกลิ่นหอม น้ำมันหอมระเหยของพืชทั้งสองชนิดถูกนำมาประเมินศักยภาพการต้านจุลชีพและพฤกษเคมีเบื้องต้น จากผลการวิจัยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบของ *O. tenuiflorum* and *M. quinquenervia* ประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีความสัมพันธ์กับสมบัติการต้านจุลชีพ น้ำมันหอมระเหยนี้มีสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน ควินโนน และแทนนิน ทั้งนี้จากการประเมินประสิทธิภาพการต้านจุลชีพโดยใช้ *Streptococcus mutans* (BCC 16156), *Streptococcus pyogenes* (ATCC 19615), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) และ *Porphyromonas gingivalis* (ATCC 33277) ด้วยวิธี disc diffusion และ broth micro-dilution พบว่า minimum inhibitory concentration (MIC) และ minimum bactericidal concentration (MBC) ของน้ำมันหอมระเหยที่ศึกษาต่อจุลชีพที่ทดสอบมีค่าต่ำสุดสำหรับการยับยั้ง *P. gingivalis* และมีค่าสูงสุดสำหรับการยับยั้ง *S. mutans* and *S. aureus* ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจาก *O. tenuiflorum* และ *M. quinquenervia* สามารถใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ในช่องปากเพื่อการยับยั้งเชื้อได้

คำสำคัญ: *Ocimum, Melaleuca,* เชื้อในช่องปาก

Introduction

Ocimum tenuiflorum Linn. or *Ocimum sanctum* Linn. known as Hindi and Holy basil in English. Its essential oil was also effective in decreasing the footpad thickness and the percentage of leukocyte migration inhibition, suggesting the induction of a cell-mediated immune response (Mediratta *et al.*, 2002). The leaf of this plant was used to cure stomach pains and fever. Moreover, it showed some biological activities such as antipyretic, antiinflammation, antidiabetic, and

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

antibacterial activities (Bhatia *et al.*, 2014 and Cano and Volpato, 2004). Phytochemical studies have shown that Holy basil contains eugenol, methyl eugenol, β-caryophyllene, humulene and ursolic acid (Satyanarayana and Sen, 2009; Nair *et al.*, 1982). Reports show *O. sanctum* acting as antibacterial activity against *Klebsiella, Pseudomonas, Aspergillus niger, Aspergillus flavus*, and *Tinea versicolor* (Vadlapudi and Kaladhar, 2012.). Thus, our purpose is to evaluate the phytochemical compounds and oral antibacterial potential of *essential oil from O. sanctum* in Thailand.

Materials and Methods

Materials; Fresh leaves of *O. sanctum* were purchased from a local market in Prathumthani province, Thailand from March to June in 2013. The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany). *Streptococcus mutans* (BCC 16156) was purchased from Biotec Culture Collection. *Streptococcus pyogenes* (ATCC 19615), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) and *Porphyromonas gingivalis* (ATCC 33277) were obtained from ATCC (American Type Culture Collection, Rockville, MD, USA).

Preparation of plant oils; Essential oils of the plants were obtained by hydrodistillation method. The sample materials (about 200 g) were ground into small pieces and were placed in a flask (2 L) together with double distilled water (1.5 L). The mixture was boiled for 4 h. The oil was condensed in cooling vapour to collect the essential oil of each material. The extracted oil was dried over anhydrous sodium sulphate. All essential oils were kept at -20 °C until using for the analysis. The moisture content of sample materials was measured according to AOAC (1990). The oils were also used to evaluate total phenolic content, phenolic components, minimum inhibitory concentrations (MICs), minimum bactericidal concentrations (MBCs) and inhibition zone against *S. mutans*, *S. pyogenes*, *S. aureus and P. gingivalis*. All analyses were performed in triplicate.

Determination of total phenolic content; The total phenolic content of oil was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (modified from Kähkonen *et al.*, 1999). The concentration of total phenolic compounds in all plant oils was expressed as mg of gallic acid equivalent (GAE) per g dry weight using a linear equation. All determinations were performed in triplicate.

Determination of phyto-constituents; A qualitative chemical screening of oil were performed in order to know the occurrence of some classes of active phenolic constituents: saponin, flavonoids, anthraquinones and tannins. Saponin test was determined by using foam formation (Babayemi *et al.*, 2006). Flavonoid test of MSK was determined using alkali reaction and Shinoda test (Olabiyi *et al.*, 2008). Bornträger's test (Kumar *et al.*, 2007) was used for anthraquinones evaluation. Braemer's test (Karumi *et al.*, 2004) was used for tannins determination.

Determination of antibacterial activities; Antibacterial activity of the oil was determined by the agar disk diffusion method (Vaidyanathan *et al.*, 2009). *S. mutans* and *S. pyogenes* were grown on tryptic soy agar (TSA) anaerobically at 37°C for 24 h. Several colonies of overnight cultured bacteria were transferred into tryptic soy broth (TSB) and the cell density was standardized spectrophotometrically (A610 nm) equaled McFarland standard 0.5 in nutrient broth or approximately equivalent to 10^8 CFU/mL. Discs were impregnated with equal volume (50 μL) of each plant oil at 400mg/mL concentrations. The discs were aseptically placed over plates of Muller Hinton agar (MHA, Difco) seeded with each of test bacteria. The plates were incubated in an upright position at 37°C for 24 hours and the zone of inhibition was measured (in mm diameter). The clinical strains were also tested for their sensitivity against the standard, succinic acid.

For *S.aureus* determination (Kouidhi *et al.*, 2010), the bacterium was pre-cultured in nutrient broth overnight in a rotary shaker at 37°C and the cell density was standardized spectrophotometrically (A610 nm) equaled McFarland standard 0.5 in nutrient broth. The other procedures were same as above.

For *P.gingivalis* evaluation (Namikoshi *et al.*, 2003), The MIC of oil was determined according to the agar dilution technique recommended for anaerobic bacteria by NCCLS. The bacterium was grown on Brucella agar with sheep blood, Hemin and vitamin K1. The plates were placed in the anaerobic jar and incubated in 35°C for 48hr, re-suspending in 10 mM phosphate buffered saline (PBS, pH 7.2), and adjusting the turbidity to 0.5 Mc Farland standard. The other procedures were same as above.

The minimum inhibitory concentration (MICs) was determined by comparing the various concentrations of plant oil which have different inhibitory effect and selecting the lowest concentration of oil showing inhibition. The MIC had done by 96 well bottom plates. The MIC plates were filled with Agar suitable for each bacterium and various concentrations of plant oil, succinic acid or solvent control. Finally the medium with overnight test organism (10^{-8}cfu/mL) was equally distributed. All the samples were prepared in triplicates and incubated at 37°C for 24 hrs.

To determine the MBCs, the treated broth culture from well which is not showing any visible growth in MIC assay was cultured on new sterile agar plates. The least concentration (highest dilution) of the oil that inhibits colony formation on a solid agar medium after incubation at 37°C for 24 hr was considered as MBC (Xu *et al*., 2011).

Statistical analysis; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

Results and Discussion

Phytoconstituents of plant oils; Table 1 showed the properties of oilts from leaves of *O. tenuiflorum* and flower of *M.quinquenervia*. Statistical analysis indicated that type of plant influenced yield for all oils ($P\leq0.05$). The yield from flower of *M.quinquenervia* showed higher value than that of leaves of *O. tenuiflorum*. While the moisture content of the oils were not significant different (Table 1). Leaf parts of *O. tenuiflorum* possess significantly higher TP content than *M.quinquenervia* (Table 1). The preliminary phytochemical studies reveals that, the oil from *O.tenuiflorum* have variety of phytochemical constituents, namely saponin, flavonoids and tannins (Table 2 and 3). This result was consistent to Inbaneson *et al*. (2012). They reported that *O.tenuiflorum* composed of alkaloid, glycoside, flavonoids, saponins, steroids and tannin. *M.quinquenervia* contains saponin, flavonoids and tannins (Table 2 and 3) as reported by Bakkali *et al*. (2008). It also provokes estrogen secretions which can induce estrogen-dependent cancer.

Table 1 The yield, moisture and total phenolic content of oils ¶

Esential oil	Yield (%)	Moisture content (%)^{ns}	Total phenolic content (mg of GAE/ g)
O.tenuiflorum	0.81^{a} ±0.22	5.11 ±0.16	32.14^{b} ±1.89
M.quinquenervia	1.75^{b} ±0.63	5.02 ±0.12	18.47^{a} ±1.77

¶ Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences ($P<0.05$) between conditions in each column.

Table 2 Qualitative contents of saponin and flavonoids of plant oils ¶

Esential oil	Saponin		Flavonoids			
	Foam (mm)	Comments	alkali reaction	Comments	Shinoda test	Comments
O.tenuiflorum	7	Positive	Brown-orange	Flavanone	Reddish purple	Flavonol, flavonone
M.quinquenervia	8	Positive	Brown-orange	Flavanone	Reddish purple	Flavonol, flavonone

¶ Means of three replications.

Table 3 Qualitative contents of anthraquinones and tannins of plant oils ¶

Esential oil	Anthraquinones	Tannins
O.tenuiflorum	Negative	Positive
M.quinquenervia	Negative	Positive

¶ Means of three replications.

Antibacterial activities of plant oils; antibacterial constituents of plants are reported to showed a antibacterial potential against *S.aureus* and *S.mutans* is condensed tannin (Daglia, 2012) that is why the oil of *O.tenuiflorum* and *M.quinquenervia* exhibits the ability of bacterial inhibitory effect on *S.aureus* and *S.mutans* (Table 4). Typically, Inhibition zones with diameter less than 12 mm were considered as having low antibacterial activity. Therefore, oil of *O.tenuiflorum* and *M.quinquenervia* showed low antibacterial activity which is consistent to MICs and MBCs (Table 4). Moreover, Santos *et al*. (2002) reported that *P.gingivalis* was susceptible to Tetracyclin, Pennicillin, Erythromycin and Clindamycin with MIC of 4.0, 0.03, 0.5 and 0.5 µg/mL, respectively. This result indicated that *O.tenuiflorum* and *M.quinquenervia* exhibit the antibacterial activity against *P.gingivalis* equaled Pennicillin (Table 5).

Table 4 Antibacterial activity against *Streptococcus mutans* (BCC 16156) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) of plant oils

Esential oil	*Streptococcus mutans*			*Staphylococcus aureus*		
	MICs (µg/mL)	MBCs (µg/mL)	Inhibition zone (mm)	MICs (µg/mL)	MBCs (µg/mL)	Inhibition zone (mm)
O.tenuiflorum	0.5000	1.0000	7.3	0.5000	1.0000	8.9
M.quinquenervia	0.5000	1.0000	8.2	0.5000	1.0000	9.5

Notes: MICs mean minimum inhibitory concentrations; MBCs mean minimum bactericidal concentrations; Each value in the table is represented as mean.

Table 5 Antibacterial activity against *Porphyromonas gingivalis* (ATCC 33277) and *Streptococcus pyogenes* (ATCC 19615) of plant oils

Esential oil	*Porphyromonas gingivalis*			*Streptococcus pyogenes*		
	MICs (µg/mL)	MBCs (µg/mL)	Inhibition zone (mm)	MICs (µg/mL)	MBCs (µg/mL)	Inhibition zone (mm)
O.tenuiflorum	0.0312	0.0625	ND	0.0312	0.5000	ND
M.quinquenervia	0.0312	0.1250	ND	0.0312	0.1250	ND

Notes: MICs mean minimum inhibitory concentrations; MBCs mean minimum bactericidal concentrations; Each value in the table is represented as mean; ND means not determined.

Summary

In conclusion, this study has shown that *O.tenuiflorum* and *M.quinquenervia* oils contains saponin, flavonoids and tannins which exhibit the ability of bacterial inhibitory effect on *S.aureus*, *S.mutans, S. pyogenes* and *P.gingivalis*.

Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund.

Literature cited

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M., 2008, Biological Effects of Essential Oils – A Review, Food and Chemical Toxicology, 46(2): 446-475.

Bhatia, H., Sharma, Y.P., Manhas, R.K. and Kumar, K., 2014, Ethnomedicinal Plants Used by the Villagers of District Udhampur, J&K, India, Journal of Ethnopharmacology, 151: 1005–1018.

Cano, J.H. and Volpato, G., 2004, Herbal Mixtures in the Traditional Medicine of Eastern Cuba, Journal of Ethnopharmacology, 90: 293–316.

Daglia, M., 2012, Polyphenols as Antimicrobial Agents, Current Opinion in Biotechnology, 23: 174–181.

Inbaneson, S.J., Sundaram, R. and Suganthi, P., 2012, *In vitro* Antiplasmodial Effect of Ethanolic Extracts of Traditional Medicinal Plant Ocimum Species Against Plasmodium Falciparum, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 5(2): 103-106.

Mediratta, P.K., Sharma, K.K. and Singh, S., 2002, Evaluation of Immunomodulatory Potential of Ocimum Sanctum Seed Oil and its Possible Mechanism of Action, Journal of Ethnopharmacology, 80: 15–20.

Nair, R.G.A., Gunasegaran, R. and Joshi, B.S., 1982, Chemical Investigation of Certain South Indian Plants, Journal of Chemistry, 21B: 979.

Namikoshi, J., Otake, S., Maeba, S., Hayakawa, M., Abiko, Y. and Yamamoto, M., 2003, Specific Antibodies Induced by Nasally Administered 40-kDa Outer Membrane Protein of Porphyromonas Gingivalis Inhibits Coaggregation Activity of P. Gingivalis, Vaccine, 22(2): 250-256.

Santos, F.A., Bastos, E.M.A., Rodrigues, P.H., de Uzeda, M., de Carvalho, M.A.R., de Macedo Farias, L. and Moreira, E.S.A., 2002, Susceptibility of Prevotella Intermedia/Prevotella Nigrescens (and Porphyromonas gingivalis) to Propolis (Bee Glue) and other Antimicrobial Agents, Anaerobe, 8(1): 9-15.

Satyanarayana, C.V. and Sen, D.C., 2009, Potential Application of Holy Basil (Tulsi) in Dairy Products, Indian Dairyman, 61: 1.

Vadlapudi, V. and Kaladhar, D.S.V.G.K., 2012, Phytochemical Evaluation and Molecular Characterization of Some Important Medicinal Plant, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, S26-S32.

สมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

Physico-chemical Properties of Mouthwash Containing Mango Seed Kernel Extract

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1] **และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์**[1]
Maisuthisakul, P.[1] and Apintanapong, M.[1]

Abstract

Recently, mouthwash products have been increasing used for oral health care. Plants containing phenolic compound are considered as clinically effective and safer alternatives to the synthetic antibiotics for inexpensive and safety oral health care products. The aim of this study was to determine the physico-chemical properties of mouthwash containing mango (*Mangifera indica*) seed kernel extract during storage for 28 days and to provide the stability information to dental professionals. Mango seed kernel (MSK) was extracted by water and dried by freeze dryer. The MSK mouthwash (MSKW) was formulated at 0.5% w/w in a non-alcoholic mouth rinse base formulated with demineralized water (78.37% w/w). Base mouthwash was used as control. Storage affected to total phenolic content of MSKW. The pH of MSKW at 40°C during storage was slightly changed ($P \geq 0.05$) for 28 days. The color of MSKW was changed from light-yellow to brownish-yellow during storage. This indicates the limitation of using mouthwash containing mango seed kernel for commercialization. The color stability of the extract in product should be developing for further investigation.
Keywords: mango seed kernel, stability, mouthwash

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการใช้น้ำยาบ้วนปากเพื่อสุขภาพปากมีมากขึ้น พืชซึ่งมีสารฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบถูกนำมาใช้เป็นทางเลือกทดแทนยาปฏิชีวนะสังเคราะห์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพปากที่ราคาไม่แพงและปลอดภัย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (*Mangifera indica*) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วันเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านทันตกรรมเกี่ยวกับความคงตัวของผลิตภัณฑ์ โดยเนื้อในเมล็ดมะม่วงถูกนำมาสกัดด้วยน้ำแล้วนำไปอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากนั้นผลิตน้ำยาบ้วนปากความเข้มข้น 0,5% โดยน้ำหนักโดยการผสมกับส่วนผสมพื้นฐานของน้ำยาบ้วนปาก นอกจากนี้น้ำยาบ้วนปากที่ไม่มีสารสกัดเนื้อในเมล็ดมะม่วงถูกนำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบด้วย จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง ส่วนค่าความเป็นกรดด่างของน้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่เก็บรักษาที่ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 28 วันมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ($P \geq 0.05$) สำหรับค่าสีของตัวอย่างมีการเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีน้ำตาลเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้เป็นข้อจำกัดของการนำผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงมาใช้ทางการค้า จึงควรมีการพัฒนางานวิจัยที่เพิ่มความคงตัวของสีจากการนำสารสกัดเนื้อในเมล็ดมะม่วงในผลิตภัณฑ์
คำสำคัญ: เนื้อในเมล็ดมะม่วง ความคงตัว น้ำยาบ้วนปาก

Introduction

The antibacterial activity of *Mangifera indica* seed kernel extracts against gram negative bacteria was reported (Kabuki *et al*., 2000). The seed kernel extracts was found to contain phellandrene, α-pinene, ambolic acid, ascorbic acid, β-carotene, gallic acid, gallotannic acid, mangifelic acid, mangiferol peroxidase, phenylalanin and proline. Moreover, the seed kernel extracts of three types of mango from Malaysia and Thailand exhibited potential activity against gram-negative bacterial strains (Mirghani *et al*., 2009). Sowmiya *et al*. (2009) indicated antibacterial activity for seed kernel aqueous and ethanolic extracts. These extracts showed remarkable activity against the *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*,

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 101400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

Klebisella pneumoniae, and *Streptococcus pyogens*. Khammuang and Sarnthima (2011) studied the antioxidant and antibacterial activities of four fresh mango seed extracts from Thai varieties. These reasons why we use mango seed kernel (MSK) as an ingredient in mouthwash. This research focused on the stability of mouthwash containing MSK extract by monitoring of total phenolic content, pH and color including zinc, copper, lead, arsenic, mercury, fluoride, total bacteria count, yeast and mold, *Clostridium spp., Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, and Candida albicans*.

Materials and Methods

Materials; Fresh seeds from mango (*Mangifera indica* cultivar Chok-Anan) were donated from a mango processing manufacturer in Thailand from March to June in 2013 as by-products. The material was kept in freezer at -20°C no longer than two months.The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany).

Extraction of mango seed kernel (MSK); The frozen ripened (80 g) was blended for 1 min with water and shaken for 4.5 hours in the dark at 25°C. The supernatant, after filtration through cheesecloth and Whatman No 4 filter paper, was evaporated under vacuum. Sample was dried in a freeze dryer and stored in aluminum foil after flushing with nitrogen at -20°C until usage.

Preparation of mouthwash containing MSK extract; The MSK mouthwash (MSKW) was formulated at 0.5% w/w in a non-alcoholic mouth rinse base formulated with demineralized water (78.37% w/w), Glycerin (10.00%), Propylene glycol (5.00%), sorbitol 70% (5.00%), Poloxamer 407 (1.00%), mentol (0.10%) and Sodium fluoride (0.26%) 24 h before testing. No preservatives or antimicrobial substances other than the flavours were added to the mouth rinses. The mouthwash without adding MSK (W) was used to compare its properties.

Determination of stability; All MSK mouthwashes were stored at 40°C in glass container for 28 days. All samples were sampling out every 7 days by determining the total phenolic content, color (visual assessment, L*, C, H^o), and pH. The fresh and final products after storage for 4 weeks were evaluated zinc, copper, lead, arsenic, mercury, fluoride, total bacteria count, yeast and mold, *Clostridium spp., Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, and Candida albicans*. The mouthwash without adding MSK (W) was used to compare its stability.

Determination of pH and heavy metals; Samples were taken for pH measurement by pH meter (EUTECH model CyberScan pH510, Singapore) with accuracy 0.01. The MSK mouthwash was also measured zinc (AOAC official method 990.10), copper (AOAC official method 990.10), lead (AOAC official method 986.15), arsenic (AOAC official method 986.15), fluoride (AOAC official method 993.30) and mercury (AOAC official method 983.20).

Determination of total phenolic content; The total phenolic content of extracts was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (modified from Kähkonen *et al*., 1999). The concentration of total phenolic compounds in all plant extracts was expressed as mg of tannic acid equivalent (TAE) per g dry weight of rice grain using a linear equation. All determinations were performed in triplicate.

Determination of *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*; Regarding to Thailand Standard for Mouthwash Products 2342-2550, *Clostridium spp*. (In house method based on BAM, 2001), *Staphylococcus aureus* (AOAC Official Method 2003.07), *Pseudomonas aeruginosa* (AOAC official method 964.02) and *Candida albicans* (AOAC official method 998.10) were also determined.

Statistical analysis; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

Results and Discussion

Chemical and biological properties of mouthwashes; Table 1 showed the properties of mouthwash containing mango seed kernel (MSK) comparing to base mouthwash. The properties of both mouthwashes were similar except

total phenolic content. The mouthwash containing mango seed kernel presented higher value of phenolics than base mouthwash. The optimum pH of mouthwash should be ranged from 6.0-7.00 because the critical pH for enamel destruction is anything below 5.5. The heavy metal (zinc, copper, lead, arsenic, mercury) according to Thailand Standard for Mouthwash Products 2342-2550 recommended that the total value of sum quantity of heavy metal is not much more than 20 mg/L, hence the mouthwash containing MSK is compliance to Thai regulation.

Table 1 Total phenolic content, heavy metals, pH and microorganism quantity of mouthwash ¢

Properties	Day 0		Day 28	
	MSKW	W	MSKW	W
Zinc (mg/L)	0.19^{b} ±0.01	0.18^{b} ±0.02	0.16^{a} ±0.01	0.14^{a} ±0.02
Copper (mg/L)	0.02^{a} ±0.00	0.02^{a} ±0.00	ND	ND
Lead (mg/mL)	ND	ND	ND	ND
Arsenic (mg/mL)	ND	ND	ND	ND
Mercury (mg/mL)	ND	ND	ND	ND
Fluoride (mg/mL)	7.80^{b} ±0.01	7.79^{b} ±0.01	7.50^{a} ±0.01	7.49^{a} ±0.01
pH	6.5^{a} ±0.1	6.7^{b} ±0.1	6.8^{b} ±0.1	6.8^{b} ±0.1
Clostridium spp. (CFU/mL)	ND	ND	ND	ND
Staphylococcus aureus (CFU/mL)	ND	ND	ND	ND
Psedomonas aeruginosa (CFU/mL)	ND	ND	ND	ND
Candida albicans (CFU/mL)	ND	ND	ND	ND
Total phenolic content (mg of TAE/ g)	76.12^{c}±0.15	12.11^{a}±0.10	65.44^{b} ±0.21	12.16^{a} ±0.04

¢ MSKW means mouthwash containing mango seed kernel; W means mouthwash without adding mango seed kernel; Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences (*P*<0.05) between conditions in each row; ND means not detectected.

Stability of mouthwash; Regarding to Thailand Standard for Mouthwash Products 2342-2550 recommended that the storage condition should be studied at 40^{o}C, hence the result data showed only at this temperature. In this study, storage affected to total phenolic content of WMSK. These may explain that the degradation of phenolic compounds in MSK extract was dependent on storage time and the type of phenolics. The pH of WMSK in glass bottle at 40^{o}C was slightly changed during storage for 28 days (Table 2). The color of WMSK was change from yellow to brownish-yellow (Table 2). Unfortunately, there is no report on shelf life of mouthwash containing phenolics from plant extract. There are interested only using mouthwash containing plant extracts to reduce plaque in mouth (Al-Bayaty *et al*., 2010; Nagappan and John, 2012). When the mouthwashes were stored at oven at 40^{o}C, the properties were slightly different during storage (Table 1). Hence, the storage condition and packaging material should be considered when the extract was kept for a long time.

Summary

In conclusion, this study has shown that mouthwash containing seed kernel of *Mangifera indica* is compliance to Thai regulation. Unfortunately, the shelf life of the mouthwash depends on color change, which can keep only 28 days.

Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund.

Literature cited

Al-Bayaty, F.H., Baharuddin, N.A. and Abdulla, M.A., 2010, The Relationship Between Serum Cotinine Levels and Periodontal Status, Journal of Biological Sciences,10(2): 54-59.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists; Arlington, VA. (USA).

BAM, 2001, Bacteriological Analytical Manual Online, Food and Drug Administration; (USA).

Kabuki, T., Nakagima, H., Arai, M., Ueda, S., Kuwabara, Y. and Dosako, S., 2000, Characterization of Novel Antimicrobial Compounds from Mango (*Mangiferra indica* Linn.) Kernel Seeds, Food Chemistry. 71(1): 61-66.

Khammuang, S. and Santhima, R., 2011, Antiooxidant and Antibacterial Activities of Selected Varieties of Thai Mango Seed Extracts, Pakistan journal of pharmaceutical sciences, 24(1): 37-42.

Maisuthisakul, P., Pasuk, S. and Rittiruangdej, P., 2008, Relationship of Antioxidant Properties and Chemical Composition of Some Thai Plants, Journal of Food Composition and Analysis, 21: 229-240.

Mirghani, M.E.S., Yosuf, F., Kabbashi, N.A., Vejayan, J. and Yosuf, Z.B.M., 2009, Antibacterial Activity of Mango Kernel Extracts, Journal of Applied Sciences, 9(17): 3013-3019.

Nagappan, N. and John, J., 2012, Antimicrobial Efficacy of Herbal and Chlorhexidine Mouth Rinse -A Systematic Review, Journal of Dental and Medical Sciences, 2: 5-10.

Sowmiya, S., Soundarapandian, P. and Rejan, S., 2009, Bioactive Studies of *Mangiferra indica* Against Bacteria Isolated from Urine Samples, Current Research Journal of Biological Sciences, 1(3): 139-143.

Table 2 Total phenolic content, color and pH of mouthwash containing mango seed kernel and base mouthwash during storage¶

Samples	Storage days	Total phenolic content (mg of TAE/ g)	Color				pH
				L*	C	H°	
MSKW	0	76.12^{d} ±0.15		65.4^{c} ±1.9	50.1^{c} ±0.4	55.3^{c} ±0.2	6.5^{b} ±0.1
	14	72.19^{c} ±0.11		52.6^{b} ±0.8	44.6^{b} ±0.6	49.6^{b} ±0.4	6.4^{ab} ±0.1
	28	65.44^{b} ±0.21		39.8^{a} ±0.7	40.9^{a} ±0.3	42.1^{a} ±0.6	6.3^{a} ±0.1
W	0	12.11^{a} ±0.10			ND		6.7^{c} ±0.1
	14	12.02^{a} ±0.11			ND		6.7^{c} ±0.1
	28	12.16^{a} ±0.04			ND		6.7^{c} ±0.1

¶ MSKW means mouthwash containing mango seed kernel; W means mouthwash without adding mango seed kernel; Means of three replications±SD (standard deviation) ; Different superscript letters mean significant differences (*P*<0.05) between conditions in each column. ND means not determined.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 153-156 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 153-156 (2557)

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ

Factors Affecting on Extraction Efficiency of Beta-Glucan from Black Glutinous Rice

พัตราพร จอมเมืองบุตร[1]

Jommuengbout, P.[1]

Abstract

Black glutinous rice is traditional rice, showing nutritional benefits. It is rich in carbohydrates including important dietary fiber, such as Beta-glucan that is healthy dietary soluble fiber, mostly found in cell wall of cereals. Therefore, this research proposed to extract beta-glucan from black glutinous rice and study on factors affecting the extraction efficiency. The factors were water volume, time, pH and temperature. Efficiency of beta-glucan extraction was indicated via amount of extracted beta-glucan gum and beta-glucan content in gum. Result found that both pH (4 and 7) and temperature (> 35ºC) were more effect on beta-glucan extraction than water volume and time, supported by the higher gum and beta-glucan contents. The beta-glucan extraction using 150 ml water, pH 7, 55 ºC and 5 hr, showed the highest content, 5.74 mg/100 g rice. Sugar composition analysis by Thin Layer Chromatography (TLC) revealed that beta-glucan in black glutinous rice comprised of 1,3:1,4-Beta-gluco-triose (G3) and 1,3:1,4-Beta-gluco-tetraose (G4), which are main oligosaccharides found in cereal beta-glucan.

Keywords: extraction efficiency, beta-glucan, black glutinous rice

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และอุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรตรวมถึงเส้นใยอาหารที่สำคัญ อย่างเช่น เบต้ากลูแคน ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารละลายน้ำที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ส่วนใหญ่พบในผนังเซลล์ของธัญพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจสกัดเบต้ากลูแคนและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ ปริมาตรน้ำ ระยะเวลา พีเอช และอุณหภูมิ ประสิทธิภาพในการสกัดเบต้ากลูแคนรายงานในรูปปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัด ผลการทดลองพบว่า พีเอช (4 และ 7) และอุณหภูมิ (> 35ºC) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคนมากกว่าปริมาตรน้ำและระยะเวลา จะเห็นได้จากปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนที่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณเบต้ากลูแคนสกัดที่โดยใช้น้ำ 150 ml พีเอช 7 อุณหภูมิ 55ºC ระยะเวลา 5 hr ได้ปริมาณสูงสุด คือ 5.74 mg/100 g rice ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำตาลด้วยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) ตรวจพบ1,3:1,4-Beta-gluco-triose (G3) and 1,3:1,4-Beta-gluco-tetraose (G4) ในเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ ซึ่งน้ำตาลทั้งสองชนิดนี้เป็นองค์ประกอบหลักในเบต้ากลูแคนจากธัญพืช

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการสกัด เบต้ากลูแคน ข้าวเหนียวดำ

คำนำ

ข้าวเหนียวดำ (Black glutinous rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa var. glutinous* เป็นข้าวพื้นเมืองของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาษาพื้นบ้านเรียกว่า ข้าวก่ำ มีลักษณะเด่นพิเศษ คือ เมล็ดข้าวมีสีดำหรือแดงก่ำ บางชนิดพบสีดำในส่วนของเปลือกและลำต้นด้วย (กัลยาภรณ์, 2553) ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวพื้นเมือง จึงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมท้องถิ่นได้ดี ทนแล้ง ฟื้นตัวจากแล้งได้ดี และสามารถต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว นิยมปลูกรวมกับขาวข้าว เพื่อช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพให้กับแปลงนา (วิไลลักษณ์, 2541) ในอดีตข้าวเหนียวดำจัดเป็นพืชสมุนไพรที่สำคัญ เนื่องจากช่วยรักษาโรคท้องร่วง โรคผิวหนัง โดยเฉพาะโรคหิด และการตกเลือดในสตรีหลังคลอด นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ เช่น แอนโทไซยานิน และแกมมา-โอไรซานอล เป็นต้น จึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง มีสมบัติช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมอาหารของลำไส้เล็ก ปัจจุบันสารสกัดจากเมล็ดข้าวเหนียวดำถูกไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากมาย เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เพื่อช่วยต้านริ้วรอยด่างดำ ฝ้า กระ หรือชะลอความแก่ (จรัญจิต และ สุวัฒน์, 2552)

[1] สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 39/1 รัชดาภิเษก แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพ, 10900

[1] Division of Chemistry, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University 39/1 Ratchadaphisek Road, Khwaeng Chantharakasem, Chatuchak District, Bangkok 10900

เบต้ากลูแคนเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) พบในผนังเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำและพืชบางชนิด ได้แก่ ยีสต์ สาหร่าย เห็ด ส่วนของเนื้อเมล็ดและรำของธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี เป็นต้น โครงสร้างของเบต้ากลูแคนแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิต ชนิดของเบต้ากลูแคนที่พบในผนังเซลล์ของธัญพืช คือ mixed-linkage (1$\rightarrow$3),(1$\rightarrow$4)-β-D-glucan เป็นโฮโมพอลิแซ็คคาไรด์แบบเส้นตรง ที่ประกอบด้วยน้ำตาลดี-กลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (ร้อยละ 70) สลับด้วยพันธะเบต้า-1,3-ไกลโคซิดิก (ร้อยละ 30) โครงสร้างจึงมีลักษณะเป็นขั้นๆ ตรงตำแหน่งพันธะเบต้า-1,3-ไกลโคซิดิก น้ำตาลดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิกมีตั้งแต่ 3-20 โมเลกุล น้ำตาลดี-กลูโคสต่อกัน 3 โมเลกุล (เซลโลไตรโอส; DP3) และ 4 โมเลกุล (เซลโลเตตระโอส; DP4) มีปริมาณมากกว่าน้ำตาลดี-กลูโคสต่อกันตั้งแต่ 5 โมเลกุล ซึ่งมีโอกาสพบน้อยลงเรื่อยๆ เมื่อน้ำตาลดี-กลูโคสต่อกันยาวมากขึ้น เบต้ากลูแคนจากธัญพืชส่วนใหญ่มีปริมาณ DP3 (ร้อยละ 58-72) มากกว่า DP4 (ร้อยละ 20-34) ซึ่งปริมาณแตกต่างกันในธัญพืชแต่ละชนิด (Cui, 2000; Wood และคณะ, 1994) น้ำหนักโมเลกุลของเบต้ากลูแคนมีตั้งแต่ 49,000 ถึง $3x10^6$ กรัมต่อโมล ขึ้นกับวิธีการสกัด (Autio, 1996) เบต้ากลูแคนเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีความปลอดภัยสูง จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น ด้านเภสัชวิทยา ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ลดปริมาณโคเลสเตอรอลและ LDL ช่วยเพิ่มปริมาณ HDL ในเลือด และช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ด้านเครื่องสำอางนิยมใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เนื่องจากเพิ่มความชุ่มชื่นให้แก่ผิวหนัง ลดริ้วรอย ช่วยให้ผิวกระชับและยืดหยุ่น สามารถลดการอักเสบของผิวหนังที่ถูกทำลายด้วยรังสี UV ช่วยเพิ่มภูมิต้านทานของผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแข็งแรงขึ้น อีกทั้งยังกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ได้อีกด้วย (ลักษณ์สุภา ประภาวัต, 2551)

การสกัดเบต้ากลูแคนเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดและปริมาณตัวทำละลาย ระยะเวลา พีเอช และอุณหภูมิ เป็นต้น (Benito-Román และคณะ, 2011; Bhatty,1993) ปริมาณเบต้ากลูแคนที่สกัดได้ ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งชนิดของธัญพืช งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้สภาวะต่างๆ ในการสกัดเบต้ากลูแคนจากธัญพืชชนิดเดียวกัน ส่งผลต่อปริมาณเบต้ากลูแคนที่ได้ รวมถึงสมบัติทางกายภาพและเคมีอีกด้วย (Asif และคณะ, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ เพื่อเป็นแนวทางในการสกัดเบต้ากลูแคนจากเมล็ดข้าวและนำสารสกัดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดเบต้ากลูแคนจากเมล็ดข้าวเหนียวดำ หรือ ข้าวก่ำสายพันธุ์ดอยมูเซอ จากภาคเหนือ ยี่ห้อ B-Herbs โดยนำเมล็ดข้าวบดละเอียดและกรองผ่านตะแกรงเพื่อให้ขนาดใกล้เคียงกัน มาสกัดเบต้ากลูแคนด้วยน้ำ ปรับพีเอชให้เป็นเบสด้วย Na_2CO_3 หรือให้เป็นกรดด้วย HCl เขย่าที่ความเร็ว 150 rpm อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ ปรับพีเอชเท่ากับ 4.5 เพื่อตกตะกอนโปรตีน จากนั้นปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกสารละลายส่วนใส ซึ่งมีเบต้ากลูแคน ปรับพีเอชเท่ากับ 7 ปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนที่เหลืออีกครั้งและนำมาตกตะกอนด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งอุณหภูมิ 4 °C นาน 1 คืน เพื่อตกตะกอนเบต้ากลูแคน แยกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยการปั่นเหวี่ยง ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 °C จะได้สารสกัดเบต้ากลูแคน

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคน ได้แก่ ปริมาตรน้ำ (100 150 200 250 และ 300 ml/ ข้าวเหนียวดำ 20 g) ระยะเวลา (1 3 5 และ 7 hr) พีเอช (4 7 10 และ 11) และอุณหภูมิ (35 45 55 และ 60 °C) โดยใช้วิธีสกัดและตกตะกอนเบต้ากลูแคนที่อธิบายไว้ข้างต้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักสารสกัดเบต้ากลูแคน และวิเคราะห์หาปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดด้วยชุดทดสอบเบต้ากลูแคน (mixed linkage beta-glucan, megazyme) ประสิทธิภาพในการสกัดเบต้ากลูแคนรายงานในรูปปริมาณสารสกัดเบต้ากลูแคน และปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัด ในหน่วย mg/100 g rice

วิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในเบต้ากลูแคน โดยนำสารสกัดเบต้ากลูแคน 10 mg/ml ต้มที่อุณหภูมิ 100°C 15 min เขย่าอย่างแรง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,000 rpm 10 min แบ่งส่วนสารละลายเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก 1 ml ไม่เติมเอนไซม์ และส่วนที่สอง 3 ml เติมเอนไซม์ Lichenase 50 U และบ่มที่อุณหภูมิ 50°C นาน 1 hr จากนั้นนำทั้งสองส่วนตั้งทิ้งไว้ที่ 50°C นาน 1 คืน วิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลด้วยวิธี TLC ใช้สารละลายผสม *n*-butanol : acetic acid : น้ำกลั่น ในอัตราส่วน 5:2:3 เป็น mobile phase และตรวจหาตำแหน่งของน้ำตาลโดยสเปรย์แผ่น TLC ด้วยสารละลายผสม aniline 1 ml acetone 50 ml α-diphenylamine 1 g และ phosphoric acid 7.5 ml จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 5 min หรือจนกว่าจะเห็นจุดของน้ำตาลบนแผ่น TLC

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ 20 g ด้วยน้ำปริมาตร 100-300 ml (Figure1a) พบว่าการเพิ่มปริมาตรน้ำทำให้ปริมาณสารสกัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ปริมาตรน้ำ 150 ml ได้ปริมาณเบต้ากลูแคนสูงสุด เท่ากับ 1.286 mg/100g rice และปริมาณสารสกัด เท่ากับ 350.3 mg/100g rice เมื่อเพิ่มปริมาตรน้ำที่ใช้สกัดสูงกว่า 150 ทำให้ปริมาณเบต้ากลูแคนค่อยๆ ลดลง แสดงว่าเบต้ากลูแคนในเมล็ดข้าว 20 กรัมถูกสกัดออกมาจนเกือบหมดที่ปริมาตรน้ำ 150 ml การเพิ่มปริมาตรน้ำที่ใช้สกัด จึงไม่ทำให้

ปริมาณเบต้ากลูแคนสูงขึ้น ในทางกลับกันอาจจะไปเจือจางความเข้มข้นของเบต้ากลูแคน ทำให้สูญเสียไปในขั้นตอนการสกัด จึงทำให้ได้ปริมาณเบต้ากลูแคนน้อยลง เมื่อศึกษาระยะเวลาในการสกัด (Figure 1b) พบว่าการเพิ่มระยะเวลาทำให้ปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลา 5 hr แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลามากกว่า 5 hr ปริมาณกลับลดน้อยลง ที่เวลา 5 hr ได้ปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคน เท่ากับ 353.5 และ 1.353 mg/100g rice ตามลำดับ ในเมล็ดข้าวมักตรวจพบเอนไซม์ beta-glucanase ซึ่งทำหน้าที่ย่อยเบต้ากลูแคนได้เป็นน้ำตาลขนาดเล็ก การใช้ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลต่อโครงสร้างของเบต้ากลูแคน เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิด ดังนั้นการใช้ระยะเวลาในการสกัดที่มากเกินไป จึงทำให้ปริมาณเบต้ากลูแคนลดลง ดังนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่จึงใช้เอทานอลร้อนกำจัดเอนไซม์ก่อน นำมาสกัดเบต้ากลูแคน (Skendi และคณะ, 2003; Vaikousi และคณะ, 2004 และ Papageorgiou และคณะ, 2005) พีเอชเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสาร การสกัดเบต้ากลูแคนที่พีเอชต่างๆ (Figure 1c) พบว่าปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคน ค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่พีเอชตั้งแต่ 4-7 โดยสูงสุดที่พีเอช 7 และค่อยๆ ลดลงที่พีเอชมากกว่า 7 ที่พีเอช 7 ได้ปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนสูงสุด เท่ากับ 520.7 และ 5.74 mg/100g ตามลำดับ ขณะที่ที่พีเอช 4 เท่ากับ 385.5 และ 4.698 mg/100g ตามลำดับ แสดงว่าเบต้ากลูแคนสามารถสกัดที่สภาวะกรดและกลางได้ดีกว่าสภาวะเบสแก่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhatty (1993) และ Temeli (1997) รายงานว่าการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวโอ๊ตและข้าวบาร์เลย์ เกิดขึ้นได้ดีที่พีเอชน้อยกว่า 8 อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่น่าจะมีผลต่อการสกัดเบต้ากลูแคน การสกัดเบต้ากลูแคนในช่วงอุณหภูมิ 35-60ºC (Figure 1d) พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิช่วยทำให้เบต้ากลูแคนถูกสกัดออกจากผนังเซลล์ได้ดีขึ้น จะเห็นได้จากปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยปริมาณเบต้ากลูแคนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 35 ºC เป็น 45ºC แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่า 45ºC ปริมาณเบต้ากลูแคนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 45ºC ได้ปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนเท่ากับ 355.7 และ 4.179 mg/100g ตามลำดับ จากการแปรค่าปัจจัยต่างๆ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคน (ปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน) คือพีเอช (4 และ 7) และอุณหภูมิ (> 35ºC) ขณะที่ปริมาตรน้ำและระยะเวลาส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเบต้ากลูแคนเพียงเล็กน้อยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Benito-Román และคณะ (2011)

สารสกัดเบต้ากลูแคนมีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆ สีขาวปนน้ำตาลแดง (Figure 2a) ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี TLC เพื่อตรวจสอบชนิดของน้ำตาลในสารสกัดเบต้ากลูแคน (Figure 2b) พบว่าเบต้ากลูแคนที่สกัดได้มีน้ำตาลชนิด G3 และ G4 ซึ่งเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่พบมากในโครงสร้างของเบต้ากลูแคน ในสารสกัดที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Lichenase (จำเพาะต่อการย่อยพันธะ β-1,3-1,4 ไกลโคซิดิก) มีมากกว่าในสารสกัดที่ไม่ได้ย่อยด้วยเอนไซม์ แสดงว่าเอนไซม์ Lichenase เข้าไปย่อยเบต้ากลูแคนในสารสกัด ทำให้ได้ G3 และ G4 ออกมา แต่อย่างไรก็ตามการตรวจพบปริมาณ G3 และ G4 ในสารสกัดที่ยังไม่ย่อยด้วยเอนไซม์ Lichenase อาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ย่อยเบต้ากลูแคนที่ปนมาในระหว่างการสกัด

สรุปผล

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคน คือ พีเอช (4 และ 7) และอุณหภูมิ (> 35ºC) จะเห็นได้จากปริมาณสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนที่เพิ่มสูงขึ้นและเพิ่มสูงสุด เมื่อสกัดโดยใช้น้ำปริมาตร 150 ml พีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 55ºC ระยะเวลา 5 hr ขณะที่ปริมาตรน้ำและระยะเวลาที่ใช้สกัดมีผลต่อการสกัดเพียงเล็กน้อย น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในเบต้ากลูแคน คือ G3 และ G4 ซึ่งเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ส่วนใหญ่ที่พบในเบต้ากลูแคนจากธัญพืช

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

กัลยาภรณ์ จันตรี, 2553, การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของข้าวก่ำและข้าวก่างอก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

จรัญจิต เพ็งรัตน์ และสุวัฒน์ เจียระคงมั่น, 2552, ข้าวเหนียวดำ, หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทย สู่สากล, วารสารศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ, หน้า 325-342.

วิไลลักษณ์ พละกลาง, 2541, ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย, ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 472.

ลักษณ์สุภา ประภาวัต, 2551, การประยุกต์ใช้เบต้ากลูแคนจากยีสต์ในเครื่องสำอาง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

Asif, A., Faqir, M.A., Tahir, Z., Haq, N. and Zaheer, A., 2010, Extraction and Characterization of β-D-glucan from Oat for Industrial Utilization, International Journal of Biological Macromolecules, 46: 304-309.

Autio, K., 1996, Functional Aspects of Cereal Cell Wall Polysaccharides, In Carbohydrates in Food. Eliasson A-C (ed.), Marcel Dekker, New York, p. 227-264.

Benito-Román, O., Alonso, E. and Lucas, S., 2011, Optimization of the β-glucan Extraction Conditions from Different Waxy Barley Cultivar, Journal of Cereal Science, 53: 271-276.

Bhatty, R.S., 1993, Extraction and Enrichment of (1-3),(1-4)-β-D-Glucan from Barley and Oat Brans, Cereal Chemistry, 70: 73-77.

Cui, W., Wood, P.J. Blackwell, B. and Nikiforuk, J., 2000, Physicochemical Properties and Structural Characterization by Two-Dimensional NMR Spectroscopy of Wheat β-D-Glucan-Comparison with Other Cereal β-D-Glucans, Carbohydrate Polymers, 41: 249-258.

Papageorgiou, M., Lakhdara, N., Lazaridou, A., Biliaderis, C.G. and Izydorczyk, M.S., 2005, Water Extractable (1→3,1→4)-β-D-Glucans from Barley and Oats: An Intervarietal Study on Their Structural Features and Rheological Behaviour, Journal of Cereal Science, 42: 213-224.

Skendi, A., Biliaderis, C.G., Lazaridou, A. and Izydorczyk, M.S., 2003, Structure and Rheological Properties of Water Soluble β-Glucans from Oat Cultivars of *Avena sativa* and *Avena bysantina*, Journal of Cereal Science, 38: 15-31.

Temelli, F., 1997, Extraction and Functional Properties of Barley β-Glucan as Affected by Temperature and pH, Journal of Food Science, 62:1194-1197.

Vaikousi, H., Biliaderis, C.G. and Izydorczyk, M.S., 2004, Solution Flow Behavior and Gelling Properties of Water-Soluble Barley (1→3,1→4)-β-Glucans Varying in Molecular Size, Journal of Cereal Science, 39: 119-137.

Wood, P.J., Weisz, J. and Blackwell, B.A., 1994, Structural Studies of (1/3) (1/4)-β-D-Glucans by ^{13}C-Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and by Rapid Analysis of Cellulose-Like Regions using High-Performance Anion Exchange Chromatography of Oligosaccharides Released by Lichenase, Cereal Chemistry, 71: 301-307.

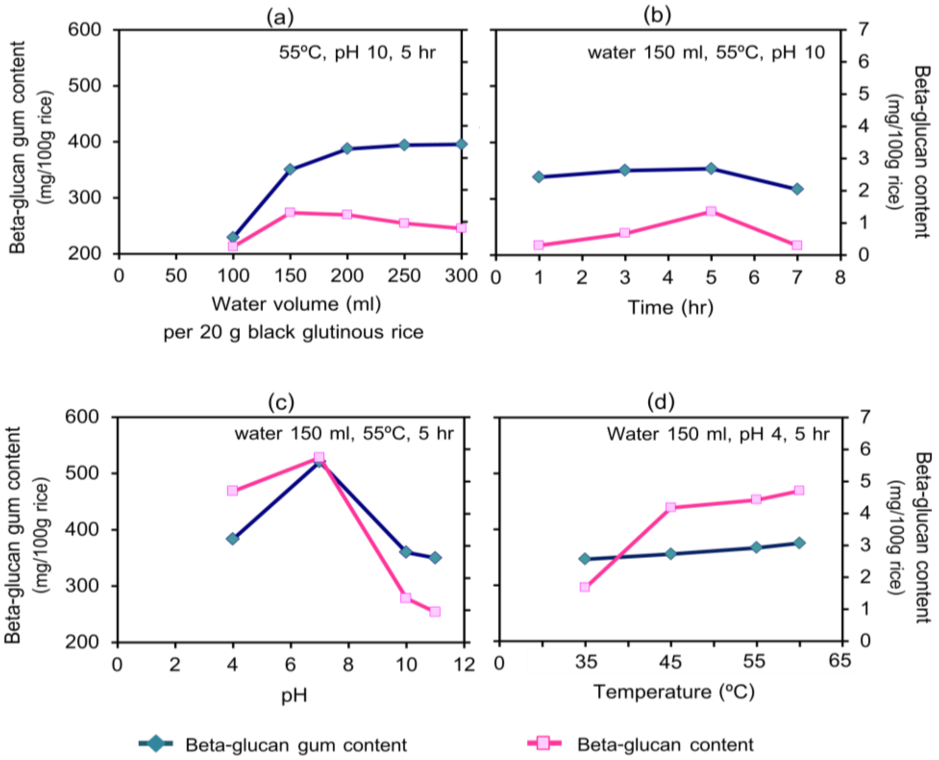


Figure 1 Effect of water volume (a), time (b), pH (c) and temperature (d) on extraction of beta-glucan from black glutinous rice.

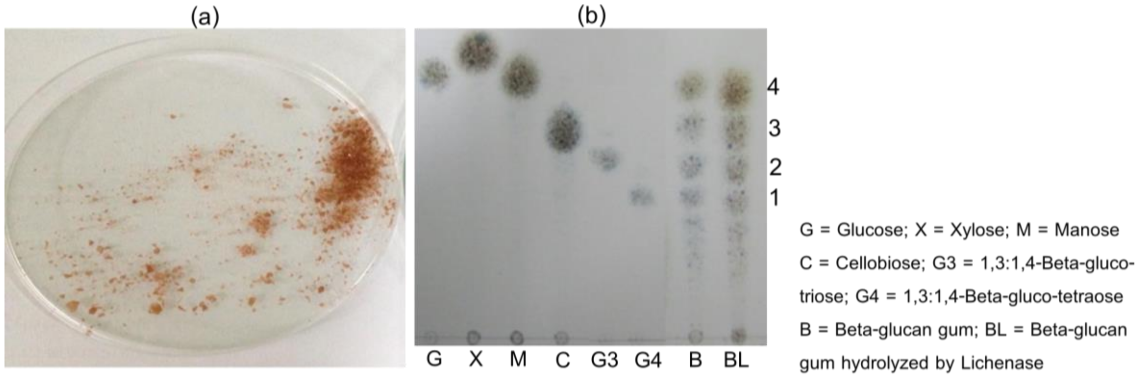


Figure 2 Physical-chemical properties of black glutinous rice beta-glucan gum (a) appearance of the extracted beta-glucan gum (b) TLC result showing sugar composition in beta-glucan structure

การสกัดและลักษณะน้ำมันจากเมล็ดองุ่นไทยที่สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต

Supercritical Carbon Dioxide Extraction and Characterization of Oil from Thai Grape Seeds

จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์[1] ปารมี เพ็งปรีชา[2] ภัทรนันทร์ กมลนัทธ์[2] และ กนกวรรณ ไพรพนาพงศ์[2]

Eiamwat, J.[1], Pengprecha, P.[2], Kamolnat, P.[2] and Pripanapong, K.[2]

Abstract

Extraction of oil from Black Ribier (Pok Dum) grape seeds was performed with supercritical carbon dioxide (SC-CO_2) extraction at pressures 200 and 300 bar and temperatures 30, 40 and 50°C. The highest oil yield (5.5 g/100 g on dry basis) was obtained at 300 bar and 30°C. Fatty acid composition of the oil extracted with SC-CO_2 at 300 bar and 30°C was comparable to that of a commercial refined oil and found linoleic and oleic acids constituting over 75% of fatty acids. The physicochemical characteristics of the oil extract were determined as refractive index (1.469), iodine value (112.41 g I_2/100 g) and saponification value (192.12 mg KOH/g), which were similar to those of the refined oil. However, the oil extract had a high viscosity (37.18 cSt) and acid value (27.6 mg KOH/g). The acid value was about 7 times greater than the standard edible oil value (4.0 mg KOH/g), indicating that the oil had to be refined by alkaline neutralization before the consumption. Grape seed oil obtained with SC-CO_2 by this study had semi-purified quality.

Keywords: grape seed oil, supercritical carbon dioxide (SC-CO_2), fatty acid, physicochemical characteristics

บทคัดย่อ

เมล็ดองุ่นป็อกดำ (*Vitis vinifera* cv Black Ribier, Pok Dum) นำมาสกัดน้ำมันด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต (SC-CO_2) โดยแปรความดัน (200 และ 300 บาร์) และอุณหภูมิ (30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส) พบว่าน้ำมันสกัดเมล็ดองุ่นที่ความดัน 300 บาร์ และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (5.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันและลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วย SC-CO_2 ที่ 300 บาร์ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดไขมันใกล้เคียงกับน้ำมันเมล็ดองุ่นผ่านกรรมวิธีทางการค้า โดยมีกรดไขมันลิโนเลอิคและโอเลอิครวมกันมากกว่า 75% และพบว่ามีลักษณะทางเคมีกายภาพบางประการ ได้แก่ ค่าการหักเหของแสง(1.469) ค่าไอโอดีน (112.41 g I_2/100 g) และค่าสปอนนิฟิเคชั่น (192.12 mg KOH/g) ใกล้เคียงกันกับน้ำมันเมล็ดองุ่นผ่านกรรมวิธีทางการค้า อย่างไรก็ตามน้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วย SC-CO_2 ที่ 300 บาร์ 30 องศาเซลเซียสมีค่าความหนืดค่อนข้าง สูง (37.18 cSt) และค่าความเป็นกรด (27.6 mg KOH/g) สูงเกินค่ามาตรฐานน้ำมันพืชบริโภค (4.0 mg KOH/g) ประมาณ 7 เท่า แสดงว่าต้องทำให้บริสุทธิ์โดยการทำให้เป็นกลางด้วยด่างก่อนจะนำไปบริโภค น้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วย SC-CO_2 จากการศึกษาครั้งนี้เป็นน้ำมันกึ่งบริสุทธิ์

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดองุ่น คาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต (SC-CO_2) กรดไขมัน ลักษณะทางเคมีกายภาพ

คำนำ

เมล็ดองุ่น (*Vitis vinifera*) เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตไวน์และน้ำองุ่น เมล็ดองุ่นมีปริมาณน้ำมันประมาณ 10-20% ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ น้ำมันจากเมล็ดองุ่นประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิคและโอเลอิค ประมาณ 53-78% และ 16-31% ตามลำดับ (Bail และคณะ, 2008; Sabir และคณะ, 2012) น้ำมันเมล็ดองุ่น ยังอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ เช่น วิตามินอี (tocopherol) ในปริมาณ 50-520 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมี ประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน เช่น ลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดและโรคหลอดเลือดหัวใจ (Bail และคณะ, 2008;

[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถนนเลียบคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

[1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Technopolis, Klong 5 Road, Klong Luang, Pathum Thani 12120

[2] ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา นิคมอุตสาหกรรมบางปู ถนนสุขุมวิท สมุทรปราการ 10280

[2] Industrial Metrology and Testing Service Center, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road, Sumut Prakan, 10280

Sabir และคณะ, 2012) น้ำมันเมล็ดองุ่นอาจกล่าวได้ว่าเป็นน้ำมันสุขภาพเหมาะสำหรับใช้ประกอบอาหาร และเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เครื่อง สำอางอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดันและอุณหภูมิเหนือสภาวะวิกฤต (supercritical carbon dioxide, SC-CO_2) เป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเมล็ดน้ำมัน เป็นทางเลือกวิธีที่ช่วยลดการตกค้างของตัวทำละลายอินทรีย์จากการสกัดแบบเดิมด้วยเฮกเซน หรือปิโตรเลียม อีเทอร์ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ และแยกออกจากน้ำมันที่สกัดได้ง่ายในสถานะก๊าซในสภาวะปกติ ดังนั้นวิธีนี้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับการสกัดน้ำมันที่ประกอบด้วยสารสำคัญที่เสียสภาพได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน (Agostini และคณะ, 2012)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นป็อกดำ (*Vitis vinifera* cv Black Ribier, Pok Dum) ด้วย SC-CO_2 และตรวจคุณภาพน้ำมันที่สกัดได้โดยวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันและลักษณะทางเคมีกายภาพเปรียบเทียบกับน้ำมันเมล็ดองุ่นผ่านกรรมวิธีทางการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง นำเมล็ดองุ่นป็อกดำ (*Vitis vinifera* cv Black Ribier, Pok Dum) จากจังหวัดนครปฐม ล้างน้ำทำความสะอาด อบให้แห้งสนิทในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส บดหยาบผ่านตะแกรงร่อนขนาดระหว่าง 10 และ 100 เมช โดยขนาดคละของเมล็ดองุ่นบดประมาณ 0.15-2.0 มิลลิเมตร บรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทแล้วเก็บในตู้กันความชื้น

การวิเคราะห์โดยประมาณของเมล็ดองุ่น นำเมล็ดองุ่นที่เตรียมไว้มาหาปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า และโปรตีน ตามวิธี AOAC (2000) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น จากการอบที่ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ วิเคราะห์ปริมาณไขมันจากการสกัดด้วยวิธี Soxhlet โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย วิเคราะห์ปริมาณเถ้า จากการนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตคำนวณจากผลต่าง

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นด้วย SC-CO_2 นำเมล็ดองุ่นที่เตรียมไว้ 100 กรัม บรรจุลงในคอลัมน์สกัดขนาด 300 มิลลิลิตร จากนั้นนำคอลัมน์ประกอบเข้าเครื่องสกัด Speed SFE (Applied Separations Inc., Allenton, PA, USA) โดยใช้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวความบริสุทธิ์สูง (> 99.5%) เป็นตัวทำละลาย กำหนดอัตราการไหลประมาณ 2 ลิตรต่อนาที แปรความดันที่ 20 และ 30 เมกะปาสคาล อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เก็บน้ำมันเมล็ดองุ่นในขวดตัวอย่างขนาด 20 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน น้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้นำมาเปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ตามวิธี AOAC 2000 โดยชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.2 กรัม ละลายในสารละลายเมทาโนลิกโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร รีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมสารละลายโบรอนไตรฟลูออไรด์ในเฮปเทนความเข้มข้น 12% ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เมื่อของผสมเย็นตัวลงเติมโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ดูดชั้นเฮกเซนส่วนบนเก็บในขวดตัวอย่างและนำไปฉีดเข้าเครื่อง Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra ชนิดคอลัมน์ Cp-Sil 88 (ยาว 100 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร) และใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา อุณหภูมิเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 240 องศาเซลเซียส ภาวะเครื่อง 70 อิเล็คตรอนโวลท์ ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ในช่วง 30-320 หน่วยมวลอะตอม บ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบ กับ NIST library

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ น้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณร้อยละผลผลิต (% yield) ความสามารถในการสกัดน้ำมันได้ (recovery) ค่าการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง refractometer (CARL ZEISS 44030, Germany) ตามวิธี AOAC 921.0 และค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Cannon-Fenske Routine viscometer ขนาด 200 ในช่วง 20-100 เซนติสโตก ตามวิธี ASTM D445

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี น้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้นำมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ตามวิธี ISO 660 วิเคราะห์ค่าไอโอดีน ตามวิธี AOAC 993.20 และวิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชั่น ตามวิธี AOAC 920.160 ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดองุ่นป็อกดำที่ใช้ในวิจัยนี้ พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 8.0 โปรตีนร้อยละ 7.1 ไขมันร้อยละ 14.3 เถ้าร้อยละ 2.6 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.0 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Elegamey และคณะ (2013) (Table 1)

น้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วย SC-CO_2 แปรความดัน 200 และ 300 บาร์ อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นมีลักษณะใส สีเหลืองอมเขียวอ่อน มีปริมาณร้อยละผลผลิตน้ำมันระหว่างร้อยละ 1.7 ถึง 5.5 (โดยน้ำหนักแห้ง) (Table 2) โดยการสกัดที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุด (5.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) คิดเป็นร้อยละ 35.9 ของปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ในเมล็ด ทั้งนี้ปริมาณร้อยละผลผลิตสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้ โดยการเพิ่มระยะเวลาการสกัดให้นานขึ้น เช่น เพิ่มเป็นร้อยละ 6.9 ระยะเวลาสกัดนาน 8 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการสกัดต่อไปเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกเพียงร้อยละ 1 ถึง 2 โดยน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้มีสีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้ม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคลอโรฟิลถูกสกัดจากเมล็ดปนออกมาด้วย (Eiamwat และคณะ, 2013)

ศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ผ่านการกลั่นให้บริสุทธิ์ทางการค้า พบกรดไขมันหลักที่เหมือนกัน ได้แก่ กรดปาล์มมิติค (C16:0) กรดสเตียริค (C16:0) กรดโอเลอิค (C18:1) กรดลิโนเลอิค (C18:2) และกรดลิโนเลนิค (C18:3) โดยมีปริมาณกรดไขมันลิโนเลอิคและโอเลอิค รวมกันมากกว่า 75% (Table 3)

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วย SC-CO_2 ที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (1.469) ค่าไอโอดีน (112.41 g I_2/100 g) และค่าสปอนนิฟิเคชั่น (192.12 mg KOH/g) ใกล้เคียงกับน้ำมันเมล็ดองุ่นผ่านกรรมวิธีทางการค้า และสอดคล้องกับค่าที่รายงานไว้ (Table 4) อย่างไรก็ตามน้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วย SC-CO_2 ที่ได้ยังมีค่าความหนืดสูง (37.18 cSt) และค่าความเป็นกรด (27.6 mg KOH/g) สูงเกินค่ามาตรฐานน้ำมันพืชบริโภค (4.0 mg KOH/g) ประมาณ 7 เท่า อาจเป็นเพราะยังไม่ได้ผ่านการทำให้เป็นกลาง และใช้ในเวลาในการเก็บรวบรวมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพนานเกินไป มีโอกาสให้น้ำมันถูกออกซิไดซ์เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ทั้งนี้ต้องทำให้บริสุทธิ์ก่อนจะนำไปบริโภค

สรุปผล

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นป็อกดำด้วย SC-CO_2 ที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 4 ชั่วโมง ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุด (5.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณกรดไขมันลิโนเลอิคและโอเลอิครวมกันมากกว่า 75% โดยมีลักษณะทางเคมีกายภาพบางประการ ได้แก่ ค่าการหักเหของแสง ค่าไอโอดีน และค่าสปอนนิฟิเคชั่น ใกล้เคียงกันกับน้ำมันเมล็ดองุ่นผ่านกรรมวิธีทางการค้า อย่างไรก็ตามมีค่าความหนืดสูง และค่าความเป็นกรดสูงเกินค่ามาตรฐานน้ำมันพืชบริโภคประมาณ 7 เท่า ทั้งนี้ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการทำให้เป็นกลางด้วยด่างก่อน จะนำไปบริโภค น้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วย SC-CO_2 จากการศึกษาครั้งนี้เป็นน้ำมันกึ่งบริสุทธิ์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เอกสารอ้างอิง

Agostini, F., Bertussi, R.A., Agostini, G., Atti dos Santos, A.C., Rossato, M. and Vanderline, R., 2010, Supercritical Extraction from Vinification Residues: Fatty Acids, α-tocopherol and Phenolic Compounds in the Oil Seeds from Different Varieties of Grape, The Scientific World Journal, 2012: 1-9.

Akhter, H., Hamid, S. and Bashir, R., 2006, Variation in Lipid Composition and Physico-chemical Constituent among Six Cultivars of Grape Seeds, Journal of Chemical Society of Pakistan, 28(1): 97-100.

Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H. and Buchbauer, G., 2008, Characterisation of Various Grape Seed Oils by Volatile Compounds, Triacylglycerol Composition, Total Phenols and Antioxidant Capacity, Journal of Food Chemistry, 108: 1122-1132.

Eiamwat, J., Pengprecha, P., Tiensong, B., Walapa, S., Wachirasiri, K. and Kampruengdet, S., 2013, Extraction of Oil from Grape Seeds with Supercritical Carbon Dioxide, The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, 38: 12-15.

Elagamey, A.A., Abdel-Wahab, M.A., Shima, M.E. and Abdel-Mogib, M., 2013, Comparative Study of Morphological Characteristics and Chemical Constituents for Seeds of Some Grape Table Varieties, Journal of American Science, 9: 447-454.

Sabir, A., Unver, A. and Kara, Z., 2012, The Fatty Acid and Tocopherol Constituents of the Seed Oil Extracted from 21 Grape Varieties (Vitis spp.), Journal of the Science of Food and Agriculture, 92: 1982-1987.

Table 1 Proximate composition of dry grape seeds (*Vitis vinifera* cv Black Ribier, Pok Dum) (g/100 g)

	Mositure	Protein	Fat	Ash	Carboydrate
Determined values[a]	8.0	7.1	14.3	2.6	68.0
Literature values[b]	11.5	6.6	14.5	2.5	64.7

[a]Means of duplicate determinations; [b]Elegamey et al.(2013)

Table 2 Yield and percentage of recovery of grape seed oil extracted with SC-CO_2 under different conditions at CO_2 flow rate about 2 L/min (Eiamwat et al., 2013)

Pressure (bar)	Temperature (°C)	Oil yield[1]	Recovery[2] (% of total oil)
200	30	2.5[b]	16.4[b]
200	40	2.3[b]	15.2[b]
200	50	1.7[a]	11.3[a]
300	30	5.5[d]	35.9[d]
300	40	5.0[c]	32.5[c]
300	50	5.1[c]	32.9[c]

[1,2]Oil yield obtained after 4 h (g oil/100 g seed, dry matter basis) is mean of duplicate;
values in a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3 Fatty acid composition (g/100 fatty acid) of grape seed oil extract by SC-CO_2 at 300 bar/ 30°C

	% of total fatty acid	
	SC-CO_2, 300 bar/ 30°C	Commercial refined oil
C16:0	13.14	10.63
C18:0	6.78	5.90
C18:1	26.73	30.12
C18:2	50.42	46.87
C18:3	0.51	1.06

Table 4 Physicochemical characteristics of grape seed oil extracted with SC-CO_2 at 300 bar/ 30°C

Characteristics	Determined values	Commercial oil values	Literature values	
			1	2
Refractive index (25°C)	1.469	1.471	1.465 - 1.515 (40°C)	N/A
Viscosity(25°C)	37.18	21.67	N/A	N/A
Acid value (mg KOH/g)	27.63	0.54	2.58 - 6.56	N/A
Iodine value (g I/100 g)	112.41	127.65	125.30 -132.27	124 - 143
Saponification value (mg KOH/g)	192.12	192.76	188.24 – 201.50	180 - 196

N/A : not available; 1) Akhter, Hamid and Bashir (2006); 2) http://en.wikipedia.org/wiki/grape_seed_oil

สมบัติทางกายภาพเคมีและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของใบกะเพราผสมในขนมปัง

Physicochemical and Sensory Analysis of Holy Basil Leaves (*Ocimum sanctum*) Adding in Breads

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1]
Ieowsakulrat, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the adding of each type fine-fresh and fine-dried holy basil leaves (*Ocimum sanctum*) for health-enhancing properties in breads. The bread formulas were added fresh leaves (10, 20, and 30% by flour weight) or dried leaves (1, 3 and 5% by flour weight). The results of this study showed that overall acceptance of 10 and 20% fresh holy basil and control breads were not different ($p>0.05$), for this reason 20% formula was selected to further study. The 1% dried holy basil breads and compared to control breads were not different ($p>0.05$). For 20% fresh-, 1% dried – holy basil bread and compared to control bread, the color of 20% fresh holy basil bread had the lowest of L* and a* ($p\leq0.05$) and the highest of moisture and ash content ($p\leq0.05$). For determination of fat content, two types of holy basil formulas had lower than control formula ($p\leq0.05$). The overall acceptability scores were 6.43 and 7.10 for fresh-and dried holy basil breads, respectively. Physicochemical and textural properties of three formulas bakery shortenings during 3 days storage at room temperature were packed in polyethylene bags and evaluated for shelf life studied. The appearance of mold occurred on 2nd, 2nd, and 3 rd day of control, fresh holy basil, and dried holy basil formula, respectively. During shelf-life evaluation the results showed that springiness and moisture content of all products decreased but TBA value increased.

Keywords: holy basil, bread, *Ocimum sanctum*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ใบกะเพรา(*Ocimum sanctum*) เสริมเพื่อคุณภาพขนมปัง ทำการศึกษาโดยแบบสดเสริม 10 20 และ 30% (โดยน้ำหนักแป้ง) ส่วนแบบอบแห้งเสริม 1 3 และ 5% (โดยน้ำหนักแป้ง) เลือกสูตรโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมของขนมปังสูตรเสริมกะเพราแบบสด 10 และ 20% ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$) จึงเลือกสูตร 20% เพื่อศึกษาต่อ และพบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมสูตรแบบอบแห้ง 1% ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$) สำหรับขนมปังสูตรเสริมกะเพราแบบสด 20% และอบแห้ง 1% และสูตรพื้นฐานนั้นพบว่าขนมปังเสริมกะเพราสด 20% มีค่า L* และ a* ต่ำกว่าสูตรอื่น ($p \leq0.05$) ปริมาณความชื้นและเถ้าสูงกว่าสูตรอื่น ($p \leq0.05$) ขนมปังเสริมกะเพราทั้ง 2 สูตรมีปริมาณไขมันต่ำกว่าเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน ($p\leq0.05$) ส่วนคะแนนการยอมรับโดยรวมของขนมปังสูตรเสริมกะเพราแบบสด 20% และแบบอบแห้ง 1% ได้รับเท่ากับ 6.43 และ 7.10 (ตามลำดับ) ศึกษาอายุการเก็บด้านสมบัติทางกายภาพเคมีและเนื้อสัมผัสของ 3 ผลิตภัณฑ์โดยการเก็บตัวอย่างในถุง polyethylene ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ขนมปังสูตรสูตรพื้นฐาน สูตรเสริมกะเพราแบบสด 20% และ แบบอบแห้ง 1% มีเชื้อราปรากฏให้เห็นในวันที่ 2 2 และ 3 (ตามลำดับ) และเมื่อเก็บขนมปังทั้ง 3 สูตรไว้นานขึ้นทำให้ค่า springiness และความชื้นมีแนวโน้มลดลง ส่วน TBA value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ใบกะเพรา ขนมปัง *Ocimum sanctum*

คำนำ

กะเพรา (*Ocimum sanctum*) เป็นผักสวนครัวในตระกูลเดียวกับโหระพา แมงลัก ที่ใช้ประกอบอาหาร กะเพราใช้เพื่อการดับกลิ่นคาวและทำให้อาหารมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาในการรักษาโรคท้องอืด คลื่นไส้ และยังมีสารอาหารที่สำคัญ เช่น เหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และมีน้ำมันระเหยที่สำคัญอีกหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้าน

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok 10400

อนุมูลอิสระ สารต้านแบคทีเรียและ ได้มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า กะเพรามีผลต่อการลดปริมาณไขมันและน้ำตาลในเลือด (กรวรรณ, 2552; สุกัญญา, 2555; Molnar, 2009; Yates, 2013) นอกจากนี้มีงานวิจัยที่นำน้ำมันหอมระเหยไปประยุกต์ใน ขนมปัง (สุทัศน์ และ จริญญา, 2549) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลการใช้ใบกะเพราเสริมเพื่อคุณภาพขนมปัง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตขนมปังสูตรต่างๆ: การเตรียมใบกะเพราสดปั่นละเอียดและใบกะเพราอบแห้งปั่นละเอียด ทำการเลือกเฉพาะส่วนใบสดนำมาแปรรูป โดยล้างและนำมาปั่นให้ละเอียด(เตรียมสด) ส่วนใบกะเพราอบแห้ง โดยการอบใบสดที่อุณหภูมิ 55°C แล้วนำมาปั่นละเอียด สำหรับขนมปังสูตรควบคุม ประกอบด้วย แป้ง น้ำตาล เกลือ นมสด ยีสต์แห้ง เนยจืด และสำหรับขนมปังสูตรเสริมใบกะเพราจะแปรปริมาณดังนี้ สูตรเสริมใบกะเพราสด: ใช้ 10 20 และ 30% (โดยน้ำหนักแป้ง) และสูตรเสริมใบกะเพราอบแห้ง: ใช้ 1 3 และ 5% (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยนำน้ำตาลทรายและเกลือละลายด้วยนมสด ร่อนแป้งผสมกับยีสต์ให้เข้ากันในเครื่องนวดแป้ง แล้วค่อยๆ เติมนมสดแล้วนวดให้เข้ากัน เติมเนยจืด นวดต่อ(ถ้าต้องเติมใบกะเพราให้ผสมในขั้นตอนนี้) นวดจนกระทั่งยืดเป็นแผ่นฟิลม์ได้ คลึงเป็นก้อนกลม แล้วนำไปบ่มนาน 1 ชั่วโมง รีดอากาศออกแล้วม้วนให้เป็นแท่งเหมือนหมอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 200°C ประมาณ 45 นาที หรือจนกระทั่งสุก ได้ขนมปังสูตรต่าง ๆ

2. ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรขนมปังเสริมใบกะเพราแบบสดและแบบอบแห้ง: เตรียมขนมปังสูตรพื้นฐานและขนมปังสูตรเสริมใบกะเพราสดทั้ง 3 สูตรและเสริมใบกะเพราอบแห้งทั้ง 3 สูตร ใช้ผู้ชิมจำนวน 25 คน ทำแบบทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) ผลการทดสอบนำมาใช้ในการเลือกสูตรเสริมใบกะเพราแบบสด 1 สูตรและแบบอบแห้ง 1 สูตรเพื่อศึกษาต่อในขั้นต่อไป

3. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี: นำขนมปังสูตรพื้นฐานและขนมปังเสริมใบกะเพราที่เลือกแล้วจากตอนที่ 2 มาทดสอบสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4. ทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังเสริมใบกะเพราทั้ง 2 สูตร: โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 30 คนทำแบบทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scale แล้วทำการทดลองผลความแตกต่างที่ได้ด้วย t-test

5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาในถุง Polyethylene ที่อุณหภูมิห้อง (25$\pm$ 5 °C) เป็นเวลา 3 วัน: เก็บตัวอย่างขนมปัง 3 สูตรมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่า springiness ค่า thiobarbituric acid (TBA) และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และสังเกตการปรากฏราบนขนมปัง 3 สูตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเลือกสูตรขนมปังเสริมใบกะเพราแต่ละแบบ พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับโดยรวมของการเสริมใบกะเพราแบบสด 10 และ 20 % ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p<0.05$) จึงเลือกสูตรการเสริมใบกะเพราสด 20% ไปศึกษาต่อ การเสริมใบกะเพราสดจะส่งผลต่อสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์มากกว่าการเสริมแบบอบแห้ง และพบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมสูตรแบบอบแห้ง 1% ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$)จึงเลือกสูตรการเสริมใบกะเพราอบแห้ง 1% ไปศึกษาต่อ (ไม่ได้แสดงผล) สำหรับความชื้นของกะเพราสดและกะเพราอบแห้งมีค่าเท่ากับ 85.10 และ 8.93% (ตามลำดับ)

เมื่อนำขนมปังสูตรเสริมกะเพราทั้ง 2 สูตรและสูตรควบคุมมาศึกษาต่อทางด้านกายภาพและเคมี (Table 1 และ Table 2) พบว่า ขนมปังสูตรเสริมกะเพราสดมีสีเข้มที่สุด โดยมีค่า L* และ a* ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีคลอโรฟิลที่ละลายในขนมปังมากกว่าแบบอบแห้ง การเสริมกะเพราลงในขนมปังไม่มีผลต่อความหนาแน่นและปริมาตรจำเพาะ ($p>0.05$) ขนมปังสูตรเสริมกะเพรามีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณใยอาหารไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม เนื่องจากปริมาณใยอาหารในใบกะเพรามีน้อย(กะเพรามีใยอาหาร 1.3%) เมื่อนำขนมปังเสริมกะเพราทั้ง 2 สูตรมาประเมินผลทางประสาทสัมผัส(Table 3) พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนด้านกลิ่น สีและความชอบโดยรวมขนมปังสูตรเสริมกะเพราอบแห้ง 1% สูงกว่าสูตรเสริมกะเพราสด 20% ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะปรากฏจะพบว่า การเสริมด้วยกะเพราสดจะมีสีเข้มกว่าและมีกลิ่นของกะเพรามากกว่าแบบอบแห้ง

ผลการศึกษาอายุการเก็บพบว่า สังเกตเห็นราปรากฏบนขนมปังสูตรพื้นฐาน สูตรเสริมกะเพราสด และเสริมกะเพราแห้ง ในวันที่ 2 2 และ 3 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ยีสต์และราใน Table 4 และเมื่อเก็บขนมปังทั้ง 3 สูตรไว้นานขึ้นทำให้ค่า springiness และความชื้นมีแนวโน้มลดลง ส่วน TBA value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

สรุปผล

จากการศึกษานี้ ใบกะเพราสามารถนำมาเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังได้ในปริมาณ 1% (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเขียวเข้มและมีแนวโน้มของคุณภาพผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใบกะเพราดีกว่าสูตรควบคุม การแปรรูปใบกะเพราโดยการอบแห้งก่อนจะเป็นแนวทางที่สะดวกกว่าการใช้แบบสด

เอกสารอ้างอิง

กรวรรณ มานะจิตต์, 2552, ผลของใบกะเพราต่อระดับไขมันในหนูที่เหนี่ยวนำให้มีโคเลสเตอรอลในเลือดสูง, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล และโครงการหนูรักผักสีเขียว มูลนิธิโตโยต้าแห่งประเทศไทย, 2547, มหัศจรรย์ผัก 108, สำนักพิมพ์คบไฟ.

สุกัญญา เขียวสะอาด, 2555, กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ, วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 21(2)(ก.ค.-ธ.ค.): 54–65.

สุทัศน์ สุระวัง และจริญญา พันธุรักษา, 2549, การสกัดและการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารของน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา, รายงานการวิจัย, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005, Official Method of Analysis.15th ed., Arlington: The Association of Official Analytical Chemists.

Molnar, J., 2009, Basil, From Lab to Lunch Basil, (7 spezzatino.com): 21-26.

Yates, B., 2013, Holy Basil (*Ocimum sanctum*) An Overview of the Research and Clinical Indications, Plant Intelligence®, [online], Available: http:// http://www.gaiaherbs.com/uploads/1596_HPR_HolyBasil_ResearchPaper-1371567034.pdf [January 11/ 2014]

Table 1 Result of physical properties of control bread and dried holy basil bread

Bread Formula	Color			Bulk density (g/cm^3)^{ns}	Specific volume(cm^3/g)^{ns}
	L*	a*	b*		
Control bread	78.23^a	3.72^a	27.45^a	0.38	2.66
20% fresh holy basil bread	47.75^c	1.54^c	23.56^b	0.36	2.84
1% dried holy basil bread	68.78^b	2.51^b	23.98^b	0.35	2.81

a,b,c: Values with different letter in same row significantly different. (p≤0.05), ns: non significantly different (p>0.05)

Table 2 Result of chemical composition of control bread and dried holy basil bread

Bread Formula	Moisture(%)	Ash(%)	Protein(%)^{ns}	Fat(%)	Fiber(%)	Carbohydrate(%)
Control bread	29.33^b	0.05^b	9.11	0.56^a	0.88	60.07
20% fresh holy basil bread	36.23^a	0.17^a	9.05	0.46^b	0.92	53.17
1% dried holy basil bread	29.96^b	0.09^b	9.41	0.45^b	0.86	59.23

a,b,c: Values with different letter in same column significantly different. (p≤0.05), ns: non significantly different (p>0.05)

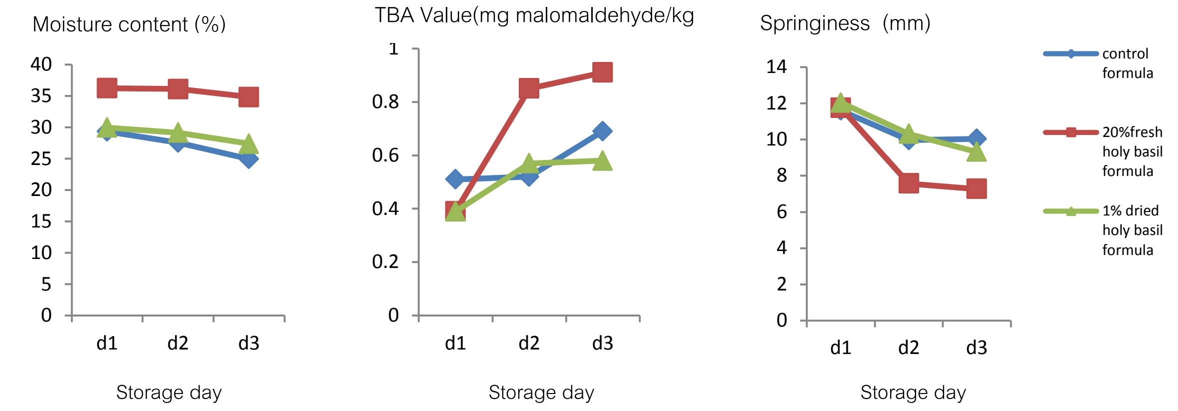
Table 3 Result of sensory evaluation of control bread and holy basil bread

Bread Formula	Test score			
	Odor	Texture^{ns}	Color	Overall acceptance
20% fresh holy basil bread	6.27^b	7.23	6.40^b	6.43^b
1% dried holy basil bread	7.20^a	7.23	7.43^a	7.10^a

a,b,c Values with different letter in same column significantly different. (p≤0.05)

Table 4 Result of microbial test for shelf life study of control bread and holy basil bread

Storage day / Bread Formula	Total plate count (CFU/g)			Yeast and mold (CFU/g)		
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
Control bread	8×10^2	TMTC	TMTC	4.5×10^2	TMTC	TMTC
20% fresh holy basil bread	1×10^3	TMTC	TMTC	8.5×10^2	TMTC	TMTC
1% dried holy basil bread	6.5×10^2	1.4×10^3	2.4×10^3	2.0×10^2	1.2×10^3	TMTC



(a) Moisture content (%) (b) TBA Value(mg malomaldehyde/kg sample) (c) Springiness (mm)

Figure 1 Result of shelf life studies: (a) Moisture content, (b) TBA Value, (c) Springiness

การใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรในการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋า

Use of Modified Jackfruit Seed Starch for Ha-Gao Sheet Production

จิรนาถ บุญคง[1]
Boonkong, J.[1]

Abstract

The objectives of these research was carried on physical properties of modified jackfruit seed starch (esterification and crosslinking with phosphate reagents) compared with Ha-Goa flour and was studied on the optimal ratio between Ha-Goa flour and modified jackfruit seed starch in Ha-Goa sheet production. The water activity, swelling power and solubility (%) of modified jackfruit seed starch was lower than Ha-Goa flour. The gel clarity of modified jackfruit seed starch was lower than Ha-Goa flour. When the time is increasing jackfruit seed starch was constant, whereas Ha-Goa flour was decreased. The ratio of Ha-Goa flour and modified jackfruit seed starch was varied at 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100 for Ha-Goa sheet production. The results show that cooking loss and cooking yield were not different among the samples. The water separation (% syneresis) from freeze-thaw for 4 cycles showed that modified jackfruit seed starch sheet at 25% by weight (formula 1) was lower than control (100:0) at the cycle1 and the cycle 2, 3 and 4 all of them were not different ($p \leq 0.05$). The modified jackfruit seed starch sheet at 25% and control were sensory evaluated by 9-point hedonic scale. The control had the higher score of color and odor than modified jackfruit seed starch sheet at 25% but lower in term of taste. The texture and overall acceptance were not different ($p \leq 0.05$). The tensile strength and elongation of two formulas were not different.

Keywords: Ha-Gao sheet, modified jackfruit seed starch

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปร (ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับปฏิกิริยาครอสลิงค์กับสารฟอสเฟต) เปรียบเทียบกับแป้งฮะเก๋า และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งฮะเก๋าและสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรในการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋า ต่อสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพพบว่า สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีค่า water activity กำลังพองตัวและร้อยละการละลาย ค่าความสว่าง (*L**) ต่ำกว่าแป้งฮะเก๋า ความโปร่งใสของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีค่าต่ำกว่าแป้งฮะเก๋า แต่ความโปร่งใสของเจลแป้งคงที่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งฮะเก๋ามีค่าลดลง ทำการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋า โดยแปรผันอัตราส่วนแป้งฮะเก๋าต่อสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรที่ระดับ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 พบว่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักและร้อยละของน้ำหนักที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนร้อยละการแยกตัวของน้ำ (syneresis) จากการแช่แข็งและละลายจำนวน 4 รอบ พบว่าแผ่นแป้งฮะเก๋าสูตรที่ใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรร้อยละ 25 (โดยน้ำหนัก) มีร้อยละการแยกตัวของน้ำต่ำกว่าแผ่นแป้งสูตรควบคุม (100:0) และไม่แตกต่างกัน ในรอบที่ 2, 3 และ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงคัดเลือกสูตรที่ใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรร้อยละ 25 มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale เทียบกับแผ่นแป้งสูตรควบคุม พบว่าแผ่นแป้งสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นมากกว่าแผ่นแป้งสูตรที่ใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรร้อยละ 25 แต่มีคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยกว่า และด้านความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าแรงตัดขาดและระยะยืดไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: แผ่นแป้งฮะเก๋า แป้งเมล็ดขนุนดัดแปร

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

คำนำ

อาหารแช่แข็ง (frozen food) เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี และมีลักษณะเป็นอาหารพร้อมปรุงหรืออาหารพร้อมบริโภค ทำให้ประหยัดเวลาในการปรุงหรือทำให้สุกและมีรสชาติไม่แตกต่างจากอาหารที่ปรุงเสร็จใหม่ๆ ซึ่งอาหารพร้อมบริโภคที่ตอบสนองความสะดวกสบายของผู้บริโภคยังรวมถึงอาหารแช่แข็งที่มีส่วนประกอบของแป้งที่ใช้ห่อไส้ เช่น เกี๊ยวซ่า ขนมจีบ ฮะเก๋า แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแช่แข็งโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นแป้งและน้ำ คือแผ่นแป้งจะมีน้ำซึมออกมาจากผิวหน้า และมีลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะทางด้านกายภาพเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการปรับปรุงผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งให้ทนต่อการแช่แข็งจึงมีความจำเป็น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติบางประการของแป้งที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ (native starch) ซึ่งมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น ไม่คงตัวที่อุณหภูมิต่ำ ตกตะกอน และเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ให้มีสมบัติตามความต้องการมากขึ้น จากงานวิจัยของ จิรนาถ (2555) ได้ศึกษาการดัดแปรสตาร์ชเมล็ดขนุนโดยวิธีเอสเทอริฟิเคชัน, วิธีครอสลิงค์ และวิธีเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับครอสลิงค์ พบว่าสตาร์ชดัดแปรร่วม มีอัตราการบีบน้ำออกจากเจลแป้งต่ำกว่าสตาร์ชเมล็ดขนุนที่ไม่ผ่านการดัดแปรและสตาร์ชเมล็ดขนุนที่ดัดแปรด้วยวิธีอื่นๆ และมีความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลาย เจลแป้งมีความใส มีความหนืดมาก หากมีการนำมาใช้ผลิตแผ่นแป้งสำหรับอาหารแช่แข็งน่าจะช่วยปรับปรุงคุณภาพรวมถึงลดการแยกตัวของน้ำในเจลแป้ง ดังนั้นวัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรที่ดัดแปรด้วยวิธีเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับครอสลิงค์เปรียบเทียบกับแป้งฮะเก๋า และเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งฮะเก๋าและสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปร ต่อสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของแผ่นแป้งฮะเก๋าที่ผลิตขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรโดยนำเมล็ดขนุน (พันธุ์ทองประเสริฐ, จ.สมุทรสาคร) เตรียมเป็นแป้ง และสกัดสตาร์ชจากแป้งเมล็ดขนุน (Thompson, 1977) จากนั้นเตรียมสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรด้วยวิธีเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับครอสลิงค์ (จิรนาถ, 2555) ควบคุมความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 บดสตาร์ชให้ละเอียดและร่อนผ่านชั้นตะแกรง 80 mesh เก็บรักษาในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท และศึกษาสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรเทียบกับแป้งฮะเก๋า (แป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งมันสำปะหลังอัตราส่วน 2:1) โดยวัดค่า Water Activity (AQUA LAB รุ่น AW CX3TE) ค่า pH (pH Meter รุ่น Meter Model UB-10) ค่าสี ระบบ *L* a** และ *b** (Hunter Lab รุ่น Color Flex) ค่าความโปร่งใสของเจลแป้ง (Kerr และ Cleveland, 1959) และกำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย (Schoch, 1964) จากนั้นทำการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋า โดยแปรผันอัตราส่วนแป้งฮะเก๋าต่อสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปร ที่ระดับ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 (สูตรควบคุม, สูตรที่ 1-4 ตามลำดับ) นำแป้งผสมกับน้ำเดือดในอ่างผสมนวดให้เข้ากัน และนำมารีดเป็นแผ่นแป้งด้วยเครื่องรีดเส้นบะหมี่ (Model 150 mm-Deluxe, Italy) ตัดแผ่นแป้งที่รีดแล้วตามพิมพ์กดสแตนเลสรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 6x6 เซนติเมตร และนำแผ่นแป้งมาศึกษา ค่าสี (*L* a** และ *b**) ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักและค่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้จากการนึ่ง (A.A.C.C., 2000) และร้อยละการแยกตัวของน้ำ (Wu และ Seib, 1990) คัดเลือกแผ่นแป้งฮะเก๋าที่มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับแผ่นแป้งสูตรควบคุมมากที่สุด มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale โดยพิจารณาลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 50 คน และวัดค่าแรงตัดขาด (tensile) และระยะยืด (elongation) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น EZ-S 50 N การวิเคราะห์สถิติของสมบัติทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนโดยวิธี One–way analysis of variance และตรวจสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ค่าแรงตัดขาด และระยะยืด เปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยโดยใช้ตาราง t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่า water activity ของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรน้อยกว่าแป้งฮะเก๋า (Table 1) และต่ำกว่าค่า A_w ที่น้อยที่สุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ ดังนั้นสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรและแป้งฮะเก๋ามีค่าใกล้เคียงกัน และผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของ Mukprasirt และ Sajjaanatakul (2004) ซึ่งรายงานว่าสตาร์ชเมล็ดขนุนมีค่า pH เท่ากับ 6.55 เมื่อพิจารณาค่าความ

สว่าง (*L**) ของสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปร มีความสว่างน้อยกว่าแป้งฮะเก๋า แต่มีค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองมากกว่าแป้งฮะเก๋า (Table 1) เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการเตรียมแป้ง นอกจากนี้อาจมีเปลือกหุ้มชั้นใน ที่เป็นรงควัตถุสีน้ำตาล เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิสูง (นิธิยา, 2544) สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีค่าความโปร่งใสใกล้เคียงกับงานวิจัยของ จิรนาถ (2555) แต่มีค่าต่ำกว่าแป้งฮะเก๋า เนื่องจากสตาร์ชเมล็ดขนุนมีการดัดแปรร่วมกันระหว่างปฏิกิริยาเอสเทอร์ร่วมกับครอสลิงค์ ซึ่งผลของปฏิกิริยาครอสลิงค์ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้ามส่งผลให้เจลแป้งมีความขุ่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความโปร่งใสของเจลแป้งยังขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลสซึ่งแตกต่างกันไป แป้งจากส่วนหัว, รากและแป้งข้าวเหนียว (สูตรแป้งฮะเก๋า) มีปริมาณอะมิโลสต่ำ เจลแป้งใส โปร่งแสง ส่วนแป้งจากธัญพืชจะได้เจลแป้งที่ขุ่น ทึบแสง (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) ส่วนสตาร์ชเมล็ดขนุนมีปริมาณอะมิโลสสูงจึงให้เจลที่มีลักษณะขุ่นเช่นเดียวกับแป้งธัญพืช อย่างไรก็ตามสตาร์ชเมล็ดขนุนมีค่าความโปร่งใสของเจลแป้งคงที่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งฮะเก๋ามีค่าลดลง สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีกำลังพองตัวและการละลายต่ำกว่าแป้งฮะเก๋า (Table 1) เนื่องจากการดัดแปรโดยการครอสลิงค์ จะทำให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการพองตัวและการละลายลดลง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะมิโลส ซึ่งสตาร์ชเมล็ดขนุนจัดอยู่ในกลุ่มแป้งจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณอะมิโลสสูง ทำให้เกิดโครงร่างแหที่แข็งแรง ส่งผลให้กำลังการพองตัวและร้อยละการละลายต่ำ

Table 1 Physical properties of modified jackfruit starch and Ha Kao flour

Physical Properties	Modified Jackfruit Seed Starch	Ha Kao Flour
Water Activity	0.29±0.00	0.52±0.00
pH	6.23±0.01	6.34±0.01
*L**	89.52±0.08	95.51±0.10
*a**	1.86±0.09	0.03±0.11
*b**	6.70±0.14	3.10±0.16
Gel clarity (30 min)	25.33±0.58	38.33±0.46
Gel clarity (60 min)	26.33±0.51	37.33±0.58
Gel clarity (90 min)	25.33±0.58	33.67±0.33
Swelling Power	9.74±0.17	9.81±1.08
Solubility (%)	5.29±1.21	13.93±3.55

Table 2 Color and water separation after freeze-thaw for 4 cycles of control and modified jackfruit seed starch sheet

Physical Properties	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
*L**	68.65^{a}±0.12	61.11^{b}±0.04	57.47^{c} ± 0.06	56.09^{d} ± 0.14	52.09^{e}±0.06
*a**	0.32^{e}±0.09	2.97^{d}±0.06	6.02^{c} ± 0.03	6.98^{b} ± 0.04	8.15^{a}±0.05
*b**	11.52^{d}±0.18	11.34^{e}±0.06	15.95^{c} ± 0.11	16.85^{b} ± 0.17	18.13^{a}±0.05
Water separation (%)					
Cycle 1	13.64^{e}±0.03	14.95^{d}±0.16	19.68^{c}±0.26	29.34^{b}±0.96	37.77^{a}±0.41
Cycle 2	16.74^{d}±0.23	18.05^{d}±0.21	24.81^{c}±0.83	35.13^{b}±2.19	42.53^{a}±0.41
Cycle 3	20.12^{d}±0.34	19.66^{d}±0.31	26.52^{c}±0.99	36.71^{b}±2.33	43.82^{a}±0.36
Cycle 4	22.65^{d}±0.37	21.24^{d}±0.46	28.09^{c}±0.99	38.15^{b}±2.46	44.85^{a}±0.33

Remark: different alphabets within the same row indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory evaluation score of control and modified jackfruit seed starch sheet at 25% substitution

Formula	Color	Odor	Taste	Texture	Overall liking
Control	7.52^{a}±1.01	6.92^{a}±1.43	6.94^{b}±1.27	6.78^{a}±1.52	7.16^{a}±1.27
Formula 1	5.56^{b}±1.77	6.12^{b}±1.72	7.36^{a}±1.21	7.12^{a}±1.48	7.04^{a}±1.28

Remark: different alphabets within the same row indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

ทำการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋าโดยแปรผันอัตราส่วนแป้งฮะเก๋าต่อสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรและศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความสว่างของแผ่นแป้งที่ใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรทดแทนแป้งสูตรควบคุมทุกสูตร มีความสว่าง (*L**) น้อยกว่าแผ่นแป้งสูตรควบคุม ในขณะที่มีค่าความเป็นสีแดง (*a**) และสีเหลือง (*b**) มากกว่า (Table 2) ส่วนร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก

(cooking loss) และค่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้จากการนึ่ง (cooking yield) แผ่นแป้งทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ไม่แสดงข้อมูล) แผ่นแป้งสูตรควบคุมและสูตรที่ 1 มีร้อยละการแยกตัวของน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อมีการแช่แข็งและละลายในรอบที่ 2 เป็นต้นไป (Table 2) และร้อยละการแยกตัวของน้ำจากการแช่แข็ง มีค่าต่ำกว่าสูตรที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งการแยกตัวของน้ำออกจากเจลแป้ง (syneresis) เป็นผลจากการเกิดรีโทรกราเดชันของแป้ง หลังจากแป้งเกิดเจลาติไนซ์แล้วเมื่อปล่อยให้เย็นตัวลง โมเลกุลของอะมิโลสที่มีขนาดเล็กจะกระจายตัวออกจากเม็ดแป้งและเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างแหสามมิติขึ้น การจัดเรียงตัวใหม่นี้มีผลทำให้น้ำที่เคยจับกันอยู่ก่อน ถูกกำจัดออกไป (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) นอกจากนี้การแยกตัวของน้ำจากเจลจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็ง (freeze-thaw stability)

จากผลการทดลองข้างต้นสรุปได้ว่าแผ่นแป้งสูตรที่ 1 (สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปร 25%) มีคุณลักษณะในด้านการคงทนต่อการแช่แข็งและละลายใกล้เคียงกับแผ่นแป้งสูตรควบคุม จึงนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ค่าแรงตัดขาด (tensile strength) และระยะยืด (elongation) พบว่า คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และรสชาติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยแผ่นแป้งสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นมากกว่าแผ่นแป้งสูตรที่ 1 แต่มีระดับคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยกว่า ส่วนระดับคะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน แผ่นแป้งสูตรควบคุมและแผ่นแป้งสูตรที่ 1 มีค่าแรงตัดขาดเท่ากับ 0.08 นิวตัน ส่วนระยะยืด มีค่าเท่ากับ 11.54 และ 12.33% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผล

แป้งฮะเก๋าและสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีค่า water activity ของอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสามารถเก็บรักษาได้นานในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท และสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีความสว่างน้อยกว่าแป้งฮะเก๋าซึ่งเป็นผลการกระบวนการผลิตสตาร์ชดัดแปร สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรที่มีความใสน้อยกว่าแป้งฮะเก๋า แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความใสของเจลแป้งจะคงที่ และสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรมีกำลังพองตัวและการละลายต่ำกว่าแป้งฮะเก๋า และจากการแปรผันอัตราส่วนของแป้งฮะเก๋าต่อสตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรที่ระดับต่างๆในการผลิตแผ่นแป้งฮะเก๋า พบว่าแผ่นแป้งทุกสูตรมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักและค่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้จากการนึ่งไม่แตกต่างกัน และจากการศึกษาร้อยละการแยกตัวของน้ำ พบว่าแผ่นแป้งสูตรควบคุม และแผ่นแป้งสูตรที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อมีการแช่แข็งและละลายในรอบที่ 2 เป็นต้นไป แผ่นแป้งสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านของเนื้อสัมผัสและรสชาติสูงกว่าแผ่นแป้งสูตรควบคุม ส่วนคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่าแรงตัดขาด และระยะยืด ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาสตาร์ชจากเมล็ดขนุนดัดแปรมาใช้ในการลดปัญหาการแยกตัวของน้ำในการผลิตแผ่นแป้งแช่แข็งและเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหาร

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

จิรนาถ บุญคง, 2555, การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของสตาร์ชฟอสเฟตจากเมล็ดขนุน, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 7(1): 40-50.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 หน้า.

A.A.C.C., 2000, AACC International Approved Methods of Analysis (10th ed.). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemist.

Kerr, R.W. and Cleveland, F.C., 1959, Orthophosphate Ester of Starch, US. Patent, 2: 413, 884.

Mukprasirt. A. and Sajjaanantakun, K., 2004, Physico-chemical Properties of Flour and Starch from Jackfruit Seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Compared with Modified Starch, International Journal of Food Science and Technology, 39: 271-276.

Schoch, T.J., 1964, Swelling Power and Solubility of Granular Starches, In R.L. Whistler, R.J. Smith and J.N. BeMiller (eds.), Method in Carbohydrates Chemistry, New York: Academic Press, 106-108.

Thompson, L.U., 1977, Preparation and Evaluation of Mung Bean Protein Isolates, Journal of Food Science, 42(1): 202–206.

Wu, Y. and Seib, P.A., 1990, Acetylation and Hydroxypropylate Distarch Phosphates from Waxy Barley: Paste Properties and Freeze Thaw Stability, Cereal Chemistry Journal, 67(2): 202-208.

สมบัติของฟลาวร์มันมือเสือและการใช้ทดแทนแป้งสาลีในโดนัทยีสต์

Properties of Spiny Yam Flour and Application as Wheat Flour Replacement in Yeast-raised Doughnut

สุมลรัตน์ อัมพวัน[1] **จันทร์สมร สายศรี**[1] **และ อโนชา สุขสมบูรณ์**[1]
Ampawan, S.[1], Saisri, C[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

This research was aimed to study some properties of spiny yam flour and its application as wheat flour replacement in yeast-raised doughnut. The results showed that spiny yam flour consisted of 1.66 % protein, 0.29% crude fat and 0.65% crude fiber. The pasting properties determined by Brabender viscoamylograph showed that spiny yam flour gave lower pasting temperature and setback, but higher peak viscosity and breakdown than those of wheat flour ($p<0.05$). Yeast-raised doughnuts from 0 (control), 10, 20 and 30 % spiny yam flour as wheat flour replacement were produced. The result showed that increase of spiny yam flour caused specific volume, hardness and springiness of doughnut increased ($p < 0.05$). Sensory evaluation data showed that the 10% spiny yam flour doughnut gave the highest all acceptance score ($p<0.05$). Available data provided in this study showed the possibility of spiny yam flour utilization as wheat flour replacement in yeast raised doughnut.

Keywords: spiny yam flour, pasting properties, wheat flour replacement, yeast-raised doughnut

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของฟลาวร์มันมือเสือ และการใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ จากผลการวิจัย พบว่า ฟลาวร์มันมือเสือมีประมาณโปรตีน 1.66% ไขมัน 0.29% และเส้นใยหยาบ 0.65% จากผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ พบว่า ฟลาวร์มันมือเสือ มีค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดและค่าการคืนตัวต่ำกว่า แต่มีค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดลดลง สูงกว่าแป้งสาลี ($p < 0.05$) เตรียมโดนัทยีสต์จากการใช้ฟลาวร์มันมือเสือทดแทนแป้งสาลี 0 (ตัวอย่างควบคุม) 10 20 และ 30% จากผลการวิจัย พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณฟลาวร์มันมือเสือทำให้โดนัทยีสต์มีปริมาตรจำเพาะ ความแข็ง และความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า โดนัสยีสต์ที่ใช้ฟลาวร์มันมือเสือทดแทนแป้งสาลี 10% มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำฟลาวร์มันมือเสือมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์

คำสำคัญ: ฟลาวร์มันมือเสือ ความหนืดของน้ำแป้ง การทดแทนแป้งสาลี โดนัทยีสต์

คำนำ

มันมือเสือ (Spiny Yam) *Dioscorea esculenta (Lour.) Burk* เป็นมันพื้นบ้านที่มีหัวเป็นรูปไข่ หรือคล้ายอุ้งมือเสือ มันมือเสือ 100 กรัม ให้พลังงาน 102 กิโลแคลอรี ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 23.9 กรัม เส้นใย 0.6 กรัม โปรตีน 1.5 กรัม แคลเซียม 12 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 35 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.8 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.10 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.01 มิลลิกรัม วิตามินซี 15 มิลลิกรัม และโปแทสเซียม มีสรรพคุณช่วยลดคลอเรสเตอรอล และระดับความดันโลหิต ช่วยให้ระบบย่อยอาหารเป็นไปอย่างปกติ และยังมีสารโคลินและซาปอนิน ที่ช่วยผ่อนคลายความเหนื่อยล้าของร่างกาย (โอรส, 2548) จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ามันมือเสือเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ปัจจุบันยังมีการนำไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงน่าจะมีการส่งเสริมให้นำไปเป็นวัตถุดิบในอาหาร โดยเฉพาะการใช้ทดแทนแป้งสาลีในอาหารชนิดต่างๆ เนื่องจากแป้งสาลีเป็นสินค้าที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยโดนัทยีสต์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมที่จากแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำง่าย มีขายทั่วไป ไม่ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ยุ่งยากซับซ้อน ทั้งนี้การนำฟลาวร์มันมือเสือไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับสมบัติต่างๆ ได้แก่

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensuk, Muang, Chonburi, 20131 THAILAND

องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของฟลาวร์ที่ได้ และผลของการใช้เป็นส่วนผสมที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี สมบัติด้านการเปลี่ยนแปลงความหนืด และผลของการนำฟลาวร์มันมือเสือไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ เพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากมันมือเสือซึ่งเป็นมันพื้นบ้านของไทยให้กว้างขวางขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมฟลาวร์มันมือเสือ ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Maruf และคณะ (2010) โดยปอกเปลือก นำเข้าเครื่องสไลด์ แช่ในสารละลายโซเดียมเมทาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) 5 นาที อบในตู้อบแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ บด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณของฟลาวร์มันมือเสือ ตามวิธีของ AOAC (1990) เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง ฟลาวร์มันมือเสือกับแป้งสาลี ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ ตามวิธีของกล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2546) เตรียมโดนัท โดยนำฟลาวร์มันมือเสือ มาทดแทนแป้งสาลีในส่วนผสม 0 (สูตรควบคุม) 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง แล้วเตรียมโดนัทยีสต์ตามวิธีของจิตธนา และอรอนงค์ (2546) วัดปริมาตรจำเพาะ ด้วยวิธีแทนที่ด้วยเมล็ดงา วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ Texture Analyzer (TA-XT2) ดัดแปลงจากวิธีของ Wilderjans และคณะ (2008) ทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ สำหรับสมบัติด้านการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independent sample T-Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การศึกษาผลของปริมาณฟลาวร์มันมือเสือที่มีต่อคุณลักษณะของโดนัทยีสต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) สำหรับลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ พบว่า ฟลาวร์มันมือเสือมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักโดยมีความชื้น 7.78±0.16% โปรตีน 1.66±0.28% ไขมัน 0.29±0.03% เถ้า 0.65±0.22% เส้นใยหยาบ 0.11±0.00% และคาร์โบไฮเดรต 97.29±0.44% (%โดยน้ำหนักแห้ง) จากผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ (Table 1) พบว่า ฟลาวร์มันมือเสือ มีค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) ต่ำกว่า มีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) และค่าความหนืดลดลง (break down) สูงกว่าแป้งสาลี ทั้งนี้เป็นสมบัติของแป้งจากส่วนหัวของพืช ซึ่งมีการพองตัวสูง เนื่องจากพันธะภายในร่างแหของสตาร์ชไม่แข็งแรง ทำให้สตาร์ชเกิดการพองตัวที่อุณหภูมิต่ำ และมีการพองตัวที่สูง ทำให้เม็ดสตาร์ชมีความคงตัวต่ำ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ทั้งนี้ฟลาวร์มันมือเสือมีค่าการคืนตัว (setback) ต่ำกว่าแป้งสาลี เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า ทั้งนี้ โอรส (2548) รายงานว่าฟลาวร์จากมันมือเสือมีปริมาณอะไมโลส 9.32% ในขณะที่แป้งสาลีมีปริมาณอะไมโลส 28.8% (Kasemsuwan และคณะ, 1999) ทั้งนี้แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีค่าการคืนตัวสูงตามไปด้วย (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) เมื่อเตรียมโดนัทยีสต์โดยการใช้ฟลาวร์มันมือเสือทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 0 10 20 และ 30% (Figure 1) จากผลการตรวจสอบปริมาตรจำเพาะ (Table 2) พบว่า โดนัทยีสต์ที่ใช้ฟลาวร์มันมือเสือทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าโดนัทยีสต์สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อปริมาณฟลาวร์มันมือเสือที่ใช้ในการทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะของโดนัทยีสต์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากฟลาวร์มันมือเสือมี reducing sugar อยู่สูง (ทวีศักดิ์, 2552) ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีของยีสต์ที่ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้มากขึ้น ส่งผลให้โดนัทยีสต์มีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น จากผลการวัดคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส (Table 2) พบว่า โดนัทยีสต์ที่ผสมฟลาวร์มันมือเสือมีค่าความแข็ง และความยืดหยุ่นมากกว่าโดนัทยีสต์สูตรควบคุม เมื่อปริมาณฟลาวร์เพิ่มขึ้นทำให้โดนัทมีค่าความแข็ง และความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ฟลาวร์มันมือเสืออาจมีสารประกอบพวกคาร์โบเดรตและโปรตีนที่เรียกว่ามิวซิเลตประกอบอยู่ ซึ่งมิวซิเลตมีสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี มิวซิเลตใน ฟลาวร์มันมือเสือจึงไปแย่งน้ำจากสตาร์ชและโปรตีนที่อยู่ในส่วนผสม ส่งผลให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอ จึงเกิดโดที่มีลักษณะแข็งรวมทั้งได้โดนัทจึงมีความแข็งและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางประสาท (Table 3) พบว่า โดนัทยีสต์ที่ผสมฟลาวร์มันมือเสือ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งได้รับคะแนนความชอบด้านสี และความนุ่มสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับโดนัทยีสต์สูตรควบคุม ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้โดนัทยีสต์ที่

ผสมฟลาวร์มันมือเสือ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 8.05 8.15 และ 8.30 ตามลำดับ รองลงมาคือโดนัทยีสต์สูตรควบคุม และโดนัทยีสต์ที่ผสมฟลาวร์มันมือเสือ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ

สรุปผล

ฟลาวร์มันมือเสือประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งที่แตกต่างจากแป้งสาลี โดนัทที่ใช้ฟลาวร์มันมือเสือทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะ ค่าความแน่นเนื้อ และค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าโดนัทที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ทั้งนี้โดนัทยีสต์ที่ใช้ฟลาวร์มันมือเสือ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทดแทนแป้งสาลี ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดและสูงกว่าโดนัทที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำฟลาวร์มันมือเสือมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ และอาจรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาลีเป็นส่วนผสมชนิดอื่น ซึ่งต้องมีการทำการศึกษาต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนิสิตภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีแป้ง (พิมพ์ครั้งที่ 3), สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546, เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 8), สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 224 หน้า.

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ, 2552, มันพื้นบ้านหรือมันป่าของไทย, วารสารเส้นทางกสิกรรม, 14(161): 16-17.

โอรส รักชาติ, 2548, สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของสตาร์ชจากพืชหัวในสกุล *Dioscorea* บางชนิดที่พบในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 157 หน้า.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990, Official Method of Analysis Vol.2. 15th ed, The Association of Official Agricultural Chemists, Virginia.

Kasemsuwan, T., Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPherson, A.E., Wong, K.S. and Radosavljevic, M., 1999, Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch, Cereal Chemistry, 76: 629-637.

Maruf, A., Sorifa, A. and Jong-Bang, E., 2010, Peeling, Drying Temperatures, and Sulphite-treatment Affect Physicochemical Properties and Nutritional Quality of Sweet Potato Flour, Food Chemistry, 121: 112-118.

Wilderjans, E., Pareyt, B., Goedaert, H., Brijs, K. and Delcour, J. A., 2008, The Role of Gluten in a Pound Cake System: A model Approach Based on Gluten-Starch Blends. Food Chemistry, 110(4): 909-915.

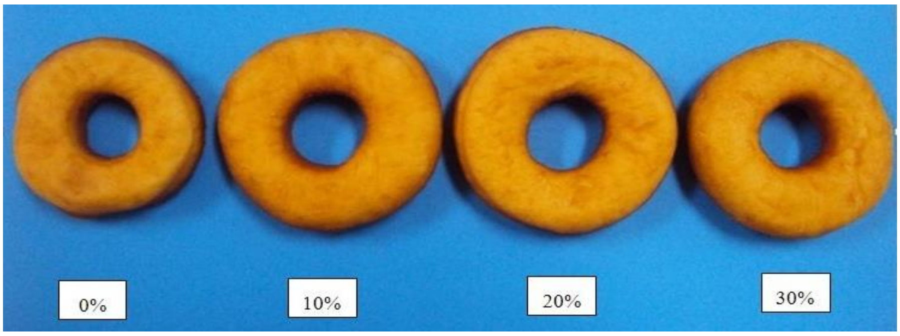


Figure 1 Yeast-raised doughnut with different amount of spiny yam flour.

Table 1 Pasting properties of spiny yam flour compared with wheat flour.

Sample	Pasting Temperature (^{o}C)	Peak viscosity (BU)	Break down (BU)	Set back (BU)
Spiny yam flour	72.95±0.21^{b}	370.00±8.49^{a}	170.00±8.49^{a}	17.50±3.54^{b}
Wheat flour	79.50±0.28^{a}	241.00±4.24^{b}	56.50±6.36^{b}	194.00±2.83^{a}

Data represent mean ± standard deviation. Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 2 Specific volume, hardness and springiness of yeast-raised doughnut with different amount of spiny yam flour.

Spiny yam flour (%)	Specific volume (cm^3/g)	Hardness (g force)	Springiness (%)
0	3.03 ± 0.04^{b}	1623.61 ± 13.00^{d}	47.00 ± 1.13^{c}
10	3.05 ± 0.06^{b}	1657.52 ± 6.97^{c}	46.26 ± 0.23^{c}
20	3.31 ± 0.27^{ab}	1922.02 ± 8.71^{b}	48.08 ± 0.44^{b}
30	3.51 ± 0.15^{a}	2053.32 ± 10.00^{a}	48.58 ± 0.22^{a}

Data represent mean ± standard deviation. Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 3 Sensory scores of yeast-raised doughnut with different amount of spiny yam flour.

Spiny yam flour (%)	Color	Odor	Taste	Softness	Overall acceptance
0	8.30 ± 0.47^{a}	7.45 ± 0.60^{b}	7.11 ± 0.49^{b}	8.05 ± 0.51^{a}	7.75 ± 0.55^{b}
10	8.30 ± 0.80^{a}	8.05 ± 0.60^{a}	8.15 ± 0.59^{a}	7.90 ± 0.55^{a}	8.30 ± 0.57^{a}
20	7.00 ± 0.46^{b}	6.70 ± 0.57^{c}	6.25 ± 0.97^{c}	6.60 ± 0.60^{b}	6.70 ± 0.57^{c}
30	5.75 ± 0.72^{c}	5.75 ± 0.85^{d}	5.35 ± 0.67^{d}	4.90 ± 0.91^{c}	5.25 ± 0.72^{d}

Data represent mean ± standard deviation. Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นเฉาก๊วย

Influence of Plant Spacing on Growth and Yield of *Platostoma palustre*

กฤษณา บุญศิริ[1] ลักษณาพร มีสำราญ[1] และ สุเมธ อินเฉลิม[1]
Boonsiri, K.[1], Meesumran, L.[1] and In-chalerm, S.[1]

Abstract

Influence of plant spacing on growth and yield of *Platostoma palustre* was conducted using Randomize Complete Block Design. There were four levels of spacing: 30x50, 40x50, 50x50 and 60x50 cm. Results reveal that plant height in different spacing was not significant different at 30 and 45 days after cultivation. From 60 to 85 days of cultivation, plant height in 60x50 cm. was the shortest while plant height in 30x50 cm. was the tallest. The plant canopy diameter was not different in all plant spacings. Plant spacings had no impact on to fresh weight and dry weight. Plant spacings of 30x50 cm. gave the highest fresh and dry weight. Moreover, plant spacing did not affect to a gum content extracted from leaves of *P. palustre*. The extraction gum yield was 5.58-6.49%.
Keywords: *Platostoma palustre*, spacing

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นเฉาก๊วยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือระยะปลูก 30x50 40x50 50x50 และ 60x50 เซนติเมตร พบว่าความสูงของต้นเฉาก๊วยในระยะปลูกต่างๆไม่แตกต่างกัน หลังจากปลูก 30 และ 45 วัน แต่หลังจากปลูก 60 วันจนถึง 85 วัน ต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 60x50 เซนติเมตรมีความสูงต้นน้อยที่สุด ส่วนต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 30x50 เซนติเมตรมีความสูงต้นมากที่สุด สำหรับความกว้างของทรงพุ่มต้นเฉาก๊วยไม่แตกต่างกันในทุกระยะปลูก เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 85 วันหลังปลูกพบว่าผลผลิตของต้นเฉาก๊วยที่ใช้ระยะปลูกแตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 30x50 เซนติเมตรมีแนวโน้มให้น้ำหนักผลผลิตสดและแห้งมากกว่าระยะปลูกอื่นๆ นอกจากนั้นระยะปลูกไม่มีผลต่อปริมาณกัมในใบเฉาก๊วย โดยมีปริมาณกัมระหว่าง 5.58-6.49 เปอร์เซ็นต์
คำสำคัญ: ต้นเฉาก๊วย ระยะปลูก

คำนำ

ต้นเฉาก๊วยเป็นพืชในสกุล Lamiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Platostoma palustre* เป็นพืชล้มลุก อายุปีเดียว เป็นไม้พุ่มกึ่งเลื้อยขนาดเล็ก คล้ายกับต้นสะระแหน่ ใบเฉาก๊วยเมื่อนำมาต้มในน้ำจะได้สารละลายสีดำ สามารถนำมาผลิตเป็นขนมหวานหรือเครื่องดื่มได้หลายชนิด (สุธรรม และคณะ, 2551) นอกจากนั้นสารสกัดที่ได้รับจากเฉาก๊วยมีสรรพคุณเป็นสมุนไพรรักษาโรคได้หลายชนิด เช่น ไข้หวัด ความดันโลหิต โรคไต เบาหวาน กล้ามเนื้อและข้อพับอักเสบ (Li, 2006) ต้นเฉาก๊วยสามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยการปักชำ การปลูกเฉาก๊วยในประเทศอินโดนีเซียแนะให้ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 25-30 เซนติเมตรและระยะระหว่างแถว 40 เซนติเมตร (Dasuki และ Sunarti, 2000) ในประเทศไทยมีการทดลองปลูกต้นเฉาก๊วยโดยใช้ระยะปลูก 50x50 75x50 75x75 100x50, 100x75 และ 100x100 เซนติเมตร พบว่าต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตร ให้ผลผลิตทั้งต้นสดและต้นแห้งไม่แตกต่างจากต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 75x50 เซนติเมตร (ชุมสินธุ์ และคณะ, 2534) รักชนก และคณะ (2546) พบว่า ต้นเฉาก๊วยที่ปลูกกลางแจ้งมีการเจริญเติบโตของต้นน้อยกว่าต้นที่ปลูกในที่ร่ม โดยมีความยาวปล้อง ความสูงของลำต้น ความกว้างและความยาวของใบน้อยกว่าต้นที่ปลูกในร่ม ต้นเฉาก๊วยที่ปลูกในที่กลางแจ้ง บริเวณลำต้นและใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมแดง ประเทศไทยนำเข้าต้นเฉาก๊วยแห้งมาจากต่างประเทศ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตของต้นเฉาก๊วย ช่วยลดการนำเข้าต้นเฉาก๊วยแห้งจากต่างประเทศ

[1] **วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000**
[1] Nakhonsawan College of Agriculture and Technology Ampore Muang Nakhonsawan 60000

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกิ่งชำเฉาก๊วยปลูกในแปลงขนาด 1x3 เมตร ที่มีปุ๋ยคอก 10 กิโลกรัม/แปลงและกาบมะพร้าวสับ 5 กิโลกรัม/แปลง วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยมีระยะปลูก 4 ระยะ คือ 30x50, 40x50, 50x50 และ 60x50 เซนติเมตร คลุมแต่ละแปลงด้วยตาข่ายพรางแสงที่ลดความเข้มของแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร/น้ำ 10 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง/อาทิตย์ และปุ๋ยสูตร 46-0-0 ปริมาณ 10 กรัม/น้ำ 10 ลิตร ทุก 15 วัน เก็บเกี่ยวต้นสดหลังจากปลูก 85 วัน นำต้นเฉาก๊วยมาตากแดด เป็นเวลา 1 วัน แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักแห้ง นำใบแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณกัม (% w/w) โดยวิธีของ Feng และคณะ (2007) และ ฤดีวรรณ (2546)

ผลการทดลอง

ความสูงของต้นเฉาก๊วยที่ปลูกโดยใช้ระยะปลูก 30x50, 40x50, 50x50 และ 60x50 เซนติเมตร พบว่าความสูงของต้นเฉาก๊วยหลังปลูก 30 และ 45 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่หลังจากจาก 60 วัน จนถึง 85 วัน ต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 30x50 เซนติเมตร มีความสูงมากที่สุด และต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 60x50 เซนติเมตร มีความสูงต้นน้อยที่สุด (Table 1) ส่วนความกว้างของทรงพุ่มต้นไม่แตกต่างกันในทุกระยะปลูก โดยมีความกว้างของทรงพุ่มต้นเมื่อเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 46.30-50.33 เซนติเมตร (Figure 1) สำหรับผลผลิตพบว่าระยะปลูกไม่มีผลต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและปริมาณกัมในใบเฉาก๊วย โดยต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 30x50 เซนติเมตร มีน้ำหนักต้นสดเฉลี่ย 1.71 กิโลกรัม. และน้ำหนักแห้ง 198.75 กรัม และต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 60x50 เซนติเมตร มีน้ำหนักต้นสดเฉลี่ย 1.10 กิโลกรัม และน้ำหนักแห้ง 135.00 กรัม สำหรับปริมาณกัมในใบเฉาก๊วยทุกระยะปลูกมีค่าอยู่ระหว่าง 5.58-6.49 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

วิจารณ์ผล

การศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลิตของต้นเฉาก๊วย พบว่าระยะปลูกมีอิทธิพลต่อการเจริญ เติบโตทางด้านความสูง แต่ไม่มีผลต่อขนาดทรงพุ่ม ทั้งนี้อาจเนื่องจากต้นเฉาก๊วยมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงและเลื้อยทอดยาวด้านข้างด้วย เมื่อต้นอายุ 60 วันหลังปลูก ความกว้างของทรงพุ่มต้นมากกว่า 30 เซนติเมตร มีบางส่วนของต้นชนกัน เกิดการแข่งขันทางด้านความสูง ทำให้ต้นมีความสูงที่แตกต่างกัน และต้นมีการเจริญทางด้านข้างเลื้อยทอดบนดินด้วย แต่ความกว้างของทรงพุ่มไม่มากกว่า 50 เซนติเมตร จึงทำให้ความกว้างทรงพุ่มต้นไม่แตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับการปลูกโหระพาที่พบว่าระยะปลูกไม่มีผลต่อขนาดทรงพุ่มต้น เนื่องจากในระยะเก็บเกี่ยวทรงพุ่มต้นยังไม่ชนกัน จึงทำให้ขนาดของทรงพุ่มต้นไม่แตกต่างกัน (สุภัทร, 2539) และการที่ขนาดของทรงพุ่มต้นที่ไม่แตกต่างกันอาจมีผลต่อน้ำหนักผลผลิตสดและผลผลิตแห้งที่ไม่แตกต่างกัน ถึงแม้มีแนวโน้มว่าต้นเฉาก๊วยที่ระยะปลูก 30x50 เซนติเมตร ให้น้ำหนักสดและแห้งมากกว่าระยะปลูกอื่นๆ สำหรับคุณภาพของผลผลิตด้านปริมาณกัม พบว่าระยะปลูกไม่มีผลต่อปริมาณกัมเช่นเดียวกับ ต้น *Mentha piperita* ที่ระยะปลูกไม่มีผลต่อผลผลิตและปริมาณน้ำมัน (Gopichand และคณะ, 2013)

สรุปผล

ระยะปลูกมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นเฉาก๊วย แต่ระยะปลูกไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างและผลผลิตของต้นเฉาก๊วย ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณวิไลรัตน์ และสุปรัชญา ประดา ที่ให้ความอนุเคราะห์ต้นเฉาก๊วยในการทดลอง และภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณกัม

เอกสารอ้างอิง

ชุมสินธุ์ ทองมิตร, สุนัย จินดารัตน์, สุวัฒน์ ทองมิตร, อเนก กุณาละศิริ, นิพนธ์ แก้วปฏิมา และ สมจิตร คงเหมือนเพชร, 2534, การเจริญเติบโตและผลผลิตของเฉาก๊วยที่ปลูกเป็นพืชแซมยาง, รายงานผลการวิจัยยางพารา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 6 หน้า

รักชนก แก้วมณีโชติ, เสาวณี สุริยาภณานนท์ และวิทยา สุริยาภณานนท์, 2546, ลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา เซลล์วิทยาและการเจริญเติบโตของเฉาก๊วย, ว.วิทยาศาสตร์ ม.ก., ฉ.21(1-3): 29-43.

ฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์, 2546, การศึกษาสารประกอบหลักในน้ำสกัดจากต้นเฉาก๊วยเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 123 หน้า

สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และอ่องเต็ง นันทแก้ว, 2551, องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม 3, มูลนิธิโครงการหลวง, บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่งจำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ, 440 หน้า

Dasuki, U.A. and Sunarti, S., 2000, *Mesona palustris* Blume p. 89-91. *In* H.A.M. van der Vossen and M. Wessel (eds.), Plant Resources of South-East Asia No. 16 Stimulants. Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands.

Feng, T., GU, Z.B. and Jin, Z.Y., 2007, Chemical Composition and Some Rheological Properties of *Mesona Blumes* Gum, Food Science and Technology International, 13(1): 55-61.

Gopichand, R.L. Meena, Manu Nag, V.L., Pathania, V.K. Kaul, Bikram Singh, R.D. Singh and Ahuja, P.S., 2013, Effect of Organic Manure and Plant Spacing on Biomass and Quality of *Mentha piperita* L. in Himalaya India, Journal of Essential Oil Research, 25(4): 354-357.

Li, Thomas S.C., 2006, Taiwanese Native Medicinal Plants: Phytopharmacology and Therapeutic Values, CRC Press, Boca Raton, Fl, USA, 328 p.

Table 1 Effect of plant spacing on plant height of *P. palustre*

Spacing (cm.)	Plant height (cm.)				
	30 days	45 days	60 days	75 days	85 days
30 x 50	7.49	8.85	14.15 a	18.48 a	20.90 a
40 x 50	7.98	10.13	13.68 a	16.95 ab	18.70 b
50 x 50	8.80	9.43	13.95 a	18.28 a	20.73 ab
60 x 50	8.10	8.68	10.00 b	14.83 b	16.20 c
F test	ns	ns	**	*	*
CV (%)	17.72	10.68	10.68	8.95	7.15

Mean within a column followed by the same letter do not significant different

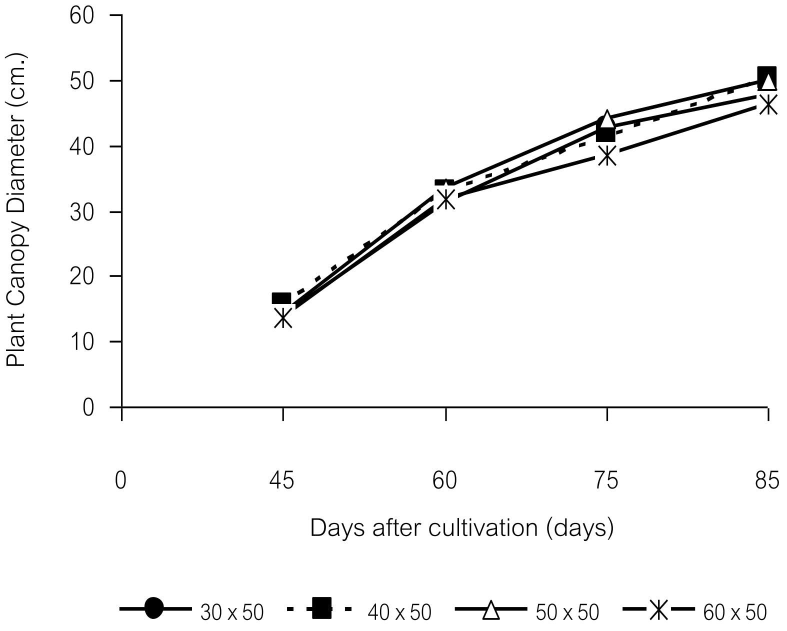


Figure 1 Plant canopy diameter of *P. palustre*

Table 2 Yield and gum of *P. palustre*

Spacing (cm.)	Yield		Gum (%)
	Fresh weight (kg.)	Dry weight (g.)	
30 x 50	1.71	198.75	6.45
40 x 50	1.49	175.00	5.58
50 x 50	1.59	185.00	5.99
60 x 50	1.10	135.00	5.91
F test	ns	ns	ns
CV (%)	19.06	19.44	0.99

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 177-180 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 177-180 (2557)

อุปกรณ์ปรับแรงดันสำหรับระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้แบบ Temporary Immersion Bioreactor

Regulator in Sensing and Controlling System of Modified Atmosphere for Orchid Propagation in Temporary Immersion Bioreactor

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร[1] **ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์**[1] **อนุชิต ฉ่ำสิงห์**[1] **สุภัทร หนูสวัสดิ์**[1] **และ ประภาพร ฉันทานุมัติ**[2]

Chaisrichonlathan, P.[1], Chavapradit, C.[1], Chumsingh, A.[1], Noosawasd, S.[1] and Chantanumat, P.[2]

Abstract

Modified atmosphere sensing and controlling system in temporary immersion bioreactor was utilized for rapid growth of orchid plant propagation. In this system, concentration of carbon dioxide was sensing and controlling in closed system by microcontroller. Five percentages changing of carbon oxide in terms of decreasing or increasing in bioreactor caused additional of CO_2 gas or air to plantlet culture bottle, respectively. During suction for measuring of CO_2 sensor, irregular suction pressure caused media to remain in some bioreactor. To solve this problem, design and development for equal suction pressure of three input points and one output by mean of volume expansion in cylindrical type regulator was performed. Suction test of the regulator showed that suction pressure at three input points indicated by water level from the same water basin were quiet equal. Suction pressure of regulator was designed to be adjusted.

Keywords: orchid, regulator, sensing and controlling system, modified atmosphere

บทคัดย่อ

ระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Temporary Immersion Bioreactor เพื่อให้ต้นอ่อนกล้วยไม้เจริญเติบโตเร็ว เป็นระบบวัดและควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบปิดโดยใช้เซ็นเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดเลี้ยงสูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการ ระบบจะเติมอากาศเข้าไปในขวดเลี้ยง เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดเลี้ยงต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการ ระบบจะเติมคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในขวดเลี้ยง การควบคุมระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบโถเลี้ยงหลายโถเข้ากับหัวจ่ายเดียวกันพบปัญหาที่อาหารที่ใช้เลี้ยงต้นอ่อนตกค้างในโถเลี้ยงบางซ้ำเนื่องจากแรงดูดเพื่อการวัดคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละโถไม่สม่ำเสมอ จึงต้องมีอุปกรณ์ปรับแรงดันเพื่อปรับให้แรงดันในแต่ละโถเลี้ยงซึ่งเป็นซ้ำของทรีทเมนต์สม่ำเสมอในระหว่างการดูด อุปกรณ์ปรับแรงดันลมถูกออกแบบและสร้างให้มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกตัน มีทางเข้าพร้อมวาล์ว 3 จุด และทางออก 1 จุด โดยออกแบบให้มีการขยายตัวของปริมาตรที่สูงเพื่อให้แรงดูดที่หัวดูดทุกหัวมีความสม่ำเสมอกัน ในการทดสอบเบื้องต้นโดยดูดน้ำจากภาชนะบรรจุน้ำเดียวกันผ่านสายยางเข้าหัวดูดทั้ง 3 จุด พบว่า ระดับน้ำในสายยางมีระดับใกล้เคียงกัน แสดงว่ามีแรงดูดที่ค่อนข้างเท่ากันทั้งสามหัว ได้ออกแบบให้อุปกรณ์ปรับแรงดันสามารถปรับแรงดันในกรณีเกิดแรงดูดในระบบสูงเกินต้องการ

คำสำคัญ: กล้วยไม้ อุปกรณ์ปรับแรงดันลม ระบบวัดและควบคุม สภาวะอากาศดัดแปลง

คำนำ

กล้วยไม้เป็นสินค้าเอกลักษณ์ที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นไม้ดอกอุตสาหกรรม ประเทศไทยส่งออกดอกกล้วยไม้เขตร้อนมากเป็นอันดับที่หนึ่งของโลก ใน ปีพ.ศ. 2556 ส่งออกดอกกล้วยไม้ หรือกล้วยไม้ตัดดอก มีมูลค่ารวม 2,010 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2557) การส่งออกต้นกล้วยไม้และกล้วยไม้ขวด มีมูลค่ารวม 604 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจ

[1] **กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร พหลโยธิน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี** 12120

[1] Post-harvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, Pathumthani 12120, Thailand

[2] **ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน อ.สวี จ.ชุมพร** 86130

[2] Chumphon Horticultural Research Centre, Horticulture Research Institute, Changwat, Chumphon 86130, Thailand

การเกษตร, 2557) กล้วยไม้โดยเฉพาะพันธุ์ลูกผสมใหม่ๆที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติเพิ่มปริมาณไม่ทันต่อความต้องการของตลาด กล้วยไม้ที่ปลูกเพื่อตัดดอกและจำหน่ายต้นเป็นไม้กระถางในปัจจุบันนี้ส่วนมากจึงขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เพื่อให้ได้พืชต้นใหม่จำนวนมากและรวดเร็ว โดยนำเอาส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ไม่ว่าจะเป็นอวัยวะเนื้อเยื่อเซลล์ หรือเซลล์ไม่มีผนัง มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อจุลิทรีย์ และอยู่ในสภาพควบคุมอุณหภูมิ แสงและความชื้นเพื่อให้เซลล์พืชที่นำมาเพาะเลี้ยงนั้นปราศจากเชื้อที่มารบกวนและทำลายการเจริญเติบโตของพืช (Timir และ Ghosha, 2005)

การขยายพันธุ์พืชเชิงการค้าใน Temporary Immersion Bioreactor (TIB) เป็นการเลี้ยงต้นอ่อนพืชแบบให้สัมผัสอาหารเป็นครั้งคราว โดยให้อาหารเหลวไปเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ รอบๆ ต้นอ่อนพืชวันละประมาณ 2-3 ครั้งๆ ละประมาณ 15-20 นาที โดยใช้เครื่องปั๊มลมเป็นอุปกรณ์ให้แรงดันอัดอากาศ เมื่อถึงเวลาให้อาหารโซลินอยด์วาล์วจะเปิดให้แรงดันจากปั๊มลมจะดันอาหารเหลวในขวดบรรจุอาหารด้านล่าง ให้ไหลขึ้นไปตามสายยางสู่ขวดบรรจุเอ็มบริโอด้านบน จนหมดช่วงเวลาให้อาหาร โซลินอยด์วาล์วจะปิด อาหารเหลวจะไหลกลับจากขวดบรรจุเอ็มบริโอด้านบนมาเก็บไว้ที่ขวดบรรจุอาหารเหลวด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลก (ประภาพร และ ยุพิน, 2551) ระบบ TIB สามารถลดความเสี่ยงการเกิดอาการฉ่ำน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารเหลวอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และทำให้พืชมีลำต้นตรงมากกว่าการเลี้ยงบนอาหารกึ่งเหลว (Etienne และ Berthouly, 2002) ทำให้พืชแข็งแรงขึ้น รวมทั้งลดแรงงานและเวลาในการเปลี่ยนอาหาร

พืชสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเปลี่ยนไปเป็นคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลหรือแป้ง โดยมีแสงเป็นตัวนำเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีเรียกว่าการสังเคราะห์แสง ในสภาพที่มีแสงและอุณหภูมิพอเหมาะอัตราการสังเคราะห์แสงจะขึ้นกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงขึ้นจนกว่าจะถึงจุดอิ่มตัวที่พืชจะไม่เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงอีก Gouk และคณะ (1999) ทดลองเลี้ยงต้นกล้ากล้วยไม้ม็อคคาร่าเหลืองในสภาวะบรรยากาศ และสภาวะที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูง (10,000 ppm.) เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การเลี้ยงต้นกล้าในสภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะให้ต้นกล้าที่มีน้ำหนักแห้งและรากใหม่มากกว่า และไม่พบความเสียหายของคลอโรพลาสต์

ระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Temporary Immersion Bioreactor (ปรีดาวรรณ และคณะ, 2557) เป็นระบบวัดและควบคุมความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในโถเลี้ยง ได้ดำเนินการขยายระบบจากโถเลี้ยงเดียวเป็นแบบหลายโถเลี้ยง การทดสอบใช้งานการควบคุมระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบโถเลี้ยงหลายโถเข้ากับหัวจ่ายเดียวกัน พบปัญหาที่อาหารที่ใช้เลี้ยงต้นอ่อนตกค้างในโถเลี้ยงในบางซ้ำ เนื่องจากแรงดูดเพื่อการวัดคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละโถไม่สม่ำเสมอ จึงได้ออกแบบ สร้างและทดสอบอุปกรณ์ปรับแรงดันเพื่อปรับให้แรงดันในแต่ละโถเลี้ยงซึ่งเป็นซ้ำของทรีทเมนต์ให้สม่ำเสมอในระหว่างการดูด เพื่อเป็นต้นแบบปรับปรุงของระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบ Temporary Immersion Bioreactor ให้สามารถวัดและควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดเลี้ยงต้นอ่อนให้เป็นไปตามที่ต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ปรับแรงดันลมให้สม่ำเสมอ (Regulator) โดยอุปกรณ์ปรับแรงดันลมถูกออกแบบและสร้างให้มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกตัน มีทางเข้าพร้อมวาล์ว 3 จุด และทางออก 1 จุด โดยออกแบบให้มีการขยายตัวของปริมาตรที่สูงเพื่อให้แรงดูดที่หัวดูดทุกหัวมีความสม่ำเสมอกัน ในการทดสอบเบื้องต้นโดยดูดน้ำจากภาชนะบรรจุน้ำเดียวกันผ่านสายยางเข้าหัวดูดทั้ง 3 จุด (Figure 1) และต่อสายลมจากทางออกของอุปกรณ์ปรับแรงดันลมเข้ากับปั๊มสูญญากาศเพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของแรงดูดทั้ง 3 จุด

ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันลมในระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้แบบ Temporary Immersion Bioreactor ที่ตำแหน่งออกจากโถเลี้ยงแทนแผงข้อต่อก๊าซด้านออก ระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลง (Figure 2) ประกอบด้วยถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งบรรจุคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของเหลวแรงดันสูง ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นก๊าซโดยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านวาล์วปรับแรงดันก๊าซเข้าสู่แคปซูลบรรจุคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อปิดสองท่อต่อกันด้วยสายลม การปล่อยก๊าซเข้าแคปซูลถูกควบคุมด้วยโซลินอยด์วาล์วตัวที่หนึ่ง ก๊าซจากแคปซูลผ่านวาล์วนิรภัย วาล์วปรับแรงดันก๊าซ และโซลินอยด์วาล์วตัวที่สองเข้าสู่โถเลี้ยง อากาศจากภายนอกห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะผ่านกรองอากาศและโซลินอยด์วาล์วตัวที่สามเข้าสู่โถเลี้ยง อากาศและคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่โถเลี้ยงในช่องทางเดียวกันโดยการต่อข้อต่อ วัดและควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ใน

โถด้วยหัววัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ปั๊มสุญญากาศในการดูดก๊าซในระบบ สัญญาณจากหัววัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกต่อเข้ากับวงจรรับ ขยาย และปรับสภาพสัญญาณ แปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital การวิเคราะห์ ประมวลผล แสดงผล และควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อเข้ากับวงจรรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วทุกตัวและควบคุมการเปิดปิดปั๊มสุญญากาศ

Figure 1 Suction test of the regulator; 1) basin, 2) water level, 3 regulator and 4) vacuum pump

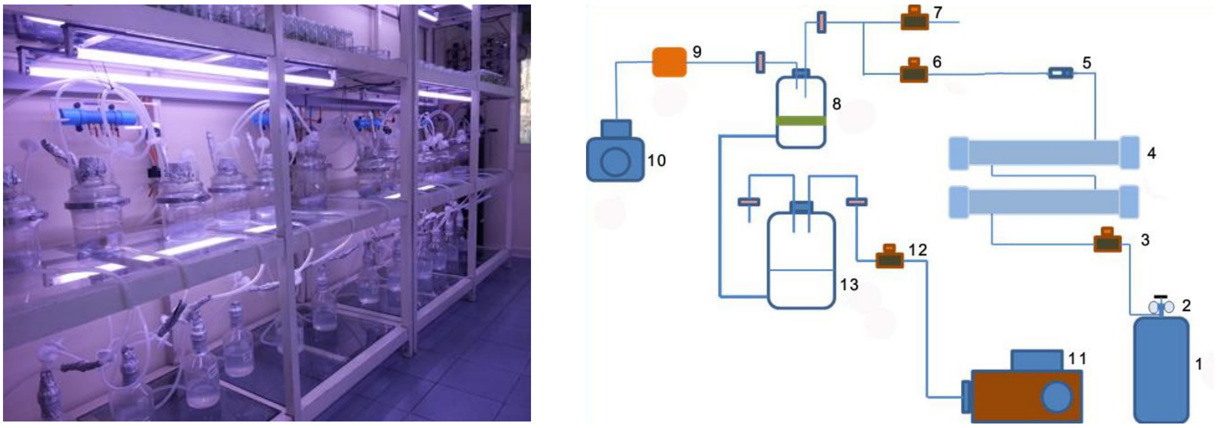


Figure 2 Sensing and controlling system of modified atmosphere picture and diagram; 1) carbon dioxide tank, 2) regulator valve, 3) the first solenoid valve, 4) gas capsule, 5) safety Valve, 6) the second solenoid valve, 7) the third solenoid valve, 8) embryo bottle, 9) carbon dioxide sensor, 10) vacuum pump, 11) air pump, 12) the fourth solenoid valve and 13) media bottle.

โปรแกรมการทำงานของระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศเริ่มต้นจากการเลือกระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการ โปรแกรมจะทำการจดจำค่าเก็บไว้ในตัวแปร ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าสัญญาณจากหัววัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แปลงเป็นค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบขณะนั้น แล้วทำการคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการและคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบ เมื่ออัตราส่วนนี้มีค่าสูง การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในขวดเลี้ยงก็จะสูง ถ้าอัตราส่วนมีค่าต่ำก็จะทำการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในขวดเลี้ยงในปริมาณต่ำ เมื่ออัตราส่วนนี้มีค่าประมาณ 1 ได้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกับปริมาณที่ต้องการในขวดเลี้ยง ก็จะปิดการทำงานของ โซลินอยด์วาล์วตัวที่สอง สาม และปั๊มสุญญากาศ เพื่อให้เป็นระบบปิด ในกรณีที่อัตราส่วนมีค่าต่ำกว่า 1 มากหรือน้อย ระบบจะทำการดูดอากาศเข้ามาในขวดเลี้ยงมากหรือน้อย เพื่อรักษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดเลี้ยงให้อยู่ในระดับที่ต้องการ การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดเลี้ยงต้องทำการเปิด/ปิดการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่สอง และตัวที่สาม พร้อมกับปั๊มสุญญากาศ เพื่อให้ก๊าซเคลื่อนที่และมีปริมาณตามที่ต้องการ การทำการทดลองปรับช่วง

จังหวะการเปิด/ปิดอุปกรณ์ โดยทดลองกับการตั้งค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการคือ 2000 ppm โดยปรับช่วงจังหวะเปิด/ปิด อุปกรณ์ ปล่อยก๊าซเข้าระบบครั้งละ 200 มิลลิวินาที และดูดอากาศเข้าระบบครั้งละ 2,500 มิลลิวินาที โดยปั๊มสูญญากาศทำงานตลอดช่วงที่โซลินอยด์วาล์วตัวที่สองและตัวที่สามทำงาน ทำการทดสอบหลังระบบให้อาหารอัตโนมัติทำงานเสร็จ ซึ่งเป็นช่วงที่ความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในขวดเลี้ยงเท่ากับบรรยากาศ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบอุปกรณ์ปรับแรงดันเบื้องต้นโดยดูดน้ำจากภาชนะบรรจุน้ำเดียวกันผ่านสายยางเข้าหัวดูดทั้ง 3 จุด พบว่า ระดับน้ำในสายยางมีระดับใกล้เคียงกัน แสดงว่าอุปกรณ์ปรับแรงดันมีความสม่ำเสมอของแรงดูดทั้ง 3 จุด

ผลการทดสอบอุปกรณ์ปรับแรงดันลมในระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้แบบ Temporary Immersion Bioreactor โดยการตั้งค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ 2000 ppm. ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Figure 3 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบจะเพิ่มจากระดับบรรยากาศที่ 800 ppm ไปสู่ระดับ 2000 ppm ภายใน 5 นาที และมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ และมีการแกว่งของระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลงหลัง 30 นาที และจากการทดสอบอุปกรณ์ปรับแรงดันสามารถแก้ปัญหาอาหารที่ใช้เลี้ยงต้นอ่อนตกค้างในโถเลี้ยงบางซ้ำ เนื่องจากแรงดูดในแต่ละโถไม่สม่ำเสมอได้

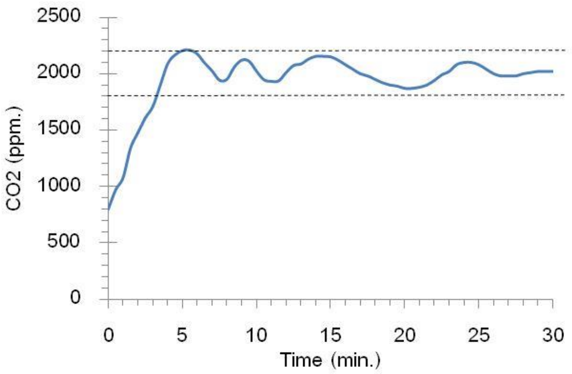


Figure 3 Relationship between carbon dioxide quantities and time after feed media with sucking gas 200 millisecond per time and air 2,500 millisecond per time.

สรุปผล

อุปกรณ์ปรับแรงดันที่ถูกออกแบบให้มีการขยายตัวของปริมาตรที่สูงเพื่อให้แรงดูดที่หัวดูดทุกหัวมีความสม่ำเสมอกัน สามารถแก้ไขปัญหาอาหารที่ใช้เลี้ยงต้นอ่อนตกค้างในโถเลี้ยงบางซ้ำเนื่องจากแรงดูดในแต่ละโถไม่สม่ำเสมอได้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์, ข้อมูลการส่งออกกล้วยไม้ [สืบค้น], http://www2.ops3.moc.go.th/# [09/ July/ 14].

ประภาพร ฉันทานุมัติ และ ยุพิน กสินเกษมพงษ์, 2551, การผลิตกล้ากาแฟโรบัสต้าจากวิธี Somatic Embryogenesis ในระบบ Temporary Immersion Bioreactor, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3)(พิเศษ): 353-356.

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ อนุชิต ฉ่ำสิงห์ สุภัทร หนูสวัสดิ์ ยงยุทธ คงซ่าน และจิรวัสส์ เจียตระกูล, 2557, ระบบวัดและควบคุมสภาวะอากาศดัดแปลงสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบ Temporary Immersion Bioreactor, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 52 กรุงเทพฯ, 8 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ข้อมูลการส่งออกกล้วยไม้ [สืบค้น], http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php [09/ July/ 14].

Gouk, S.S., He, J. and Hew, C.S., 1999, Changes in Photosynthetic Capability and Carbohydrate Production in an Epiphytic CAM Orchid Plantlet Exposed to Super-elevated CO_2, Environmental and Experimental Botany, 41: 219-230.

Timir, B.J. and Ghosha, B., 2005, Plant Tissue Culture: Basic and Applied, Universities Press (India) Private Limited, Hyderabad, 207 p.

การเจริญเป็นแคลลัสและการเจริญของเซลล์แขวนลอยของ *Hoya kerrii*

Callus Induction and Growth Curve of Cell Suspension Culture of *Hoya kerrii*

อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม[1] นิลาวรรณ ทรงครุฑ[1] พรรณิภา เรืองเชื้อเหมือน[1] พัชรา เพ็ญไพจิตร์[1] และ ทัศนารถ กระจ่างวุฒิ[2]

Poeaim, A.[1], Songkrut, N.[1], Rueangchueamuean, P.[1], Penpaijit, P.[1] and Krajangvuthi, T.[2]

Abstract

Tissue culture of *Hoya kerrii* leaves cultured on solid MS medium supplemented with different concentration of 0.5, 1, 3 and 5 mg/l 2, 4-D and 30 g/l sucrose and 2.6 g/l phytagel, in the dark conditions for 6 weeks was investigated. Results show the calli, with the mean value of the largest size at184.27 mm^{2}were induced by 5 mg/l 2,4-D. For the growth curve of cell suspension, we studied on *H. kerrii* was cultured into liquid MS medium containing with 3 mg/l 2,4-D and 30 g/l sucrose for one month. The results showed that, the best cell suspension growth at 12-21 days which fresh weight and dry weight 0.3487 and 0.0149 g/10 ml respectively. Viability of suspension cells was determined by the method of fluorescein diacetate for 30 days. Suspension cells were life of cells green fluorescence for living cells.

Keywords: *Hoya kerrii*, callus induction, growth curve, cell suspension

บทคัดย่อ

ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากชิ้นส่วนใบของ *Hoya kerrii* บนสูตรอาหารแข็ง MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร ในสภาวะที่ไม่มีแสง เป็นระยะเวลาเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าที่สารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 184.27 ตารางมิลลิเมตร การศึกษากราฟการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอย *H. kerrii* ในสูตรอาหารเหลว MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าเซลล์แขวนลอยมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วงวันที่ 12-21 สามารถชั่งน้ำหนักเซลล์สดและน้ำหนักเซลล์แห้งได้เท่ากับ 0.3487 และ 0.0149 กรัม ต่ออาหารเหลว 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อนำเซลล์แขวนลอยอายุ 30 วัน ศึกษาการมีชีวิตของเซลล์โดยการย้อมสีฟลูออเรสซีนไดอะซีเตต พบว่าจะมีการเรืองแสงสีเขียวสำหรับเซลล์ที่มีชีวิต

คำสำคัญ: การชักนำแคลลัส กราฟการเจริญเติบโต เซลล์แขวนลอย

คำนำ

โฮย่า หรือ นมตำเลีย จัดอยู่ในสกุล *Hoya* มีชื่อสามัญว่า Wax Flower, Wax Plant, Wax Vine มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น นมพิจิตร นมหนูเนื้อมะต่อม และลิ้นเหี้ย เป็นพืชใบเลี้ยงคู่อยู่ในวงศ์ Asclepiadaceae พันธุ์ไม้นี้นิยมใช้เป็นไม้ประดับ สามารถปลูกเลี้ยงได้ง่าย ขยายพันธุ์โดยตัดกิ่งชำ นิยมปลูกในกระเช้าหรือปลูกให้เลื้อยตามเสาหรือต้นไม้ใหญ่ สำหรับสายพันธุ์ที่ค้นพบในประเทศไทยมีมากกว่า 40 สายพันธุ์ ส่วนมากจะเป็นสายพันธุ์ที่มักพบบริเวณป่าดิบชื้นทางภาคใต้ เช่น *H. balaensis*, *H. flagellate* และ *H. ellptica* หรือ ป่าดิบเขาทางภาคเหนือ เช่น *H. chinghungensis H. engleriana* และ *H. pottsii* เป็นต้น ส่วน *Hoya Kerrii* ชื่อสามัญ sweetheart hoya, valentine hoya ถิ่นกำเนิดในประเทศแถบอินโดจีน ในประเทศไทยพบตามป่าดิบแล้งทั่วทุกภาค โดยใบมีรูปหัวใจ ปลายใบหยักเว้า ลึก มน โคน ใบสอบ แผ่นใบหนาแข็ง ช่อดอกห้อยลง เมื่อบานเต็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 มิลลิเมตร ดอกหันเข้าหากึ่งกลางช่อ กลีบดอกสีเหลืองนวลมีขนนุ่มปกคลุม มงกุฎสีแดงสด มีกลิ่นหอมตอนกลางคืน ออกดอกช่วงปลายฤดูหนาวเข้าฤดูร้อน Lakshmi (2010) กล่าวว่าการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของโฮย่ามีจำนวนน้อยมาก การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการ

[1] สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520.

[1] Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520.

[2] พระตำหนักสวนปทุม ปทุมธานี 12000

[2] Phra Tamnak Suan Pathum, Pathumthani 12000.

ชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบ และศึกษากราฟการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอย เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบ

ตัดชิ้นส่วนใบของ *H. kerrii* มาล้างด้วยน้ำเพื่อทำความสะอาด และฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายเมอคิวริก(II) คลอไรด์ ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ตัดใบให้ได้ขนาดประมาณ 1×1 เซนติเมตร และนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร ปรับค่า pH เท่ากับ 5.7 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ทำการเพาะเลี้ยงในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ในสภาพที่ไม่มีแสง ทำการทดลอง 20 ซ้ำ บันทึกผลของการเกิดแคลลัสทุก 2 สัปดาห์ วัดความกว้าง ยาว ของแคลลัส และบันทึกภาพและนำข้อมูลขนาดแคลลัสที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 20

ศึกษากราฟการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอย

นำแคลลัส *H. kerrii* มา 0.15 กรัม เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร แล้วปรับค่า pH เท่ากับ 5.7 เพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยบนเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที ในสภาวะที่ได้รับแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส บันทึกผลเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยทุกๆ 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 0 จนถึง 30 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ขวด เมื่อครบเวลาทำการกรองเซลล์แขวนลอยเพื่อหาน้ำหนักเซลล์สดและน้ำหนักเซลล์แห้ง ตามวิธีของ อนุรักษ์ (2550) นำค่าเฉลี่ยของเซลล์แขวนลอยมาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งกับระยะเวลา จากนั้นนำเซลล์แขวนลอยมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ และศึกษาการมีชีวิตของเซลล์โดยการย้อมสีฟลูออเรสซีนไดอะซีเตต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกสูตรอาหารสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบที่นำมาเพาะเลี้ยงได้ ซึ่งแคลลัสจะครอบคลุมทั่วทั้งใบ (Figure 1) และนำค่าขนาดของแคลลัส มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า 2,4-D ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ขนาดใหญ่สุด (Table 1) ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ สอดคล้องกับการทดลองของ Romana (2013) สามารถชักนำแคลลัสจากส่วนของใบของ *H. kerrii* ได้จำนวนมาก ที่ระดับความเข้มข้นของ 2,4-D เท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

Table 1 Size of callus (mm^2) which were cultured on solid MS media supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l 2,4-D, 30 g/l sucrose and 2.6 g/l phytagel, in the dark condition for 2 4 and 6 weeks

Concentration of 2,4-D (mg/l)	Number of leave inoculation	Size of callus (mm^2)		
		2	4	6
0.5	20	93.56^{b}	103.70^{ab}	115.90^{ab}
1	20	92.22^{b}	105.45^{ab}	132.70^{ab}
3	20	93.37^{b}	99.80^{b}	115.54^{b}
5	20	138.24^{a}	147.65^{a}	184.27^{a}

Means indicated by the same letter (a and b) within a column are not significantly different at (P<0.05) level by DNRT

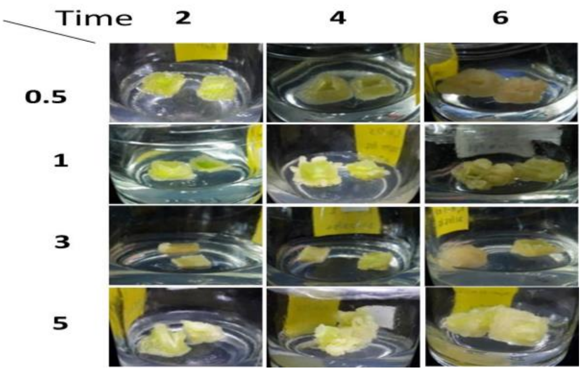


Figure 1 Callus from leave were cultured on MS medium supplemented with 2,4-D 0.5, 1, 3 and 5 mg/l 30 g/l sucrose and 2.6 g/l phytagel for 2 4 and 6 weeks

การศึกษากราฟการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอย

การศึกษาเซลล์แขวนลอยของ *H. kerrii* พบว่าค่าน้ำหนักเซลล์สด และน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด คือ 0.3487 และ 0.0149 กรัม ต่อ อาหารเหลว 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 2) ตั้งแต่วันที่ 0 ถึง วันที่ 21 อัตราการเจริญของเซลล์แขวนลอยจะเพิ่มขึ้น โดยวันที่ 12 จะเริ่มมีการเพิ่มขึ้นของเซลล์จนถึงวันที่ 21 เซลล์แขวนลอยจะมีปริมาณสูงสุด ในระยะ log phase (Figure 2) หลังจากวันที่ 21 อัตราการเจริญของเซลล์แขวนลอยจะลดลง และเกิดการตายของเซลล์ ในระยะ death phase เนื่องจากสารอาหารไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตต่อไปของเซลล์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khiet และคณะ (2006) ที่พบเซลล์แขวนลอยมีการเจริญสูงสุดในช่วงวันที่ 15 และลดต่ำลงในวันที่ 20 ก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะคงที่ จากนั้นนำเซลล์แขวนลอยมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ และศึกษาการมีชีวิตของเซลล์โดยการย้อมสีฟลูออเรสซีนไดอะซีเตตจะมีการเรืองแสงสีเขียวสำหรับเซลล์มีชีวิต

Table 2 The measurement of fresh and dry weight for suspension culture of *H. kerrii* in liquid MS medium supplemented with 3 mg/l 2,4-D for 30 days.

Days	Fresh weight (mg/10ml)	Dry weight (mg/10ml)
0	0.2434	0.0043
3	0.2412	0.0062
6	0.2694	0.0067
9	0.2923	0.0069
12	0.2753	0.0070
15	0.3037	0.0124
18	0.3228	0.0136
21	0.3487	0.0149
24	0.3396	0.0141
27	0.2960	0.0132
30	0.3016	0.0131

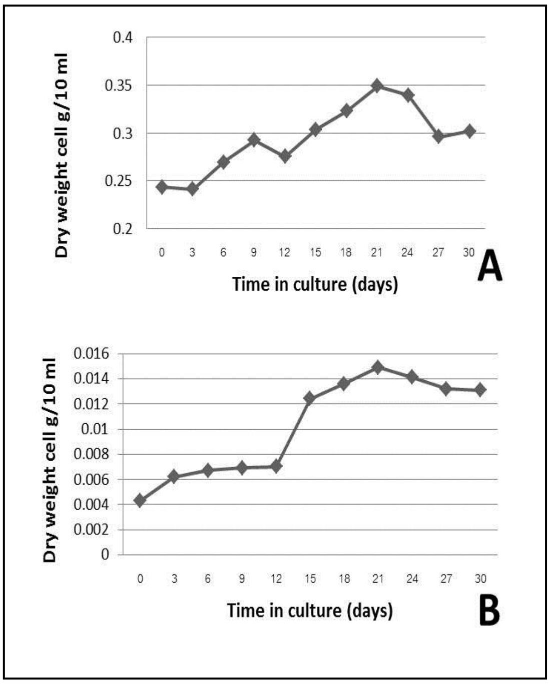


Figure 2. Growth rate of suspension culture cells of *H. kerrii*, (A) Fresh weight cells, (B) Dry weight cells.

สรุปผล

ในการชักนำให้เกิดแคลลัส *H. kerrii* จากชิ้นส่วนของใบ ในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกสูตรอาหารสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบที่นำมาเพาะเลี้ยงได้ โดยอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสใหญ่ที่สุด 184.27 ตารางมิลลิเมตร ในสัปดาห์ที่ 6

กราฟการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2,4-D ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยสูงสุดในวันที่ 21โดยมีค่าน้ำหนักเซลล์สด และเซลล์แห้งสูงสุดคือ 0.3487 และ 0.0149 กรัม ตามลำดับ โดยวันที่ 12 จะเริ่มมีการเพิ่มขึ้นของเซลล์ จนถึงวันที่ 21 เซลล์แขวนลอยจะมีปริมาณสูงสุด ในระยะ log phase

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2556 จากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณการอนุเคราะห์ สายพันธุ์ *H. kerrii* จากแปลงทดลองส่วนพระองค์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี ณ พระตำหนักสวนปทุม จังหวัดปทุมธานี

เอกสารอ้างอิง

อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม, 2550, เทคโนโลยีชีวภาพของพืช, โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 159 น.

Khiet, B.L.T., Thi, N.N., Huyen, P.X. and Nhut D.T., 2006, Primary Study of Cell Suspension Culture Of Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa*), Proceedings of International Workshop on Biotechnology in Agriculture, 113-114.

Lakshmi, S.R., Franklin Benjamin, J.H., Senthil Kumar, T., Murthy, G.V.S. and Rao. M.V., 2010, *In Vitro* Propagation of *Hoya wightii* ssp. palniensis K.T. Mathew, a Highly Vulnerable and Endemic Species of Western Ghats of Tamil Nadu, India. African Journal of Biotechnology, 9(5): 620-627.

Romana, S., 2013, Micropropagation of *Hoya Kerrii* (Valentine Hoya) through Callus Induction for Long Term Conservation and Dissemination, International Journal of Science and Research, 2(8): 162-164.

ผลของสารสกัดจากวัชพืชบางชนิดต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช

Effect of Some Weed Extraction to Seed Germination and Cell Division of Weedy Rice

จุฑามาศ ศุภพันธ์[1] และ วีระเกียรติ ทรัพย์มี[2]

Suppapan, J.[1] and Supmee, V.[2]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of 5 weed leaf extract (Siam weed, Poping pod, Cogon grass, Pugnut and Chinese creeper) by methanol on seed germination and cell division of weedy rice. In this experiment weedy rice seeds were tested by applies crude extract of various concentrations (10, 20, 40, 80 and 100%). Each treatments consisted of 5 replicates and distilled water was used as control. The result showed that all of weed extracts effected on seed germination and cell division of weedy rice. Siam weed, Poping pod, Cogon grass, Pugnut and Chinese creeper extraction could inhibit of the seed germination was occurred at 40, 100, 20, 100 and 80% respectively. Siam weed, Poping pod, Cogon grass, Pugnut and Chinese creeper extraction could inhibit of the seed germination was occurred at 40, 100, 20, 100 and 80% respectively. The result of cell division showed that Siam weed, Poping pod, Cogon grass, Pugnut and Chinese creeper extract could inhibit at 20, 10, 10, 20 and 100%, respectively. This result also showed that the inhibition of seed germination was not related to the inhibition of cell division. In conclusion, five weed extract has been to be source of bioactive compounds which may be developed for weedy rice control for replacing of chemical herbicide of chemical usage.

Keywords: allelopathy, weed extraction, weedy rice

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากใบวัชพืช 5 ชนิด ได้แก่ สาบเสือ ต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคา และขี้ไก่ย่านด้วยเมทานอลต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช โดยใช้สารสกัดที่ความเข้มข้น 10, 20, 40, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 ซ้ำ และใช้น้ำกลั่นเป็นกลุ่มทดลองควบคุม ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากใบวัชพืชทุกชนิดมีผลต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช โดยสารสกัดจากสาบเสือ ต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคา และขี้ไก่ย่านยับยั้งการงอกที่ 40, 100, 20, 100 และ 80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนผลการแบ่งเซลล์พบว่าสารสกัดจากสาบเสือ ต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคา และขี้ไก่ย่านยับยั้งที่ 20, 10, 10, 20 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การทดลองพบว่าการยับยั้งการงอกไม่มีความสัมพันธ์กับการยับยั้งการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช สรุปได้ว่าสารสกัดจากวัชพืชทั้ง 5 ชนิดมีศักยภาพที่จะเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสามารถพัฒนาเพื่อเป็นสารกำจัดข้าววัชพืชแทนสารเคมีได้

คำสำคัญ: อัลลีโลพาที สารสกัดจากวัชพืช ข้าววัชพืช

คำนำ

ข้าววัชพืชเกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวป่าธรรมชาติกับข้าวปลูก จัดเป็นพืชที่รุกรานในนาข้าว เนื่องจากสามารถแก่งแย่งแข่งขันได้ดีกว่าข้าวปลูกและแยกกำจัดในช่วงต้นอ่อนได้ยากเนื่องจากลักษณะจะคล้ายคลึงกับข้าวปลูก การใช้สารเคมีในการกำจัดทำได้ยากเนื่องจากข้าววัชพืชมีพันธุกรรมใกล้ชิดข้าวปลูก จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการใช้กลไกทางอัลลีโลพาทีซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีระหว่างพืชด้วยกันโดยการปลดปล่อยสารบางชนิดออกมาแล้วมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ใกล้เคียงและแสดงผลจำเพาะเจาะจงกับพืชเป้าหมาย (พรชัย, 2540) การศึกษา

[1] **หลักสูตรวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280**

[1] Program of Science, Faculty Of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University Tumbon Tha-ngew, Mueang District, Nakhon Si Thammarat Province 80280

[2] **สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110**

[2] Department of science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya Tumbon Thamyai, Thungsong District, Nakhon Si Thammarat Province 80110

ผลของอัลลีโลพาทีในพืชกลุ่มข้าวที่เคยมีรายงานเช่น ผลทางอัลลีโลพาทีจากข่า (สุพัตรา และคณะ, 2557) และ ชะอม (กนกพร และคณะ 2553) ต่อหญ้าข้าวนก ส่วนในข้าวปลูกและข้าวฟ่างได้แก่ผลจากสารสกัดจากบัวตอง (Tongma และคณะ 1998) และในข้าวป่าโดยใช้สารสกัดจากหยีน้ำ (ขวัญกมล และคณะ, 2556) ทุกรายงานพบว่าสารสกัดทุกชนิดมีผลในการยับยั้ง จากการตรวจเอกสารพบว่าข้อมูลทางอัลลีโลพาทีต่อข้าววัชพืชยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาผลของสารสกัดจากวัชพืชได้แก่ สาบเสือ ต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคาและขี้ไก่ย่าน ต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการนำวัชพืชมาผลิตเป็นสารกำจัดข้าววัชพืชและยังเป็นการกำจัดวัชพืชโดยการนำมาใช้ประโยชน์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบวัชพืชได้แก่ สาบเสือ ต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคาและขี้ไก่ย่าน 50 กรัม มาปั่นละเอียดแล้วละลายด้วยเมทานอล 750 มิลลิลิตรจากนั้นเติมน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร จากนั้นระเหยเมทานอลออกให้เหลือสารละลายประมาณ 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะเป็น stock solution เพื่อทำการเจือจางและใช้ในการทดสอบต่อไป จากนั้นทำการทดลองโดยวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ตลอด แต่ละชุดการทดลองนำ stock solution มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 10, 20 ,40, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยใช้ชุดควบคุมเป็นน้ำกลั่น แต่ละกลุ่มทดลองทำ 5 ซ้ำ ทำการทดลองโดยหยดสารสกัดจำนวน 5 มิลลิลิตรลงบนกระดาษเพาะเมล็ดในจานแก้วขนาด 9 เซนติเมตร ทิ้งข้ามคืนให้ตัวทำละลายระเหยออกไปจนหมดที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เมื่อทำการทดลองใส่น้ำกลั่นจานละ 5 มิลลิลิตรแล้ววางเมล็ดข้าววัชพืชที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชั่วโมงลงบนกระดาษเพาะ 20 เมล็ดต่อจาน เก็บที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 7 วัน เก็บผลการทดลองโดยนับจำนวนเมล็ดข้าววัชพืชที่มีรากโผล่พ้นเปลือกหุ้มรากอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร แล้วนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกโดยใช้สูตรตาม อัญชลี และ อมรทิพย์ (2555) ตรวจสอบการแบ่งเซลล์ด้วยวิธีสควอชตามวิธีของ Sharma และ Sharma (1980) แล้วคำนวณดัชนีไมโทติกตามวิธีของ Rank และ Nielson (1998) นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธี One – Way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

ผลการทดลองต่อการงอกของข้าววัชพืชพบว่าสารสกัดทุกชนิดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าววัชพืชลดลงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยพบว่าสารสกัดจากสาบเสือที่ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การงอกต่ำที่สุด รองลงมาคือต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคาและขี้ไก่ย่านที่ความเข้มข้น 100, 20, 100 และ 80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1) สำหรับผลต่อการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืชพบว่าสารสกัดทุกชนิดมีผลทำให้การแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืชลดลงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยพบว่าสารสกัดจากขี้ไก่ย่านที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์ต่ำที่สุด รองลงมาคือหญ้าคา, ต้อยติ่ง, สาบเสือและแมงลักคาที่ความเข้มข้น 10, 10, 20 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

วิจารณ์ผล

ผลของสารสกัดทั้ง 5 ชนิดพบว่ามีผลทำให้การงอกของข้าววัชพืชลดต่ำลง โดยสารสกัดจากสาบเสือทำให้การงอกต่ำที่สุดซึ่งจากรายงานของสุทธิจิต (2541) ที่ศึกษาผลของสารสกัดวัชพืชสาบหมาซึ่งอยู่ในสกุลเดียวกันกับสาบเสือต่อการเจริญเติบโตของข้าวพบว่าสาบหมามีสารกลุ่ม protocatechuic acid ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวได้ แสดงว่าสาบเสือน่าจะมีสารที่เป็นอัลลีโลพาทีที่เป็นกลุ่มเดียวกับสาบหมาและมีแนวโน้มจะนำมาเป็นสารกำจัดข้าววัชพืชได้ สำหรับต้อยติ่งมีผลการงอกที่ใกล้เคียงกับสาบเสือซึ่งน่าจะนำมาเป็นสารกำจัดข้าววัชพืชได้เช่นเดียวกับสาบเสือ ซึ่งต้อยติ่งนั้นเคยมีรายงานว่าสามารถยับยั้งการงอกของพืชใบเลี้ยงคู่ได้ (อัญชลี และ อมรทิพย์, 2556) และจากผลการทดลองครั้งนี้ก็พบว่าต้อยติ่งสามารถยับยั้งการงอกของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้เช่นเดียวกัน ส่วนวัชพืชอีก 3 ชนิดคือ หญ้าคา แมงลักคาและขี้ไก่ย่านสามารถทำให้การงอกลดต่ำลงได้เช่นกันแต่มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าสาบเสือและต้อยติ่ง สำหรับผลต่อการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืชพบว่าสารกัดทั้ง 5 ชนิดมีผลทำให้การแบ่งเซลล์ลดลง ซึ่งมีผลในการยับยั้งเช่นเดียวกับผลของสารสกัดจากยอดชะอมแห้ง (กนกพร ช้างเสวก และคณะ, 2553) และพุทธชาดก้านแดง (กนกพร และคณะ, 2552) ต่อการยับยั้งการแบ่งเซลล์ของรากหอมใหญ่ เป็นที่น่าสนใจว่าความเข้มข้นที่มีผลต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของสารสกัดชนิดเดียวกันไม่มีความสัมพันธ์กัน สาเหตุอาจเป็นเพราะการตรวจสอบการงอกสังเกตจากการยืดยาวของรากซึ่งอาจเกิดจากการขยายขนาด

ของเซลล์แต่ไม่ได้มีการเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งเซลล์จึงทำให้ผลของการงอกและการแบ่งเซลล์ไม่มีความสัมพันธ์กัน ผลการทดลองครั้งนี้แนะนำว่าในการทดลองครั้งต่อไปควรนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบกับข้าวปลูกว่าให้ผลเช่นเดียวกันกับข้าววัชพืชหรือไม่และควรนำผลการศึกษาไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นสารกำจัดข้าววัชพืชต่อไป

สรุปผล

สารสกัดจากวัชพืช 5 ชนิดได้แก่ สาบเสือ ต้อยติ่ง หญ้าคา แมงลักคาและขี้ไก่ย่านสามารถลดเปอร์เซ็นต์การงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืชได้โดยใช้ความเข้มข้นที่ต่างกัน และยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกกับการแบ่งเซลล์ในสารสกัดชนิดเดียวกันไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสารสกัดทั้งหมดสามารถที่จะนำไปพัฒนาเป็นสารกำจัดข้าววัชพืชต่อไปได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกพร ช้างเสวก จำรูญ เล้าสินวัฒนา และมณทินี ธีรารักษ์, 2553, ศักยภาพของสารสกัดจากชะอมในการยับยั้งการงอก การเจริญเติบโต และการแบ่งเซลล์ของพืชทดสอบ, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 28(2): 65-73.

กนกพร ช้างเสวก จันทณี สนธิ มณทินี ธีรารักษ์ พัชนี เจริญยิ่ง และจำรูญ เล้าสินวัฒนา, 2552, ผลทางอัลลีโลพาทีของสารสกัดจากพุทธชาติก้านแดงต่อการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่, หน้า 211, *ใน* การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ขวัญกมล ทวายตาคำ สรัญญา วัชโรทัย และณัฏฐา เสนีวาส, 2556, ผลของสารสกัดจากใบของหยีน้ำ (*Millettia pinnata* (L.) Panigrahi) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าของพืชบางชนิด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 73-76.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2540, วัชพืชศาสตร์, ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 585 หน้า.

สุพัตรา คำเรียง วรรทณา สินศิริ นริศ สินศิร และวรัญญู แก้วดวงตา, 2557, ผลของสารสกัดหยาบจากข่าต่อการงอกและการเจรฺญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชบางชนิด, แก่นเกษตร, 42(1)(พิเศษ): 57-62.

อัญชลี จาละ และอมรทิพย์ วงศ์สารสิน, 2555, สารอัลลีโลเคมีคอลจากผักโขมที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพริก, Thai Journal of Science and Technology, 1(1): 25–31.

อัญชลี จาละ และอมรทิพย์ วงศ์สารสิน, 2556, ผลของสารอัลลีโลพาทีจากต้อยติ่งที่มีต่อการงอกของเมล็ดไมยราบ ผักเสี้ยนผี และผักโขมหิน, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 21(6)(พิเศษ): 558-564.

สุทธิจิต ศรีวัชรกุล, 2541, การเสาะหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชวงศ์ Compositae บางชนิด, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 106 หน้า.

Ahn, J.K. and Chung. I.M., 2000, Allelopathic potential of Rice Hulls on Germination and Seedling Growth of Barnyardgrass, Agronomy Journal, 92: 1162-1167.

Rank, J. and Nielsen, M.H., 1998, Genetoxicity Testing of Wastewater Sludge Using the *Allium cepa* anaphase – telophase Chromosome Aberration Assay, Mutation Research, 418: 113-119.

Sharma, A.K. and Sharma, A., 1980, Chromosome Techniques Theory and Practice, Northumberland Press, New Jersy, 711p.

Tongma, S., Kobayashi K. and Usui, K., 1998, Allelopathic Activity of Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia*) in Soil, Weed Science, 46: 432-437.

Table 1 Effect of weed crude extract to percentage of germination in weedy rice

Treatment	Siam weed	Popping pod	Cogon grass	Pugnut	Chinese creeper
control	100^{a}	100^{a}	100^{a}	100^{a}	100^{a}
10 %	70^{b}	48^{c}	80^{b}	58^{c}	78^{b}
20%	68^{b}	51^{c}	47^{d}	71^{b}	59^{c}
40%	30^{d}	71^{b}	53^{d}	64^{c}	60^{c}
80%	45^{c}	69^{b}	72^{c}	51^{d}	53^{c}
100%	52^{c}	32^{d}	70^{c}	50^{d}	58^{c}
% CV.	24.15	14.83	16.63	28.15	29.37

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Table 2 Effect of weed crude extract to percentage cell division in weedy rice

Treatment	Siam weed	Popping pod	Cogon grass	Pugnut	Chinese creeper
control	2.62^{a}	2.62^{a}	2.62^{a}	2.62^{a}	2.62^{a}
10 %	1.11^{b}	0.72^{d}	0.69^{d}	1.52^{c}	2.31^{a}
20%	0.91^{c}	1.33^{c}	2.41^{b}	1.02^{c}	1.54^{b}
40%	2.11^{a}	1.47^{c}	1.67^{c}	2.75^{a}	0.75^{c}
80%	1.72^{b}	2.45^{a}	1.32^{c}	2.05^{b}	1.31^{b}
100%	0.88^{c}	2.03^{b}	0.93^{d}	1.18^{c}	0.43^{d}
% CV.	31.17	17.27	22.61	27.04	15.75

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 189-192 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 189-192 (2557)

การศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ ตัวเร่งออกไซด์ผสมแคลเซียมซิงค์ออกไซด์, ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์

Study of Efficiency in Biodiesel Production from Palm Oil Using CaO-ZnO, CaO and ZnO as Catalyst

ยุทธการ บุญยืน[1] **รัตนชัย ไพรินทร์**[2] **และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ**[1]

Boonyuen, Y.[1], Pairintra, R.[2] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

This research was an efficiency study of biodiesel production from palm oil with methanol by using metal oxide catalysts compared with mixed metal oxide catalyst. Catalysts used for biodiesel production were CaO, ZnO and CaO-ZnO catalyst and mixed metal oxide catalyst (CaO-ZnO) were prepared by coprecipitation method of the corresponding mixed metal nitrate salts solution. Main parameters of transesterification reaction were molar ratio of methanol to oil, reaction time and amount of catalyst. The results showed that the optimal condition for preparing mixed metal oxide catalysts was the Ca/Zn molar ratio of 1:3 and calcined at 700°C for 6 hours. Under the suitable transesterification conditions at 60°C (methanol/oil molar ratio = 12:1, catalyst amount = 3 wt.% and reaction time = 3 hours), using ZnO catalyst showed lower activity reaction to biodiesel product. Under the same condition, using CaO and CaO-ZnO catalyst showed high activity, yield of methyl esters more than 90% and was easily separated from the product. In addition, catalyst reusability showed that yield of methyl ester decreased significantly after CaO catalyst is reused whereas yield of methyl ester was slightly lowered with reused CaO-ZnO catalyst.

Keywords: biodiesel, mixed metal oxide catalyst, regenerated and reused catalyst, transesterification.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มกับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์เปรียบเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ คือ แคลเซียมออกไซด์, ซิงค์ออกไซด์ และแคลเซียมซิงค์ออกไซด์ ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม (แคลเซียมซิงค์ออกไซด์) เตรียมขึ้นจากสารละลายผสมของเกลือไนเตรตของโลหะทั้งสองชนิดโดยวิธีการตกตะกอนร่วม ตัวแปรที่ศึกษาในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน คือ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน เวลาและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ผลการทดลอง พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม คือ อัตราส่วนโดยโมลแคลเซียมต่อซิงค์ 1:3 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 3 ชั่วโมง) การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซิงค์ออกไซด์ไม่สามารถกระตุ้นให้เกิดผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมซิงค์ออกไซด์มีการกระตุ้นปฏิกิริยาสูงใกล้เคียงกับตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่าร้อยละ 90 และสามารถแยกออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย หลังจากการนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ใหม่จะทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมซิงค์ออกไซด์กลับมาใช้ใหม่จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ลดลงจากเดิมน้อยมาก

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน การฟื้นฟูตัวเร่งปฏิกิริยาและการนำกลับมาใช้ใหม่ ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม ไบโอดีเซล

คำนำ

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกที่ได้รับความสนใจและมีการคิดค้นและพัฒนาเชื้อเพลิงชนิดนี้มาอย่างยาวนานและยังมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลในแง่ของมลพิษนั้นไบโอดีเซลมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลทำให้ให้มีการปลดปล่อยมลพิษน้อยกว่า ความเป็นจริงไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ไม่สามารถที่จะแข่งขันกับน้ำมันดีเซล เนื่องจากราคาวัตถุดิบและกระบวนการผลิตต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งราคาน้ำมันพืชที่ใช้ในการผลิตนั้นมีราคาที่สูง แต่ระบบการผลิตจะต้องผลิตให้ได้ปริมาณที่มากพอเพื่อคุ้มต่อการลงทุน (Bozbas และคณะ, 2008) ปัจจุบันวัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยเป็นพวกปาล์มน้ำมันหรือปาล์มสเตอรีนเนื่องจากปาล์มสามารถปลูกได้ภูมิภาคและให้ผลผลิตต่อไร่ที่สูงและไบโอดีเซล

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha-utid Road Bangmod Toongkru, Bangkok 10140.

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 แขวงท่าขาม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

ที่ได้สามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์แต่ส่วนใหญ่จะนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลมากกว่า ส่วนแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันสามารถใช้ได้หลายชนิดส่วนใหญ่จะเลือกใช้เมทานอล เนื่องจากราคาถูก เป็นแอลกอฮอร์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุดและสามารถทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว (Sharma และคณะ, 2008) และตัวเร่งปฏิกิริยานั้นนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสมากกว่ากรด สำหรับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบสที่นิยมใช้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถช่วยกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว ในบางครั้งมีการเกิดปฏิกิริยาเซพอนิฟิเคชันขึ้นของสบู่ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลงนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย และในขั้นตอนการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ต้องใช้น้ำในการล้างซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียจำนวนมาก ที่สำคัญไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก (Arzamendi และคณะ, 2008) ในทางตรงกันข้ามตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบสมีข้อจำกัดในเรื่องของความสามารถในการกระตุ้นปฏิกิริยาที่ต่ำใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยานาน แต่สามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากของผสมหลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาได้ง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่ได้จึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตด้วย ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ที่นิยมใช้คือแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบจำพวกพวกเปลือกหอย เปลือกไข่ ซึ่งหาง่ายและราคาถูก ยังลดปริมาณขยะพวกเปลือกลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่มักจะดูดความชื้น และการฟื้นฟูตัวเร่งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ทำให้ตัวเร่งมีประสิทธิภาพลดลงจากเดิมมาก เนื่องจากมีความแข็งแรงเชิงกลที่ต่ำ ทำให้ในระหว่างการชะล้างตัวเร่งปฏิกิริยาถูกละลายไปกับตัวทำละลายเล็กน้อย (Vicente และคณะ, 2004) งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการเตรียมและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ให้มีความเสถียรภาพ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวเร่ง โดยการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมแคลเซียมซิงค์ออกไซด์ (CaO-ZnO) เปรียบเทียบการผลิตไบโอดีเซลกับตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมแคลเซียมซิงค์ออกไซด์โดยวิธีการตกตะกอนร่วม เตรียมสารละลายแคลเซียมไนเตรตเตตระไฮเดรตและซิงค์ไนเตรตเฮกซะไฮเดรตที่อัตราส่วนโดยโมล Ca:Zn เป็น 1:3 ทำการกวนที่อุณหภูมิ 80°C แล้วค่อยๆ หยดสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตลงในสารละลายผสมเพื่อให้เกิดตะกอนขึ้นวัดค่า pH สารละลายให้อยู่ประมาณ 7-8 ทำการแยกตะกอนของแข็งออกโดยใช้กระดาษกรองและชุดกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น นำตะกอนที่กรองได้ไปอบข้ามคืนที่อุณหภูมิ 110°C จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700, 800, 900°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เก็บตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการเผาไว้ในตู้อบความชื้นก่อนนำไปใช้งาน และทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ดังเทคนิคต่อไปนี้ X-ray diffraction analysis, surface area analysis และ scanning electron microscopy

ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน นำตัวเร่งปฏิกิริยามาผสมกับเมทานอลภายในบีกเกอร์ โดยอัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันที่ใช้ คือ 9:1, 12:1 และ 15:1 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1.0, 2.0 และ 3.0%wt ติดตั้งเครื่องควบแน่นกับทำการกวนน้ำมันปาล์มที่อยู่ในขวดสามคอที่อุณหภูมิ 60°C จากนั้นค่อยๆ เทสารผสมในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ลงในขวดสามคอและเริ่มจับเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการแยกผลิตภัณฑ์ผสมและตัวเร่งออกจากกัน แยกเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอลออกจากกัน แล้วทำการระเหยเมทานอลออกจากเมทิลเอสเทอร์ที่อุณหภูมิ 65°C จากนั้นนำเมทิลเอสเทอร์ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 60°C ประมาณ 1-2 ครั้ง และกำจัดน้ำด้วย anhydrous Na_2SO_4 แล้วกรอง Na_2SO_4 ออก เก็บสารตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณที่ได้ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตไบโอดีเซลจากตัวเร่งออกไซด์ผสม CaO-ZnO กับตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และ ZnO ที่สภาวะเดียวกัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การพิสูจน์เอกลักษณ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม

พิจารณารูปที่ 1(a) มีลักษณะการหลอมเข้าด้วยกันของอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งแสดงถึงการแทรกตัวของอนุภาคที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักในผลึกของแคลเซียมออกไซด์และมีการแจกแจงขนาดของอนุภาคที่ดี มีสัณฐานวิทยาคล้ายกับของผลึกของซิงค์ออกไซด์ ส่วนรูปที่ 1(b) การแทรกตัวของอนุภาคสังกะสีในผลึกแคลเซียมออกไซด์มีค่าปานกลาง ทำให้ไม่มีการแจกแจงอนุภาคอย่างทั่วถึงเกิดการจับตัวเป็นก้อนทำให้มีขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้น และรูปที่ 1(c) มีการกระจายตัวที่ไม่ดีส่งผลให้อนุภาคที่ได้มีขนาดใหญ่มาก

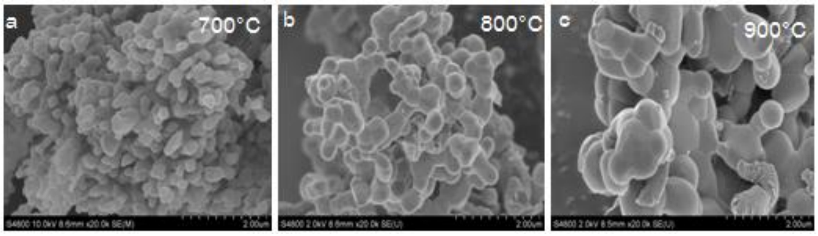


Figure 1 SEM image of CaO-ZnO catalysts were calcined at (a) 700°C (b) 800°C and (c) 900°C

Table 1 BET surface analysis of CaO-ZnO catalysts were calcined at different temperature

Sample	Calcination Temperature (°C)	Surface Area (m^2/g)	Pore Volume (cc/g)	Pore Diameter (nm)
CaO-ZnO (1:3)	700	8.09	0.0421	20.82
CaO-ZnO (1:3)	800	5.63	0.0244	17.34
CaO-ZnO (1:3)	900	3.1	0.0112	14.52

ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ CaO-ZnO ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาต่างกัน พบว่า มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค SEM ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม CaO-ZnO ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นจะมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นทำให้เกิดพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยลง ปริมาตรรูพรุนและขนาดรูพรุนก็ลดลงเช่นกัน

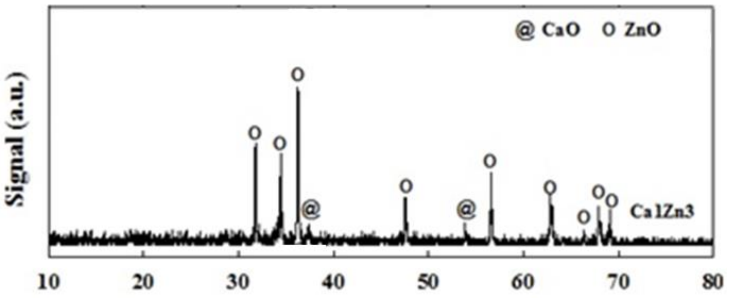


Figure 2 XRD pattern of CaO-ZnO catalyst was calcined 700°C

พิจารณารูปที่ 2 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมปรากฏพีคของแคลเซียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์เป็นจำนวนมาก โดยพีคของผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ทั้ง CaZnO มีความสอดคล้องกับพีคของผลึกของโลหะออกไซด์ CaO และ ZnO บริสุทธ์ต่างๆ (Taufiq-Yap และคณะ, 2011) และไม่ตรวจพบการเกิดออกไซด์ผสมชนิดใหม่ จึงสรุปได้ว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม CaO-ZnO ที่เตรียมขึ้นมามีองค์ประกอบของโลหะออกไซด์ที่ใช้ผสมกันไม่มีโลหะออกไซด์ชนิดอื่นหรือผลึกสารปนเปื้อนอยู่เลย

2. **การกระตุ้นปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล**

พิจารณารูปที่ 3(a) พบว่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา CaO, CaO-ZnO และ ZnO มากขึ้นทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลมากขึ้นด้วย เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZnO ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้อยมากประมาณ 20% เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยา ZnO มีค่าความแรงเบสต่ำมากจึงกระตุ้นปฏิกิริยาได้ไม่ดี ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และ CaO-ZnO ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สูงมากประมาณ 99%เนื่องจากมีค่าความแรงเบสที่สูง ส่วนปริมาณการใช้ตัวเร่งที่เหมาะสมอยู่ที่ 3wt.% พิจารณารูปที่ 3(b) พบว่าการใช้ตัวเร่ง CaO และ CaO-ZnO ในการผลิตไบโอดีเซลจะมีผลกับเวลาคือเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาให้นานขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณไบโอดีเซลที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ที่ 3 ชั่วโมงจะเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุดและได้ปริมาณผลิตภัณฑ์มากสุดประมาณ 99% พิจารณารูปที่ 3(c) พบว่าเมื่อทำการเพิ่มปริมาณเมทานอลสูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 12:1 เป็นค่าที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลสูงที่สุด

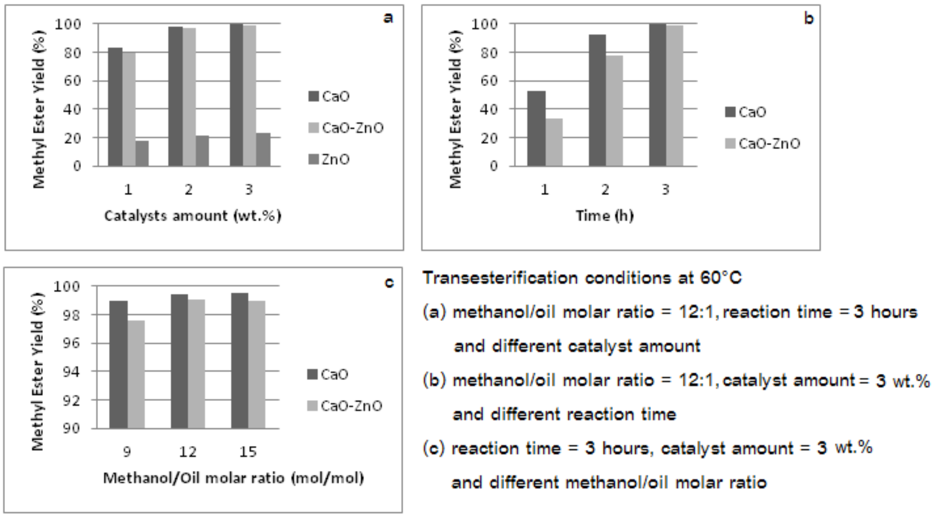
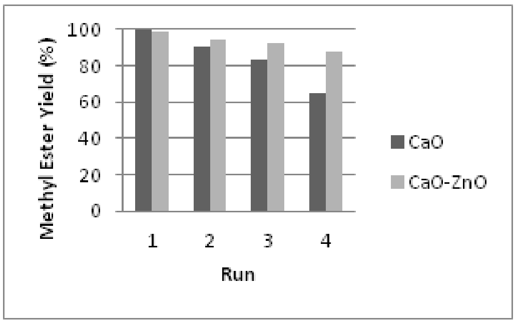


Figure 3 Methyl ester yield and main parameters

3. **การฟื้นฟูตัวเร่งปฏิกิริยาและนำกลับมาใช้ใหม่ในการผลิตไบโอดีเซล**



Regenerated and reused of catalysts on transesterification conditions at 60°C : methanol/oil molar ratio = 12:1, catalyst amount = 3 wt.% and reaction time = 3 hours

Figure 4 Methyl ester yield from regenerated and reused of catalysts

ในการนำตัวเร่งกลับปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำจะต้องทำการล้างตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเฮกเซนและเมทานอลเพื่อชะล้างพวกน้ำมันที่ไม่ทำปฏิกิริยา, ไบโอดีเซลและกลีเซอรอลที่ติดมากลับตัวเร่งปฏิกิริยาจากนั้นนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการล้างไปอบข้ามคืนและทำการเผาที่อุณหภูมิ 700°C เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนออกไป พิจารณารูปที่ 4 พบว่าเมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยา CaO กลับมาใช้ซ้ำ 4 ครั้งจะเห็นว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากการชะล้างทำให้ตัวเร่งละลายไปกับตัวทำละลาย (Taufiq-Yap และคณะ, 2011) ส่วนการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO-ZnO พบว่าการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำ 4 ครั้ง ยังให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ไม่ต่างจากการใช้ครั้งแรกเลย จึงสรุปได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO บริสุทธิ์ มีสมบัติเชิงกลต่ำ ไม่ทนทาน ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ผสม CaO-ZnO จะมีตัว ZnO เป็นตัวรองรับที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความเสถียรภาพและทนทานสูงในการชะล้างจึงไม่เกิดการสูญเสียหรือละลายไปกับตัวทำละลายจึงทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมแคลเซียมซิงค์ออกไซด์คือ อัตราส่วนโดยโมลแคลเซียมต่อซิงค์ 1:3 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มกับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์และแคลเซียมซิงค์ออกไซด์ในการทดลองนี้คือทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60°C, เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง, อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ปริมาณไบโอดีเซลมากถึงร้อยละ 99 นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์มีค่าความแรงของเบสมากกว่าแคลเซียมซิงค์ออกไซด์ทำให้ใช้เวลาน้อยในการทำให้ได้ไบโอดีเซลที่ร้อยละ 90 ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาซิงค์ออกไซด์มีค่าความแรงของเบสต่ำมากไม่สามารถเกิดไบโอดีเซลที่นำไปใช้ประโยชน์ได้นัก และในการฟื้นฟูตัวเร่งปฏิกิริยาและการนำกลับมาใช้ซ้ำนั้นจะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์มีสมบัติเชิงกลต่ำไม่ทนทาน ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ผสมแคลเซียมซิงค์ออกไซด์มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความเสถียรภาพและทนทานต่อการชะล้างจึงไม่เกิดละลายไปกับตัวทำละลายจึงทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง

เอกสารอ้างอิง

Arzamendi, G., Arguiñarena, E., Campo, I., Zabala, S. and Gandía, L.M., 2008, Alkaline and Alkaline-earth Metals Compounds as Catalysts for the Methanolysis of Sunflower Oil, Catalysis Today, 133-135: 305-313.

Bozbas, K., 2008, Biodiesel as an Alternative Motor Fuel: Production and Policies in the European Union, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12(2): 542-552.

Sharma, Y.C., Singh, B. and Upadhyay, S.N., 2008, Advancements in Development and Characterization of Biodiesel: a Review, Fuel, 87(12): 2355-2373.

Taufiq-Yap, Y.H., Lee, H.V., Hussein, M.Z. and Yunus, R., 2011, Calcium-based Mixed Oxide Catalysts for Methanolysis of *Jatropha curcas* Oil to Biodiesel, Biomass and Bioenergy, 35(2): 827-834.

Vicente, G, Martinez, M. and Aracil, J., 2004, Integrated Biodiesel Production: a Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems, Bioresource Technology, 92(3): 297-305.

การเพิ่มสารแอนโทไซยานินในผลตะขบด้วยการออสโมซิสในน้ำกระเจี๊ยบ

Enrichment of Anthocyanins in *Muntingia calabura* L. by Osmosis in Rose Roselle Juice

อรสา สุริยาพันธ์[1] รุ่งทิพย์ อินทสังข์[2] และ กนกพร รังสรรค์[2]

Suriyaphan, O.[1], Intasung, R.[2] and Rungsan, K.[2]

Abstract

Fresh calabura fruits (*Muntingia calabura* L.) were subjected to 4 different pre-treatment methods prior to osmosis in sweetened red roselle juice (30°Brix.) for 10 hours at room temperature (28°C) and then freeze dried (-52°C, 48 hrs) to increase their anthocyanin content. Pre-treatment methods included slow freezing (-10°C, 24 hrs), steam blanching (100°C, 2 mins), water blanching (70°C, 3 mins), and blanching in 1.5% $CaCl_2$ solution (70°C, 3 mins). Based on mass transfer efficacy determination, the average values of water loss, solid gain and weight loss of control during osmosis were 5.66%, 6.78%, and 6.85%, respectively. Compared with the control (no pre-treatment), all pre-treatment methods significantly facilitated water and solid transfer during osmosis (p<0.05). Moreover, slow freezing resulted in the highest values of water loss (17.18%), solid gain (13.55%), and weight loss (13.72%), of calabura fruits. The highest amount of anthocyanin (10.47 mg/100g) was found in freeze dried calabura fruits which were subjected to slow freezing prior to osmosis, while control possessed the lowest anthocyanin content (2.64 mg/100g). Based on 9-point Hedonic scaling (n=30), it could be concluded that liking scores on color well related with overall liking scores of freeze dried calabura fruits. The color of freeze dried calabura fruits which subjected to any pre-treatment method was dark brownish red which significantly lowered overall liking score (p<0.05).

Keywords: calabura fruits, rose roselle juice, anthocyanin content, osmosis

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้น 4 วิธี ต่อการเพิ่มปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลตะขบด้วยการออสโมซิสในน้ำกระเจี๊ยบ (30°Brix) วิธีที่ 1 การแช่แข็งที่ -10°ซ 24 ชั่วโมง วิธีที่ 2 การนึ่งด้วยไอน้ำ 2 นาที วิธีที่ 3 การลวกด้วยน้ำร้อนที่ 70°ซ 3 นาที และวิธีที่ 4 การลวกด้วยแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.5% ที่ 70°ซ 3 นาที นำผลตะขบที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมาออสโมซิสในน้ำกระเจี๊ยบเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28°ซ พบว่า การเตรียมขั้นต้นมีผลต่อการค่าการถ่ายเทมวลสาร (p≤0.05) โดยส่งผลให้ค่าการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสมีค่าสูงขึ้น พบว่ามีค่าสูงสุดในผลตะขบแช่แข็ง ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักที่ลดลงเป็น 17.18%, 13.55% และ13.72% ตามลำดับ นำผลตะขบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมาทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) ที่อุณหภูมิ -52 °ซ 48 ชั่วโมง ปริมาณแอนโทไซยานินผลตะขบอบแห้ง (a_w=0.36-0.50)ที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น มีค่าต่ำสุด (2.64 mg/100g) และที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นแบบการแช่แข็ง มีค่าสูงที่สุด(10.47mg/100g) ผลการประเมินความชอบโดยวิธี 9 point Hedonic scale พบว่าสีของผลตะขบอบแห้งมีผลต่อความชอบโดยรวมของกลุ่มผู้ทดสอบ (n=30) ผลตะขบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีสีเปลือกคล้ำน้ำตาลแดง ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าผลตะขบที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น(p≤0.05)

คำสำคัญ: ผลตะขบ ออสโมซิส แอนโทไซยานิน น้ำกระเจี๊ยบ

คำนำ

ผลตะขบ (*Muntingia calabura* L.) เป็นผลไม้พื้นบ้านพบทั่วไปที่มีแร่ธาตุที่สำคัญต่อกระดูกในปริมาณสูง คือ แคลเซียม (64mg/ 100 g) และฟอสฟอรัส (72mg/ 100g) (กองโภชนาการ, 2530) ทำให้ผลตะขบมีคุณค่าน่าสนใจที่ควร

[1] ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 447 ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400

[1] Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 447 Sri-Ayuthaya Road, Rajathevi, Bangkok 10400

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

[2] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University 169 LongHadd Bangsaen Roa, Saensook, Chonburi 20131

นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ให้สอดคล้องกับกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลตะขบให้สูงขึ้นอีกด้วย ปัจจุบันนิยมบริโภคผลตะขบในรูปผลสด เพราะผลตะขบมีวิตามินซีสูง (75-79mg/ 100g) และมีรสชาติที่หวานมาก คณะผู้วิจัยมีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพจากผลตะขบ โดยการเพิ่มสารแอนโทไซยานินจากน้ำดอกกระเจี๊ยบแดงในผลตะขบด้วยวิธีการออสโมซิส เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ละลายได้ในน้ำและออสโมซิสเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย สารแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีสีแดงถึงสีน้ำเงิน พบมากในผลไม้ กลีบดอกไม้ สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงด้วยน้ำมีสารแอนโทไซยานิน ได้แก่ เดลฟินิดีน-3-แซมบูไบโอไซด์และไซยานิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์เป็นสารให้สีหลัก ซึ่งมีสมบัติที่ดีในการต้านอนุมูลอิสระได้ (Tee และคณะ, 2002; Molyneux, 2004)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการเตรียมขั้นต้นผลตะขบที่มีต่อคุณภาพของผลตะขบอบแห้ง ด้วยวิธีต่างๆ 4 วิธี เพื่อให้สามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมที่เอื้อให้เกิดการถ่ายเทมวลสารโดยเฉพาะแอนโทไซยานินในผลตะขบระหว่างการออสโมซิสในน้ำกระเจี๊ยบแดงได้ดี

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

1. **การคัดเลือกผลตะขบ** คัดเลือกเฉพาะผลตะขบที่ผิวเปลือกมีสีส้มออกแดง ผิวไม่มีรอยช้ำ ไม่มีรอยกัดแทะของแมลง เนื้อผลมีความแข็งไม่ยุบตัวเมื่อใช้นิ้วกด ขนาดผลใกล้เคียงกัน (158-252g/ 100 ผล) มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา สะเด็ดน้ำให้แห้งในตะกร้าพลาสติก และนำมาเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 10°ซ

2. **การเตรียมน้ำกระเจี๊ยบเพื่อใช้ในการออสโมซิส** ล้างทำความสะอาดดอกกระเจี๊ยบแห้ง กรองผ่านตะแกรง ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ต้มน้ำให้เดือดก่อนปรับลดไฟให้น้ำมีอุณหภูมิ 85-90°ซ ใส่ดอกกระเจี๊ยบลงในน้ำ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของดอกกระเจี๊ยบแห้งต่อน้ำ เป็น 1:10) ต้มเป็นเวลา 30 นาที หรือจนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในน้ำดอกกระเจี๊ยบ 5.0-5.1°Brix กรองแยกกากกระเจี๊ยบด้วยผ้าขาวบางและปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ให้เป็น 30°Brix ด้วยการเติมน้ำตาลทราย

3. **การศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นผลตะขบด้วยวิธีต่างๆ ก่อนออสโมซิส** แบ่งตะขบสดออกเป็น 5 กลุ่มชุดทดลองดังนี้ ชุดทดลองที่ 1 ผลตะขบสด (เป็นตัวอย่างควบคุม); ชุดทดลองที่ 2 แช่แข็งผลตะขบสดที่ -4°ซ แช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง; ชุดทดลองที่ 3 นึ่งผลตะขบสดด้วยเครื่องนึ่งอาหารแบบไฟฟ้าเป็นเวลา 2 นาที; ชุดทดลองที่ 4 ลวกผลตะขบสดในน้ำร้อน 70°ซ เป็นเวลา 3 นาที; ชุดทดลองที่ 5 ลวกผลตะขบสดในแคลเซียมคลอไรด์ (ความเข้มข้น 1.5%) 70 °ซ เป็นเวลา 3 นาที ทั้งนี้เพื่อลดความร้อนที่ผลตะขบที่ผ่านการนึ่ง/ลวก แช่ผลตะขบที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วทันที ลงในน้ำเย็น 10-15°ซ เป็นเวลา 2 นาที

4. **การออสโมซิส** นำน้ำกระเจี๊ยบ 600 กรัม และผลตะขบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีต่างๆ 200 กรัม/โหล (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของผลตะขบต่อน้ำกระเจี๊ยบ เป็น 1:3) ใส่โหลพลาสติกใสทรงกระบอก ที่อุณหภูมิห้อง วางถุงพลาสติกที่บรรจุน้ำทับให้ผลตะขบจมน้ำกระเจียบ นาน 10 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา กรองแยกผลตะขบออสโมซิส จุ่มผลตะขบในน้ำกระเจี๊ยบ (5 °Brix)แล้วยกขึ้นทันที พักให้สะเด็ดน้ำ ชั่ง 200 กรัม ใส่ในถุงซิปใส (ขนาด 12x23 เซนติเมตร) แช่แข็งที่ -80 °ซ เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนอบแห้งผลตะขบแช่แข็งด้วยเครื่อง Freeze dryer ที่อุณหภูมิ -52°ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5. **การประเมินค่าการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส** (Lerici และคณะ, 1985) ชั่งน้ำหนักผลตะขบก่อนและหลังการออสโมซิส (WO;WT) และวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลตะขบก่อนและหลังการออสโมซิส (WCO; WCT)(AOAC,1990) เพื่อคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)ในเทอมของค่าการสูญเสียน้ำ (Water Loss, WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain, SG) และน้ำหนักที่ลดลง (Weight reduction, WR) โดยการใช้สูตรคำนวณ ตามลำดับ ดังนี้ WL=[(WCOxWO)-(WCTxWT)]/WO; SG=[(100-WCTxWT)-(100-WCOxWO)]/WO; WR=[(WO-WT)x100]/WO

6. **การวิเคราะห์คุณภาพของผลตะขบอบแห้ง** ดังนี้ 1.วัดค่าสี L* a* b*ด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab miniscan 2.วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH-differential method (Giusti และ Worlstad, 2001) 3.วัดค่าวอตเตอร์แอกติวิตี (Water activity) ด้วยเครื่อง NOVASINA รุ่น AWC 4.ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scale

7. **การวิเคราะห์ผลทางสถิติ**

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล แบบ Completely Randomized Design (CRD) เมื่อพบว่าค่าความแตกต่างโดยรวมมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = 0.05$ กำหนดให้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นด้วยภาวะต่างๆ ก่อนการออสโมซิส เพื่อเอื้อให้เกิดการถ่ายเทมวลสารโดยเฉพาะแอนโทไซยานินในผลตะขบระหว่างการออสโมซิสในน้ำกระเจี๊ยบแดงได้ดียิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับผลตะขบสด การทดลองเบื้องต้นแปรความเข้มข้นของน้ำกระเจี๊ยบแดง (15-50°Brix) พบว่าที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ 30°Brix เพราะให้ตะขบหลังการออสโมซิสที่มีลักษณะใกล้เคียงกับผลตะขบสดมากที่สุด

การเตรียมขั้นต้นมีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร ($p \leq 0.05$) พบว่า ทุกวิธีที่ศึกษามีผลให้ค่าการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการถ่ายเทมวลสารของผลตะขบสด ที่มีค่าการถ่ายเทมวลสาร ดังนี้ 5.66% WL, 6.78%SG และ 6.85% WR (Table 1) การแช่แข็งผลตะขบแบบช้าๆ (slow freezing rate) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสารได้ประมาณ 2 เท่า คือ มีค่าการถ่ายเทมวลสารเป็น 17.18% WL, 13.55%SG และ 13.72%WR เป็นที่ทราบกันดีว่าที่อัตราเร็วของการแช่แข็งต่ำผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ เกิดภายนอกเซลล์ ในส่วนช่องว่างระหว่างเซลล์ เป็นการค่อยๆ ดึงน้ำออกจากเซลล์เหี่ยวดังนั้นเมื่อเกิดการคลายเย็น (thawing) ในระหว่างการออสโมซิสที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้น้ำกระเจี๊ยบสามารถแพร่เข้าสู่เซลล์ผลตะขบได้ดีขึ้น

Table 1 Water loss, Solid gain and Weight loss of calabura fruits which subjected to 4 different pre-treatment methods prior to osmosis in sweetened red roselle juice (30^{o}Brix.) for 10 hours at room temperature (28^{o}C)

Pre-treatment method	% Water loss (WL)	% Solid gain (SG)	% Weight reduction (WR)
None	5.66±0.86^{a}	6.78±0.34^{a}	6.84±0.36^{a}
Slow freezing (-10^{o}C, 24 hrs)	17.18±0.07^{d}	13.55±0.92^{d}	13.72±0.92^{d}
Steam blanching (100^{o}C, 2 mins),	11.63±0.96^{b}	8.60±0.68^{b}	8.69±0.71^{b}
Water blanching (70^{o}C, 3 mins)	14.46±0.23^{c}	11.58±0.36^{c}	11.70±0.34^{c}
1.5% $CaCl_2$ Blanching (70^{o}C, 3 mins)	13.78±1.14^{c}	11.66±0.79^{c}	12.24±0.34^{c}

$^{a-d}$ Significant differences within values in the same column are indicated by different letter ($p \leq 0.05$)

จากการตรวจพินิจลักษณะปรากฏของผลตะขบหลังการเตรียมขั้นต้น พบว่า การลวก-นึ่ง/แช่แข็งส่งผลกระทบต่อสีของผลตะขบมากคือสีเปลี่ยนจากสีส้มแดงเป็นสีม่วงอ่อน/สีม่วงดำ และการแช่แข็ง มีผลอย่างชัดเจนต่อเนื้อสัมผัส คือ เมื่อใช้นิ้วกด เนื้อผลนิ่มยุบตัวมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้เลือกการอบแห้งแบบระเหิดซึ่งระหว่างการระเหิดผลึกน้ำแข็งออกจากเซลล์ก่อให้เกิดเป็นรูพรุนจำนวนมาก ประกอบกับที่ผลตะขบมีปริมาณน้ำตาลสูง (55-57%) ทำให้คาดได้ว่าผลตะขบอบแห้งที่ได้ควรมีเนื้อสัมผัสที่กรอบจากผลึกน้ำตาลและค่อนข้างไวต่อการดูดความชื้น ดังนั้นการเก็บผลตะขบอบแห้งควรต้องเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าการซึมผ่านของน้ำต่ำและทึบแสงเพื่อลดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Table 2 Water activity (a_w), color values (L*,a*,b*), anthocyanin content (mg/100g) of freeze dried calabura fruits which subjected to 4 different pre-treatment methods prior to osmosis in sweetened red roselle juice (30^{o}Brix.) for 10 hours at room temperature (28^{o}C)

Pre-treatment method	a_w	L*^{ns}	a*^{ns}	b*	Anthocyanin content
None	0.501±0.001^{d}	30.55 ± 1.82	12.41 ± 0.79	11.92 ± 1.81^{ab}	2.64±0.05^{a}
Slow freezing (-10^{o}C, 24 hrs)	0.444±0.001^{c}	29.83 ± 2.08	12.17 ± 1.60	11.43 ± 2.21^{a}	10.47±0.39^{d}
Steam blanching (100^{o}C, 2 mins),	0.412±0.008^{b}	29.80 ± 1.17	11.75 ± 0.84	11.92 ± 1.07^{ab}	7.57±0.39^{c}
Water blanching (70^{o}C, 3 mins)	0.365±0.014^{a}	30.74 ± 2.80	12.94 ± 0.72	14.45 ± 1.42^{c}	8.23±0.76^{c}
1.5% $CaCl_2$ Blanching (70^{o}C, 3 mins)	0.387±0.021^{ab}	30.63 ± 3.93	12.81 ± 0.36	13.80 ± 2.28^{bc}	4.90±0.77^{b}

$^{a-d}$ Significant differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

^{ns} Not significantly different

สำหรับคุณภาพด้านเคมี เคมีกายภาพของผลตะขบอบแห้งของแต่ละชุดการทดลอง แสดงใน Table 2 เห็นได้ว่าค่า a_w ของตะขบอบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 0.36-0.50 ซึ่งเป็นภาวะที่แบคทีเรียก่อโรคและยีสต์ –เชื้อราทั่วไปไม่สามารถที่จะเจริญได้

(Garbutt, 1999) ค่าสีของผลตะขบอบแห้งอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือ ค่าความสว่าง (L*) = 29-30 ค่าสีแดง (a*) = 11-13 และ ค่าสีเหลือง (b*) = 12-15 และเมื่อพิจารณาปริมาณแอนโทไซยานินในผลตะขบอบแห้ง พบว่า การเตรียมขั้นต้นผลตะขบมีอิทธิพลต่อปริมาณแอนโทไซยานินในผลตะขบอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลตะขบอบแห้งที่ผ่านการแช่แข็งก่อนการออสโมซิสมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (10.47 mg/ 100g) เพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดจากผลตะขบอบแห้งที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นประมาณ 4 เท่า

Table 3 แสดง ผลการประเมินความชอบผลตะขบอบแห้งที่เสริมแอนโทไซยานิน พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบ (n=30) ให้คะแนนความชอบในด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย สีของผลตะขบอบแห้งมีผลต่อความชอบโดยรวมของกลุ่มผู้ทดสอบ ผลตะขบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีสีเปลือกคล้ำน้ำตาลแดง ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าผลตะขบที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น ($p>0.05$) ทั้งนี้กลุ่มผู้ทดสอบมีความเห็นว่าผลตะขบอบแห้งที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น ($p>0.05$)

Table 3 Liking scores of freeze dried calabura fruits which subjected to 4 different pre-treatment methods prior to osmosis in sweetened red roselle juice (30°Brix.) for 10 hours at room temperature (28°C)

Pre-treatment method	Color	Flavor^{ns}	Texture	Overall liking
None	6.13±1.43^{b}	6.13±1.41	5.76±1.61^{a}	6.07±1.39
Slow freezing (-10°C, 24 hrs)	5.10±1.65^{a}	6.40±1.38	6.47±1.33^{bc}	5.43±1.62
Steam blanching (100°C, 2 mins),	5.70±1.32^{b}	6.17±1.44	6.60±1.27^{c}	5.73±1.17
Water blanching (70°C, 3 mins)	5.63±1.22^{b}	5.83±1.29	6.03±1.03^{ab}	5.70±1.24
1.5% $CaCl_2$ Blanching (70°C, 3 mins)	5.73±1.34^{b}	6.17±1.05	6.40±1.16^{bc}	5.93±1.34

$^{a-c}$ Significant differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

^{ns} Not significantly different

สรุปผล

เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพด้านเคมี เคมีกายภาพ และด้านประสาทสัมผัสของตะขบเสริมแอนโทไซยานินอบแห้งด้วยวิธีระเหิดจากผลตะขบสด พบว่า ในวิธีการเตรียมขั้นต้น 4 วิธีที่ได้ศึกษานั้น มี สองวิธี ที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ปฏิบัติได้ง่าย คือ การเตรียมตะขบขั้นต้นด้วยการนึ่งไอน้ำ เนื่องจากทำให้มีปริมาณแอนโทไซยานเพิ่มขึ้นอีกถึงสี่เท่า และการเตรียมขั้นต้นตะขบด้วยการลวก 1.5% $CaCl_2$ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากถึงมีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็ง ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีที่ควรมีในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2530, คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.กรุงเทพฯ.กรมอนามัย.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15th ed.), Virginia: Association of Official Analytical Chemist Inc.

Garbutt, J., 1999, Essentials of Food Microbiology, London: Arnold.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E., 2001, Unit F1.2.1-13. Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-visible Spectroscopy. In R.E. Wrolstad (Ed.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry New York: Wiley

Lerici, C.R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M. and Bartolucci, L., 1985, Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality, Journal of Food Science, 50: 1217-1219.

Molyneux, P., 2004, The Use of the Stable Free Radicle Diphenylpicryl Hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 26: 211-221.

Tee, P.L., Yusoft, S. and Mohamed, S., 2002, Antioxidant Properties of Roselle (*HIbicus sabdariifa* L.) in Linoleic Acid, Journal of Nutrition and Food Sciences, 32: 17-20.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 197-200 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 197-200 (2557)

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตข้าวตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) อำเภอบ้านแพรก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Farmer's Opinion on Good Agricultural Practice System (GAP) of Rice Ban Phraek District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

พัชระ อุ่นทรัพย์[1] **และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ**[2]
Aunsub, P.[1] and Srisuwan, S.[2]

Abstract

The objectives of this research were to study the farmer's opinions on Good Agricultural Practices systems (GAP). Interviews schedule was used to collect data of 350 farmers .The results revealed that majority of rice growing farmers were female (52.9 percent), their average age was 51.8 years old. They graduated a primary education, and the average of rice growing experience was 22.7 years. The average plantation area was 29.6 rais, occupying an area of growing rice their owns, labor used in rice cultivation was an average labor in the household were 1.6 person/rai and an average labor in worker were 2.1 persons/rai, the average rice products were 741.7 kilograms/rai. The average income of farmers was 8,774.1 baht/rai while the costs on average were around 4,641.1 baht/rai. Sources perception GAP information through, the officials, publication and training. 2) The farmer's opinions on Good Agricultural Practices systems (GAP) agreed high level. 3) The problems included cleaning grain harvesters and trucks before harvest

Keywords: Good Agricultural Practices systems, Phra Nakhon Si Ayutthaya province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) ประชากรจำนวน 350 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 52.9) อายุเฉลี่ย 51.8 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ประสบการณ์การปลูกข้าวเฉลี่ย 22.7 ปี พื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 29.6 ไร่ ลักษณะการ ถือครองเป็นของตนเอง แรงงานที่ใช้ในการปลูกข้าว เป็นแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 1.6 คน/ไร่ และแรงงานจ้างเฉลี่ย 2.1 คน/ไร่ มีปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ย 741.7 กิโลกรัม/ไร่ มีรายได้จากการขายข้าวเฉลี่ย 8,774.1 บาท/ไร่ และมีรายจ่ายในการปลูกข้าวเฉลี่ย 4,641.1 บาท/ไร่ แหล่งรับรู้ข่าวสารจากสื่อเจ้าหน้าที่ของรัฐ สิ่งพิมพ์ และการฝึกอบรม 2)ความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่มีต่อการผลิตตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีอยู่ในระดับมาก 3) ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ได้แก่ การทำความสะอาดรถเกี่ยวและรถขนข้าวก่อนลงเก็บเกี่ยวในแปลงนา

คำสำคัญ: ระบบจัดการคุณภาพการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

คำนำ

การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice : GAP) เป็นมาตรฐานสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตที่ครอบคลุมกระบวนการผลิตทางการเกษตร ซึ่งเริ่มตั้งแต่การใช้ปัจจัยการผลิต ขั้นตอนการผลิต จนกระทั่งผลผลิตถูกขนส่งออกจากแปลง กรมส่งเสริมการเกษตรมีนโยบายที่จะเพิ่มขีดความสามารถด้านการผลิตสินค้าเกษตรประเภทพืช โดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศ จึงได้ดำเนินโครงการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและได้มาตรฐาน โดยมีเป้าหมายให้เกษตรกรสามารถผลิตสินค้าเกษตรตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) ที่เหมาะสมสำหรับข้าว เพื่อให้ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยจากสารเคมี ได้มาตรฐาน มีคุณภาพ ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

[1] **สำนักงานเกษตรอำเภอภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**
[1] Phachi District Agricultural Extension Office, Phra NaKhon Si Ayutthaya Province
[2] **ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty Of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

และตัวเกษตรกรผู้ผลิต รวมทั้งเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยได้ดำเนินการให้ความรู้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศ ผ่านการอบรมและถ่ายทอดความรู้จากเจ้าหน้าที่ของกรมส่งเสริมการเกษตรเพื่อให้เกษตรกรรับรู้ เข้าใจขั้นตอนวิธีการและสามารถนำไปปฏิบัติได้ (กลุ่มงานส่งเสริมมาตรฐานสินค้า, 2553) สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านแพรก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีเกษตรกรเป้าหมายเป็นผู้ปลูกข้าว เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและได้มาตรฐานปี 2556 จำนวน 350 ราย (กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ, 2556) แต่ในการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่าเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการเสนอขอรับการตรวจคุณภาพมาตรฐานการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี(จี เอ พี)ข้าว ซึ่งมีเพียง 21 ราย เท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความไม่มั่นใจในตัวเองของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ หรือความไม่เข้าใจในวิธีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตตามระบบจัดการคุณภาพเกษตรที่ดี (จี เอ พี) อำเภอบ้านแพรก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพและปลอดภัยในพื้นที่ ก่อให้เกิดความยั่งยืนในการผลิตข้าวของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประกอบด้วย คำถามแบบปลายปิด (Closed Question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Question) โดยแบ่งเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลและลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจของเกษตรกร ตอนที่ 2 การรับรู้ข่าวสารของเกษตรกร เกี่ยวกับ การผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของเกษตรกร ที่มีต่อการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) ตอนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร ที่มีต่อการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกร ระหว่างเดือนตุลาคม 2556 ถึงเดือนมกราคม 2557 จำนวน 350 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum)

ผลการทดลอง

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลและทางเศรษฐกิจของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 52.9) มีอายุเฉลี่ย 51.8 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 70.9) มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 22.7 ปี มีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 29.6 ไร่ โดยพื้นที่ถือครองส่วนใหญ่เป็นของตนเอง แรงงานที่ใช้ในการปลูกข้าว มีทั้งแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 1.6 คน/ไร่ และแรงงานจ้างเฉลี่ย 2.1 คน/ไร่ มีปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ย 741.7 กิโลกรัม/ไร่ มีรายได้จากการขายข้าว (โดยไม่หักค่าใช้จ่าย) ต่อหนึ่งรอบการปลูกเฉลี่ย 8,774.1 บาท/ไร่ และมีรายจ่ายในการปลูกข้าวต่อหนึ่งรอบการปลูกเฉลี่ย 4,641.1 บาท/ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารจากสื่อประเภทบุคคลที่เป็นเจ้าหน้าที่ของรัฐและสื่อประเภทกิจกรรมที่เป็นการฝึกอบรม (ร้อยละ 100) รองลงมา คือ สื่อประเภทมวลชนที่เป็นสื่อสิ่งพิมพ์ (ร้อยละ 85) ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) พบว่า ความคิดเห็นโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.17) และ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรและด้านการเลือกพื้นที่ปลูก โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.48 และ 4.36 ตามลำดับ) ในขณะที่เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการจัดการกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ด้านการเก็บรักษาและขนย้ายผลผลิตในแปลง ด้านการผลิตให้ปลอดภัยจากศัตรูพืช ด้านแหล่งน้ำที่ใช้ในการปลูก ด้านการจดบันทึกข้อมูล และด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.19, 4.15, 4.14, 4.02, 4.00 และ 3.98 ตามลำดับ) ปัญหาของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านข้อกำหนดในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (ร้อยละ 10.0) ในเรื่องการทำความสะอาดรถเกี่ยวข้าวและรถขนข้าวซึ่งเกษตรกรไม่สามารถทำได้เนื่องจากเป็นรถที่จ้างเหมามา (ร้อยละ 6.2) และปัญหาด้านภัยธรรมชาติ (ร้อยละ 7.4) โดยเฉพาะอุทกภัยและภัยแล้ง (ร้อยละ 3.7) ส่วนข้อเสนอแนะ เกษตรกรต้องการให้มีตลาดหรือแหล่งรับซื้อผลผลิตหลังจากได้รับรองมาตรฐาน (ร้อยละ 1.1)

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นโดยรวมเฉลี่ย อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.17) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรเข้าใจและเห็นความสำคัญของการผลิตข้าวให้ปลอดภัยจากสารเคมี ซึ่งเป็นความปลอดภัยที่เกิดขึ้นต่อตัวเกษตรกร และยังส่งผลไปสู่ผู้บริโภคด้วย เมื่อพิจารณาเป็น รายด้าน พบว่า

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านแหล่งน้ำที่ใช้ในการปลูก เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.02) ทั้งนี้เป็นเพราะ เกษตรกรมีความคิดเห็นว่าถ้าน้ำไหลผ่านโรงงานอุตสาหกรรม อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนจากสารเคมีที่ใช้ในการประกอบการอุตสาหกรรม ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการปนเปื้อนในน้ำ และอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตข้าวของเกษตรกรทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยตามไปด้วย

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการเลือกพื้นที่ปลูก เฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.36) ทั้งนี้เป็นเพราะ เกษตรกรมีความคิดว่า หากพื้นที่ปลูกข้าว เคยเป็นที่ทิ้งสารเคมี เคยเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม และเคยเป็นที่ทิ้งขยะมาก่อน ก็จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในดิน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าว ผลผลิตอาจลดลง รวมทั้งรายได้ของเกษตรกรที่ลดลงตามไปด้วย

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร เฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.48) ทั้งนี้เป็นเพราะ เกษตรกรเห็นความสำคัญของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีที่ไม่ถูกวิธี การใช้สารเคมีในปริมาณที่เกินกำหนด อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าว การเลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมกับศัตรูข้าว จะช่วยให้การป้องกันกำจัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการเก็บรักษาและขนย้ายผลผลิตในแปลง เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.15) ทั้งนี้เป็นเพราะ เกษตรกรมีความคิดเห็นว่า การเก็บรักษาผลผลิตให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารเคมี วัตถุอันตราย สัตว์พาหะนำโรค และให้มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก รวมทั้งการขนย้ายด้วยความระมัดระวังจะช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลผลิตให้นานขึ้น และผลผลิตก็จะยังคงคุณภาพดี ไม่เกิดความเสียหาย

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการจดบันทึก เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.00) ทั้งนี้เป็นเพราะ การจดบันทึกสามารถช่วยทำให้เกษตรกรจดจำรายละเอียดในการปลูกข้าวได้ ตั้งแต่วันที่เริ่มปลูก นับระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว ช่วงเวลาตามอายุข้าวที่เหมาะสำหรับการใส่ปุ๋ย การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคข้าว แมลงศัตรูข้าว แหล่งที่มาของพันธุ์ข้าว แหล่งน้ำ ปุ๋ย สารเคมี ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามย้อนหลังได้ หากปัจจัยเหล่านั้นส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการผลิตให้ปลอดภัยจากศัตรูพืช เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.14) ทั้งนี้เป็นเพราะ เมื่อเกิดการระบาดของแมลงศัตรูข้าว โรคข้าว หรือข้าววัชพืช เกษตรกรจำเป็นต้องหาวิธีป้องกันกำจัดในทันทีและใช้วิธีการที่ให้ได้ผลดีมากที่สุด เพราะผลิตข้าวเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับเกษตรกร หากเกิดความเสียหายจะส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรที่จะได้รับ

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการจัดการกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.19) ทั้งนี้เป็นเพราะ การวางแผนการผลิตจะช่วยในการจัดการผลิตของเกษตรกรให้สอดคล้องกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการปลูกข้าว ทั้งเงินทุน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย สารเคมี และโดยเฉพาะสภาพดินฟ้าอากาศ ระบบน้ำชลประทาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกษตรกรไม่สามารถควบคุมได้ การวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับปัจจัยเหล่านี้ อาจช่วยให้เกษตรกรได้ผลผลิตข้าวที่สูงสุด และมีคุณภาพ เก็บเกี่ยวได้ตามช่วงเวลาที่เหมาะสม

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.98) ทั้งนี้เป็นเพราะ การเก็บเกี่ยวข้าวในระยะเวลาที่เหมาะสม จะทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพดี ขายได้ราคาดี ส่งผลกับรายได้ที่เกษตรกรได้รับ แต่ทั้งนี้เกษตรกรยังประสบปัญหาในเรื่องของการทำความสะอาดรถเกี่ยวข้าวและรถขนข้าว ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำได้ยาก เนื่องจากเป็นรถที่จ้างเหมา ที่เกษตรกรจ้างมาเก็บเกี่ยวข้าวและขนข้าวไปยังแหล่งรับซื้อข้าว ผู้รับจ้างเห็นว่าเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก ทำให้เสียเวลาในการลงเกี่ยวข้าว จึงปฏิเสธการทำความสะอาด รถ และอาจไม่เก็บเกี่ยวข้าวให้เกษตรกรรายนั้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยเป็นการศึกษาเกษตรกรผู้ปลูก

ข้าว และพืชอื่นๆ ครอบคลุมพื้นที่ระดับจังหวัด ประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรผู้ปลูกพืชชนิดเดียวกันในทุกอำเภอ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาต่อไป

สรุปผล

จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 51.8 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา และมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 22.7 ปี มีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 29.6 ไร่ โดยพื้นที่ถือครองส่วนใหญ่เป็นของตนเอง แรงงานที่ใช้ในการปลูกข้าว มีทั้งแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 1.6 คน/ไร่ และแรงงานจ้างเฉลี่ย 2.1 คน/ไร่ มีปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ย 741.7 กิโลกรัม/ไร่ มีรายได้จากการขายข้าว (โดยไม่หักค่าใช้จ่าย) ต่อหนึ่งรอบการปลูกเฉลี่ย 8,774.1 บาท/ไร่ และมีรายจ่ายในการปลูกข้าวต่อหนึ่งรอบการปลูกเฉลี่ย 4,641.1 บาท/ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารจากสื่อเจ้าหน้าที่ของรัฐ การฝึกอบรม และสื่อสิ่งพิมพ์ ความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่มีต่อการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (จี เอ พี) โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรและด้านการเลือกพื้นที่ปลูก โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ในขณะที่เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการจัดการกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ด้านการเก็บรักษาและขนย้ายผลผลิตในแปลง ด้านการผลิตให้ปลอดภัยจากศัตรูพืช ด้านแหล่งน้ำที่ใช้ในการปลูก ด้านการจดบันทึกข้อมูล และด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ได้แก่ การทำความสะอาดรถเกี่ยวข้าวและรถขนข้าวก่อนลงเก็บเกี่ยวในแปลงนา การเกิดอุทกภัยและภัยแล้ง ข้อเสนอแนะ ได้แก่ ต้องการให้มีตลาดหรือแหล่งรับซื้อผลผลิตหลังจากได้รับรองมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานส่งเสริมมาตรฐานสินค้า, 2553, คู่มือเจ้าหน้าที่ที่ปรึกษา GAP, สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร.

กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ, 2556, แผนงาน/โครงการและงบประมาณส่งเสริมการเกษตร ประจำปีงบประมาณ 2556, สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

ผลของเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ต่อการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์

Effect of Phosphate Solubilizing Endophytic Bacteria on Growth of Organic Rice

อรรจนา ด้วงแพง[1] วิทวัส อ่อนบำรุง[1] และ ชรินทร์ ธวันธา[1]

Duangpaeng, A.[1], Onbumroong, V.[1] and Tawanta, C.[1]

Abstract

Phosphorus is essential for optimal growth of roots. It promotes root spread, flowering and fruit set. A soil nutrient survey in an organic rice paddy field in Ban Han Thao Village, Kud Jab District, Udon Thani showed very low soluble phosphorus. The objective of this study was to determine the effect of inoculation phosphate solubilizing endophytic bacteria on the growth of organic rice cuttivated in pots. The experimental design was a split-plot in a Randomized Completely Block Design (RCBC). The main plots were 3 inoculation methods of endophytic bacteria suspended into sterilized deionized water (x 10^6 CFU), i.e. soaking seeds into the suspended mixture before sowing, and pouring the suspended mixture into rice seedlings at 2 weeks after sowing and at 4 weeks after sowing. The sub plot were isolated of phosphate solubilizing endophytic bacteria; CHR2I02, BRR3I01, BRR1I04, CHR3I02, and CHR4I07. The inoculation methods of soaking rice seeds into the suspended mixture before sowing resulted in the greatest leaf width and weight of 100 grains. The inoculation of BRR3I01 resulted in a maximum weight of 100 grains. There was an interaction between the method of inoculation and the isolation of endophytic bacteria. Soaking rice seed into the suspended mixtures of BRR1I04, CHR2I02 or CHR3I02 promoted the maximum weight of 100 grains.

Keywords: endophytic bacteria, phosphate solubilizing bacteria, organic rice

บทคัดย่อ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญ มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของราก ทำให้รากแพร่กระจายได้ดี ส่งเสริมการออกดอกและติดเมล็ด จากการสำรวจดินบริเวณบ้านหันเทา อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี ที่มีการทำนาข้าวอินทรีย์ พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ต่ำ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่เชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวอินทรีย์ที่ปลูกในกระถาง โดยวางแผนการทดลอง Split-plot in RCBD ทดลอง 3 ซ้ำ มีปัจจัยหลักเป็นกรรมวิธีการใส่เชื้อ 3 กรรมวิธี คือ การแช่เมล็ดก่อนเพาะ การใส่เชื้อหลังจากเพาะเมล็ด 2 สัปดาห์ และ การใส่เชื้อหลังเพาะเมล็ด 4 สัปดาห์ มีปัจจัยรองเป็นชนิดเชื้อ จำนวน 5 ไอโซเลต คือ CHR2I02, BRR3I01, BRR1I04, CHR3I02 และ CHR4I07 ผลการทดลองพบว่า การแช่เมล็ดก่อนเพาะทำให้ต้นข้าวมีความกว้างของใบและมีน้ำหนักของ 100 เมล็ด สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชนิดของเชื้อ BRR3I01 ทำให้น้ำหนักของ 100 เมล็ด สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีอิทธิพลร่วมระหว่างกรรมวิธีการใส่เชื้อและชนิดของเชื้อ โดยการใส่เชื้อด้วยการแช่เมล็ดร่วมกับชนิดเชื้อ BRR1I04, CHR2I02 และ CHR3I02 ทำให้ข้าวมีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: เอนโดไฟติกแบคทีเรีย แบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟต ข้าวอินทรีย์

คำนำ

ฟอสฟอรัสในดินที่อยู่รอบๆ ราก อาจอยู่ในรูปที่ประโยชน์หรือไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินที่ไม่มีการให้ปุ๋ยเคมีจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่น้อย การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับดินทำให้พืชให้ผลผลิตดี แต่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ในพื้นที่เกษตรกรรม 80% ถูกตรึงอยู่ในดินทำให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Holford, 1997 in Schachtman และคณะ, 1998) จุลินทรีย์ในดินปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากรูปที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ไปยังสารละลายดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ในดินเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืช (Schachtman และคณะ, 1998) การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตร่วมกับแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (Vahed และคณะ, 2012) ในพื้นที่ตำบลปะโค อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี เกษตรกร

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Plant Production Technology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Muang District, Udon Thani 41000

ทำนาข้าวแบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งแปลงนาสาธิตเกษตรอินทรีย์บ้านหันเทามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 0.889 mg kg^{-1} หรืออยู่ในระดับต่ำมาก (อรรจนา และคณะ 2550) ผู้วิจัยจึงได้คัดแยกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียจากเนื้อเยื่อต้นข้าวในแปลงนาอินทรีย์ของบ้านหันเทา และศึกษาประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตของเชื้อในสภาพหลอดทดลอง (*in vitro*) โดยคัดแยกเชื้อได้ 5 ชนิด ที่สามารถละลายไตรแคลเซี่ยมฟอสเฟตได้ในอาหารวุ้น Pikovskaya และเมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเหลว Pikovskaya นาน 48 ชม. สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุด ในปริมาณ 52.9 - 98.9 mg l^{-1} (Duangpaeng และคณะ, 2013) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวอินทรีย์ที่ปลูกในกระถาง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ผิวแล้ว ด้วยเอทานอล 70% นาน 30 วินาที นำไปปลูกลงในกระถางขนาด 6 นิ้ว ที่ประกอบไปด้วยวัสดุปลูกที่ส่วนประกอบของ ดิน : ทราย : ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1:1 วัสดุปลูกนำไปฆ่าเชื้อก่อนด้วยการอบลมร้อน 180 C นาน 2 ชั่วโมง เลี้ยงเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียในอาหารเหลว Pikovskaya นาน 46 ชม. นำไปทำให้เจือจางในน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อจนได้ปริมาณเชื้อ 10^6 CFU ต่อ มล. แล้วจึงนำไปปลูกเชื้อให้กับต้นข้าวที่เพาะเมล็ดในกระถางตามกรรมวิธีที่กำหนดในแผนการทดลอง โดยวางแผนการทดลอง Split-plot in RCBD ทดลอง 3 ซ้ำ มีปัจจัยหลักเป็นกรรมวิธีการใส่เชื้อ 3 กรรมวิธี คือ การแช่เมล็ดก่อนเพาะ การใส่เชื้อหลังจากเพาะเมล็ด 2 สัปดาห์ และ การใส่เชื้อหลังเพาะเมล็ด 4 สัปดาห์ มีปัจจัยรองเป็นชนิดเชื้อ จำนวน 5 ไอโซเลต คือ CHR2I02, BRR3I01, BRR1I04, CHR3I02 และ CHR4I0 นำสารแขวนลอยเชื้อที่เตรียมไว้ปริมาณ 100 มล.ต่อกระถาง พ่นให้ทั่วทั้งใบแล้วที่เหลือเทราดโคนต้น เติมน้ำให้กระถางให้สูงประมาณครึ่งนิ้ว ใส่หินฟอสเฟต 2.5 กรัมต่อกระถาง บันทึกการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ระยะแตกกอและการให้ผลผลิต

ผลการทดลอง

ชนิดของเชื้อและกรรมวิธีการใส่เชื้อไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยทำให้ต้นข้าวมีความสูง จำนวนต้นต่อกอ ความยาวใบ น้ำหนักแห้งของลำต้นและราก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลต่อความกว้างของใบ คือการใช้เชื้อ BRR1I04 BRR3I01 CHR2I02 หรือ CHR4I07 ทำให้ต้นข้าวมีความกว้างใบมากกว่าการใส่เชื้อ CHR3I02 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีการแช่เมล็ดก่อนเพาะ หรือการใส่เชื้อหลังจากเพาะเมล็ด 2 สัปดาห์ ทำให้ต้นข้าวมีความกว้างใบมากกว่าการใส่เชื้อหลังเพาะเมล็ด 4 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ในด้านของการให้ผลผลิต การใส่เชื้อ BRR3I01 ทำให้น้ำหนักของ 100 เมล็ด สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือเชื้อ BRR1I04 CHR2I02 CHR4I07 และ CHR3I02 ตามลำดับ กรรมวิธีการแช่เมล็ดก่อนเพาะทำให้น้ำหนักของ 100 เมล็ดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ามีอิทธิร่วมระหว่างชนิดของเชื้อและกรรมวิธีการใส่เชื้อต่อน้ำหนักของ 100 เมล็ด (Table 2)

วิจารณ์ผล

เชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียชนิด BRR3I01 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวด้านการเพิ่มขนาดของใบ และทำให้เมล็ดข้าวหนักขึ้น เชื้อ BRR3I01 ละลายฟอสเฟตได้ 58.39 มก.ต่อล. เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลว Pikovskaya นาน 48 ชม. (Duangpaeng และคณะ, 2013) สอดคล้องกับรายงานของ Nico และคณะ (2012) ที่วัดการใช้ฟอสฟอรัสในต้นข้าวที่ปลูกเชื้อ *Pseudomonas* sp. strain PAC และ *Serratia* sp. strain CMR165 และพบว่าเชื้อ PAC and CMR165 ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการดูดซึมฟอสฟอรัสของข้าว และแนะนำให้ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพต่อไป

สรุปผล

การใส่เชื้อ BRR3I01 ช่วยทำให้ข้าวมีเมล็ดข้าวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และกรรมวิธีการใส่เชื้อที่เหมาะสมที่สุดคือการแช่เมล็ดก่อนปลูก หรือการใส่เชื้อหลังจากเพาะเมล็ด 2 สัปดาห์ มีผลให้ต้นข้าวมีใบใหญ่ขึ้น และมีจำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนักเมล็ดมากกว่าวิธีการใส่เชื้อหลักจากเพาะเมล็ด 4 สัปดาห์

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่ให้อนุญาตให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

Table 1 Effect of phosphate solubilizing endophytic bacteria (PSEB) on growth of organic rice.

Treatment	Maximum tillering stage				Harvesting stage	
	Plant height (cm.)	Num of shoot	Leave width (cm.)	Leave length (cm.)	Shoot dry weight (g.)	Root dry weight (g.)
Main plot M (Application method of PSEB)						
Soaking[1/]	59.21	6.47	7.35a[4/]	26.10	7.80	4.62
2 WAS[2/]	60.96	5.87	6.88ab	28.66	6.65	3.99
4 WAS[3/]	59.62	6.67	6.80b	28.52	6.80	3.98
F-test M	ns[5/]	ns	*	ns	ns	ns
Sub plot S (Isolate of PSEB)						
BRR1I04	59.73	7.11	7.13a	29.29	8.11	4.01
BRR3I01	58.55	5.78	7.21a	27.24	6.99	4.09
CHR2I02	62.02	6.11	7.28a	28.45	6.92	4.21
CHR3I02	60.05	6.00	6.29b	27.25	7.08	4.03
CHR4I07	59.30	6.67	7.15a	26.56	6.33	4.64
F-test S	ns	ns	*	ns	ns	ns
F-test M´S	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	0.64	52.65	10.38	27.74	39.83	38.69

[1/] Soaking seed in PSEB before sowing, [2/]Applying PSEB at 2 weeks after sawing, [3/]Applying PSEB at 2 weeks after sawing, [4/]Mean within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0, [5/]ns : Non significant difference

Table 2 Effect of phosphate solubilizing endophytic bacteria (PSEB) on yield of organic rice

Treatment	Panicle number per plant	Grain number per panicle	Weight of 100 grains at 14% moist. cont. (g)
Main plot M (Application method of PSEB)			
Soaking	5.4	48.6b[1/]	2.22a
2 WAS	5.1	54.6a	2.09c
4 WAS	5.1	51.6ab	2.14b
F-test M	ns[2/]	*	*
Sub plot S (Isolate of PSEB)			
BRR1I04	5.8	50.11	2.17b
BRR3I01	4.8	54.66	2.23a
CHR2I02	4.8	52.77	2.14b
CHR3I01	5.3	50.33	2.09c
CHR4I07	5.2	50.22	2.12bc
F-test S	ns	ns	*
F-test M´S	ns	ns	*
CV (%)	26.89	27.32	1.47

[1/]Mean within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0, [2/]ns : Non significant difference

เอกสารอ้างอิง

อรรจนา ด้วงแพง และ วัลยา อุตโรกุล, 2550, วิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี: การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นข้าวภายใต้การผลิตแบบเกษตรอินทรีย์และใช้สารเคมี, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(6)(พิเศษ): 307-309.

Duangpaeng, A., Phetcharat, P., Chanthapho, S. and Okuda N., 2013, Screening of Endophyte Bacteria for Phosphate Solubilization from Organic Rice, Proceeding-Science and Engineer, 61-66.

Holford, I.C.R., 1997, Soil Phosphorus: its Measurement, and its Uptake by Plants, Australian Journal of Soil Research, 35: 227-239. in Schachtman, D.P., Reid, R.J. and Ayling, S.M., 1998, Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. Update on Phosphorus Uptake, Plant Physiology, 116: 447-453.

Nico, M., Ribaudo, C.M., Gori, J.I., Cantore, M.L. and Curá, J.A., 2012, Uptake of Phosphate and Promotion of vegetative Growth in Glucose-exuding Rice Plants (*Oryza sativa*) Inoculated with Plant Growth-promoting Bacteria, Applied Soil Ecology, 61:190-195.

Schachtman, D.P., Reid, R.J. and Ayling, S.M., 1998, Phosphorus Uptake by Plants: From soil to cell, Update on Phosphorus Uptake, Plant Physiology, 116: 447-453.

Vahed, H.S., Shahinrokhsar, P. and Heydarnezhad, F., 2012. Performance of Phosphate Solubilizing Bacteria for Improving Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) in the Presence of Phosphorus Fertilizer, International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(17): 1228-1232.

ผลของการใช้ถั่วแลบแลบ 4 ชนิดเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของดินลูกรัง

Effect of Four Types of Lablab Bean on Some Lateritic Soil Properties Improvement

วิมลนันทน์ กันเกตุ[1] ชื่นจิต แก้วกัญญา[1] และ ชื่นนภา หนันแดง[1]
Kanket, W.[1], Keawkunya, C.[1] and Nundaeng, C.[1]

Abstract

Four lablab beans as cover crop for improving physical and chemical properties on lateritic soil were conducted. The experiment was arranged in completely randomized design (CRD) with three replications and four treatments as follow: 1) Filed bean (Highwort), 2) Garden bean (brown seed), 3) Garden bean (purple flower) and 4) Hybrid bean (Field bean X Garden bean). Soil moisture retention, bulk density, pH, organic matter content and total nitrogen were analyzed by standard method before planting and at flowering stage of lablab bean. The result revealed that, the Hybrid bean (Field bean X Garden bean) had the highest potential for improving soil properties with the highest soil moisture retention (13.73 percentage by volume), lower 0.16 times soil bulk density and increase 5.17 times soil total nitrogen. Therefore, Hybrid lablab bean has potential to improve crop productivity under lateritic soil condition. In addition, lablab bean growing can increase plant nutrient and also improve soil physical properties.

Keywords: lateritic soil, lablab bean, soil properties

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ถั่วแลบแลบ 4 ชนิดเป็นพืชคลุมดิน ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินลูกรัง มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง คือ 1) ถั่วแลบแลบไร่ พันธุ์ Highwort 2) ถั่วแลบแลบสวน (เมล็ดสีน้ำตาล) 3) ถั่วแลบแลบสวน (ดอกสีม่วง) และ 4) ถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) โดยวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นดินโดยปริมาตร ความหนาแน่นรวม ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินก่อนปลูก และระยะออกดอกโดยใช้วิธีมาตรฐาน จากการศึกษาพบว่าตำรับการทดลองที่ปลูกถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) มีศักยภาพในการปรับปรุงสมบัติของดินลูกรังได้ดีที่สุด กล่าวคือทำให้ดินมีการสะสมปริมาณความชื้นโดยปริมาตรสูงที่สุด (13.37 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) ความหนาแน่นรวมดินลดลง 0.16 เท่า และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น 5.17 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปลูกถั่วแลบแลบ ดังนั้นถั่วแลบแลบลูกผสมเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปรับปรุงดินลูกรังให้มีความสามารถในการให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น และยังเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน และปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืช

คำสำคัญ: ดินลูกรัง ถั่วแลบแลบ สมบัติดิน

คำนำ

ดินลูกรังนับว่าเป็นดินที่มีปัญหาทางการเกษตรที่สำคัญประเภทหนึ่งในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีที่ไม่เหมาะสมสำหรับทำการเกษตรกรรม เป็นดินตื้นมีกรวด ลูกรังหรือเศษหินปะปนในระดับความลึกของดินบริเวณการเจริญของรากพืช การชะล้างผิวดินเกิดขึ้นได้ง่าย เพราะมีชั้นกรวดที่อัดตัวกันแน่น ทำให้ความหนาแน่นรวมสูง การซาบซึมน้ำต่ำ และมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่ำ (Potichan, 1991)ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการดินให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยการทดลองครั้งนี้ใช้ถั่วแปป หรือถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus* L.) ซึ่งเป็นพืชวงศ์ถั่วประเภทปีเดียว หรือข้ามปีอายุสั้น ที่น่าสนใจมากชนิดหนึ่ง โดยมีลักษณะการเจริญแบบเถาเลื้อยหรือพุ่ม มีมวลชีวภาพสูง เป็นพืชที่ทนความแห้งแล้ง และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินลูกรัง (สายัณห์, 2547) ดังนั้นการปลูกถั่วแลบแลบจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงสมบัติของดินลูกรังให้ดีขึ้น รวมทั้งเพิ่มศักยภาพการผลิตของดินให้สูงขึ้นได้

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) 4 ตำรับทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ปลูกถั่วแลบแลบไร่ พันธุ์ Highwort 2) ปลูกถั่วแลบแลบสวน (เมล็ดสีน้ำตาล) 3) ปลูกถั่วแลบแลบสวน(ดอกสีม่วง) และ 4) ปลูกถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) เตรียมแปลงทดลองขนาด 2*3 เมตร จำนวน 12 แปลง โดยมีระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร และระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร ปลูกถั่วแลบแลบทั้ง 4 ชนิดตามตำรับการทดลอง หยอดหลุมละ 2-3 เมล็ด แปลงละ 3 แถว แถวละ 6 หลุม ระยะห่างระหว่างหลุมปลูก 50 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธี Least – Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความชื้นของดินโดยปริมาตร

ความชื้นดินโดยปริมาตรทั้งก่อนและหลังการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 12.54-13.73 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นดินเฉลี่ยของดินชุดโพนพิสัยที่มีความชื้นอยู่ที่ 5.54 เปอร์เซ็นต์ (ภาคภูมิ, 2553) พบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าความชื้นที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 เท่า ทั้งนี้เป็นเพราะถั่วแลบแลบมีลักษณะลำต้นเป็นพุ่มหนา และเลื้อยคลุมดิน และใบที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นดินจึงทำให้สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี โดยเฉพาะในถั่วแลบแลบลูกผสม และถั่วแลบแลบไร่ ซึ่งสอดคล้องกับ มุกดา (2543) รายงานว่าแปลงปลูกถั่วแลบแลบทำให้ดินมีความชื้นสูงสุดคือ 16.23 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชชนิดอื่น

ความหนาแน่นรวมของดิน

ดินก่อนปลูกมีค่าความหนาแน่นรวม 2.32 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ในระดับสูงมาก หลังจากการปลูกถั่วแลบแลบดินมีความหนาแน่นรวมลดลงในทุกตำรับการทดลอง (Table 1) โดยแปลงปลูกถั่วแลบแลบสวน (เมล็ดสีน้ำตาล) และถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) มีความหนาแน่นรวมของดินลดลงมากที่สุด สอดคล้องกับ Armstrong และคณะ (1999) รายงานว่าหลังปลูกถั่วแลบแลบ ถั่วเซอราโตร ลูเซิรน์ และไมยราบ ทำให้ความหนาแน่นดินลดลง ทั้งนี้การปลูกพืชวงศ์ถั่วในระยะยาวจะทำให้เศษซากพืชที่สะสมลงในดินเกิดการย่อยสลาย โดยเฉพาะระบบรากถั่วแลบแลบเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนงแตกออกมาแล้วเจริญหยั่งลึกลงสามารถชอนไชไปในดินลึก ทำให้เกิดช่องว่างในดินส่งผลให้การระบายน้ำอากาศของดินได้ดีขึ้นเป็นการปรับสภาพทางกายภาพของดินให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูก

Table 1 Some physical properties of lateritic soils after planting Lablab bean.

Treatment	Physical properties	
	Soil moisture (%)	Soil bulk density (Mg m^{-3})
Before planting	13.47	2.32
After planting		
Filed bean (Highwort)	13.51	2.01
Garden bean (brown seed)	12.65	1.95
Garden bean (purple flower)	12.54	2.00
Hybrid bean (Field beanXGarden bean)	13.73	1.95
F-test	ns	ns
CV (%)	12.87	2.78

ns not significantly different

ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดด่างของดินก่อนปลูกมีค่า 7.19 อยู่ในช่วงเป็นกลาง และหลังปลูกมีค่าลดลงในทุกตำรับการทดลอง (6.03-6.44) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบผลจากการปลูกถั่วแลบแลบทั้ง 4 ชนิดพบว่า ตำรับการทดลองที่ปลูกถั่วแลบแลบพันธุ์ Highwort และถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) ส่งผลให้ดินมีค่า pH มากที่สุด ซึ่งอยู่ในช่วงเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจาก

มีการใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของถั่ว จึงทำให้มีผลตกค้างเป็นกรด สอดคล้องกับ ปวีณา (2551) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในดินที่ใช้ปลูกพืชส่วนใหญ่มีความเป็นกรดจัด ทำให้ค่า pH ลดลงอยู่ในช่วง 3.8-5.4 เมื่อเทียบกับค่า pH ก่อนการทดลอง

ปริมาณอินทรียวัตถุ

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินก่อนการทดลองมีค่า 17.10 กรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง หลังการทดลองพบว่าตำรับการทดลองที่ปลูกถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุด คือ 4.23 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) ดินในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำกว่าก่อนปลูก เนื่องจากการเก็บดินอยู่ในช่วงที่ถั่วแลบแลบมีการเจริญเติบโตทางด้านการขยายพันธุ์ จึงทำให้มีการดึงปริมาณอินทรียวัตถุในดินไปใช้ (ปนัดดา, 2553) นอกจากนี้ระยะเวลาทดลองค่อนข้างสั้นอาจไม่เพียงพอให้ส่วนของพืชที่จะย่อยอินทรียวัตถุอย่างสมบูรณ์ แต่ถ้าใช้ปุ๋ยพืชสดในระยะยาวก็จะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุแก่ดินได้ (App และ Eaglesham,1981)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ดินก่อนปลูกมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.14 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก ภายหลังการปลูกถั่วแลบแลบดินมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง (Table 2) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแปลงที่ปลูกถั่วแลบแลบสวน (เมล็ดสีน้ำตาล) และถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) มีไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุด คือ 0.80 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือถั่วแลบแลบสวน (ฝักสีม่วง) 0.70 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่แปลงปลูกถั่วแลบแลบไร่ พันธุ์ Highwort มีปริมาณต่ำสุด เพียง 0.66 กรัมต่อกิโลกรัม การที่ดินทุกตำรับการทดลองมีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากระยะเวลาในการทดลองค่อนข้างสั้นจึงเห็นผลการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามพืชวงศ์ถั่วเป็นพืชบำรุงดินที่สามารถผลิตอินทรียวัตถุที่มี C/N ratio แคบได้ครั้งละมากๆ ด้วยการตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยอาศัยจุลินทรีย์ในกลุ่มไรโซเบียม (*Rhizobium* spp.) นอกจากนี้เศษใบและลำต้นพืชรวมถึงปมรากถั่วที่หลุดร่วงจะเกิดการย่อยสลาย แล้วปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ลงในดิน (สายัณห์, 2547)

Table 2 Some chemical properties of lateritic soils after planting Lablab bean.

Treatment	Chemical properties		
	pH	Organic matter content (g kg^{-1})	Total nitrogen (g kg^{-1})
Before planting	7.19	17.70	0.14
After planting			
Filed bean (Highwort)	6.44	2.66	0.66b
Garden bean (brown seed)	6.37	3.78	0.80a
Garden bean (purple flower)	6.03	3.58	0.70ab
Hybrid bean (Field beanXGarden bean)	6.44	4.23	0.80a
F-test	ns	ns	*
CV (%)	10.28	26.61	8.25

Values with different letter in the same column were significantly different ($p<0.05$); ns not significantly

สรุปผล

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การปลูกถั่วแลบแลบมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพ และเคมีบางประการของดินเปลี่ยนแปลง คือ ทำให้ค่าความหนาแน่นของดินลดลง และมีแนวโน้มที่จะให้ธาตุอาหารพืชแก่ดิน โดยถั่วแลบแลบลูกผสม (ไร่Xสวน) ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง 15.94 เปอร์เซ็นต์ มีไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนปลูก ดังนั้นถั่วแลบแลบจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปรับปรุงดินลูกรังให้มีความสามารถในการให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น และยังเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน และปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชยิ่งขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

ปนัดดา ประสาทชัย, 2553, การประเมินพืชตระกูลถั่วใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินลูกรัง, ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาทรัพยากรเกษตร, คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ, จังหวัดสกลนคร.

ปวีณา เกียรติตระกูลกาล, 2551, สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและการจัดการปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสมในการปลูกผักบนพื้นที่สูง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาคภูมิ ตันเตชสาธิต, 2553, รายงานโครงการวิจัยระบบเชิงนิเวศเกษตรในแปลงปลูกข้าวไร่, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

มุกดา สุขสวัสดิ์, 2543, ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 247 หน้า.

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 534 หน้า.

App, A. and Eaglesham, A., 1981, Biological Nitrogen Fixation Problems and Potential, pp. 1-8. In P.H. Graham (ed.), Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical, CIAT, Colombia.

Armstrong, R.D., Kuskop, B.J., Millar, G., Whitbread, A.M. and Standley, J., 1999, Changes in Soil Chemical and Physical Properties Following Legumes and Opportunity Cropping on a Cracking Clay Soil, Australian Journal of Experimental Agriculture, 39: 445-456.

Potichan, A., 1991, Morphology, Genesis and Characteristic of Skeletal Soils in Sakon Nakhon Province, Northest Thailand, Ph.D. Thesis, University of Philippines, Los Banos.

ผลของการใช้หญ้าแฝกในระบบการปลูกพืชร่วมต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินลูกรัง

Effect of Vetiver Grass Using in Intercropping System on Some Physical and Chemical Properties of Lateritic Soil

วิมลนันทน์ กันเกตุ[1] ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช[1] พรทิพย์ ศรีมงคล[1] และ หนึ่งฤทัย สมสิงห์[1]

Kanket, W.[1], Sittapanit, S.[1], Srimongkol, P.[1] and Somsing, N.[1]

Abstract

Two vetiver grass (Songkhla 3 and Prachuap Khiri Khan) used for improvement some physical and chemical properties of lateritic soil was conducted. Vetiver grass and sweet corn were grown as intercropping system. Soil moisture content, bulk density, soil water permeability and soil organic matter were measured. The experiments was arranged as randomized complete block design with 4 replications and 7 treatments as following: T1 control (no vetiver grass + sweet corn), and T2, T3 and T4 were Songkhla 3 and sweet corn intercrop at 1:2, 1:3 and 1:4 rows, respectively. The T5, T6 and T7 were Prachuap Khiri Khan and sweet corn intercrop 1:2, 1:3 and 1:4 rows, respectively. Soil samples were collected at two periods; before planting and after harvesting. It was found that T2 (Songkhla 3 and sweet corn at 1:2 rows) tended to increase soil moisture content, soil water permeability and soil organic matter, which their values were 3.49 times, 5.86 times and 1.47 percentages over than the control, respectively. According to these studies, results indicated that vetiver grass could improve some physical and chemical properties of lateritic soil.

Keywords: lateritic soil, vetiver grass, soil properties, sweet corn

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้หญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ (พันธุ์สงขลา 3 และประจวบคีรีขันธ์) ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินลูกรัง โดยทำการปลูกหญ้าแฝกร่วมกับข้าวโพด ศึกษาปริมาณความชื้น ความหนาแน่นรวมของดิน สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ randomize complete block design จำนวน 4 ซ้ำ แบ่งเป็น 7 ตำรับการทดลอง คือ T1 ไม่ปลูกหญ้าแฝกโดยปลูกข้าวโพดอย่างเดียว (control) และ T2 T3 และ T4 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 2, 3 และ 4 แถว ตามลำดับ T5 T6 และ T7 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สลับกับข้าวโพดหวาน 2, 3 และ 4 แถว ตามลำดับ เก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 2 ระยะ คือ ก่อนปลูกข้าวโพดและหลังเก็บเกี่ยว จากการทดลองพบว่า ตำรับการทดลองที่ 2 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 2 มีแนวโน้มทำให้สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินดีขึ้น คือ ปริมาณความชื้น สัมประสิทธิ์การนำน้ำที่อิ่มตัวของดินด้วยน้ำ และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นถึง 3.49 เท่า 5.86 เท่า และ 1.47 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ปลูกหญ้าแฝก ตามลำดับ อีกทั้งยังสามารถลดความหนาแน่นรวมถึง 1.20 เท่า ดังนั้นการปลูกหญ้าแฝกจึงสามารถช่วยฟื้นฟูดินลูกรังให้เหมาะสมต่อการทำการเกษตรได้

คำสำคัญ: ดินลูกรัง หญ้าแฝก สมบัติดิน ข้าวโพดหวาน

คำนำ

ดินลูกรัง เป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรม เป็นดินตื้น มีกรวด ลูกรังหรือเศษหินปะปนในระดับความลึกของบริเวณการเจริญของรากพืชโดยทั่วไป ทำให้จำกัดการชอนไชของรากพืช และเป็นปัญหาในการเขตกรรม ปริมาณเนื้อดินมีน้อย ทำให้มีธาตุอาหารต่ำ นอกจากนั้นการซาบซึมน้ำต่ำ และความหนาแน่นรวมสูง มีผลทำให้การกร่อนผิวดินเกิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากชั้นกรวดที่อัดตัวกันแน่น (Vijarnsorn, 1984) การกระจายของดินลูกรังในประเทศไทย พบประมาณ 37,554 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 7.32

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

ของพื้นที่ทั้งประเทศ พบกระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นมีพื้นที่ถึงร้อยละ 62 ของพื้นที่ดินลูกรังทั่วประเทศ โดยพบมากที่สุดบริเวณแอ่งสกลนคร (ประเทือง, 2532) จึงได้ศึกษาการจัดการดินลูกรังโดยการใช้หญ้าแฝกซึ่งมีระบบรากพิเศษที่มีความแข็งแรง ทนทาน มีชีวมวลสูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) เพื่อปรับปรุงสมบัติดินทั้งทางกายภาพและเคมีให้มีศักยภาพในการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้จะทำการปลูกแฝกเป็นแถวเดี่ยวสลับกับแถวข้าวโพดหวานในสภาพดินลูกรังชุดดินโพนพิสัย โดยเลือกพันธุ์หญ้าแฝกลุ่มและแฝกดอนที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดินลูกรังจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์สงขลา 3 และพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ นำมาปลูกร่วมกับข้าวโพดหวานในระบบปลูกเป็นแถบ วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ คือ T1 ไม่ปลูกหญ้าแฝก (control) ปลูกข้าวโพดอย่างเดียว T2 T3 และ T4 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 2, 3 และ 4 แถว ตามลำดับ T5 T6 และ T7 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สลับกับข้าวโพดหวาน 2, 3 และ 4 แถว ตามลำดับ เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาความชื้นโดยปริมาตร ความหนาแน่นรวม สัมประสิทธิ์การซาบซึมของน้ำ และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความชื้นดิน

ความชื้นของดินก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 4.82-5.77 เปอร์เซ็นต์ และหลังการทดลองเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 18.83-21.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนและหลังการทดลอง พบว่าตำรับการทดลองที่ 4 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 4 แถว มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่าก่อนปลูกถึง 4.54 เท่า (Table 1) ดังนั้นการปลูกหญ้าแฝกจึงเป็นการกักเก็บความชื้นไว้ในดิน เนื่องจากรากหญ้าแฝกจะประสานติดต่อกันหนาแน่นเสมือนม่านหรือกำแพงใต้ดิน สามารถเก็บกักน้ำและความชื้นได้ สอดคล้องกับรายงานของวิมลนันทน์ และคณะ (2551) ซึ่งพบว่าการปลูกหญ้าแฝกสามารถกักเก็บความชื้นไว้ในดินได้ดีกว่าสภาพที่ไม่ปลูกหญ้าแฝกถึง 1.2 เท่า

ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 2.16-2.39 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก หลังการทดลองความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.91-2.04 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (อยู่ในช่วงสูง-สูงมาก) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของดินก่อนและหลังการทดลองพบว่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงทุกตำรับการทดลอง โดยที่ตำรับการทดลองที่ 7 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สลับกับข้าวโพดหวาน 4 แถว มีความหนาแน่นลดลงมากที่สุดถึง 1.22 เท่า (Table 1) เนื่องจากรากของหญ้าแฝกมีจำนวนมาก และสานกันอย่างหนาแน่นทำให้รากของหญ้าแฝกมีความแข็งแรงสามารถชอนไชทะลุชั้นดินที่แข็งได้ (Chalothon, 1998)

สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 0.10-1.96 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ระดับช้ามาก-ช้าปานกลาง) และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) โดยตำรับการทดลองที่ 5 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สลับกับข้าวโพดหวาน 2 แถว มีสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมากที่สุด ส่วนดินหลังการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.30-3.87 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ระดับช้า-ปานกลาง) และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับการทดลองที่ 2 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 2 แถวมีสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมากที่สุด เนื่องจากมีระยะระหว่างแถวแฝกแคบ ทำให้รากหญ้าแฝกมีการกระจายเข้าหากันมาก ทำให้ดินเกิดการร่วนซุย ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบผลของดินก่อนและหลังการทดลองพบว่าในตำรับการทดลองที่ 2 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 2 แถวมีอัตราซาบซึมของน้ำเพิ่มขึ้นถึง 5.86 เท่า (Table 1) โดยเปลี่ยนจากระดับช้ามากเป็นปานกลาง แสดงว่าการปลูกหญ้าแฝกช่วยให้ความสามารถของน้ำสามารถไหลผ่านดินได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม เนื่องจากระบบรากของหญ้าแฝกที่แพร่กระจายในดินมีส่วนทำให้ดินมีการระบายน้ำและการระบายอากาศได้ดีมากขึ้นกว่าไม่มีการปลูกหญ้าแฝก สอดคล้องกับรายงานของวิมลนันทน์ และคณะ (2551) ที่พบว่าอัตราการซาบซึมของน้ำในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเพิ่มขึ้นจาก 2.81 เป็น 3.58 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 1.55-1.78 กรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 1.69-2.05 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนและหลังการทดลองพบว่าตำรับการทดลองที่ 6 ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สลับกับข้าวโพดหวาน 3 แถว มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นมากที่สุด (Table 2) ดังนั้นการปลูกหญ้าแฝกช่วยให้อินทรียวัตถุแก่ดิน เนื่องจากระบบรากของหญ้าแฝกค่อนข้างมากและหนาแน่น มีมวลชีวภาพสูง เมื่อรากบางส่วนตายไปเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน สอดคล้องกับรายงานของวิมลนันทน์ และคณะ (2551) พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณธาตุอาหารหลักในดินมีระดับเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปลูกแฝกบนดินลูกรัง

Table 1 Some physical properties of lateritic soils at before and after study.

Treatment	Soil moisture content (%)			Soil bulk density (g cm^{-3})			Soil hydraulic conductivity (cm hr^{-1})		
	Before	After	Variation (times)	Before	After	Variation (times)	Before	After	Variation (times)
T1	5.00	19.76	3.95	2.16	1.95	1.11	0.10c	0.30c	3.00
T2	5.77	20.11	3.49	2.30	1.92	1.20	0.66bc	3.87a	5.86
T3	4.87	18.83	3.87	2.35	1.96	1.20	1.08bc	2.64ab	2.44
T4	4.84	21.95	4.54	2.23	2.04	1.09	1.00bc	2.40ab	2.40
T5	4.70	19.59	4.17	2.27	1.91	1.19	1.96a	2.81ab	1.43
T6	5.04	18.94	3.76	2.39	2.04	1.17	1.25b	2.26b	1.81
T7	4.82	20.05	4.16	2.35	1.93	1.22	1.41b	1.96b	1.39
F-test	ns	ns		ns	ns		*	**	
C.V. (%)	19	10		7	4		13	11	

Values with different letter in the same column were significantly different ($p<0.05$); ns not significantly

Table 2 Soil organic matter contents at before and after study.

Treatment	Soil organic matter content (g kg^{-1})		
	Before	After	Variation (%)
T1	1.55	1.69	4.32
T2	1.68	1.73	1.47
T3	1.60	1.93	9.35
T4	1.56	1.87	9.04
T5	1.76	1.85	2.51
T6	1.45	1.84	11.85
T7	1.78	2.05	7.05
F-test	ns	ns	
C.V. (%)	10	17	

ns not significantly different

สรุปผล

การใช้หญ้าแฝกเป็นการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินลูกรัง เมื่อทดสอบกับการปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าหญ้าแฝกช่วยให้ดินมีความชื้นและปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเพิ่มขึ้น และจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าตำรับการทดลองที่ 2 คือ ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 สลับกับข้าวโพดหวาน 2 แถว มีแนวโน้มทำให้ความชื้น สัมประสิทธิ์การนำน้ำที่อิ่มตัวของดินด้วยน้ำ และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นถึง 3.49 เท่า 5.86 เท่า และ 1.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้งยังสามารถลดความหนาแน่นรวมลงถึง 1.20 เท่า

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2548, คู่มือการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ, 71 หน้า.

ประเทือง จินตสกุล, 2532, การวิเคราะห์ชนิดของศิลาแลงในแอ่งสกลนครภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 260 หน้า.

วิมลนันทน์ กันเกตุ ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช และ นุชนภางค์ สุวรรณเทน, 2551, การใช้หญ้าแฝกเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินลูกรังเพื่อการเกษตรยั่งยืน, รายงานการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัยประเภททุนวิจัยนวมินทร์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 156 หน้า.

Chalothon, C., 1998, Study on The Penetration of Vetiver Roots in Boring Hardpans. In Vetiver Seminar of Department of Land Development, Kanchanabury, Thailand, 27-29 July 1998.

Vijarnsorn, P., 1984, Skeletal Soils of Thailand, pp. F2.1-F 2.14. In Proc. 5th ASEAN Soil Conference. Vol. I. Department of Land Development, Bangkok, Thailand.

ผลของฟลาโวนอยด์จากสารสกัดเปลือกมังคุดและขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของมะเขือเทศสีดา

Effect of Flavonoid from Mangosteen Peels and Turmeric Extracts on Growth and Development of Tomato

ธิดารัตน์ เมธาวรากุล[1] เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[1] และ เบญญา มะโนชัย[1]
Methawarakul, T.[1], Wongchaochant, S.[1] and Manochai, B.[1]

Abstract

The efficiencies of flavonoid from mangosteen peel extract and turmeric extracts compared with commercial flavonoid on growth and development of tomato were studied. The used flavonoid was as follows: 1) commercial flavonoid 100 µl/l (as label instructions), 2) fresh mangosteen peel extract, 3) fresh turmeric extract, 4) fresh mangosteen peel extract mixed with fresh turmeric extract at ratio 1:1, 5) dried mangosteen peel extract, 6) dried turmeric extract, 7) dried mangosteen peel extract mixed with dried turmeric extract at ratio 1:1 and 8) distilled water as a control. The treatment solutions were sprayed on tomato plants one time per week from flowering period until harvesting period. The results revealed that almost all treatments could promote the vegetative growth greater than the control. Flavonoid solution did not show any effect on fruit number and total fruit yield. For product quality, using fresh turmeric extract could significantly increase lycopene, beta-carotene and total soluble solid and in tomato fruits more than using other treatment solutions ($p \leq 0.05$).

Keywords: flavonoid extract, quercetin, product quality, tomato

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสารสกัดเปลือกมังคุดและขมิ้นชันเปรียบเทียบกับสารฟลาโวนอยด์ทางการค้าต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของมะเขือเทศสีดา โดยใช้ 1) สารฟลาโวนอยด์ทางการค้า ความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตร (ตามฉลากแนะนำ) 2)สารสกัดเปลือกมังคุดสด 3) สารสกัดขมิ้นชันสด 4) สารสกัดเปลือกมังคุดผสมขมิ้นชันสด อัตราส่วน 1:1 5) สารสกัดเปลือกมังคุดแห้ง 6) สารสกัดขมิ้นชันแห้ง 7) สารสกัดเปลือกมังคุดผสมขมิ้นชันแห้ง อัตราส่วน 1:1 และ 8) น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ฉีดพ่นสารให้แก่มะเขือเทศสีดาตั้งแต่ระยะติดดอกจนกระทั่งระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการฉีดพ่นสารสกัดฟลาโวนอยด์และสารทางการค้า ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะเขือเทศสีดาได้ดีกว่าการไม่ใช้สาร (น้ำกลั่น) และไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมคุณภาพของผลผลิต การฉีดพ่นด้วยสารสกัดขมิ้นชันสด ทำให้ปริมาณไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวในผลมะเขือเทศสีดาให้เพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้สารฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นและชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: สารสกัดฟลาโวนอยด์ เควอซิติน คุณภาพผลผลิต มะเขือเทศ

คำนำ

ปัจจุบันมีการนำฟลาโวนอยด์มาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากพืช มีคุณสมบัติกระตุ้นการสร้างโปรตีน เร่งแป้ง กระตุ้นการแบ่งเซลล์และกระตุ้นการขยายเซลล์ของพืช ทำให้พืชมีโครงสร้างแข็งแรง ดูดซึมธาตุอาหารได้มากขึ้น พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีปริมาณผลผลิตมากและมีคุณภาพที่ดี ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีโนลิกที่พบมากที่สุด โดยเฉพาะในพืช ผัก และผลไม้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ แอนโธไซยานินส์และแอนโธแซทินส์ ฟลาโวนอยด์มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับออกซิน แต่มีหน้าที่เหมือนกับสารยับยั้งการเคลื่อนที่ของออกซิน เช่น NPA(N-1-Naphthylphthalamic acid) (Winkel-Shirley, 2002) มีผลยับยั้งการสร้างเอทิลีน การเคลื่อนย้ายออกซิน และ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

การขยายตัวของราก (Fujita และ Syono, 1996) มีการศึกษาการใช้สารยับยั้งออกซินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและขบวนการพัฒนาของพืช เช่น การยืดยาวของลำต้นและราก การเจริญของราก การเกิดรากขนอ่อน การโค้งงอของยอด การโค้งตามแรงโน้มถ่วง การพัฒนาของเนื้อเยื่อ และการหลุดร่วง (Wien และคณะ, 1992; Fujita และ Syono, 1996; Kaska และคณะ, 1999) จากรายงานของ Jung และคณะ (2006) พบว่า มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) มีสารในกลุ่มแซนโทนปริมาณสูง แซนโทนเป็น รงควัตถุสีเหลือง จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิที่เกิดขึ้นในพืช เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกผลไม้ 8 ชนิด พบว่า เปลือกมังคุดมีสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด (พงศธร และคณะ, 2551) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นพืชตระกูลขิง มีเหง้าอยู่ใต้ดิน เนื้อในของเหง้าเป็นสีเหลือง มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เมื่อเปรียบเทียบกับพืชวงศ์ขิงสายพันธุ์ใกล้เคียง พบว่าขมิ้นชันมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด (Sahu และ Saxena, 2013) เนื่องจากฟลาโวนอยด์ที่พบในท้องตลาดส่วนใหญ่มีราคาสูง ดังนั้น หากสามารถนำสารฟลาโวนอยด์ที่มีราคาถูกมาใช้ทดแทนฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ ย่อมช่วยให้เกษตรกรลดค่าใช้จ่ายได้ จึงนำมาซึ่งวัตถุประสงค์ในการทดลอง โดยศึกษาผลจากการให้สารสกัดจากเปลือกมังคุดและขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศสีดา

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดสารฟลาโวนอยด์ ใช้เปลือกมังคุดหรือขมิ้นชัน 1 ส่วนต่อตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 2 ส่วน เก็บไว้ในที่มืด 2 สัปดาห์ แล้วนำมากรอง กำหนดให้ทุกปัจจัยการทดลองมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์เทียบเท่ากับปริมาณฟลาโวนอยด์ทางการค้าความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตร (ตามฉลากแนะนำ) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเควอซิตินในช่วงความเข้มข้น 2.5 ถึง 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 255 นาโนเมตร จะได้ความเข้มข้นของสารสกัดที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์เทียบเท่ากับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทางการค้าคือ ใช้สารสกัดเปลือกมังคุดสดเข้มข้น 35.61 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 ไมโครลิตร สารสกัดขมิ้นชันสดความเข้มข้น 8.04 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 110 ไมโครลิตร สารสกัดเปลือกมังคุดแห้งความเข้มข้น 32.80 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 27 ไมโครลิตร และสารสกัดขมิ้นชันแห้ง19.86 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 45 ไมโครลิตร นำสารสกัดปริมาตรดังกล่าวเจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร เตรียมสำหรับฉีดพ่นให้แก่พืชทดลอง

การให้สารฟลาโวนอยด์แก่พืชทดลอง ใช้สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 7 ทรีทเมนท์ ดังนี้ 1) สารสกัดเปลือกมังคุดสด (FMPE) 2) สารสกัดขมิ้นชันสด (FTE) 3) สารสกัดเปลือกมังคุดสดผสมขมิ้นชันสดในอัตราส่วน 1:1 (FMPE+FTE) 4)สารสกัดเปลือกมังคุดแห้ง (DMPE) 5) สารสกัดขมิ้นชันแห้ง (DTE) 6) สารสกัดเปลือกมังคุดแห้งผสมขมิ้นชันแห้งอัตราส่วน 1:1 (DMPE+DTE) และ 7) สารฟลาโวนอยด์ทางการค้า (Otwo-flavogen®) โดยมีน้ำเป็นปัจจัยควบคุม (Control) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทรีทเมนท์ละ 5 ซ้ำ ฉีดพ่นสารฟลาโวนอยด์แต่ละทรีทเมนท์ให้แก่มะเขือเทศสีดา ทรีทเมนท์ละ 200 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยฉีดพ่นตั้งแต่ระยะติดดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลจำนวนใบประกอบต่อต้น ความสูงของต้น ความกว้างและความยาวผล น้ำหนักสดผล จำนวนผลต่อต้น ปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อต้น ความหวาน คุณภาพสี วิเคราะห์ปริมาณสารไลโคปีน เบต้าแคโรทีนและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลของมะเขือเทศสีดา วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics Version 6.00

ผลการทดลอง

ผลของสารสกัดเปลือกมังคุดแห้งผสมขมิ้นชันแห้ง ให้จำนวนใบประกอบสูงที่สุดคือ 40.4 ใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะเขือเทศสีดาที่ไม่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ คือ 29.8 ใบ และมะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ทุกปัจจัยการทดลองมีความสูงต้นมากกว่าการไม่ใช้สารฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีความสูงต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 87.6 เซนติเมตร (Table 1)

มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันสด มีความกว้างผลมากที่สุด คือ 31.86 มิลลิเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดเปลือกมังคุดสด สารสกัดเปลือกมังคุดแห้งผสมขมิ้นชันแห้ง และสารฟลาโวนอยด์ทางการค้า ส่วนความยาวผล มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดเปลือกมังคุดสดผสมขมิ้นชันสด มีความยาวผลมากที่สุด คือ 38.75 มิลลิเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะเขือเทศสีดาที่ไม่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ และได้รับสารสกัดขมิ้นชันสด ซึ่งมีความยาวผลน้อยที่สุดเท่ากับ 21.79 มิลลิเมตร และพบว่าความกว้างผลมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความยาวผล หมายความว่า มะเขือเทศสีดาที่มีความกว้างของผลมากจะมีความยาวผลน้อย ส่วนด้านปริมาณของผลผลิตพบว่า สารสกัดฟลาโวนอยด์ทุกทรีทเมนท์ไม่มีผลต่อปริมาณผลของมะเขือเทศสีดา (Table 1)

คุณภาพสีของผลมะเขือเทศสีดา ค่าสี L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ถ้า L* มีค่าเป็น 0หมายถึงมืด ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึงสว่าง ค่าสี a* คือ แสดงความเป็นสีแดงและเขียว ถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีแดง และ ถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึงสีเขียว ค่าสี b* คือ แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน ถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีเหลือง และ ถ้า b* มีค่าเป็นลบหมายถึง สีน้ำเงิน พบว่าทุกปัจจัยการทดลอง ไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าสี L* ของผลมะเขือเทศสีดา มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันสดให้ค่าสีแดงสูงที่สุดคือ 24.25 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับมะเขือเทศสีดาที่ไม่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งให้ค่าสีแดงน้อยที่สุด คือ 19.65 และมะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันสดให้ค่าสีเหลืองสูงที่สุดคือ 15.34 และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับมะเขือเทศสีดาที่ไม่ได้รับสาร ฟลาโวนอยด์ ซึ่งให้ค่าสีเหลืองน้อยที่สุด คือ 11.82 และพบว่า ค่าสี a* จะให้ค่าแปรผันตรงกับค่าสี b* โดยมะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันสดให้ค่าสี a* และ b* มากที่สุด (Table 2)

มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดเปลือกมังคุดสด และสารสกัดขมิ้นชันสด ให้ปริมาณไลโคปีนไม่แตกต่างกับการไม่ใช้สารฟลาโวนอยด์ ซึ่งดีกว่าการใช้สารฟลาโวนอยด์ทางการค้าที่ให้ปริมาณไลโคปีนลดลง ส่วนปริมาณเบต้าแคโรทีนพบว่าการใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุดสด และขมิ้นชันสด มีผลในการส่งเสริมการสร้างเบต้าแคโรทีนให้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สาร และการใช้สารฟลาโวนอยด์ทางการค้า (Table 2)

มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดเปลือกมังคุดสด มีความหวานมากที่สุด 4.93 องศาบริกซ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับมะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ทางการค้า สารสกัดเปลือกมังคุดสดผสมขมิ้นชันสด และมะเขือเทศที่ไม่ได้รับสาร ฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีความหวานน้อยที่สุด 3.94 องศาบริกซ์ (Table 2)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงโดยใช้ EC_{50} หมายถึงค่าความสามารถในการลดปริมาณสารอนุมูลอิสระลงได้ครึ่งหนึ่ง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งค่า EC_{50} ที่น้อยแสดงถึงความสามารถในการลดปริมาณสารอนุมูลอิสระได้ดีกว่าค่าที่มี EC_{50} ที่มากกว่า จากการทดลอง พบว่ามะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารฟลาโวนอยด์เกือบทุกทรียเมนท์ มีความสามารถในการลดปริมาณสารอนุมูลอิสระลงได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันสด มีความสามารถในการลดปริมาณอนุมูลอิสระได้น้อยที่สุด (Table 2)

วิจารณ์ผล

สารสกัดเปลือกมังคุดและขมิ้นชัน มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศสีดาทุกทรีทเมนท์ เมื่อเปรียบเทียบกับมะเขือเทศสีดาที่ไม่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของฟลาโวนอยด์ที่มีต่อการเคลื่อนย้ายของออกซินภายในต้นพืช (Winkel-Shirley, 2002) จึงทำให้ออกซินเกิดการสะสมอยู่บริเวณเนื้อเยื่อเจริญหรือบริเวณที่สร้างออกซินเป็นจำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการขยายขนาดและการเพิ่มจำนวนของเซลล์ ก่อให้เกิดการขยายขนาดใบ การเกิดราก และการขยายขนาดของผล (พีระเดช, 2537) เนื่องจากสารสกัดจากเปลือกมังคุดและขมิ้นชัน ไม่ได้เป็นสารฟลาโวนอยด์บริสุทธิ์ จึงอาจมีสารชนิดอื่นที่มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิต ทำให้มะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารสกัดเปลือกมังคุดและขมิ้นชันบางปัจจัยมีผลการเจริญเติบโตและมีคุณภาพดีกว่ามะเขือเทศสีดาที่ได้รับสารฟลาโวนอยด์ทางการค้า

สรุปผล

การใช้สารฟลาโวนอยด์จากสารสกัดขมิ้นชันสดที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์เข้มข้น 8.04 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 110 ไมโครลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดี หากต้องการผลิตมะเขือเทศให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีควรใช้สารสกัดที่มีส่วนผสมฟลาโวนอยด์จากเปลือกมังคุดแห้ง ที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์เข้มข้น 32.80 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 27 ไมโครลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร ฉีดพ่นตั้งแต่ระยะติดดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต สัปดาห์ละ 1 ครั้ง งานวิจัยนี้พบว่าการใช้สารสกัดจากขมิ้นชันและเปลือกมังคุดสามารถใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลมะเขือเทศสีดาได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้สารฟลาโวนอยด์ทางการค้าซึ่งมีราคาสูง

เอกสารอ้างอิง

พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และ ศศิธร จันทนวรางกูร, 2551, สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 46: 554-561.

พีระเดช ทองอำไพ, 2537, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์, วิชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Fujita, H. and Syono, K., 1996, Genetic Analysis of the Effects of Polar Auxin Transport Inhibitors on Root Growth in *Arabidopsis thaliana*, Plant Cell Physiology, 37: 1094-1101.

Jung, H. A., Su, B.H., Keller, W.J., Mehta, R.G. and Kinghorn, A.D., 2006, Antioxidant Xanthones from the Pericarp of *Garcinia mangostana* (Mangosteen), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 2077-2082.

Kaska, D.D., Myllyla, R. and Cooper, J.B., 1999, Auxin Transport Inhibitors Act through Ethylene to Regulate Dichotomous Branching of Lateral Root Meristems in Pine, New Phytologist, 142: 49-58.

Sahu, R. and Saxena, J., 2013, Screening of Total Phenolic and Flavonoid Content in Conventional and Non-conventional Species of Curcuma, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2(1): 176-179.

Wien, H.C., 1990, Screening Pepper Cultivars for Resistance to Flower Abscission: a Comparison of Techniques, HortScience, 25: 1634-1636.

Winkel-Shirley, B., 2002, Biosynthesis of Flavonoids and Effects of Stress, Plant Biology, 5: 218-223.

Table 1 Effects of flavonoid solutions extracted from mangosteen peel and turmeric on growth and yield of tomato.

Treatments	Compound leaf number (leaves)	Plants height (cm)	Fruit width (mm)	Fruit length (mm)	Fruit fresh weight (g)	Fruit number (fruit)
Control	29.8±9.63^{b}	87.6±12.76^{c}	31.04±1.60^{ab}	25.03±71.3^{b}	19.21±2.59^{bc}	25.0±12.59
FMPE	34.0±4.80^{ab}	104.4±12.72^{b}	29.39±1.30^{bc}	38.49±3.13^{a}	17.85±3.11^{c}	28.8±8.67
FTE	33.2±2.17^{ab}	117.0±8.28^{a}	31.86±1.06^{a}	21.79 ±3.95^{c}	22.26±1.78^{a}	31.0±11.38
FMPE+FTE	34.8±3.27^{ab}	103.4±5.90^{b}	30.51±1.64^{abc}	38.75±2.44^{a}	21.46±2.62^{ab}	31.0±10.00
DMPE	32.6±3.44^{ab}	101.2±9.04^{b}	30.26±2.33^{abc}	38.07±2.51^{a}	17.52±0.59^{c}	25.4±6.23
DTE	30.4±6.66^{ab}	112.8±6.91^{ab}	30.28±1.31^{abc}	37.82±1.99^{a}	19.76±2.42^{abc}	36.8±5.02
DMPE+DTE	40.4±11.41^{a}	101.6±6.54^{b}	29.11±1.73^{c}	36.89±2.70^{a}	17.33±1.58^{c}	34.2±9.68
Otwo-flavogen®	40.2±8.53^{a}	105.8±5.89^{ab}	29.70±2.79^{bc}	37.78±2.76^{a}	20.39±1.07^{abc}	32.2±9.04
F-test	*	*	*	*	*	ns
C.V. (%)	20.29	8.55	5.96	10.67	10.93	30.68

Mean±SD.

*Mean in the same column followed by same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT

Table 2 Effects of flavonoid solutions extracted from mangosteen peel and turmeric on tomato fruit qualities.

Treatments	L*	a*	b*	Lycopene (mg/100g)	Beta-carotene (mg/100g)	Brix (°Bx)	EC_{50} (mg/ml)
Control	35.95 ± 2.31	19.65±2.42^{c}	11.82±1.77^{c}	18.22±11.33^{a}	4.48±2.35^{c}	3.94±0.39^{c}	121.10±20.14^{bc}
FMPE	35.95 ± 2.32	20.74±3.37^{bc}	13.02±2.16^{bc}	18.91±0.99^{a}	7.51±0.61^{b}	4.93±0.19^{a}	124.30±5.43^{bc}
FTE	34.98 ± 1.81	24.25±2.49^{a}	15.34±2.11^{a}	19.76±0.62^{a}	10.89±1.55^{a}	4.57±0.51^{ab}	174.40±5.59^{a}
FMPE+FTE	35.39 ± 2.83	20.76±2.82^{bc}	13.39±1.42^{b}	6.99±0.45^{b}	2.55±0.11^{c}	4.14±0.41^{bc}	114.60±7.33^{c}
DMPE	36.52 ± 1.84	21.56±2.50^{bc}	13.45±1.97^{b}	9.50±0.57^{b}	4.05±0.98^{c}	4.54±0.53^{abc}	110.70±21.53^{c}
DTE	36.67 ± 1.78	21.15±1.79^{bc}	12.60±1.26^{bc}	9.34±0.50^{b}	2.85±1.38^{c}	4.36±0.52^{abc}	135.60±8.66^{b}
DMPE+DTE	36.75 ± 2.22	22.01±2.67^{b}	12.76±1.73^{bc}	9.01±1.70^{b}	4.16±1.05^{c}	4.50±0.71^{abc}	109.00±9.72^{c}
Otwo-flavogen®	36.35 ± 1.37	20.63±1.75^{bc}	13.30±1.48^{b}	9.89±0.13^{b}	4.96±0.77^{c}	4.17±0.52^{bc}	125.90±12.66^{bc}
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	5.83	11.83	13.36	32.16	24.48	11.22	10.09

Mean±SD.

*Mean in the same column followed by same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของน้อยหน่าจำนวน 6 พันธุ์

Antioxidant Activity of Different Parts from Six Cultivars Sugar Apples (*Annona squamosa*)

เบญญา มะโนชัย[1] อิทธิพล อิศรางกูร ณ อยุธยา[1] สุทธาสินี ปิ่นทอง[1] เรืองศักดิ์ กมขุนทด[2] และ Jeong Hwa Hong[3]

Manochai, B.[1], Na Ayudhya, I.[1], Pinthong, S.[1], Komkhuntod, R.[2] and Hong, J.H.[3]

Abstract

Six cultivars of Sugar apples; 'Fai Khaew', 'Fai Krung', 'Nhung Khaew', 'Nhung Krung', 'Nhung Thong' and 'Petch Pakchong' from Pakchong Research Station, Nakorn Ratchasrima province were evaluated antioxidant activity (AOA).The DPPH scavenging activity in seed, edible part, peel and leaves were reported as EC_{50} value. Randomized complete block design was used as the experimental design which cultivar was treatment with 3 blocks. The results revealed that all cultivars had high AOA in peel followed in leaves, edible part and seed, respectively. The AOA of peel and edible part were significant difference ($p<0.01$ and $p<0.05$, respectively) between cultivars. The peel of 'Fai Khaew', 'Nhung Khaew , 'Nhung Krung' and 'Nhung Thong' showed high AOA in range 0.40-0.45 gL^{-1}. The edible part of 'Nhung Khaew', 'Nhung Krung' and 'Petch Pakchong' presented high AOA in range 26.29-31.07 gL^{-1}. However leaves and seed of all cultivars were not significant difference, the value ranged at 1.31-1.51 gL^{-1} and 40.87-66.17 gL^{-1}, respectively.

Keywords: DPPH, antioxidant, custard apple, EC_{50}

บทคัดย่อ

น้อยหน่าจากสถานีวิจัยพืชสวน ปากช่อง จ. นครราชสีมา จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ 'ฝ้ายเขียว' 'ฝ้ายครั่ง' 'หนังเขียว' 'หนังครั่ง' 'หนังทอง' และ 'เพชรปากช่อง' นำมาประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging activity ใน เมล็ด เนื้อผล เปลือก และ ใบ รายงานผลเป็นค่า EC_{50} วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล๊อคสมบูรณ์ กำหนดให้พันธุ์น้อยหน่าคือสิ่งทดลอง จำนวน 3 บล๊อค ผลการทดลองพบว่าในน้อยหน่าทุกพันธุ์ ส่วนที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ เปลือก รองลงมาคือ ใบ เนื้อผล และเมล็ด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแต่ละพันธุ์พบว่า ส่วนของเปลือกและส่วนของเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$ และ $p<0.05$ ตามลำดับ) โดยส่วนของเปลือกพบว่า 'ฝ้ายเขียว' 'หนังเขียว' 'หนังครั่ง' และ 'หนังทอง' มีฤทธิ์ต้านอนุมูลสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-0.45 กรัมต่อลิตร ส่วนในเนื้อพบว่า'หนังเขียว' 'หนังครั่ง' และ 'เพชรปากช่อง' มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงอยู่ระหว่าง 26.29-31.07 กรัมต่อลิตร แต่ส่วนของใบและส่วนของเมล็ดของทุกพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.31-1.51 กรัมต่อลิตร และ 40.87-66.17 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: DPPH สารต้านอนุมูลอิสระ น้อยหน่า EC_{50}

คำนำ

น้อยหน่า เป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมและมีการปลูกอย่างแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ 'หนังเขียว' และ 'ฝ้ายเขียว' เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกมาเป็นระยะเวลานาน ต่อมา สถานีวิจัยปากช่อง ได้พัฒนาพันธุ์น้อยหน่าลูกผสม คือ 'เพชรปากช่อง' ซึ่งมีขนาดผลใหญ่เนื้อหนาเก็บรักษาไว้ได้นาน ทำให้ได้รับความนิยมและมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นทดแทนพันธุ์พื้นเมืองเดิม อย่างไรก็ตามความหลากหลายของพันธุ์น้อยหน่ายังมีไม่มากนักอาจส่งผลต่อความนิยมในการบริโภคน้อยหน่า สถานีวิจัยปากช่องจึงคัดเลือกพันธุ์น้อยหน่าขึ้นมาใหม่ ได้แก่ 'ฝ้ายครั่ง' 'หนังครั่ง' 'หนังทอง' เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค โดยพันธุ์ดังกล่าวมีสีสัน

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900**

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

[2] **สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30130**

[2] Pakchong Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30130 Thailand

[3] Department of Smart Foods and Drugs, Inje University, 607 Obangdong, Gimhae, Gyeongnam 621-749, Republic of Korea

แปลกตา อาจมีสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ จากการวิจัยของ Shirwaikar และคณะ (2004) พบว่าน้อยหน่า มีสารสำคัญสะสมอยู่ตามส่วนต่างๆ ใบสด มี hydroyanimic acid, anonaine และ tannin เมล็ด มี alkaloid, glycoside, steroid, resins, anonanine, anonaine และ น้ำมันหอมระเหย 45% ราก มี hydroyanimic acid ในใบน้อยหน่านั้นมี flavonoid และ phenol ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและเบาหวาน ที่สำคัญมีสาร mucilage ในปริมาณที่สูง สารนี้มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้ (Pandey และ Barve, 2011) สารสำคัญดังกล่าว ล้วนแสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ที่เป็นกระแสนิยมของผู้คนในปัจจุบัน ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จะมีปริมาณแตกต่างต่างกันไปตาม พันธุ์ และส่วนต่างๆ ของพืช สมโภชน์ และคณะ (2552) รายงานว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อ 'หนังครั่ง' สูงกว่า 'เพชรปากช่อง' เบญญา และคณะ (2554) พบว่า สารสกัดเปลือกน้อยหน่า 0.67 gL^{-1} จำนวน 16 พันธุ์ แสดงแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่าง 12-86 % แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ สัมพันธ์กับรงควัตถุในเปลือกและสารสำคัญอื่นๆ ในเปลือก เช่น แทนนิน และสารโพลีฟีนอล Baskar และคณะ (2007) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบพืชสกุลน้อยหน่าโดยวิธีต่างๆ พบว่า *Annona muricata* (ทุเรียนเทศ) มีศักยภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระในหลอดทดลองได้ดีกว่า *A. squamosa* (น้อยหน่า) *และ A. reticulata* (น้อยโหน่ง) จะเห็นได้ว่าน้อยหน่ามีสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเลือกน้อยหน่าในการบริโภค การปรับปรุงพันธุ์เพื่อการค้า และการหาสารสกัดธรรมชาติที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพแหล่งใหม่ จึงใช้การประเมินฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของพืช เพื่อใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของพืช และในแต่ละพันธุ์ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

น้อยหน่าจากสถานีวิจัยพืชสวนปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. นครราชสีมา จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ 'ฝ้ายเขียว' 'ฝ้ายครั่ง' 'หนังเขียว' 'หนังครั่ง' 'หนังทอง' และ 'เพชรปากช่อง' วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อคสมบูรณ์ กำหนดให้พันธุ์น้อยหน่าคือสิ่งทดลอง จำนวน 3 บล็อค สุ่มเก็บผลน้อยหน่าสุก ที่อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน พันธุ์ละ 3 ผล นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วแยกส่วนเปลือก เนื้อ และเมล็ด ส่วนใบน้อยหน่าทำการสุ่มเก็บใบระยะเพสลาด จากต้นน้อยหน่าแต่ละพันธุ์ พันธุ์ละ 3 ต้นจากนั้นบันทึกภาพส่วนต่างๆ ของน้อยหน่า และนำไปสกัดด้วยเอทธานอล อัตราส่วน 1:10 นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH scavenging activity ตามวิธีการของ Predner และคณะ (2008) รายงานผลเป็นค่า EC_{50} มีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดงผลเป็นค่า EC_{50} คือความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อลิตร ตัวเลขที่มีค่าน้อยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารสกัดในการกวาดล้างอนุมูลอิสระออกไปได้ครึ่งหนึ่งดีกว่าตัวเลขที่มีค่ามาก ผลการทดลองพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้อยหน่าทั้ง 6 พันธุ์ พบมากที่สุดในส่วนของเปลือก รองลงมาคือ ใบ เนื้อ และเมล็ด ตามลำดับ ส่วนของเปลือกมีค่า EC_{50} มีค่าระหว่าง 0.40-0.91 กรัมต่อลิตร ส่วนของใบมีค่าระหว่าง 1.31-1.51 กรัมต่อลิตร ส่วนของเนื้อผลมีค่าระหว่าง 27.99 - 49.56 กรัมต่อลิตร และส่วนของเมล็ดมีค่าระหว่าง 40.87- 66.17 กรัมต่อลิตร (Table 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าส่วนของเปลือกและส่วนของใบแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของเนื้อผลและเมล็ด อาจเนื่องจากส่วนดังกล่าวมีรสฝาดและมีสีต่างๆ ซึ่งรสฝาดเกี่ยวข้องกับสารแทนนิน และสารโพลีฟีนอล และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งในน้อยหน่าหนัง (*Annona squamosa*) มีแทนนิน และ โพลีฟีนอลมากที่สุด คือ 43.4 mg TAE และ 32.6 mg GAE ตามลำดับ (ริญ และคณะ, 2551) นอกจากนี้ในส่วนของเปลือกน้อยหน่ายังมีรงควัตถุที่ให้สีแตกต่างกันออกไป เช่น สีเขียว มาจากคลอโรฟิลล์ สีเหลืองคือแคโรทีนอยด์ และ สีม่วงคือแอนโธไซยานิน ซึ่งรงค์วัตถุเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระทั้งสิ้น (รัชนี และคณะ, 2553)

ส่วนของเปลือกและส่วนของเนื้อน้อยหน่า ทั้ง 6 พันธุ์ แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน ($p<0.01$) แต่ในส่วนของเมล็ดและใบพบว่าทั้ง 6 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปลือกน้อยหน่า 'ฝ้ายเขียว' 'หนังเขียว' 'หนังครั่ง' และ 'หนังทอง' มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.45 0.40 0.42 และ 0.44 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างจาก ' ฝ้ายครั่ง' 'และ 'เพชรปากช่อง' มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.91 และ 0.84 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนเนื้อที่นำมาบริโภค พบว่า 'หนังเขียว' และ 'หนังครั่ง'มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 27.99 และ 26.29 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ 'ฝ้ายเขียว' 'ฝ้ายครั่ง' และ'เพชรปากช่อง' มี ค่า EC_{50} เท่ากับ 35.75 37.88 และ 31.07 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วน 'หนังทอง' ค่า EC_{50} เท่ากับ 49.56 กรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาพันธุ์สำหรับใช้ในการบริโภคสด

พบว่า 'หนังเขียว' ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมือง และมีการปลูกทั่วไปในท้องตลาด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และไม่แตกต่างจาก 'หนังครั่ง' ที่เป็นพันธุ์คัดเลือกมาใหม่ โดยเปลือกและเนื้อจะมีสีม่วงปะปนมาเป็นสารแอนโทไซยานิน (Figure 1) จึงทำให้แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์อื่น จากข้อมูลดังกล่าว ทั้งสองพันธุ์จึงเหมาะที่จะนำมาบริโภคสด ส่วน 'หนังครั่ง' น่าจะส่งเสริมให้ปลูกเป็นการค้าต่อไปในอนาคต ทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของเปลือกสูง ทำให้เปลือกที่เหลือทิ้งจากการบริโภคสด สามารถนำไปสกัดเพื่อเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระหรือนำไปใช้ประโยชน์ในแง่อาหารเพื่อสุขภาพได้อีกด้วย

น้อยหน่ามีการสะสมสารสำคัญไว้ในแต่ละส่วนแตกต่างกัน น่าจะเป็นผลจากการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดในธรรมชาติ จากงานทดลองจะเห็นได้ว่าส่วนของเปลือกซึ่งเป็นส่วนที่ห่อหุ้มผลไว้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด บ่งบอกถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในส่วนของเปลือกมากกว่าส่วนอื่นๆ ซึ่งส่วนของเปลือกเป็นส่วนที่สำคัญในการห่อหุ้มผลที่มีรสหวานไว้ ดังนั้นน้อยหน่าจึงสะสมสารสำคัญไว้ในส่วนของเปลือกเป็นจำนวนมากเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคหรือศัตรูพืชเข้าทำลาย เช่นเดียวกันกับส่วนของใบที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงรองลงมาจากส่วนของเปลือก ซึ่งใบจะต้องอยู่ในภาพธรรมชาติ และน้อยหน่าเป็นพืชที่มีการผลัดใบ ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี จึงต้องมีการสะสมสารสำคัญเอาไว้เพื่อเป็นแหล่งอาหารสำรองหรือเพื่อใช้ในการปิดปากใบควบคุมการสูญเสียน้ำออกจากพืช จึงต้องสะสมสารต้านอนุมูลอิสระเอาไว้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจึงสูงออกมารองจากเปลือก และในบรรดาน้อยหน่าที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย 'หนังเขียว' ที่เป็นพันธุ์พื้นเมือง แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า 'ฝ้ายเขียว' และ 'เพชรปากช่อง' และพันธุ์ใหม่ที่ได้จากการคัดเลือกโดยการกลายจากพันธุ์พื้นเมืองเดิม ต่างก็แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า 'เพชรปากช่อง' ที่เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามชนิด แสดงให้เห็นว่าน้อยหน่าพันธุ์พื้นเมืองที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และทนต่อโรคและแมลงได้ดีกว่าพันธุ์ต่างประเทศหรือพันธุ์ลูกผสม อาจจะเป็นเพราะพืชมีการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระต้องป้องกันตัวเองจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อน ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการบริโภคโดยการสร้างลูกผสมอาจทำให้ได้ลักษณะที่ดีต่อการบริโภคแต่ก็อาจส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อตัวพืชเองและต่อมนุษย์นั้นสูญหายไป

สรุปผล

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบในส่วนของเปลือกมากที่สุด รองลงมาคือ ใบ เนื้อผล และเมล็ด โดยเปลือกน้อยหน่า 'ฝ้ายเขียว' 'หนังเขียว' 'หนังครั่ง' และ 'หนังทอง' มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์อื่น และน้อยหน่า 'หนังเขียว' และ 'หนังครั่ง' เหมาะสำหรับใช้ในการบริโภคสด โดย 'หนังครั่ง' เป็นพันธุ์ที่ได้คัดเลือกขึ้นมาใหม่มีศักยภาพในการส่งเสริมเป็นพันธุ์ปลูกเป็นการค้าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เบญญา มะโนชัย อนุสรา จบศรี รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ ยศพล ผลาผล และเรืองศักดิ์ กมขุนทด, 2554, การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกผลของพืชสกุลน้อยหน่า 16 พันธุ์ม วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรม 42(3)(พิเศษ): 399-402.

รัชนี คงคาฉุยฉาย ริญ เจริญศิริ และพงศธร สังข์เผือก, 2552, คุณค่าโภชนาการของผลไม้ไทยเพื่อสุขภาพและมูลค่าเพิ่ม, สถาบันโภชนาการ, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

ริญ เจริญศิริ ชนิลเนตร ต่อสหะกุล และรัชนี คงคาฉุยฉาย, 2551, ปริมาณเกลือแร่ชนิดต่างๆ โพลีฟีนอล แทนนิน และไฟเตทในผลไม้ไทย, วารสารโภชนาการ, 43(4): 111-123.

สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ เฉลิมชัย วงษ์อารี เรืองศักดิ์ กมขุนทด และ หทัยวรรณ์ ศิริสุขชัยถาวร, 2552, ความแตกต่างในคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างน้อยหน่าต่างพันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3)(พิเศษ): 265-269.

Baskar, R., Rajeswar, V. and Kumar, T.S., 2006, *In Vitro* Antioxidant Studies in Leaves of *Annona* species, Indian Journal of Experimental Biology, 45: 480-485.

Pandey, N. and Barve, D., 2011, Antioxidant Activity of Ethanolic Extract of *Annona squamosa* Linn. Bark, International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 2(4): 1692-1697.

Predner, D., Lai P.Y. and Charles, A.L., 2008. Evaluation of Drying Methods on Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Carotenoid Contents of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Lam. var. Tai nong 73, Journal International Cooperation, 3: 73-86.

Shirwaikar, A., Rajendran K., Kumar, D.C. and Bodla, R., 2004, Antidiabetic Activity of Aqueous Leaf Extract of *Annona squamosa* in Streptozotocin-nicotinamide Type 2 Diabetic Rats, Journal of Ethno pharmacology, 91(1): 171-175.

Table 1 DPPH scavenging activity in different parts of 6 cultivars of sugar apple.

Cultivars	EC_{50} (gL^{-1})			
	Peel	Edible Part	Seed	Leaf
1. 'Fai Khaew'	0.45 a ± 0.02	35.75 ab ± 1.32	43.40 ± 2.92	1.51 ± 0.29
2. 'Fai Krung'	0.91 b ± 0.31	37.88 ab ± 0.43	53.74 ± 14.16	1.34 ± 0.29
3. 'Nhung Khaew'	0.40 a ± 0.01	27.99 a ± 2.17	40.87 ± 2.94	1.51 ± 0.25
4. 'Nhung Krung'	0.42 a ± 0.02	26.29 a ± 7.73	66.17 ± 10.89	1.47 ± 0.44
5. 'Nhung Thong'	0.44 a ± 0.02	49.56 b ± 17.16	65.11 ± 7.90	1.35 ± 0.09
6. 'Petch Pakchong'	0.84 b ± 0.06	31.07 ab ± 3.11	66.17 ± 32.84	1.31 ± 0.22
F-test	**	**	ns	ns
C.V. (%)	21.53	20.37	28.40	20.28

** Mean within each column followed by the same letter is not significantly different at 99% level of confidence based on Duncan' New Multiple Range Test.

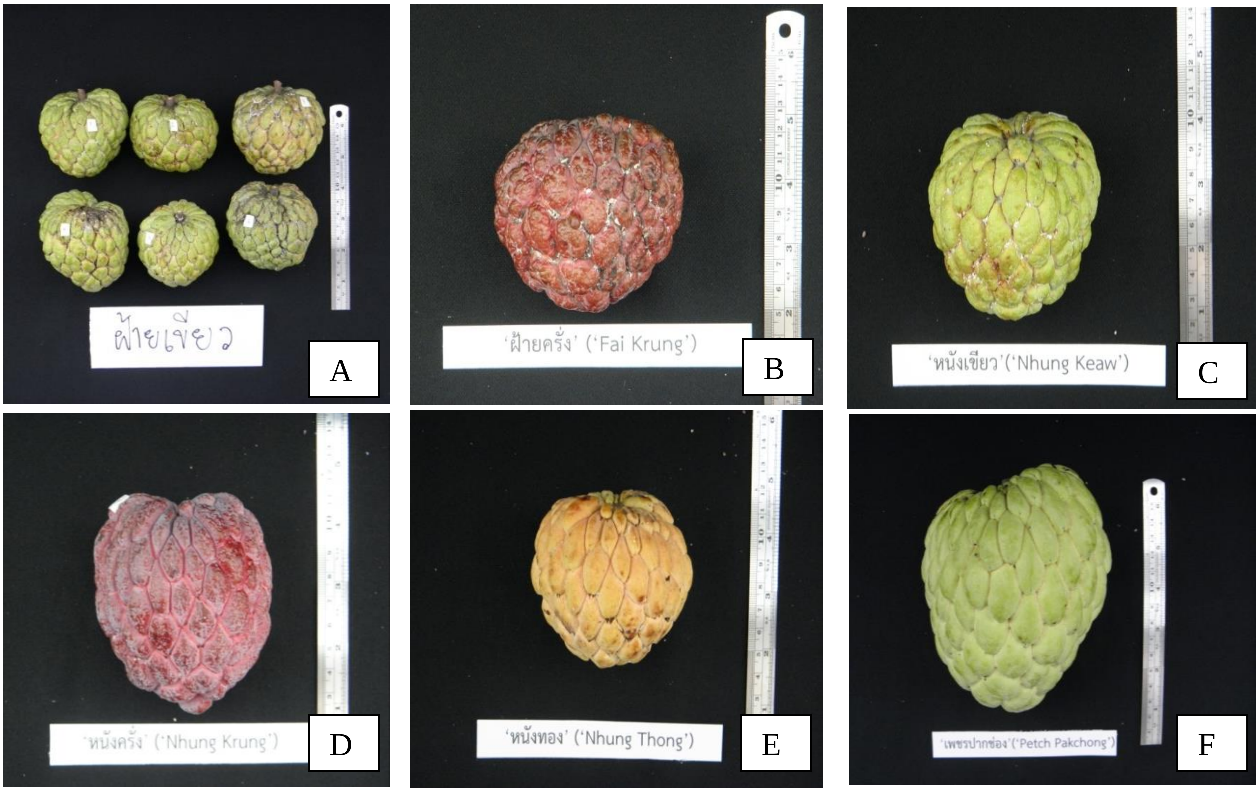


Figure 1 Sugar apple fruit: 'Fai Khaew' (A); 'Fai Krung' (B); 'Nhung Keaw' (C); 'Nhung Krung' (D); 'Nhung Thong' (E) and 'Petch Pakchong' (F).

การสกัดและพัฒนาสบู่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจากชุมเห็ดเทศ

Extraction and Development of Antibacterial Soaps from *Cassia alata* L.

สุริยะ วุ่นจินดา[1] กิจฐิสรณ์ ตริยาวธัญญู[1] วรพรรณี เผ่าทองศุข[2] ชาญชัย สาดแสงจันทร์[1] และ เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล[1]

Wunjina, S.[1], Triyawathanyoo, K.[1], Powtongsook, W.[2], Sardsaengjun, C.[1] and Ieamsirinoppakhun, P.[1]

Abstract

The objective of this study was to extract and develop antibacterial soaps from *Cassia alata* Linn. The dry powder of *Cassia alata* was macerated and extracted by ethyl acetate. The anthraquinone crude from extraction was 1.66 percent of dry powder weight. Back titration method was selected in order to assay the amount of total rhein in anthraquinone crude. The results shown that total rhein was 13.7 percent of crude weight. The antibacterial soaps were prepared by mixing anthraquinone crude with soap noodles and compressed by using a hydraulic-press. The Thai Industrial Standard (TIS) 29-2545 was used for evaluating antibacterial activity of *Cassia alata* soaps. The results showed that the growth of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 was inhibited by soaps because the clear zone of antibacterial soaps more than 2 mm. when compared with soap noodles. In case of *Escherichia coli* ATCC 8739, the antibacterial soaps could not suppress bacterial growth.

Keywords: *Cassia alata* L., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, Thai Industrial Standard

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อสกัดสารจากต้นชุดเห็ดเทศสำหรับนำมาใช้เตรียมเป็นสบู่ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย การสกัดทำโดยการหมักผงแห้งของชุมเห็ดเทศและแยกสารสำคัญโดยอาศัย ethyl acetate เป็นตัวทำละลาย anthraquinone crude ที่ได้จากการสกัดมีปริมาณร้อยละ 1.66 ของน้ำหนักผงแห้ง เมื่อวิเคราะห์หา total rhein ด้วยวิธี black titration ผลการทดลองพบปริมาณของ total rhein ร้อยละ 13.7 ของน้ำหนัก crude การเตรียมสบู่ทำโดยการผสม anthraquinone crude ใน soap noodles และอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องไฮดรอลิก ผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 29-2545 สบู่มีความสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 เนื่องจาก clear zone ของสบู่มีขนาดใหญ่กว่า soap noodles ตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ขึ้นไป แต่สบู่ที่ผสมสารสกัดชุมเห็ดเทศไม่สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* ATCC 8739

คำสำคัญ: ชุดเห็ดเทศ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม *Staphylococcus aureus Escherichia coli*

คำนำ

เชื้อแบคทีเรียแกรมบวกเช่น *Staphylococcus* spp. และ *Streptococcus* spp. เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังที่พบได้บ่อยเช่น cellulitis, erysipelas, folliculitis และ impetigo (Daniel และคณะ, 2002) การทำความสะอาดร่างกายด้วยสบู่ที่ผสมสารระงับเชื้อเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการป้องกันโรค แต่สารระงับเชื้อเช่น triclosan ที่ถูกใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานกลับเพิ่มโอกาสให้แบคทีเรียเกิดการดื้อยา (Allison และ Elaine, 2003) นอกจากนี้ triclosan ยังอาจก่อให้เกิดโรคผื่นแพ้สัมผัส (Wong และ Beck , 2001) พืชสมุนไพรเป็นทางเลือกที่ถูกใช้เพื่อทดแทนสารเคมีในอดีตมีการนำพืชหลายชนิดมาใช้รักษาโรคผิวหนัง ชุมเห็ดเทศเป็นพืชชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารในกลุ่ม chrysophanic acid, glycosides, hydroxyanthraquinones และ kampferin ที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลชีพหลายชนิด (Makinde และคณะ, 2007) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสกัดสารจากต้นชุดเห็ดเทศสำหรับนำมาใช้เตรียมเป็นสบู่ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540

[1] Faculty of pharmaceutical sciences, Huachiew chalermprakiet university, 18/18 Bangna-Trad Rd., 18 Km., Bangchalong, Bangplee, Samutprakarn, 10540.

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540

[2] Faculty of sciences, Huachiew chalermprakiet university, 18/18 Bangna-Trad Rd., 18 Km., Bangchalong, Bangplee, Samutprakarn, 10540.

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำความสะอาดต้นชุมเห็ดเทศนำไปอบแห้งและบดให้เป็นผงละเอียดแล้วหมักด้วย 95% ethanol กรองเก็บสารละลาย ระเหย ethanol ออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) สกัดแยกส่วนสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลาย hexane, methanol และ ethyl acetate ตามลำดับ (Figure 1) ระเหย ethyl acetate ออกจากส่วนสกัดด้วยเครื่อง rotary evaporator ชั่งน้ำหนักและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสำคัญในส่วนสกัดด้วยเทคนิค thin layer chromatography (TLC) โดยเทียบกับสารมาตรฐาน rhein วิเคราะห์หาปริมาณ total rhein ในส่วนสกัดด้วยวิธี back titration ทำการเตรียมก้อนสบู่ด้วยการผสมส่วนสกัดเข้ากับ soap noodles ในความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 และ 10.0 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปอัดขึ้นรูปในแบบพิมพ์ด้วยเครื่องไฮดรอลิก สบู่ที่เตรียมได้ถูกทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 และ *Escherichia coli* ATCC 8739 ด้วยวิธี agar diffusion ประสิทธิภาพของสบู่ถูกประเมินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 29-2545 โดยเปรียบเทียบจากค่าความแตกต่างของ zone of inhibition ของสบู่กับ soap noodles สบู่ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition มากกว่า soap noodles ตั้งแต่ 2.0 มิลลิลิเมตรขึ้นไป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขั้นตอนสุดท้ายของการสกัดชุมเห็ดเทศได้ปริมาณ anthraquinone crude ร้อยละ 1.66 ของน้ำหนักผงแห้ง การพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยวิธี TLC โดยใช้ benzene : ethyl acetate : acetic acid (ในอัตราส่วน 75 : 24 : 1) เป็นระบบตัวทำละลายพบสาร rhein เป็นส่วนประกอบ เนื่องจาก spot ตัวอย่างมีค่า retention factor value (Rf value = 0.12) ใกล้เคียงกับ rhein บริสุทธิ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Gritsanapan และ Mangmeesri, 2006) และ (Singh และคณะ, 2012) ที่หมักชุมเห็ดเทศด้วยตัวทำละลายกึ่งมีขั้วเช่น alcohol ทำให้สกัดแยกสารในกลุ่ม anthraquinone ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อยออกมาได้เป็นจำนวนมาก ผลการวิเคราะห์ total rhein ใน crude ที่สกัดได้พบสารในปริมาณร้อยละ 13.7 ± 0.2 ของน้ำหนัก anthraquinone crude การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ (Table 1) ของสบู่ที่ผสม anthraquinone crude พบว่าสบู่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ตั้งแต่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก สอดล้องกับงานวิจัยของ Didry และคณะ (1994) และ Yu และคณะ (2008) ที่พบว่า rhein มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยเฉพาะอย่างยิ่งแกรมบวกอย่างเช่น *Bacillus megaterium* และ *Staphylococcus aureus* แต่การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* พบว่าทุกช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบไม่สามารถยับยั้งเชื้อได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Timothy และคณะ (2012) ที่พบว่าการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสำหรับหมักชุมเห็ดเทศช่วยให้สารสกัดมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Escherichia coli* มากกว่าการหมักด้วย alcohol

สรุปผล

สบู่ที่ผสม anthraquinone crude ที่ผ่านขั้นตอนเตรียมโดยการหมักผงชุมเห็ดเทศด้วย alcohol และสกัดแยกจากส่วนสกัดหยาบด้วยตัวทำละลาย ethyl acetate มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *Escherichia coli* ในทุกช่วงความเข้มข้นที่ใช้ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสบู่ถูตัว, มอก., 29-2545.

Allison, E.A. and Elaine, L., 2003, Review: Antibacterial Cleaning and Hygiene Products as an Emerging Risk Factor for Antibiotic Resistance in the Community, The Lancet Infection Dieseases, 3: 501-506.

Daniel, L.S., Marc, A.P. and Richard, A.B., 2002, Common Bacterial Skin Infections, American Family Physician, 66(1): 119-124.

Didry, N., Dubreuil, L. and Pinkas, M., 1994, Activity of Anthraquinonic and Naphthoquinonic Compounds on Oral Bacteria, Pharmazie, 49: 681-683.

Gritsanapan, W. and Mangmeesri, P., 2009, Standardized *Senna alata* Leaf Extract, Journal of Health Research, 23(2): 59-64.

Makinde, A.A., Igoli, J.O. Ama, L. TA., Shaibu, S.J. and Garba, A., 2007, Antimicrobial Activity of *Cassia alata*, African Journal of Biotechnology, 6(13): 1509-1510.

Singh, B., Nadkarni, J.R., Vishwakarma, R.A., Bharate, S.B., Nivsarkar, M. and Anandjiwala, S., 2012, The Hydroalcoholic Extract of *Cassia alata* (Linn.) Leaves and Its Major Compound Rhein Exhibits Antiallergic Activity *via* Mast Cell Stabilization and Lipoxygenase Inhibition, Journal of Ethnopharmacology, 141: 469-473.

Timothy, S.Y., Lamu, F.W., Rhoda, A.S., Adati, R.G., Maspalma, I.D. and Askira, M., 2012, Acute Toxicity, Phytochemistry and Antibacterial Activity of Aqueous and Ethanolic Leaf Extracts of *Cassia alata* Linn, International Research Journal of Pharmacy, 3(6): 73-76.

Wong, C.S.M. and Beck, M.H., 2001, Allergic Contact Dermatitis from Triclosan in Antibacterial Hand Washes, Contact Dermatitis, 45: 307.

Yu, L., Xiang, H., Fan, J., Wang, D., Yang, F., Guo, N., Jin, Q. and Deng, X., 2008, Global Transcriptional Response of *Staphylococcus aureus* to Rhein, a Natural Plant Product, Journal of Biotechnology, 135(3): 304-308.

Table 1 The antibacterial activities of antibacterial soaps containing *Cassia alata* L extract

Concentration of anthraquinone crude in soap noodles (%w/w)	The difference value between diameters of zone of inhibition of antibacterial soap and soap noodle (mm.)	
	Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*
0.5	2.6*	< 0
1.0	2.6*	< 0
2.5	3.0*	< 0
5.0	3.0*	0.3
10.0	2.6*	0.2

* Meet the requirement of TIS 29-2545 (difference value more than 2.0mm.

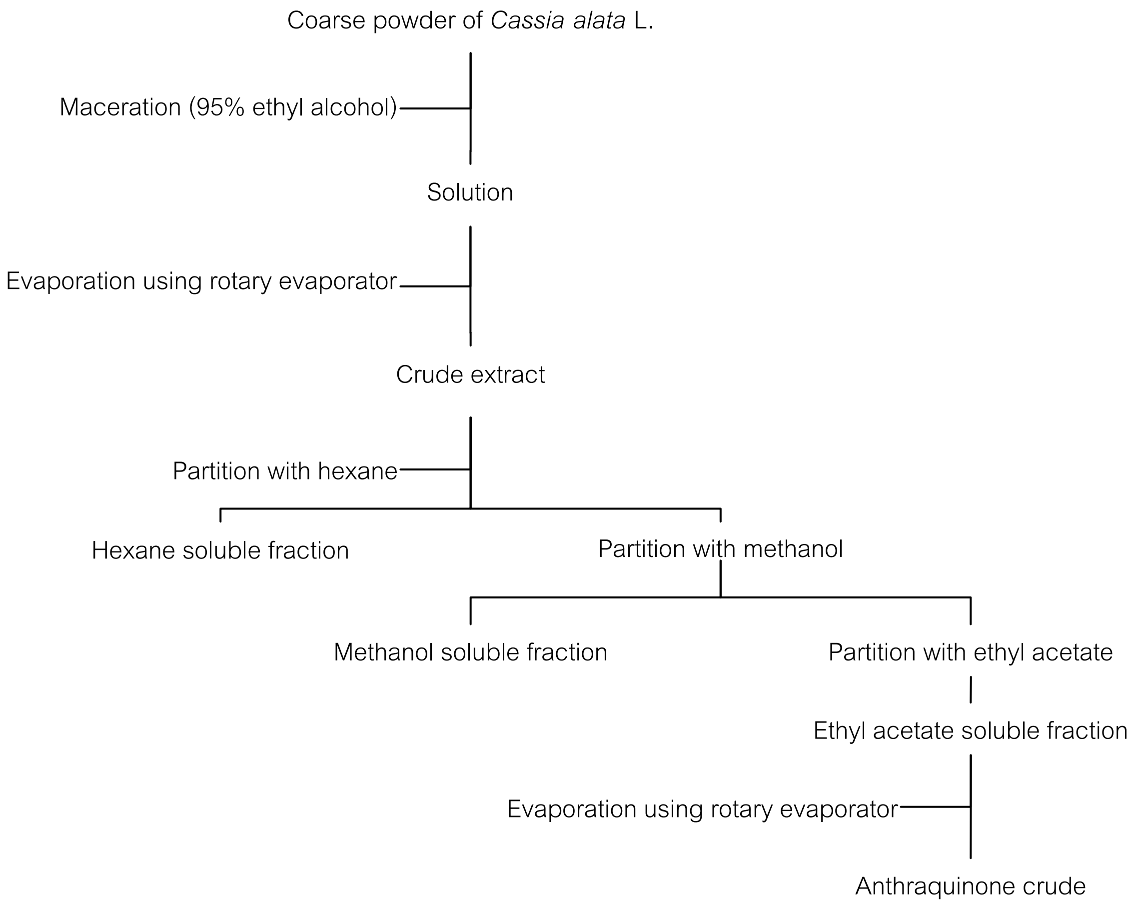


Figure 1 Diagram of extraction method

ฤทธิ์ต้านเชื้อราจากน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรบางชนิดต่อ *Fusarium solani*

In Vitro Antifungal Activity of Volatile Oil from Some Medicinal Plants against *Fusarium solani*

พิชชารีย์ ตันวราวุฒิกูล[1] เบญญา มะโนชัย[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และ Jeong Hwa Hong[2]
Tanwarawuthikul, P.[1], Manochai, B.[1], Kaewsorn, P.[1] and Hong J.H.[2]

Abstract

Volatile oils of nine medicinal plants: *Citrus maxima*, *Zingiber montanum*, *Cymbopogon citratus*, *Curcuma longa, Cymbopogon nardus, Zanthoxylum limonella*, *Allium sativum*, *Citrus hystrix* and *Limnophila rugosa* were investigated for their antifungal activities against *Fusarium solani*, a causal agent of damping affect in vetgetables. The experimental design was a 9x4 Factorial plus control in a Completely Randomized Design (CRD). Nine medicinal plants were individually tested at four concentrations of volatile oil (25, 50, 75 and 100% v/v) and compared with 10 g/l thiram® (control). *F. solani* (4.5 × 10^5 spores/ml) were cultured in Potato Dextrose Broth media mixed with 20 µl volatile oils and incubated at room temperature. Mycelia were collected on day 7, the calculation for percentage of inhibition was then performed. Result demonstrated that on day 7 the volatile oils derived from *C. citrates*, *A. sativum* and *L. rugosa* at the concentrate of % inhibited *F. solani* growth but did not significantly differ from thiram®. The percentage of inhibition was 84.69, 88.32, 87.28 and 89.75% respectively. Percentage of inhibition was strongly related with the concentration of volatile oil ($p<0.01$); at 100% of volatile oil, 81.58% of fungal growth was inhibited. These results indicated that pure volatile oils extracted from *C. citrates*, *A. sativum* and *L. rugosa* are potentials to inhibit *F. solani* growth and could be deemed as bio-fungicides.

Keywords: medicinal plants, volatile oils, *Fusarium solani,* Thiram®

บทคัดย่อ

พืชสมุนไพรที่ให้น้ำมันหอมระเหย 9 ชนิด ได้แก่ ส้มโอ ไพล ตะไคร้ ขมิ้น ตะไคร้หอม มะแขว่น กระเทียม มะกรูด และกระโฉม นำมาศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Fusarium solani* วางแผนการทดลองแบบ 9x4 Factorial + 1 Control in CRD โดยให้ชนิดของพืชสมุนไพรเป็นปัจจัยที่หนึ่ง และความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเป็นปัจจัยที่สอง (25, 50, 75 และ 100% โดยปริมาตร)เปรียบเทียบกับการใช้ไทแรม ความเข้มข้น 10 g/l นำเชื้อรา *F. solani* (4.5 × 10^5 spore/ml) มาเลี้ยงในอาหาร Potato Dextrose Broth ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ปริมาตร 20 µl บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกปริมาณเส้นใยของเชื้อราที่ 7 วัน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลา 7 วัน น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากตะไคร้ กระเทียม และกระโฉม ให้เปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *F. solani* ไม่แตกต่างจากไทแรม โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 84.69, 88.32, 87.28 และ 89.75% ตามลำดับ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งยังสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ($p<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 100% มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเส้นใยเชื้อราเท่ากับ 81.58% จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ กระเทียม และกระโฉม ที่ความเข้มข้น 100% มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของ *F. solani* และสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นสารต้านเชื้อราแบบชีวภาพได้

คำสำคัญ: พืชสมุนไพร น้ำมันหอมระเหย *Fusarium solani* ไทแรม

คำนำ

โรคที่เป็นปัญหาและมักเกิดในระยะต้นกล้า คือ โรคเน่าคอดิน (damping-off) ส่วนมากเกิดมาจากเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในดิน และเชื้อรา *Fusarium solani* ก็เป็นเชื้อสาเหตุของโรคเชื้อหนึ่ง ที่ส่งผลทำให้พืชปลูกเสียหาย มีผลผลิตลดลง โดย

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900**
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900
[2] Department of Smart Foods and Drugs, Inje University, 607 Obangdong, Gimhae, Gyeongnam 621-749, Republic of Korea

มักเกิดในระยะต้นกล้า ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องป้องกันโดยการใช้สารเคมีเคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันโรคและแมลงก่อนการปลูก แต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน รวมทั้งทำให้เชื้อราเกิดการดื้อยามากยิ่งขึ้นหากใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะใช้สารสกัดจากธรรมชาติแทนการใช้สารเคมี ปัจจุบันสารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิดได้รับความสนใจและมีการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรหลายชนิด มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลชีพได้ดี เช่น สารสกัดจากกระเทียมหอมหัวใหญ่ หอมแดง และมะกรูดมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราทั้ง *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Fusarium* sp. ได้ แต่สารสกัดจากกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อราทั้งสองชนิดดังกล่าวได้ดีที่สุด (กรรณิกา และคณะ, 2547) น้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 500, 1000 และ 1500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* และ *Rhizopus* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ที่ 1500 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. niger* ได้ 100% (รุ่งอรุณ และคณะ, 2554) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายและกว้างขวาง จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 9 ชนิด ต่อการต้านเชื้อรา *Fusarium solani*

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 9 ชนิด ได้แก่ ส้มโอ (*Citrus maxima*), ไพล (*Zingiber montanum*), ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*), ขมิ้น (*Curcuma* longa), ตะไคร้หอม (Cymbopogon *nardus*), มะแขว่น (*Zanthoxylum limonella*), กระเทียม (*Allium sativum*), มะกรูด (*Citrus hystrix*) และกระโฉม (*Limnophila rugosa*) โดยวิธีการกลั่นด้วยเตาไมโครเวฟ ใช้ตัวอย่างพืชสด 300 กรัม ต่อน้ำ 600 มิลลิลิตร กลั่นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้น้ำมันหอมระเหยและน้ำแยกออกจากกัน แล้วทำการเก็บน้ำมันหอมระเหยที่ลอยเป็นชั้นบางๆ อยู่ด้านบนใส่ขวดสีชา เพื่อนำไปศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Fusarium solani* โดยนำน้ำมันหอมระเหยผสมกับน้ำกลั่น และเติม tween 40 เล็กน้อยให้มีความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100% โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับการใช้ไทแรมซึ่งเป็นสารป้องกันและกำจัดโรคพืชทางการค้า ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ผสมลงไปในอาหาร Potato Dextrose Broth ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ร่วมกับสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *F. solani* ความหนาแน่น 4.5×10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองเส้นใยเชื้อรา แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักแห้งที่คงที่ บันทึกน้ำหนักการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราและนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหย 9 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100% โดยปริมาตร ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *F. solani* พบว่าชนิดของพืชสมุนไพรและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่าน้ำมันหอมระเหย 3 ชนิดที่ได้จากตะไคร้ กระเทียม และกระโฉม ยังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยเชื้อราได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *F. solani* ไม่แตกต่างจากไทแรม โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 84.69, 88.32, 87.28 และ 89.75% ตามลำดับ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ($p<0.01$) โดยน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 100% มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุดเท่ากับ 81.58% รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 75, 50 และ 25% ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเส้นใยเชื้อราเท่ากับ 71.56, 58.16 และ 42.84% ตามลำดับ (Table 1, Figure 1 และ 2) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Benkeblia (2004) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียมที่ความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 500 มิลลิลิตรต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้ เนื่องจากในกระเทียมจะมีสาร allicin ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Ankri และ Mirelman, 1999) นอกจากนี้สารสกัดจากกระเทียมยังมีผลทำให้เส้นใยของเชื้อราเกิดการแตกหัก แวคิวโอลภายในเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora capsici* มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีการเก็บสะสมของเสียไว้ภายในเพิ่มมากขึ้น (Khan และคณะ, 2011) ในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้มีส่วนประกอบของ citral สูงที่สุด (geranial และ neral ประมาณ 72.64%) (Tzortzakis และ Economakis, 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Velluti และคณะ (2004) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ที่ผสมใน

อาหารเลี้ยงเชื้อความเข้มข้น 500 และ 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. verticillioides*, *F. proliferatum* และ *F. graminearum* ได้ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ที่ความเข้มข้น 60 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium herbarum* ได้ 100% (ภัสจนันท์ และคณะ, 2552) ส่วนในกระโฉมมีรายงานว่าพบสารในกลุ่ม alkaloid, tannin, triterpenoids (steroid), flavonoid, และ phenols ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ (Acharya และคณะ, 2012) นอกจากนี้พบว่าน้ำมันหอมระเหยของกระโฉมมีสารเช่น linalool, humulene และ caryophyllene เป็นองค์ประกอบด้วย (Gorai และคณะ, 2013) ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* และ *Salmonella typhi* ได้ (Kapil และคณะ, 1983) และการเจริญเติบโตของเส้นใยจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น (Abdel-Kader และคณะ, 2011)

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยที่ได้จาก กระเทียม ตะไคร้ และกระโฉม ทำให้เปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *F. solani* ไม่แตกต่างจากไทแรมซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันเชื้อราสาเหตุโรคพืช แต่น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกระเทียมให้ผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากสมุนไพรตัวอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลอง ส่วนความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยพบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *F. solani* เพิ่มขึ้นตามลำดับ และที่ความเข้นข้น 100% มีสามารถในการยับยั้งได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรรณิกา เนืองภา ปรากรม ประยูรรัตน์ และแสงมณี ชิงดวง, 2547, ประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรบางชนิดที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Fusarium* sp., การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 6 “หนึ่งทศวรรษแห่งการอารักขาพืชในประเทศไทย”, ขอนแก่น, หน้า 945-950.

ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2552, อิทธิพลของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus stolonifer*, *Cladosporium herbarum* และ *Penicillium* sp., วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3)(พิเศษ): 29-32.

รุ่งอรุณ กันธะปา เกวลิน คุณาศักดากุล สุชาดา เวียรศิลป์ และสงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์, 2554, ผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหย กานพลู โหระพา และสะระแหน่ ต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* และ *Rhizopus* sp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(1)(พิเศษ): 421-424.

Abdel-Kader, M.M., El-Mougy, N.S. and Lashin, S.M., 2011, Essential Oils and *Trichoderma harzianum* as an Integrated Control Measure Against Faba Bean Root Rot Pathogens, Journal of Plant Protection Research, 51(3): 306-313.

Acharya, R.N., Padiya, R.H., Patel, E.D., Harisha, C.R. and Shukla, V.J., 2012, Preliminary Phyto-chemical Study on the Leaf of an Ethno-medicinal Plant *Limnophila rugosa* Roth (Merr.), Ayurpharm - International Journal of Ayurveda and Allied Sciences, 1(7): 138-143.

Ankri, S. and Mirelman, D., 1999, Antimicrobial Properties of Allicin from Garlic, Microbes and Infection, 2: 125-129.

Benkeblia, N., 2004, Antimicrobial Activity of Essential Oil Extracts of Various Onions (*Allium cepa*) and Garlic (*Allium sativum*), Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie, 37: 263–268.

Gorai, D., Jash, S.K., Singh, R.K., Sarkar, A. and Majhi, S., 2013, Chemical and Pharmacological Aspects of *Limnophila rugosa*: An Update, International Journal of Natural Products Research, 3(4): 120-124.

Kapil, V.B., Sinha, A.K. and Sinha, G.K., 1983, Antibacterial and Antifungal Study of some Essential Oils and their Constituents from the Plants of Kumaon and its Tarai Tract, Bull. Med. Ethnobot. Res., 4: 124-129.

Khan, M.A., Zhihui, C., Xuemei, X., Khan, A.R. and Ahmed, S.S., 2011, Ultrastructural Studies of the Inhibition Effect Against *Phytophthora capsici* of Root Exudates Collected from Two Garlic Cultivars Along with their Qualitative Analysis, Crop Protection, 30: 1149-1155.

Tzortzakis, N.G. and Economakis, C.D., 2007, Antifungal Activity of Lemongrass (*Cympopogon citratus* L.) Essential Oil Against Key Postharvest Pathogens, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8: 253–258.

Velluti, A., Marin, S., Gonzalez, P., Ramos, A.J. and Sanchis, V., 2004, Initial Screening for Inhibitory Activity of Essential Oils on Growth of *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* and *F. graminearum* on Maize-based Agar Media, Food Microbiology, 21: 649–656.

Table 1 Antifungal activity (% inhibition) compare with thiram® at 7 days after treated with essential oils.

Factor A (Plants)	Factor B (Concentrations)				Ave.
	100%	75%	50%	25%	
Pummelo	38.22 d-g	36.50 d-h	23.91 e-i	6.15 g-i	26.20 E
Phlai	89.95 ab	83.61 a-c	66.91 a-d	54.68 b-f	73.79 AB
Lemon grass	91.75 ab	86.08 a-c	81.46 a-c	79.46 a-c	84.69 A
Citronella grass	89.85 ab	82.35 a-c	49.65 c-f	5.69 g-i	56.89 BC
Ma khaen	86.77 ab	57.51 a-f	31.92 d-i	1.65 hi	44.46 CD
Turmeric	59.37 a-e	43.15 d-f	30.59 d-i	0.00 i	33.28 DE
Garlic	89.52 ab	89.19 ab	88.72 ab	85.84 a-c	88.32 A
Kaffir lime	87.21 ab	58.76 a-e	34.97 d-i	21.80 f-i	50.69 CD
Phak kachom	93.38 a	88.71 ab	83.67 a-c	83.34 a-c	87.28 A
Thiram®	89.75 a	89.75 a	89.75 a	89.75 a	89.75 A
Ave.	81.58 S	71.56 T	58.16 U	42.84 V	63.54
Factor A			**		
Factor B			**		
Factor A×B			**		
C.V. (%)			21.78		

Values having a common letter (s) do not differ significantly (P < 0.01) by DMRT.

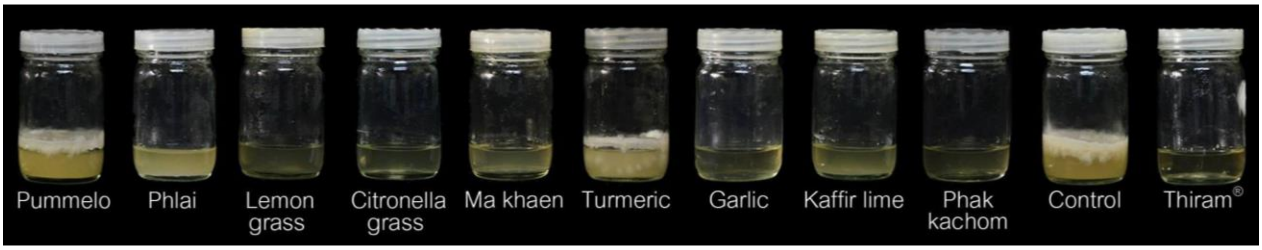


Figure 1 Antifungal activity (% inhibition) compare with thiram® at 7 days after treated with 100% essential oils in PD broth.

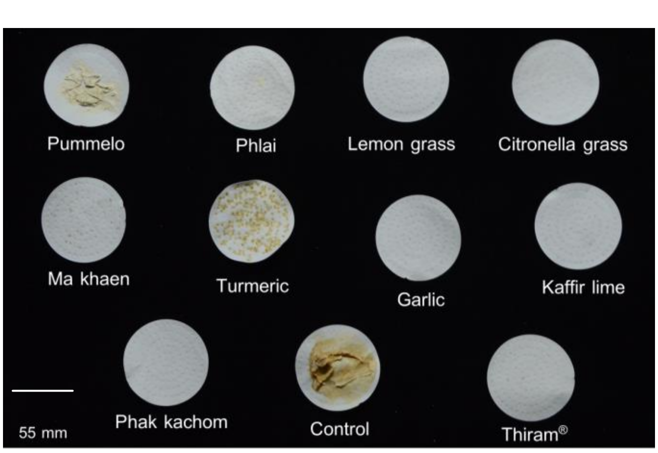


Figure 2 Antifungal activity (% inhibition) compare with thiram® at 7 days after treated with 100% essential oils.

ผลของสารสกัดจากธรรมชาติต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (*Nephotettix virescens*) ในข้าวหอมนิล

Effects of Natural Extracts on Green Leafhopper (*Nephotettix virescen*s) in Hom Nin Rice

สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1] **และ แก้วมณี พรหมพิทักษ์**[1]
Sriphadet S.[1] and Prompitak K.[1]

Abstract

The study on the effects of natural extracts on green leafhopper (*Nephotettix virescens*) in Hom Nin rice at Nong Harn Chalermphrakiat Park, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus during June to November 2013 was conducted. The experimental was Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications and 5 treatments viz. 1) spray tobacco extracts (tobacconists) (50 g per 6 liter water), 2) spray wood vinegar (30 ml per 6 liter water), 3) spray curry paste (25 g per 6 liters water), 4) spray neem extract (15 ml per 6 liter water) and 5) no natural extracts spray (control). Counting the number of green leafhoppers on 3 days before spraying. After that, spray 6 times every 7 days and count the number of green leafhoppers on 3 days after each spraying. It was found that the amount of green leafhopper level was equilibrium and not reached to economic damage level in the plot sprayed with natural extracts, except control. The natural extracts such as neem extracts, wood vinegar and curry paste tend to control green leafhopper.

Keywords: Hom Nin rice, natural extracts, economic damage level, green leafhopper

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสารสกัดจากธรรมชาติต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (*Nephotettix virescens*) ในข้าวหอมนิล ดำเนินการทดลองที่อุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ 1) พ่นสารสกัดจากยาสูบ (ยาเส้น) อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 6 ลิตร 2) พ่นน้ำส้มควันไม้ อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 6 ลิตร 3) พ่นน้ำพริกแกงเผ็ด อัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 6 ลิตร 4) พ่นสารสกัดจากสะเดา 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 6 ลิตร และ 5) ไม่ได้ทำการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ ตรวจนับจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวก่อนพ่น 3 วัน หลังจากนั้นทำการพ่นสารรวม 6 ครั้ง ทุกๆ 7 วัน และตรวจนับจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวหลังการพ่นสารเป็นเวลา 3 วัน พบว่าปริมาณของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวอยู่ในระดับสมดุลทั่วไปไม่ถึงขั้นระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ ในแปลงที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ ยกเว้นแปลงควบคุม สารสกัดจากธรรมชาติที่มีแนวโน้มในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นสีเขียวได้ ได้แก่ สารสกัดจากยาสูบ, น้ำส้มควันไม้ และน้ำพริกแกงเผ็ด

คำสำคัญ: ข้าวหอมนิล สารสกัดจากธรรมชาติ ระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีบทบาทสำคัญหลายอย่างต่อสังคมไทยตั้งแต่เป็นอาหารและสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งยังเป็นอาชีพหลักของคนไทย ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศเป็นพื้นที่ปลูกข้าวมากกว่าครึ่งหนึ่ง และข้าวยังเป็นพืชหลักในการส่งออกของไทย (นิรนาม, 2556) ทำให้เกษตรกรมีการทำนาติดต่อกันตลอดทั้งปี จึงเกิดการสะสมของโรค แมลง ศัตรูข้าวมากยิ่งขึ้น ซึ่งแมลงศัตรูข้าวมีการเข้าทำลายข้าวตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยวทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตข้าวอย่างมาก เช่น เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนห่อใบข้าว เป็นต้น (พากเพียร และคณะ, 2546) เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมแก้ไขปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูพืชด้วยสารเคมี เพราะเป็นวิธีที่ได้ผลเร็ว สะดวก และทันการณ์ แม้ว่าการใช้สารเคมีในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในระยะแรกมีประสิทธิภาพสูงมาก แต่สารเคมีก่อให้เกิดผลเสียหายตามมามากมาย อาทิ สารพิษตกค้างในดินและน้ำบริเวณพื้นที่เกษตร ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สุวัฒน์, 2546) ซึ่งปัจจุบันการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชให้ความสนใจและมุ่งเน้นสารที่มีพิษต่ำต่อมนุษย์

---

[1] สาขาวิชาทรัพยากรเกษตร, คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[1] Program in Agro-resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart university, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000

และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการบริหารจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด การใช้สารธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาพัฒนาใช้ทดแทนสารเคมีที่มีพิษสูงได้ (สุภาณี และคณะ, ม.ป.ป.)

ดังนั้น ควรมีการศึกษาผลของสารสกัดจากธรรมชาติที่มีศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อมน้อยกว่าสารเคมี รวมทั้งปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง อย่างไรก็ตามการใช้สารสกัดจากธรรมชาติจะต้องเลือกสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชแต่ละชนิดให้เหมาะสมและได้ผลมากที่สุด ซึ่งเพลี้ยจักจั่นสีเขียวก็เป็นศัตรูพืชที่สำคัญของข้าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเน้นการทดสอบหาสารสกัดจากธรรมชาติเพื่อป้องกันเพลี้ยจักจั่นสีเขียวในนาข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

แปลงทดลองข้าวหอมนิล มีขนาด 4 x 4 เมตร ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ใช้กล้าปักดำ ปลูกระหว่างเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤศจิกายน 2556 ณ อุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เมื่อพบการระบาดของแมลงศัตรูข้าว หลังจากปักดำข้าวได้ 40 วัน ทำการเก็บข้อมูลจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวก่อนการฉีดพ่น ทำการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ ดังนี้ 1) สารสกัดจากยาสูบ (ยาเส้น) อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร 2) น้ำส้มควันไม้ อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 6 ลิตร 3) น้ำพริกแกงเผ็ด อัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร 4) สารสกัดจากสะเดา อัตรา 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 6 ลิตร 5) ไม่ได้ทำการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ (Control) แต่ละแปลงทำการพ่นสารตามกรรมวิธีที่กำหนดทุกๆ 7 วัน จนถึงระยะข้าวโน้มร่วง รวม 6 ครั้ง หลังฉีดพ่น 3 วัน ทำการสำรวจโดยการสุ่มตรวจนับจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียว จำนวน 5 กอต่อกรรมวิธี และบันทึกองค์ประกอบผลผลิต ดังนี้ 1) จำนวนต้นต่อกอ 2) จำนวนรวงต่อกอ 3) จำนวนเมล็ดต่อรวง 4) น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด (กรัม) 5) ผลผลิตทั้งหมด (กิโลกรัมต่อไร่) และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรมทางสถิติ ตามแผนการทดลอง RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งหลังจากฉีดพ่น ครั้งแรก เป็นเวลา 3 วัน พบว่า มีเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเฉลี่ย 21.8 ตัวต่อกอ (20-25 ตัวต่อกอ) ในทุกแปลงที่ฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ ซึ่งน้อยกว่าก่อนที่มีการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ ที่พบเพลี้ยจักจั่นสีเขียวประมาณ 28-30 ตัวต่อกอ เนื่องจากเพลี้ยจักจั่นสีเขียวมักพบระบาดโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงตุลาคม จึงทำให้มีปริมาณเพลี้ยจักจั่นสีเขียวจำนวนมาก (สำนักงานและพัฒนาข้าว, ม.ป.ป.) หลังการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติครั้งที่ 2 พบว่าแปลงที่ไม่ได้ฉีดสารสกัดจากธรรมชาติ ยังมีเพลี้ยจักจั่นสีเขียวมากที่สุด คือ 22 ตัวต่อกอ สำหรับแปลงที่ฉีดพ่นด้วยเครื่องแกงมีจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวน้อยสุด คือ 11 ตัวต่อกอ ส่วนแปลงที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากสะเดา น้ำส้มควันไม้ และสารสกัดจากยาสูบ พบเพลี้ยจักจั่นสีเขียว 12, 14 และ 15 ตัวต่อกอ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำพริกแกงเผ็ดมีส่วนผสมของสมุนไพรหลากหลายชนิด อาทิเช่น ตะไคร้ ข่า พริก มีสรรพคุณในการป้องกันและกำจัดเพลี้ยต่างๆ กลิ่นของตะไคร้ ใช้ไล่แมลง พริกมีกรดที่ทำให้แมลงแสบร้อน (นิรนาม, 2551) เนื่องจากเพลี้ยจักจั่นสีเขียวไม่ชอบกลิ่นฉุนจากพืชเหล่านี้หรือรสชาติที่เผ็ดร้อนจากน้ำพริกแกงเผ็ด จึงทำให้จำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวมีอัตราที่ลดลงเรื่อยๆ เมื่อทำการฉีดพ่น

หลังการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติครั้งที่ 3 พบว่า สารสกัดจากสะเดา และพริกแกง มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวได้ใกล้เคียงกัน โดยลดจาก 12 ตัว เหลือ 7 ตัว และ 11 ตัว เหลือ 6 ตัว ตามลำดับ เนื่องจากสารสกัดจากสะเดา มีสารอะซาดิแรคติน ซึ่งออกฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นสีเขียวได้หลายรูปแบบ เช่น ไล่แมลง ทำให้แมลงไม่กินอาหาร การเจริญเติบโตผิดปกติ ยับยั้งการลอกคราบ (รักษ์เกียรติ, ม.ป.ป.) สำหรับแปลงที่ไม่ได้ฉีดสารสกัดตามธรรมชาติพบเพลี้ยจักจั่นสีเขียวมากที่สุด คือ 15 ตัวต่อกอ ส่วนแปลงที่ฉีดด้วยน้ำส้มควันพบเพลี้ยจักจั่นสีเขียว 5 ตัวต่อกอ ซึ่งน้อยที่สุด เนื่องจาก น้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูงและมีสารประกอบที่สามารถป้องกันศัตรูพืช และขับไล่แมลงทุกชนิดได้ดีอีกด้วย (เกษตรอินทรีย์วิถีไทย, 2554) โดยฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ในอัตรา 1:300 ทำให้ประชากรของเพลี้ยไฟมีแนวโน้มลดลง เมื่อตรวจสอบใบถั่วลิสงที่ 60 วันหลังปลูก (ดรุณี และคณะ, 2550) อีกทั้ง มีการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในแปลงหม่อนมีประสิทธิภาพในการป้องกันแมลงปากดูดได้ในระดับน่าพอใช้ (อัญชลี และคณะ, ม.ป.ป.)

หลังการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติครั้งที่ 4-6 พบการเปลี่ยนแปลงจำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวค่อนข้างน้อย โดยแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติพบ 12 ตัวต่อกอ สำหรับแปลงที่มีการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ พบการระบาดทุกแปลง ประมาณ 4-5 ตัวต่อกอ ซึ่งเป็นระดับต่ำกว่าความเสียหายทางเศรษฐกิจที่สามารถยอมรับได้ สอดคล้องกับ จำเริญ (2543) รายงานว่า จำนวนเพลี้ยจักจั่นสีเขียวที่พบในระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจนั้น พบปริมาณมากกว่า 5 ตัวต่อกอ ในระยะต้นกล้าจนถึงระยะตั้งท้อง ถึงจะเป็นการเข้าทำลายในช่วงวิกฤตได้

เมื่อสำรวจจำนวนเฉลี่ยเพลี้ยจักจั่นสีเขียวหลังฉีดพ่น 6 ครั้ง พบว่าหลังจากการพ่นสารครั้งที่ 1-3 มีการลดจำนวนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสารสกัดแต่ละชนิดมีคุณสมบัติไล่แมลง แต่เมื่อฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ ครั้งที่ 4-6 จำนวนแมลงจักจั่นเขียวที่พบไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีจำนวนน้อย และไม่อยู่ในระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ และพบเพลี้ยจักจั่นสีเขียวในทุกกรรมวิธี สำหรับแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติพบปริมาณเพลี้ยจักจั่นสีเขียวสูงกว่าระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจตลอดการทดลอง จึงกล่าวได้ว่าสารสกัดจากธรรมชาติแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถใช้ร่วมกันหรือแทนกันได้ ดังนั้นการใช้สารสกัดจากธรรมชาตินั้นขึ้นกับความสะดวกและหาง่ายในแต่ละพื้นที่

องค์ประกอบผลผลิต

องค์ประกอบผลผลิตของข้าวหอมนิล ดังแสดงใน Table 1 พบว่า ทุกแปลงทั้งฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ และน้ำหนัก 100 เมล็ดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าการฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติชนิดต่างๆ ก็ไม่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตดังกล่าว ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวงในแปลงที่ทำการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้มี 85.53 เมล็ด ซึ่งมากที่สุด เนื่องจาก น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบ เช่น เมธานอล และ ฟีนอล ซึ่งสามารถฆ่าและต่อต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดี และมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต จึงสามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้ดี (สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550) ส่วนแปลงที่ไม่ได้ทำการฉีดพ่นสารสกัดธรรมชาติมีผลผลิตน้อยที่สุดคือ 209.0 เมล็ด เนื่องจากถูกทำลายจากการระบาดของเพลี้ยจั่นจั่นเขียวที่เกิดระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ ส่วนน้ำหนักผลผลิตรวมนั้นแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติผลผลิตน้อยสุด เนื่องจากมีเมล็ดต่อรวงน้อย จึงทำให้ได้ผลผลิตน้อย ส่วนแปลงที่ฉีดพ่นสารสกัดจากน้ำส้มควันไม้และพริกแกงมีผลผลิตที่สูงใกล้เคียงกัน คือ 275.3 และ 273.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลผลิตดังกล่าว จึงไม่สอดคล้องกับ อภิชาติ (2544) รายงานว่า ผลผลิตของข้าวหอมนิลเฉลี่ย 400-700 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการดูแลและสภาพแวดล้อมด้วยเช่นกัน

สรุปผล

สารสกัดจากธรรมชาติมีแนวโน้มในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นสีเขียวได้ดีและต้นข้าวมีผลผลิตสูงคือ น้ำส้มควันไม้ รองลงมาคือ สารสกัดจากน้ำพริกแกงเผ็ด สะเดา ตามลำดับ โดยสารสกัดจากธรรมชาติดังกล่าวสามารถควบคุมเพลี้ยจักจั่นสีเขียวให้อยู่ในระดับสมดุลทั่วไปไม่ถึงขั้นระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจได้

เอกสารอ้างอิง

เกษตรอินทรีย์วิถีไทย, 2554, คุณประโยชน์น้ำส้มควันไม้ [สืบค้น], http://kasetthaiway. songkh lahealth.org/paper/10 [18/ March/ 12]

จำเริญ ยืนยงสวัสดิ์, 2543, หลักการกสิกรรม, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

ดรุณี โชติษฐยางกูร สนั่น จอกลอย และโสภณ วงศ์แก้ว, 2550, อิทธิพลของน้ำส้มควันไม้ต่อ II: การทำลายของเสี้ยนดินเพลี้ยไฟ และปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงเมล็ดโต, สัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 2550, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 19-24.

นิรนาม, 2556, การผลิตข้าวในประเทศไทย [สืบค้น], http://en.wikipedia.org/wiki/Rice_production_in_Thailand [2 November/ 13].

พากเพียร อรัญนารถ เรวัต ภัทรสุทธิ วิชิต ศิริสันธนะ รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ ดารา เจตนะจิตรม วิชชุดา รัตนากาญจน์ และ Heon, K.L., 2546, ผลกระทบของศัตรูข้าวต่อผลผลิตข้าวนาหว่านน้ำตม, หน้า 406-429. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2546, กรุงเทพฯ.

รักษ์เกียรติ จิรันธร, ม.ป.ป., สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช, ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [สืบค้น], http://pcog2.pharmacy.psu.ac.th/thi/Article/2546/06-46/06-46.html [13 July/ 13].

สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550, น้ำส้มควันไม้, เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุภาณี พิมพ์สมาน รัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา และ สังวาล สมบูรณ์, ม.ป.ป., สารสกัดจากหนอนตายหยาก (*Stemona* spp.) เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืช. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุวัฒน์ คุรุวาสี, 2546, การลดพฤติกรรมเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรที่ทำไร่อ้อยในเขตอำเภอผาขาว จังหวัดเลย /สุวัฒน์ คุรุวาสี, ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, ม.ป.ป, เพลี้ยจักจั่นสีเขียว (green rice leafhopper) [สืบค้น], www.ricethailand.go.th/info_riceknowledge.htm, [29/ October/ 13].

อภิชาติ วรรณวิจิตร, 2544, ข้าวเพื่อสุขชีวิต ข้าวเจ้าหอมนิล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [สืบค้น], http://www.ku.ac.th/e-magazine/april44/agri/rice1.html [29/ October/ 13].

อัญชลี โพธิ์ดี พิกุล รอนณรงค์ สถาพร วงศ์เจริญวนกิจ ธเนศ จันทน์เทศ, ม.ป.ป., การใช้น้ำส้มควันไม้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในแปลงหม่อน [สืบค้น], http://www.qsds.go.th/research/abstract.php?r_id=138 [29/ October/ 13].

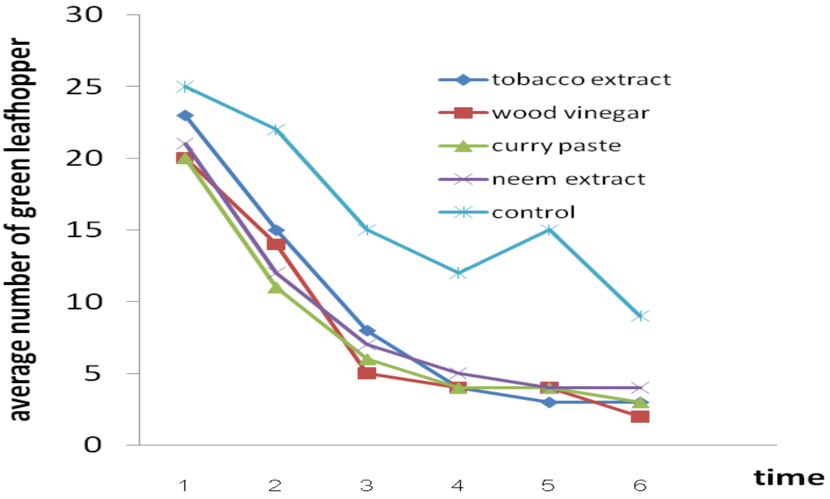


Figure 1 The average number of green leafhopper when sprayed six times.

Table 1 Yield components of rice spraying natural extracts.

Method	Yield components				
	plant number per hill	panicle number per hill	Grain number per panicle	100 seed weight (g.)	Yield (kg./rai)
neem extracts	7.40	5.67	73.07[b]	4.64	260.6[b]
wood vinegar	7.80	7.13	85.53[a]	4.79	275.3[a]
curry paste	7.60	6.47	80.20[a]	4.66	273.6[a]
tobacco extracts	7.60	6.80	78.87[ab]	4.74	267.0[ab]
control	7.06	5.93	62.73[c]	4.64	209.0[c]
Mean	7.49	6.40	51.68	4.69	267.0
C.V. (%)	8.59	11.43	11.74	5.82	36.0
F-test	ns	ns	**	ns	*

ns = not significantly different. *,** = significantly different at 0.05 and 0.01 level of probability, respectively.

Mean in the same column followed by the sane letter are not significantly different at P $\leq$ 0.05 by DMRT.

ความคิดเห็นของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรสภาพมันสำปะหลังที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

Opinion of Cassava Processing Entrepreneur toward Effect from Free Trade of Asian Economics Community

พิชัย ทองดีเลิศ[1] **สุภาภรณ์ เลิศศิริ**[1] **และ กิตติพันธ์ หันสมร**[1]

Tongdeelert, P.[1], Lertsiri, S.[1] and Hansamorn, K.[1]

Abstract

The objectives of this research were to study basic characteristics and opinion of cassava entrepreneur towards effect of free trade of Asian Economics Community. The total of 39 cassava entrepreneurs from 12 provinces served as respondent of this study. Structured questionnaire was used as the research instrument. Data were analyzed and presented through percentage, mean and standard deviation. Finding showed that there were three types of cassava entrepreneur namely; cassava ship factory, cassava starch factory and ethanol factory.

Opinion of cassava entrepreneur towards effect of free trade of Asian Economics Community revealed that in general there was no effect, flowed by the total export volume would increase (mean= 3.88). Opinion of cassava ship entrepreneur was at good level on storage technology and total export (mean=3.78). Opinion of cassava starch entrepreneur was at good level on total export (mean= 4.20), labor (4.00) and number of labors (mean=3.80) respectively. Opinion of ethanol entrepreneur was at good level on raw material (mean=5.00), labor (mean=4.50), transportation (mean=4.00) and total export (mean=4.00), respectively.

Keywords: cassava, entrepreneur, AEC

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความคิดเห็นของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรสภาพมันสำปะหลัง ที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ประกอบการจำนวน 39 ราย ในพื้นที่ 12 จังหวัด เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่มีโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่าผู้ประกอบการมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ลานมัน โรงงานแป้งมัน และโรงงานเอทานอล

ผู้ประกอบการในภาพรวมมีความคิดเห็นว่า การเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนไม่มีผลกระทบ แต่มีความคิดเห็นระดับดีขึ้นด้านยอดการส่งออกรวมเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ย 3.88 เมื่อพิจารณาตามประเภทอุตสาหกรรมพบว่า ผู้ประกอบการลานมัน มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือ เทคโนโลยีในการเก็บรักษา และยอดส่งออกรวม โดยทั้ง 2 ด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 3.78 ผู้ประกอบการโรงงานแป้งมันมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือ ยอดส่งออกรวมมีค่าเฉลี่ย 4.20 ต้นทุนด้านแรงงานมีค่าเฉลี่ย 4.00 และจำนวนแรงงาน โดยมีค่าเฉลี่ย 3.80 ตามลำดับ ส่วนในโรงงานเอทานอล ผู้ประกอบการมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือ วัตถุดิบ มีค่าเฉลี่ย 5.00 จำนวนแรงงาน มีค่าเฉลี่ย 4.50 การขนส่ง มีค่าเฉลี่ย 4.00 และยอดส่งออกรวมมีค่าเฉลี่ย 4.00 ตามลำดับ

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง ผู้ประกอบการ ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900

[1] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีส่วนแบ่งตลาดสูงถึงร้อยละ 70 ของตลาด ASEAN และไทยก็สามารถครองอันดับ 1 ในการส่งออกมาเป็นเวลานานกว่า 10 ปี เพราะประเทศไทยมีความต้องการใช้มันสำปะหลังในประเทศเพียงปีละไม่เกิน 10 ล้านตันเท่านั้น ทำให้ประเทศสามารถส่งออกมันสำปะหลังได้ประมาณ 16-17 ล้านตันต่อปี และนำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

โดยผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดหลักของมันสำปะหลัง คือ มันเส้นหรือมันอัดเม็ด เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปสำหรับนำไปใช้ต่อในอุตสาหกรรม เช่น อาหารสัตว์ หรือนำไปผลิตแอลกอฮอล์ สำหรับบริโภคหรือใช้เป็นพลังงานทดแทน เช่น การผลิต เอทานอล เป็นต้น อีกผลิตภัณฑ์หนึ่งก็คือ แป้งมันสำปะหลัง เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปสำหรับนำไปบริโภคเป็นอาหารโดยตรง หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ใช้มันสำปะหลังมาผลิตเป็นแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด โดยมีกำลังการผลิตมากกว่า 2 ล้านตันต่อปี และมีเทคโนโลยีการผลิตสูงกว่าประเทศอื่นๆ (กล้าณรงค์, 2550) ซึ่งผลผลิตหลักของอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลัง ทั้ง 2 ชนิดนั้น มีมูลค่ารวมกันประมาณ 47,800 ล้านบาท และมีความเกี่ยวข้องกับเกษตรกรมากกว่า 2.6 ล้านคน และมีการจ้างงานในอุตสาหรรมต่อเนื่องอีก 1 ล้านคน นับได้ว่าอุตสาหกรรมมันสำปะหลังมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเป็นอย่างมาก

การจัดตั้งเขตการค้าเสรีอาเซียนที่กำหนด ให้ประเทศสมาชิกลดอัตราภาษีศุลกากรเหลือร้อยละ 0-5 ภายในปี พ.ศ. 2553 และ ในปี พ.ศ. 2558 ยกเลิกมาตรการจำกัดปริมาณการค้า จะช่วยเพิ่มสัดส่วนการค้าระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียน (Intra-regional Trade) อย่างต่อเนื่อง โดยสัดส่วนการส่งออกของไทยไปยังอาเซียนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.2 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมดของไทย ในปี พ.ศ. 2541 มาเป็นร้อยละ 21.3 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมดของไทยในปี พ.ศ. 2552 ส่งผลให้อาเซียนเป็นตลาดส่งออกอันดับ 1 ของไทย

การเปิดการค้าเสรีทางการค้าภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ย่อมจะส่งผลกระทบกับผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ที่สุด เพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นที่ผู้ประกอบการมีต่อผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในด้านต่างๆ ว่ามีความคิดเห็นกับเรื่องนี้อย่างไร จึงได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบในอุตสาหกรรมแปรสภาพมันสำปะหลังที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ AEC เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้ประกอบในอุตสาหกรรมแปรสภาพมันสำปะหลัง และความคิดเห็นที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ AEC ของผู้ประกอบในอุตสาหกรรมแปรสภาพมัน กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ประกอบการจำนวน 39 รายในพื้นที่ 12 จังหวัด โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sample) เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่มีโครงสร้าง ในเรื่องเกี่ยวกับการจัดจำหน่ายและการส่งออก และความคิดเห็นที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลอง

ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการแปรสภาพผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ลานมันสำปะหลัง โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และ โรงงานผลิตเอทานอล ในการลงทุนทั้ง 3 ประเภท จะประกอบไปด้วย อาคารสำนักงาน และในส่วนของการผลิตที่ใช้เครื่องจักรที่ใช้ในการแปรสภาพ โดยลานมันสำปะหลัง จะมีกระบวนการแปรสภาพที่ง่ายที่สุด คือ มีกระบวนการหั่น หรือโม่หัวมันสำปะหลังสดสดที่รับซื้อจากเกษตรกรให้มีขนาดที่เล็กแล้วนำไปตากให้แห้ง โดยจะใช้เครื่องตัด 2 ลักษณะคือ เป็นจานตัด และใบมีด ส่วนกระบวนการแปรสภาพของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังและโรงงานผลิตเอทานอล จะต้องมีกระบวนการทางเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง และมีการลงทุนสูง เพราะต้องอาศัยอุป กรณ์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยเฉพาะโรงงานผลิตเอทานอล ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการแปรสภาพทั้ง 3 อุตสาหกรรมคือ หัวมันสด ยกเว้น โรงงานเอทานอลที่สามารถใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบได้ด้วย

ในด้านการรับซื้อหัวมันสำปะหลังสด ผู้ประกอบการทั้ง 3 ประเภท จะรับซื้อจากเกษตรกรโดยตรง และจากพ่อค้าทั้งในและนอกพื้นที่ โดยการกำหนดราคาเป็นรายวัน ไม่รวมค่าขนส่ง ราคาขึ้นกับเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสด โดยการคำนวณราคารับซื้อหัวมันสดจะอาศัยราคาแป้งมันสำปะหลังที่ผู้รับซื้อแจ้งมา หรือตามราคาโครงการรับจำนำที่รัฐบาล

ประกาศ การชั่งน้ำหนักจะทำที่โรงชั่งโดยอาศัยตาชั่งใหญ่อัตโนมัติ ส่วนการวัดเปอร์เซ็นต์แป้งจากการใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง สิ่งที่ผู้ประกอบการต้องจ่ายเพิ่มจากการรับซื้อ คือ ค่าเหยียบเบรก ซึ่งเป็นเงินที่จ่ายให้กับผู้ที่รับขนส่งมันสำปะหลังสดมาขายให้กับโรงงาน ด้านการรับซื้อมันเส้นของโรงงานเอทานอล ซึ่งจะต้องเป็นมันเส้นที่สะอาด โดยจะรับซื้อจากลานมัน หรือประมูลราคาจากคลังสินค้าของรัฐ โดยราคาจะอิงตามต้นทุนการผลิตเอทานอล หรือราคารับซื้อมันเส้นในท้องตลาดที่รับซื้อกัน

ช่วงเวลาการผลิตของทั้ง 3 อุตสาหกรรม จะขึ้นกับผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยลานมันจะเริ่มประมาณปลายเดือนตุลาคม และสิ้นสุดที่เดือนเมษายน เพราะในช่วงฤดูฝนเกษตรกรไม่สามารถทำการผลิตมันสำปะหลังได้ ส่วนของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานเอทานอลสามารถที่จะผลิตได้ทั้งปีโดยเพราะสามารถต้องหาวัตถุดิบมาเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ตลอดทั้งปี

สำหรับความคิดเห็นของผู้ประกอบการทุกประเภท เกี่ยวกับการที่จะได้รับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน พบว่า ผู้ประกอบการมีความคิดเห็นว่าการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนไม่มีผลกระทบ มียอดส่งออกรวม เท่านั้นที่มีผลกระทบ ความคิดเห็นระดับดีขึ้น คือ มีค่าเฉลี่ย 3.88 เมื่อพิจารณาตามประเภทอุตสาหกรรมพบว่า ผู้ประกอบการลานมัน มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น ในด้านเทคโนโลยีในการเก็บรักษา และยอดส่งออกรวม โดยทั้ง 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 3.78 ผู้ประกอบการโรงงานแป้งมันมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือยอดส่งออกรวมมีค่าเฉลี่ย 4.20 ต้นทุนด้านแรงงานมีค่าเฉลี่ย 4.00 และจำนวนแรงงาน โดยมีค่าเฉลี่ย 3.80 ตามลำดับ ส่วนในโรงงานเอทานอล ผู้ประกอบการระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือ วัตถุดิบ มีค่าเฉลี่ย 5.00 จำนวนแรงงาน มีค่าเฉลี่ย 4.50 การขนส่ง มีค่าเฉลี่ย 4.00 และยอดส่งออกรวมมีค่าเฉลี่ย 4.00 ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

การผลิตมันสำปะหลังเกษตรกรไม่สามารถทำการผลิตได้ในช่วงฤดูฝน ทำให้ในช่วงฤดูฝนเกิดการขาดแคลนวัตถุดิบในอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง จะต้องมีการหาวัตถุดิบจากแหล่งการผลิตที่ไกลจากที่ตั้งของผู้ประกอบการทำให้ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้อย่างเต็มกำลัง ซึ่งผู้ประกอบการบางรายจะใช้ช่วงระยะเวลานี้ ในการปรับปรุง ซ่อมบำรุงสถานที่และเครื่องจักรต่างๆ ในด้านของความคิดเห็นของผู้ประกอบการมันสำปะหลัง พบว่าการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนไม่มีผลกระทบ อาจเป็นเพราะประเทศไทยสามารถผลิตมันสำปะหลังได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งเกินความต้องการในประเทศ ประกอบกับฝีมือแรงงาน เทคโนโลยีการผลิตของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังของประเทศไทยมีความก้าวหน้ามากกว่าประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรม โรงงานแป้งมันสำปะหลังและโรงงานเอทานอล

สรุปผล

ผู้ประกอบการมันสำปะหลังในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ลานมันสำปะหลัง โรงงานแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานเอทานอล โดยช่วงเวลาการผลิตของทั้ง 3 อุตสาหกรรม จะขึ้นกับผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยลานมันจะเริ่มประมาณปลายเดือนตุลาคม และสิ้นสุดที่เดือนเมษายน ส่วนของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานเอทานอลสามารถที่จะผลิตได้ทั้งปี สำหรับความคิดเห็นของผู้ประกอบการทุกประเภท เกี่ยวกับการที่จะได้รับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน พบว่า ผู้ประกอบการมีความคิดเห็นว่าการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนไม่มีผลกระทบ มียอดส่งออกรวมเท่านั้นที่มีผลกระทบ ความคิดเห็นระดับดีขึ้น เมื่อพิจารณาตามประเภทอุตสาหกรรมพบว่า ผู้ประกอบการลานมัน มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น ในด้านเทคโนโลยีในการเก็บรักษา และยอดส่งออกรวม ผู้ประกอบการโรงงานแป้งมันมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือ ยอดส่งออกรวม ต้นทุนด้านแรงงานและจำนวนแรงงาน ส่วนในโรงงานเอทานอล ผู้ประกอบการระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีขึ้น คือ วัตถุดิบ จำนวนแรงงาน การขนส่ง และยอดส่งออกรวม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สมาคมมันสำปะหลังไทยภาคเหนือ สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย สมาคมโรงงานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทย สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย และสมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2550, สถานภาพการผลิตหัวมันสำปะหลังและคุณภาพหัวมัน สำหรับการผลิตเอทานอล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง /กล้าณรงค์ ศรีรอต...[และคนอื่นๆ], กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555.

การผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศโดยการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก

Production of Potentially Probiotic Beverages Using Sweet Potatoes Fermented by Lactic Acid Bacteria

สันติ แก่อินทร์[1] ภาวินี ดีแท้[2] จีรัณ กิ่งแก้ว[2] และ ประภาพรรณ ซอหะซัน[1]

Gae-in, S.[1], Deetae, P.[2], Kingkaew, J.[2] and Sawhasan, P.[1]

Abstract

Processed probiotic drinking beverages from sweet potatoes can be a new alternative for the consumer. This research aimed to evaluate the probiotic potential of 10 lactic acid bacteria strains by conducting resistance to low pH (pH 2.5) tests, antimicrobial activity tests, and antibiotic resistance test. Due to the highest probiotic performance of the KN2 strain, it was further selected as a probiotic starter for the fermentation process using yellow and purple sweet potatoes as raw materials. After the fermentation process, the viable count from fermented yellow and purple sweet potatoes showed 2.8 x $10^9$and 7.10 x 10^8 cfu/ml, respectively. Total phenolic content and free radical scavenging of ABTS form fermented yellow sweet potatoes showed 30.14 mg of GAE/ 100 ml and 16.79 mg of VCEAC/ 100 ml, respectively. Total phenolic content and free radical scavenging of ABTS form fermented purple sweet potatoes showed41.25mg of GAE/ 100 ml and 16.83mg of VCEAC/ 100 ml, respectively.In addition, the result of sensory evaluation of the beverages showed that the fermented purple sweet potato was preferred.

Keywords: sweet potatoes, probiotic, lactic acid bacteria, fermentation

บทคัดย่อ

การแปรรูปเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการคัดเลือกและศึกษาศักยภาพความเป็นโปรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติก 10 สายพันธุ์ทำการทดสอบความสามารถในการทนกรดคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและทดสอบการดื้อต่อยาปฏิชีวนะพบว่า KN2 เป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเป็นโปรไบโอติกที่ดีที่สุดจึงถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในกระบวนการหมักโดยใช้มันเทศสีหลืองและสีม่วงเป็นวัตถุดิบเมื่อการหมักสิ้นสุดลงพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในน้ำหมักมันเทศสีเหลืองและมันเทศสีม่วงเท่ากับ2.8 x 10^9 และ 7.10 x 10^8cfu/ml ตามลำดับ และพบว่าเครื่องดื่มโปรไบโอติกมันเทศสีเหลืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 30.14 mg of GAE/ 100 ml และมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เท่ากับ 16.79 mg of VCEAC/ 100 ml เครื่องดื่มโปรไบโอติกมันเทศสีม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 41.25mg of GAE/ 100 ml และมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีABTS เท่ากับ 16.83mg of VCEAC/ 100 ml และจากการศึกษาด้านประสาทสัมผัสพบว่าเครื่องดื่มมันเทศสีม่วงเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคมากกว่าเครื่องดื่มมันเทศสีเหลือง

คำสำคัญ: มันเทศ เครื่องดื่มโปรไบโอติก แบคทีเรียกรดแลคติก การหมัก

คำนำ

เครื่องดื่มโปรไบโอติกเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ประกอบด้วยจุลินทรีย์มีชีวิตที่สามารถดำรงอยู่ในระบบทางเดินอาหารในปริมาณเพียงพอที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ มีคุณสมบัติในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง ลดระดับคลอเลสเตอรอลและความดันโลหิตสูง ช่วยส่งเสริมควบคุมภูมิคุ้มกัน (Alvared-Olmos และ Oberhelman, 2001) โดยในปัจจุบันได้มีการใช้โบรไบโอติกในการป้องกันและรักษาโรค ทั้งที่เกิดจากการติดเชื้อหรือภาวะอักเสบอื่นๆ เช่น ภาวะท้องเสีย โรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง โรคภูมิแพ้และป้องกันการเกิดมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Vanderhoof, 2001)แบคทีเรียที่มีการนำมาผลิตเป็นโปรไบโอติกที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรียแลกติก ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้เป็น

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตรมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 หมู่ 9 ตำบลลุ่มสุ่ม อำเภอไทรโยค กาญจนบุรี 71150

[1] Agricultural Science Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus 199 M.9 LumsumKanchanaburi71150

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 หมู่ 9 ตำบลลุ่มสุ่ม อำเภอไทรโยค กาญจนบุรี 71150

[2] Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus 199 M.9 LumsumKanchanaburi71150

จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรมได้รับการยอมรับว่าเป็นแบคทีเรียที่ปลอดภัย (Generally recognized as safe bacteria; GRAS status) นิยมใช้ในกระบวนการหมักและถนอมอาหารในปัจจุบันผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกส่วนใหญ่ผลิตจากนม ส่งผลให้ผู้บริโภคกลุ่มแพ้แลคโตส (Lactose intolerant) ซึ่งมีจำนวนถึง 33% ของจำนวนประชากร ไม่สามารถบริโภคได้ (Rong และคณะ, 2011) ดังนั้นเครื่องดื่มโปรไบโอติกที่ผลิตจากพืช อย่างเช่น มันเทศ จึงเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคมันเทศ (*Ipomeabatatus*) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ มีการเพาะปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยมันเทศสีม่วงและสีเหลืองมีการนำมาบริโภคอย่างแพร่หลาย มีคุณค่าทางอาหารสูง มีเส้นใยและวิตามินสูง มีสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic content: TPC) ในมันเทศสีม่วงมีแอนโทไซยานิน และมันเทศสีเหลืองมีเบต้าแคโรทีน ซึ่งคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกจากมันเทศสีเหลืองและมันเทศสีม่วง โดยทำการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียแลคติก และทดสอบความสามารถการเจริญในสภาวะกรดคล้ายระบบทางเดินอาหารและความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในทางเดินอาหาร การดื้อต่อยาปฏิชีวนะ ทำการหมักและวิเคราะห์ TPC และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มโปรไบโอติกมันเทศ รวมถึงทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกและการคัดเลือกโปรไบโอติกแบคทีเรีย

ในงานวิจัยนี้ใช้แบคทีเรียกรดแลคติกจำนวน 10 ไอโซเลต ที่ทำการคัดแยกจาก โยเกิร์ต นมเปรี้ยว และกิมจิ ศึกษาศักยภาพการเป็นโปรไบโอติก โดยทดสอบความสามารถในการทนกรด (สภาวะจำลองในกระเพาะอาหาร) ในสารละลาย PBS buffer pH 2.5 ที่อุณหภูมิ 37°C ที่เวลาต่างๆในระยะเวลา 3 ชม. ทำการวัดจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิต (viable count) บนอาหาร MRS agar (Argyri และคณะ, 2013) ทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร (คุณสมบัติส่งเสริมสุขภาพ) ได้แก่ *Escherichia coli, Salmonella enteritidis* และ *Listeria monocytogenes* โดยวิธี Well diffusion assay บนอาหาร NA ทำการบันทึกวงใส (clear zone) ที่เกิดขึ้น (Argyri และคณะ, 2013) และทดสอบการต้านทานยาปฏิชีวนะ (คุณสมบัติความปลอดภัยต่อผู้บริโภค) โดยวิธี Disc diffusion test บนอาหาร MRS agar ที่มียาปฏิชีวนะ Ampicillin, Penicillin G, Kanamycin, Streptomycin และ Tetracycline ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชม.บันทึกวงใสที่เกิดขึ้น คำนวณค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) (Hausler และคณะ, 1991) โดยแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีศักยภาพดีที่สุดจะถูกคัดเลือกเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อ (starter) สำหรับขั้นตอนต่อไปในกระบวนการหมัก

การผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ทำการผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกด้วยกระบวนการหมัก โดยใช้มันเทศสีม่วง และมันเทศสีเหลือง นำมันมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด หั่นให้มีขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นึ่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลา 20 นาที ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:3 (v/w) ทำการกรองแยกน้ำมันเทศไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที เติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสลงไปในอัตราส่วน 0.05% และเติมกล้าเชื้อที่คัดเลือกได้ลงไป 5% ทำการหมักที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 48 ชม.ในระหว่างการหมักทำการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิต และน้ำตาลรีดิวซ์ ที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อเสร็จสิ้นขบวนการหมักนำเครื่องดื่มโปรไบโอติกที่ได้ หาปริมาณ TPC ตามวิธีของ Folin-Ciocalteu assay วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic (ABTS) assay (Chan, 2010) ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ (paired preference test) ระหว่างเครื่องดื่มโปรไบโอติกมันเทศสีเหลืองและมันเทศสีม่วง โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 60 คน วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Chi-Square Tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดแยกและการคัดเลือกโปรไบโอติกแบคทีเรีย

จากการทดสอบศักยภาพการเป็นโปรไบโอติกได้ผลการทดลองดัง Table 1 พบว่ากลุ่มเชื้อที่แยกได้จากกิมจิมีความสามารถในการทนกรด และสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้ดีกว่าเชื้อที่แยกได้จากนมเปรี้ยวและโยเกิร์ตและไม่ดื้อยาปฏิชีวนะทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ โดยเชื้อ KN2 ที่แยกจากกิมจิ มีคุณสมบัติโดดเด่น คือ สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารทั้งสามชนิด ซึ่งแตกต่างจากการรายงานที่ผ่านมาซึ่งไม่พบคุณสมบัติดังกล่าวนี้ (Argyri และ

คณะ, 2013) โดยคุณสมบัตินี้ช่วยป้องกันและยับยั้งภาวะท้องเสีย ป้องกันและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคต่างๆแก่ผู้บริโภค ส่งผลให้เป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะ ดังนั้นเชื้อ KN2 จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหมัก

Table 1 Ten isolates with probiotic potentials according to resistance to pH 2.5, antimicrobial activity against pathogens, and antibiotic resistance

Test		Isolates									
		Homemade Kimchi				Yogurt			Sour milk		
		KN1	KN2	KN3	KV1	Y1	B1	B2	M1	D1	D2
Resistance to pH 2.5 (cfu/ml; at 3 h)		2.1×10^2	1.0×10^2	1.2×10^2	2.4×10^2	5.1×10^1	6.6×10^1	9.0×10^1	3.3×10^1	5.0×10^1	3.5×10^1
Antimicrobial activity against pathogens	*E. coli*	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-
	S. enteritidis	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-
	L. monocytogenes	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-
Antibiotic resistance		< MIC breakpoint ofEuropean Food Safety Authority (2008)									

+: inhibition; -: no zone of inhibition

การผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักโดยเชื้อ KN2 ที่ 48 ชม. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิต น้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณ TPC ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS assay และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลการทดลองดัง Table 2 โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศทั้งสองชนิด มีปริมาณเชื้อถึงเกณฑ์ ประมาณ 10^7-10^9 cfu/ml ของผลิตภัณฑ์ (Dunne และคณะ, 2001) จึงจัดเป็นเครื่องดื่มโปรไบโอติกที่ดี นอกจากนั้นเครื่องดื่มโปรไบโอติกทั้ง 2 ชนิด ยังมี TPC และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วยและจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชื่นชอบเครื่องดื่มโปรไบโอติกมันเทศสีม่วงมากกว่าเครื่องดื่มโปรไบโอติกมันเทศสีเหลือง

Table 2 Viable count, reducing sugar, total phenolic content, ABTS assay and sensory evaluation of probiotic-fermented purple and yellow sweet potato (48 h)

Probiotic-fermented sweet potato	Viable count (cfu/ml)	Reducing sugar (g/l)	Total phenolic content (mg of GAE/100 ml)	ABTS assay (mg of VCEAC/100 ml)	Sensory evaluation (% preference)
Purple	7.1×10^8	18.38 ± 0.05	41.25 ± 1.51	16.83 ± 0.03	68.33
yellow	2.1×10^9	20.85 ± 0.05	30.14 ± 1.93	16.79 ± 0.24	31.67

GAE: Gallic acid equivalents; VCEAC: Vitamin C equivalent antioxidant capacity

สรุปผล

จากงานวิจัยนี้พบว่าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่แยกได้จากกิมจิ KN2 มีคุณสมบัติที่ดีในการนำมาผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศสีม่วงและสีเหลือง การบริโภคเครื่องดื่มดังกล่าวนอกจากได้คุณประโยชน์ของเชื้อโปรไบโอติกที่ช่วยป้องกันและรักษาสุขภาพของผู้บริโภคจากโรคต่างๆแล้ว ยังได้รับประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากมันเทศอีกด้วย เครื่องดื่มโปรไบโอติกจากมันเทศจึงถือเป็นเครื่องดื่มสุขภาพทางเลือกใหม่ของผู้บริโภคที่ไม่สามารถบริโภคนมและกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรให้มีมูลค่าที่เพิ่มสูงขึ้นได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ขอขอบคุณ คุณสุดาพร ลือชัย นักวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่อนุเคราะห์เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์และเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร

เอกสารอ้างอิง

Alvared-Olmos, M. and Oberhelman, R., 2001, Probiotic Agents and Infectious Diseases: AModern Perspective on a Traditional Therapy, Clinical Infectious Diseases, 32: 1567-1576.

Argyri, A., Zoumpopoulou, G., Karatzas, K., Tsakalidou, E., Nychas, G., Pangou, E. and Tassou, C., 2013, Selection of Potential Probiotic Lactic Acid Bacteria From Fermented Olives by *In vitro* Tests, Food Microbiology, 33: 282-291.

Chan, E., 2010, Antioxidant Properties of Tropical and Temperate Herbal Teas, Journal of Food Composition and Analysis, *23*: 185-189.

Dunne, C., O'Mahony, L., Murphy, L., Thornton, G., Morrissey, D., O'Halloran, S., Feeney, M., Flynn, S., Fitzgerald, G., Daly, C., Kiely, B., O'Sullivan, G., Shanahan, F. and Collins, J.K., 2001, *In vitro* Selection Criteria for Probiotic Bacteria of Human Origin: Correlation with *In vivo* Findings, American Journal of Clinical Nutrition, 73: 386S-392S.

European Food Safety Authority, 2008, Technical Guidance: Update of the Criteria Used in Assessment of Bacterial Resistance to Antibiotics of Human or Veterinary Importance Prepared by the Panel on Additives and Products or Substances Used in Animal Feed, The EFSA Journal, 732: 1-15.

Hausler, W.J., Herrmann, K.L. and Isenberg, H.D., 1991, Manual of Clinical Microbiology (5th ed.), Washington, DC: American Society for Microbiology.

Rong, Q., Cheng, H., Huizhang, D., Guo, Z., Ling, Z. and Sheng, Y., 2011, Milk Consumption and Lactose Introlerance in Adults, Biomedical and Environmental Sciences, 24: 512-517.

Vanderhoof, J.A., 2001, Probiotics: Future Directions.American Journal of Clinical Nutrition, 73(suppl): 1152S-5S.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 241-244 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 241-244 (2557)

ประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์บางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว

Efficacy of Some Antagonistic Yeasts on Inhibition of *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp., the Pathogen of Dirty Panicle Disease in Rice

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] ผกามาศ แก่นวิจิตร[1] และ มานะ จอมไกร[1]

Sawatdikarn, S.[1], Kenwijit, P.[1] and Jomtri, M.[1]

Abstract

The efficacy of three antagonistic yeasts from bamboo field namely; BB1 BB2 and BB3 were tested against *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. (the pathogen of dirty panicle disease in rice). The inhibition of mycelial growth was evaluated. Results showed that the three antagonistic yeasts inhibited the mycelial growth of the two pathogens, For *Fusarium* sp. test, the BB1 antagonistic yeast showed the highest inhibition at 40.80%, followed by the BB2 and BB3 antagonistic yeast with an inhibition of 33.30 and 25.60%, respectively. In the *Alternaria* sp. test, the BB2 antagonistic yeast had the highest inhibition of 56.70%, followed by the BB1 and BB3 antagonistic yeast with an inhibition of 45.50 and 39.20%, respectively.

Keywords: antagonistic yeasts, dirty panicle disease in rice

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์ที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่จำนวน 3 ไอโซเลท คือ BB1 BB2 และ BB3 ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว พบว่า ยีสต์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. ได้ โดยยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB1 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้สูงสุด 40.80% รองลงมา คือ ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB2 และ BB3 ที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 33.30 และ 25.60% ตามลำดับ ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Altranaria sp* พบว่า ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB2 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ 56.70% รองลงมา คือ ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB1 และ BB3 ที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญเท่ากับ 45.40 และ 39.20% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ยีสต์ปฏิปักษ์ โรคเมล็ดด่างของข้าว

คำนำ

โรคเมล็ดด่างข้าวเป็นโรคที่มีความสำคัญโรคหนึ่ง มีผู้ศึกษาการควบคุมโรคเมล็ดด่างข้าวหลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี การใช้สารสกัดจากพืช และการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ศานิต, 2553) ซึ่งแต่ละวิธีสามารถควบคุมโรคเมล็ดด่างได้แตกต่างกันไป สำหรับการใช้ยีสต์ปฏิปักษ์ให้ผลดีในการควบคุมโรคเมล็ดด่าง แต่ยังไม่มีผู้ศึกษามาก่อน ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการใช้ยีสต์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชอื่นหรือจุลินทรีย์อื่น เช่น การใช้ยีสต์ *Candida guilliermondii* และ *C. oleophila* ในการควบคุมเชื้อ *Botrytis cinerea* บนผลมะเขือเทศ (Saligkarias และคณะ, 2002) การใช้ยีสต์ 2 ชนิด คือ *Candida famata* (Arras, 1996) และ *C. oleophila* (Droby และคณะ, 2002) ในการควบคุมเชื้อ *Penicillium digitatum* บนผลส้ม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์ที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่จำนวน 3 ไอโซเลท ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้มี 2 การทดลองย่อย คือ 1) การทดสอบยีสต์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. และ 2) การทดสอบยีสต์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อ *Alternaria* sp. สำหรับเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ที่ใช้ในทั้งสองการทดลองนี้เป็นเชื้อที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่ จำนวน 3 ไอโซเลท คือ ไอโซเลท BB 1 BB 2 และ BB 3 ทั้งสองการทดลองทำการทดสอบด้วยเทคนิค dual culture โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มล. เจาะเส้นใยบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้งสองชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยวางให้ห่างจากขอบจานเลี้ยงเชื้อประมาณ 2 ซม. จากนั้นวางชิ้นวุ้นที่มีเชื้อยีสต์ทดสอบในตำแหน่งด้านตรงข้ามกับเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้งสองชนิด หลังจากนั้นใช้ loop ที่เผาไฟฆ่าเชื้อแล้วแตะ single colony ของเชื้อทดสอบขีดเป็นเส้นตรงในตำแหน่งด้านตรงข้ามกับเชื้อสาเหตุโรค และชุดเปรียบเทียบซึ่งเป็นสภาพควบคุมที่วางเฉพาะเชื้อสาเหตุโรค ทำการบันทึกผลโดยการวัดขนาดความกว้างของบริเวณยับยั้งที่เกิดขึ้นหรือลักษณะการเจริญคุมทับโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรค แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยตามสูตร เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง = $\left[(A-B) / A\right]$ x100 เมื่อ A คือ ขนาดความกว้างของบริเวณที่ยับยั้งของชุดเปรียบเทียบ และ B คือ ขนาดความกว้างของบริเวณที่ยับยั้งของชุดที่วางร่วมกับเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้ด้วยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ที่แยกได้จากดินบริเวณแปลงปลูกไผ่ จำนวน 3 ไอโซเลท คือ ไอโซเลท BB 1 BB 2 และ BB 3 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. ได้ สำหรับการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่า เชื้อไอโซเลท BB 1 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้ (Figure 1A) ในขณะที่ เชื้อไอโซเลท BB 2 (Figure 1B) และ BB 3 (Figure 1C) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium sp.* ได้เช่นกัน นอกจากเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. แล้วยังมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Altranaria* sp. ด้วย (Figure 2A-2C) โดยยีสต์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท คือ ไอโซเลท BB 1 BB 2 และ BB 3 มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้งสองชนิด โดยเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าวทั้งสองชนิด คือ *Fusarium* sp. (Figure 1A-1C) และ *Altranaria* sp. ที่เจริญเพียงชนิดเดียวมีการเจริญเป็นปกติ (Figure 2A-2C) ส่วนเชื้อที่เจริญร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ถูกยับยั้งการเจริญ การใช้เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท คือ BB 1 BB 2 และ BB 3 ที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเชื้อสาเหตุโรคพืชที่นำมาทดสอบ ในการทดสอบกับเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่า ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 1 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้สูงสุด 40.80% รองลงมา คือ ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 2 ที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญได้เท่ากับ 33.30% ส่วนยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 3 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อต่ำสุด เท่ากับ 25.60% (Table 1) ส่วนการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Altranaria* sp. พบว่ายีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 2 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Altranaria* sp. ได้ 56.70% รองลงมา คือ ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 1 ที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญเท่ากับ 45.50% ส่วนยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 3 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อต่ำสุด เท่ากับ 39.20% (Table 1) การใช้ยีสต์ปฏิปักษ์จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการควบคุมโรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อสาเหตุโรค 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ยีสต์ปฏิปักษ์บางชนิดในการควบคุมโรคพืช เช่น การใช้เชื้อยีสต์ 2 ชนิด คือ *Candida famata* (Arras, 1996) และ *Candida oleophila* (Droby และคณะ, 2002) ในการควบคุมเชื้อ *Penicillium digitatum* บนผลส้ม และการใช้เชื้อยีสต์ 2 ชนิด คือ *Candida guilliermondii* และ *Candida oleophila* ในการควบคุมเชื้อ *Botrytis cinerea* บนผลมะเขือเทศ (Saligkarias และคณะ, 2002) เชื้อยีสต์ที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่ทั้ง 3 ไอโซเลท คือ BB 1 BB 2 และ BB 3 มีประสิทฺธิภาพต่างกันในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. โดยการใช้เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ ไอโซเลท BB 2 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่า เชื้อยีสต์ BB 2 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ เท่ากับ 33.30% (Table 1) ในขณะที่การทดสอบเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ ไอโซเลท BB 2 มีประสิทธภาพสูงสุด 56.70% ในการควบคุมเชื้อ *Altranaria* sp. (Table 1) การที่เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบในการทดลองนี้เป็นเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่มี 3 ไอโซเลท คือ BB 1 BB 2 และ BB 3 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่าง 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. ทั้งนี้เป็นเพราะเชื้อยีสต์มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ 2 ประการ คือ 1) การที่เชื้อยีสต์มีการผลิตสารบางชนิดที่มีคุณสมบัติในการย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรามีผลทำให้เชื้อราถูกยับยั้งการเจริญ เช่น ยีสต์ในจีนัส Candida คือ *Candida guilliermondii* และ *Candida oleophila* ที่มีการผลิตเอนไซม์ซึ่งมีผลในการย่อยผนังเซลล์ของเชื้อ *Botrytis cinerea* (Saligkarias และคณะ, 2002) เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ทั้งสามไอโซเลทที่นำมาใช้ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่าง

ของข้าว 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. ในการทดลองนี้มีการสร้างสารที่ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชมีผลทำให้เชื้อถูกยับยั้งการเจริญเช่นเดียวกันกับการใช้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดในการควบคุมโรคพืช เช่น การใช้เชื้อ แบคทีเรียปฏิปักษ์ 2 ชนิด คือ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus* sp. ควบคุมโรคเมล็ดด่างของข้าว พบว่า เชื้อ *Bacillus subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างคิดเป็น 60 64 และ 51% ของเชื้อ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ตามลำดับ และการทดสอบเชื้อ *Bacillus* sp. พบว่า เชื้อ *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ 45.52 และ 36% ตามลำดับ (ศานิต, 2553) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะบางชนิดของเชื้อ *Bacillus* sp. ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา สำหรับสารปฏิชีวนะที่สร้างโดย *Bacillus* sp. เป็นสารในกลุ่ม cyclic peptide ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ต่อกันเป็นวงแหวน ที่เกิดจากกรด 2 ชนิด คือ กรดชนิดแอลฟา จำนวน 7 หน่วย และกรดชนิดบีตา จำนวน 1 หน่วย ซึ่งสารนี้มีผลในการต่อต้านการเจริญของเชื้อรา (Beattie และคณะ, 1995) และ 2) การที่เชื้อยีสต์มีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตได้ดี เช่น ยีสต์ในจีนัส Debareomyces จำนวน 1 ชนิด คือ *Debareomyces hansenii* มีความสามารถในการเจริญเติบโตในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงได้ดีกว่ายีสต์ชนิดอื่นรวมทั้งปรับตัวให้ทนต่อความเค็มได้ดีเช่นกัน (Papouskova และ Sychrovo, 2007) การที่เชื้อยีสต์มีความสามารถในการปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่เหมาะสมมีผลทำให้เชื้อยีสต์เจริญเติบโตได้ดีกว่าเชื้อจุลินทรีย์อื่น และจากการทดลองนี้พบว่า เชื้อยีสต์ที่นำมาทดสอบมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่นำมาทดสอบ คือ เชื้อ *Fusarium* sp. (Figure 1A-1C) และ *Alternaria* sp. (Figure 2A-2C) จึงเห็นได้ว่าการใช้เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ทั้งสามไอโซเลทให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช 2 ชนิด คือ เชื้อ *Fusarium* sp. และเชื้อ *Alternaria* sp. (Table 1) ได้ต่างกัน เช่นเดียวกับการใช้ยีสต์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดที่พบว่า เชื้อยีสต์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ต่างกัน เช่น การคัดเลือกเชื้อยีสต์ จำนวน 11 ชนิดในการควบคุมเชื้อ *Lasiodiplodia theobromae* พบว่า เชื้อยีสต์ *Endomycopsis fibuligera* มีประสิทธิภาพสูงสุด 82% ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (สมศิริ และ สุมิตรา, 2549) และรวมทั้งการคัดเลือกเชื้อยีสต์ 10 ชนิด คือ *Candis utilis*, *C. tropicalis*, *Pichia membranaefaciens*, *Cryptococcus Humicola*, *C. guilliermondii* BCC 5389, *C. sake* TISTR 5143, *Debaryomyces hansenii* TISTR 5155, *Aureobasidium pullulans* TISTR 3389, *Saccharomycopsis fibuligera* TISTR 5033 และ *Rhodotorula glutinis* TISTR 5159 โดยเชื้อยีสต์ทั้ง 10 ชนิดนี้มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Collectotrichum musae* ได้ และเชื้อ *A. pullulans* TISTR 3389 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. musae* ได้สูงสุด 40% รองลงมาคือ เชื้อยีสต์ *Candis utilis* ที่ยับยั้งเชื้อได้ 32% (วีระณีย์ และสมศิริ, 2551)

สรุปผล

การใช้เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ที่แยกได้จากแปลงปลูกไผ่ จำนวน 3 ไอโซเลท คือ BB 1 BB 2 และ BB 3 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. และ *Altranaria* sp. พบว่า ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 1 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้สูงสุด 40.80% ส่วนยีสต์ปฏิปักต์ไอโซเลท BB 2 และ BB 3 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ เท่ากับ 33.30 และ 25.60% ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Altranaria* sp. พบว่า ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 2 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Altranaria* sp. ได้สูงสุด 56.70% ในขณะที่ยีสต์ปฏิปักษ์ไอโซเลท BB 1 และ BB 3 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ เท่ากับ 45.50 และ 39.20% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

วีระณีย์ ทองศรี และสมศิริ แสงโชติ, 2551, การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *Collectoctichum musae* (Berk & Curtis) บนกล้วยหอมทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3)(พิเศษ): 35-38.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, สารสกัดจากพืชสมุนไพรและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 154 หน้า.

สมศิริ แสงโชติ และสุมิตรา แสงวนิชย์, 2549, การคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* บนกล้วยหอมทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(2)(พิเศษ): 59-64.

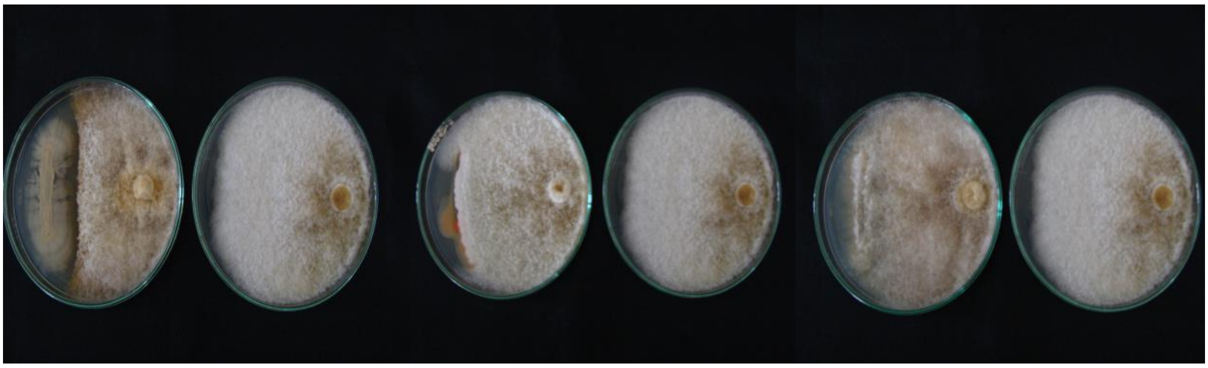
Arras, G., 1996, Mode of Action of an Isolate of *Candida famata* in Biological Control of *Penicillium digitatum* in Orange Fruits, Postharvest Biology and Technology, 8: 191-198.

Beattie, B.B., Mc-Glasson, W.B. and Wade, N.L., 1995, Postharvest of Horticultural Products: Tropical Fruit, DPI, Brisbane, Australia, 56 p.

Droby, S.V., Vinokur, B., Weiss, L., Cohen, A., Daus E.E. and Porat. R., 2002, Induction of Resistance to *Penicillium digitatum* in Grapefruit by the Yeast Biocontrol Agent *Candida oleophila*, Phytopathology, 92: 393-399.

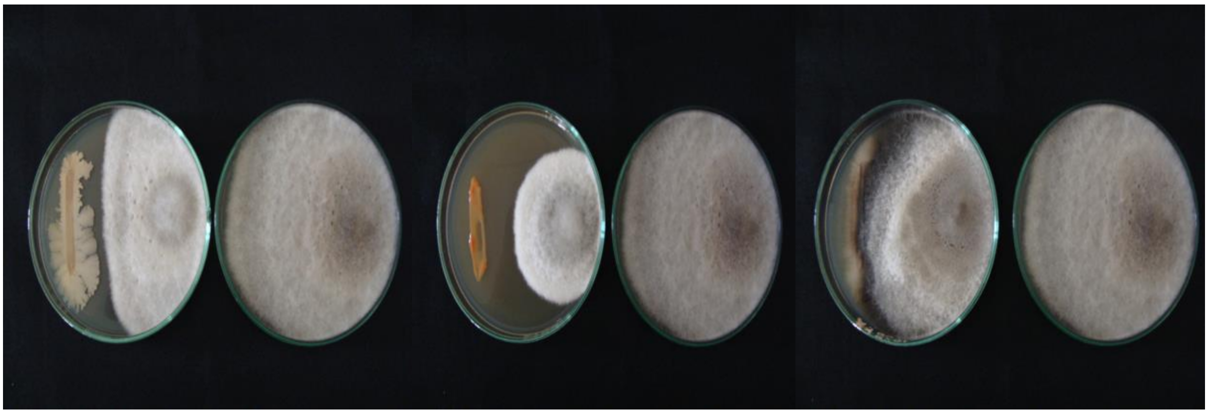
Papouskavo, K. and Sychrova, H., 2007, The Co-ation of Osmotic and High Temperature Stresses Results in a Growth Improvement of *Debareomyces hansenii* Cells, International Journal of Food Microbiology, 118(1): 1-7.

Saligkarias, I.D., Gravanis, F.T. and Epton, A.S., 2002, Biological Control of *Botrytis cinerea* on Tomato Plants By the Use of Epiphytic Yeasts *Candida guilliermondii* and *C. oleophila*, Biological control, 25: 151-161.



1A 1B 1C

Figure 1 Three antagonistic yeasts against *Fusarium* sp.; 1A (left side; BB 1 against *Fusarium* sp.); 1B (left side; BB 2 against *Fusarium* sp.) and 1C (left side; BB 3 against *Fusarium* sp.).



2A 2B 2C

Figure 2 Three antagonistic yeasts against *Alternaria* sp.; 2A (left side; BB 1 against *Alternaria* sp.); 2B (left side; BB 2 against *Alternaria* sp.) and 2C (left side; BB 3 against *Alternaria* sp.).

Table 1 Inhibition degree on *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.* of three antagonistic yeasts.

Antagonistic yeasts	Inhibition degree (%)	
	Fusarium sp.	*Alternaria sp.*
BB 1	40.80a	45.50b
BB 2	33.50b	56.70a
BB 3	25.60c	39.20c
C.V. (%)	15.68	13.65

Mean followed by a common letter in the same column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

ผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเจริญของเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สาเหตุโรคใบไหม้ของข้าว

Inhibitory Effect of *Eupatorium odoratum* L. Extract on *Pyricularia grisea* Sacc. Caused Agent of Rice Blast Disease

จาตุรงค์ จงจีน[1]
Jongjeen, J.[1]

Abstract

The objective of research aims to study 95% ethyalcohol extracts of *Eupatorium odoratum* L. plant had been evaluated for their inhibiting growth against *Pyricularia grisea* Sacc. The caused agent of rice blast disease on poisoned food technique. Each plant leaves was extract using maceration method. Extracts were diluted at 5,000 10,000 20,000 30,000 40,000 and 50,0000 ppm concentration inhibit growth against 50,000 ppm concentration inhibit growth against hypha of *Pyricularia grisea* Sacc. were detected as 70.82%. The effect of the plant extract on spore germination were tested by using a glass slide assay. The plant extract at concentration of 50,000 ppm can inhibit the germination of spores, maximum of 16.33%.

Keywords: *Eupatorium odoratum* L., rice blast disease

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ที่เป็นเชื้อสาเหตุของโรคใบไหม้ของข้าว ด้วยสารสกัดจากส่วนใบสาบเสือ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 95% ด้วยวิธีแช่ยุ่ย เจือจางสารสกัดหยาบที่ระดับความเข้มข้น 5,000 10,000 20,000 30,000 40,000 และ 50,000 ppm เปรียบเทียบผลกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารสกัด ตรวจผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ด้วยวิธี poisoned food technique พบว่าชุดที่มีการเติมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สูงสุดได้ 70.82% และจากการทดสอบผลของสารสกัดสาบเสือต่อการงอกของสปอร์เชื้อราโดยวิธี glass slide พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์สูงสุดคือ 16.33%

คำสำคัญ: ใบสาบเสือ โรคใบไหม้

คำนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่ใช้เป็นอาหารสำคัญอย่างหนึ่งของโลก ตามหลักวิชาพฤกษศาสตร์ ข้าวเป็นพืชจำพวกใบเลี้ยงเดี่ยว ในฤดูเก็บเกี่ยวที่ปลายยอดของแต่ละข้อจะมีก้านอ่อนเล็กๆ ก้านจะมีเมล็ดข้าวติดอยู่เป็นแถว มีเปลือกสีน้ำตาลหุ้มเมล็ดข้างใน ถ้าเขย่าเบาๆ จะทำให้ 5 ก้าน แต่ละเมล็ดหลุดจากช่อ เมล็ดข้างในจะหลุดออกจากเปลือกได้โดยการตำ หรือสีข้าวเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้วทำให้สุกโดยการต้มหรือนึ่ง เพื่อรับประทานเป็นอาหาร (ประภาส, 2552) โรคข้าวเป็นความผิดปกติที่พืชแสดงออก สาเหตุของโรคอาจเกิดจากสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งไม่มีชีวิต อาจจะเกิดขึ้นเดี่ยวๆ หรือเกิดร่วมกันก็ได้ สิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดโรคจะเรียกว่า เชื้อโรค เชื้อสาเหตุของโรคข้าวเกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส ไส้เดือนฝอย จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทำให้ข้าวแสดงอาการผิดปกติได้ชัดเจนที่ใบ ลำต้น กาบใบ รวงและเมล็ด เชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. เป็นเชื้อราก่อโรคพืชอีกสปีชีส์หนึ่งที่เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคใบไหม้ เป็นโรคที่สำคัญและระบาดมากในการปลูกข้าวของไทย (ทัศนีย์, 2540) และเป็นโรคที่สำคัญที่พบการระบาดในพื้นที่การเพาะปลูกข้าวทั่วโลก (Noriguni, 2006) เนื่องจากเชื้อโรคไหม้สามารถแพร่กระจายได้ง่ายโดยลม น้ำ ดิน ชิ้นส่วนของพืชหรือเมล็ด อีกทั้งมีสภาพแวดล้อมทั้งความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญแพร่พันธุ์เกือบตลอดปี (Agrios, 1988) จากการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการพบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคใบไหม้ได้ 100% และสามารถเก็บรักษาได้นาน 60 วัน โดยยังคงประสิทธิภาพการ

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Division of Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคได้เท่าเดิม (รังสี, 2547) ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาประสิทธิภาพความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบจากสาบเสือที่มีผลต่อการยังยั้งเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สาเหตุโรคใบไหม้ในข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อราสาเหตุของโรคใบไหม้ในข้าว

นำตัวอย่างเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ซึ่งได้มาจากศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี มาทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร Potato Dextrose Agar (PDA) เพื่อเก็บไว้ใช้ทดสอบขั้นต่อไป

การตรวจสอบความสามารถในการก่อโรค

ใช้เข็มเขี่ยเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน มาวางบนใบข้าวที่สมบูรณ์ในภาชนะปิด นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากพืช

นำใบสาบเสือมาทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบรรจุลงในภาชนะแก้วเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95% จนท่วมตัวอย่างพืช จากนั้นปิดฝาภาชนะให้สนิท แช่ตัวอย่างในตัวทำละลายอย่างน้อย 24-48 ชม. หรือจนกระทั่งสารองค์ประกอบในตัวอย่างพืชแพร่ออกมาในตัวทำละลายมากที่สุด โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนสีของตัวทำละลายในภาชนะบรรจุ จากนั้นกรองแยกเอาชิ้นพืชออกจากตัวอย่างสารสกัด แล้วนำสารสกัดไปผ่านขั้นตอนการระเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C ทำการระเหยจนกระทั่งสารสกัดพืชมีลักษณะข้น แล้วจึงนำตัวอย่างสารสกัดมาระเหยให้แห้งและชั่งน้ำหนักของสารสกัดที่ได้ จากนั้นคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดในล้านส่วน (ppm) เก็บสารสกัดพืชที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อใช้ตลอดการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคใบไหม้

ทดสอบด้วยวิธี Poisoned food technique โดยเตรียมอาหาร PDA ปริมาตร 20 µL แล้วผสมสารสกัดพืชในอาหาร PDA ให้ได้ความเข้มข้น 5,000 10,000 20,000 30,000 40,000 และ 50,000 ppm จากนั้นเทอาหารที่ผสมสารสกัดแล้วลงในจานเลี้ยงเชื้อ ในส่วนของชุดเปรียบเทียบจะไม่ผสมสารสกัดหลังจากผิวหน้าของอาหารที่ผสมสารสกัดและชุดเปรียบเทียบแห้งสนิท นำชิ้นวุ้นที่ได้จากการใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. เจาะเส้นใยรอบโคโลนีของเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน วางลงบนผิวหน้าอาหารที่ผสมสารสกัด จากพืชนำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้องทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจผลเมื่อเชื้อราในชุดเปรียบเทียบเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใย} = \frac{\text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีชุดทดลอง} \times 100}{\text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีชุดเปรียบเทียบ}}$$

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบสาบเสือต่อการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรค

ทดสอบด้วยวิธี glass slides ด้วยการนำแผ่นสไลด์แก้วที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 121°C ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที วางลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเตรียมอาหาร PDA ปริมาตร 20 mL แล้วผสมสารสกัดพืชในอาหาร PDA ให้ได้ความเข้มข้น 5,000 10,000 20,000 30,000 40,000 และ 50,000 ppm เทอาหารที่ผสมสารสกัดแล้วลงในจานเลี้ยงเชื้อทับแผ่นสไลด์ให้ทั่วทั้งแผ่น ในส่วนของชุดเปรียบเทียบจะไม่ผสมสารสกัดหลังจากผิวหน้าของอาหารแห้งสนิทแล้ว จึงหยดสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อรา ที่ความเข้มข้น 10^{-8} สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 mL ลงบนอาหารแล้วเกลี่ยให้สปอร์กระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดตัดชิ้นวุ้นในจานเลี้ยงเชื้อรอบๆ แผ่นสไลด์ทิ้งและนำแผ่นสไลด์ที่มีชิ้นวุ้นอยู่ด้านบนมาหยดด้วย lactophenol ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วนำสไลด์ดังกล่าวไปตรวจนับจำนวนสปอร์ที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยสุ่มนับสปอร์จำนวน 100 สปอร์แล้วหาค่าเฉลี่ยจากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนสปอร์เชื้อราที่มีการงอก} \times 100}{\text{จำนวนสปอร์เชื้อราที่นับทั้งหมด}}$$

ผลการทดลอง

ผลทดสอบความสามารถในการก่อโรค

โดยพบว่าเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. มีความสามารถก่อโรคใบไหม้ในข้าว ซึ่งทำให้ใบมีแผลจุดสีน้ำตาลรูปตา และมีสีเทาอยู่ตรงกลางแผล ความกว้างของแผลประมาณ 5 ml และความยาวประมาณ 2 cm

ผลการศึกษาลักษณะของสารสกัดหยาบจากพืชทดสอบ

จากการศึกษาลักษณะของสารสกัดหยาบจากส่วนใบของสาบเสือ ที่ทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ยุ่ยด้วยตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วนสกัด 1:3 จนได้สารสกัดทดสอบที่มีลักษณะกึ่งแข็ง สีเขียวเข้ม มีร้อยละผลผลิตของสารสกัด (% yeild) คือ 18.34%

ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบสาบเสือ

จากการทดสอบผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ด้วยวิธี Poisoned food technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 37 $^{\circ}$C นาน 7 วัน ของสารสกัดหยาบจากส่วนใบสาบเสือในแต่ละระดับความเข้มข้นของสาร คือ 5,000 10,000 20,000 30,000 40,000 และ 50,000 ppm เทียบกับชุดควบคุม คือ อาหารที่ไม่เติมสารสกัด พบว่าสารสกัดหยาบจากใบสาบเสือในแต่ละความเข้มข้น ให้ผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทดสอบแตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบจากส่วนใบสาบเสือที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยได้ 70.82% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมคือ ชุดที่ไม่เติมสารสกัดไม่สามารถยังยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ แสดงว่าสารสกัดหยาบจากใบสาบเสือสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดสารเพื่อยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคใบไหม้ในข้าวได้

ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc.

จากการศึกษาผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. โดยดัดแปลงจากวิธี glass slide นำสไลด์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อวางลงในจานเพาะเชื้อ เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร PDA ปริมาตร 20 mL แล้วผสมสารสกัดที่มีระดับความเข้มข้น 5,000 10,000 20,000 30,000 40,000 และ 50,000 ppm จากนั้นเทอาหารทับแผ่นสไลด์ ชุดเปรียบเทียบจะไม่ผสมสารสกัด เมื่อผิวหน้าอาหารแห้ง นำสปอร์แขวนลอยที่มีความเข้มข้น $3x10^{-8}$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 µm เกลี่ยสปอร์ให้สม่ำเสมอ นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าสารสกัดจากใบสาบเสือแต่ละระดับความเข้มข้นให้ผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทดสอบได้แตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบจากส่วนใบสาบเสือที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm ให้ผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้ดีที่สุด คือ 16.33% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมน้ำกลั่นซึ่งไม่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้

วิจารณ์ผล

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ด้วยวิธี Poisoned food technique และศึกษาผลของสารสกัดต่อการงอกของสปอร์ด้วยวิธี glass slides พบว่าสารสกัดจากใบสาบเสือที่มีระดับความเข้มข้น 50,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุและมีผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ ชนสิริน และคณะ (2547) รายงานว่าในระยะกล้าความรุนแรงของโรคไหม้บนใบก่อนพ่น 2.50-2.86% เมื่อ 7 วัน หลังจากฉีดพ่นสารสกัดจากสาบเสือ ขมิ้นชัน สารเคมีเบโนมิล และน้ำกลั่น ซึ่งสารสกัดจากสาบเสือมีประสิทธิภาพการยับยั้งอาการโรคไหม้ได้เช่นเดียวกับการใช้สารเคมีเบโนมิล

สรุปผล

1. การทดสอบความสามารถในการก่อโรค โดยพบว่าเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. มีความสามารถก่อโรคใบไหม้ในข้าว ซึ่งทำให้ใบมีแผลจุดสีน้ำตาลรูปตา และมีสีเทาอยู่ตรงกลางแผล ความกว้างของแผลประมาณ 2-5 mm และความยาวประมาณ 5-10 cm

2. การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. ด้วยวิธี Poisoned food technique พบว่าแต่ละความเข้มข้นให้ผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทดสอบแตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบจากส่วนใบสาบเสือที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea*

Sacc. ได้ดีที่สุดโดยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยได้ 70.82% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมคือ ชุดที่ไม่เติมสารสกัดไม่สามารถยังยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้

3. การศึกษาผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. โดยดัดแปลงจากวิธี glass slide พบว่าโดยสารสกัดหยาบจากส่วนใบสาบเสือที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm ให้ผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้ดีที่สุด คือ 16.33% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมน้ำกลั่นไม่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้

เอกสารอ้างอิง

ชนสิริน กลิ่นมณี และคณะ, 2547, การใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคไหม้และโรคขอบใบแห้งข้าว, ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงอำเภอเมืองจังหวัดพัทลุง.

ประภาส วีระแพทย์, 2552, วิธีการปลูกข้าว, สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ สงวนสัจ, 2540, บทบาทของพันธุกรรมต้านทานโรคและแมลงกับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวของไทย, เอกสารวิชาการศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

รังสี เจริญสถาพร, 2547, วิจัยและพัฒนาสารสกัดพืชเพื่อควบคุมโรคพืช, รายงานผลงานวิจัยโครงการวิจัย ปี 2548 (ต.ค.2547-ก.ย.2548) เล่มที่ 2, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 89.

Agrios, G.N., 1988, Plant Pathology, 3rd ed, Academic press, Inc., London.

Noriguni, S., 2006, A Rice (*Oryza sativa* L.) Breeding for Field Resistance to Blast Disease (*Pyricuaria oryzae*) in Mountainous Region Agricultural Research Institute, Aichi Agricultural Research Center of Japan, Plant Production Science, 9(1): 3-9.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 249-252 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 249-252 (2557)

ผลของสารสกัดตำแยตัวเมียและตำแยตัวผู้ต่อการควบคุมโรคแแอนแทรกโนส พริกที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* spp.

Effect of *Laportea interrupta* L. and *Acalypha indica* to Control Chili Anthracnose, the Causal Agent by *Colletotrichum* spp.

สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์[1] และ ผกามาศ แก่นวิจิตร[1]

Samithiarporn S.[1] and Kanvijit P.[1]

Abstract

Laportea interrupta and *Acalypha indica* extracts using ethanol as an extraction solvent were investigated for inhibitory effects on of spore germination against four isolates of *Colletotrichum* spp., a causal agent of anthracnose by using a glass slide assay. The *Laportea interrupta* extract at concentration 5,000 ppm inhibited 100% spore germination of two isolates compared to untreated control. No inhibition was observed from *Acalypha indica* extract but these extract caused as abnormal of germ tube. When testing the performance of the two kinds of the plant extracts in controlling anthracnose disease on chili, that extracts of *Laportea interrupta* and *Acalypha indica* at concentrations of 10,000 ppm were effective to control anthracnose diseases on chili fruit. The length of the lession, causing anthracnose on chili fruits decreased when compared to control experimental. Results showed that extracts of *Laportea interrupta* and *Acalypha indica* may be used to prevent the disease anthracnose of chilli's fruits.These results suggest that the extract of *Laportea interrupta* may be used to control anthracnose disease.

Keywords: *Colletotrichum* spp., *Laportea interrupta*, *Acalypha indica,* chili

บทคัดย่อ

การทดสอบสารสกัดด้วยเอทานอลจากพืช 2 ชนิด คือ ตำแยตัวเมีย และตำแยตัวผู้ ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนสพริก *Colletotrichum* spp. จำนวน 5 ไอโซเลท โดยใช้วิธี glass slide พบว่าสารสกัดจากตำแยตัวเมียที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm แสดงผลการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราจำนวน 2 ไอโซเลทได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ไม่พบการยับยั้งในการใช้สารสกัดจากตำแยตัวผู้แต่มีผลทำให้เส้นใยที่งอกมีความผิดปกติ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 2 ชนิด ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสบนผลพริก พบว่าสารสกัดจากตำแยตัวเมียและตำแยตัวผู้ ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสบนผลพริกได้ โดยทำให้เกิดความยาวของแผลแอนแทรกโนสบนผลพริกลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากตำแยตัวเมียและตำแยตัวผู้อาจนำมาใช้ในการป้องกันการเกิดโรคแอนแทรกโนสของพริกได้

คำสำคัญ: *Colletotrichum* spp. ตำแยตัวเมีย ตำแยตัวผู้ พริก

คำนำ

โรคแอนแทรคโนสมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยทั่วไปการควบคุมโรคเหล่านี้นิยมใช้สารเคมีประเภทดูดซึม ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อผลผล ซึ่งการใช้สารเคมีในแปลงปลูกเพื่อควบคุมโรคก่อให้เกิดความต้านทานของเชื้อสาเหตุโรคต่อสารเคมี จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าวเป็นแรงผลักดันให้มีการศึกษาหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้สารเคมีทางการเกษตรโดยการพัฒนาสิ่งที่ทดแทนการใช้สารเคมี เช่น การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรหรือสารจากธรรมชาติมาใช้เป็นวิธีการควบคุมโรค สำหรับสารเคมีธรรมชาติที่มนุษย์ใช้บริโภคจะปลอดภัยกว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์ และสลายตัวได้ง่าย จึงทำให้มีสารพิษตกค้างในผลิตผลและสิ่งแวดล้อมในปริมาณน้อย ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงมีการศึกษาผลของสารสกัดจากพืชที่มีต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletorichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนส และการควบคุมโรคแอนแทรค-

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology Pranakhorn Sri Ayutthaya Rajabhat University 13000

โนสในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแนวทางการควบคุมโรคก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อทดแทนวิธีเดิม ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส สาเหตุจากเชื้อรา *Colletorichum* spp. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตสารจากธรรมชาติขึ้นมาทดแทนการใช้สารเคมี และเป็นแนวทางการศึกษาพัฒนาเพื่อให้มีการผลิตสารเคมีธรรมชาติในเชิงการค้าได้ในอนาคต สำหรับตำแยตัวเมีย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Laporteainterrupta* L. จัดเป็นพืชล้มลุกไม้พุ่ม เป็นไม้ผลัดใบดอกมีขนพิษหนาแน่น ในตำแยตัวเมียมีสารหลายชนิด เช่น สาร histamine, acetylcholine, formic acid, 5-hydroxytryptamine และ acetic acid ต้นตำแยตัวผู้หรือตำแยแมวชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acylyphaindica* L. มีขึ้นตามป่าชื้นข้างทางทั่วไป มักขึ้นเป็นกลุ่มตามที่รกร้างทั่วไป (สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง, 2553)

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างพืชที่แสดงอาการโรคที่เกิดจากเชื้อรา ได้แก่ อาการของโรคแอนแทรคโนสจากพริก นำตัวอย่างพืชมาล้างทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง จากนั้นนำมาแยกเชื้อสาเหตุโรคด้วยวิธี Tissue transplanting method บนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่ผสม Streptomycin ความเข้มข้น 100 ppm เมื่อสามารถแยกได้เชื้อบริสุทธิ์ นำไปทดสอบความสามารถในการเกิดโรคตามวิธี Koch's postulate นำเชื้อสาเหตุโรคที่บริสุทธิ์ไปเก็บไว้เพื่อใช้ในการทดลอง

นำพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ทุกส่วนของต้นตำแย 2 ชนิด คือ ตัวผู้หรือตำแยแมว (*A. indica*) และตำแยตัวเมีย (*L. interrupta*) มาล้างทำความสะอาดทำให้แห้ง และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นบรรจุลงใส่ในภาชนะแก้วที่มีฝาปิด ใช้เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำตัวอย่างสารสกัดที่ได้มากรองเพื่อแยกชิ้นส่วนพืชออก จากนั้นนำไปผ่านขั้นตอนการระเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่อง rotary eraporatory ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำการระเหยตัวทำละลาย จนกระทั่งสารสกัดพืชนั้นมีลักษณะข้น จากนั้นนำสารสกัดพืชมาคำนวณหาความเข้มข้น โดยการระเหยแห้ง และชั่งน้ำหนักของสารที่ได้ จากนั้นคำนวณเป็นค่าความเข้มข้นของสารในล้านส่วน (ppm) กรองสารสกัดพืชด้วย membrane filter (Sartorius Stedium Biotech; Minisart®) เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ทำการเก็บสารสกัดพืชไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลอง

ทดสอบด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธี Glass slides โดยนำแผ่นสไลด์แก้วที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที วางลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว เตรียมอาหาร PDA ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ผสมกับสารสกัดจากตำแยตัวเมีย และตำแยตัวผู้ ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ppm จากนั้นนำอาหารที่ผสมสารสกัดจากตำแยตัวเมีย และตำแยตัวผู้ เคลือบลงบนแผ่นสไลด์แก้วที่วางไว้ในจานเลี้ยงเชื้อ จากนั้นหยดสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตรปริมาณ 100 ไมโครลิตร หยดลงบนผิวหน้าอาหารทดสอบ เกลี่ย (spread) ให้สปอร์กระจายบนผิวหน้าอาหารทดสอบบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นำผลพริกไปผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด ด้วยการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าผสมสาร detergent ทำความสะอาดผิวบริเวณที่จะทำการปลูกเชื้อด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ทำการปลูกเชื้อ 2 ตำแหน่ง คือจากบริเวณกึ่งกลางพืชอาศัย นำชิ้นวุ้นขนาด 1 เซนติเมตร ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ วางคว่ำลงที่บริเวณ ที่ทำแผลไว้เพื่อปลูกเชื้อจากนั้นนำไปบ่มเชื้อ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นวุ้นออก แล้วเช็ดผิวผลพริกด้วยสกัดจากตำแยตัวเมีย และตำแยตัวผู้ ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลอง

จากการแยกเชื้อรา สาเหตุโรคจากพืชที่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนส สามารถแยกเชื้อราสาเหตุโรคได้จำนวน 2 ไอไซเลท คือ เชื้อรา *Colletotrichum* spp. จำนวน 2 ไอโซเลท เมื่อนำเชื้อราบริสุทธิ์ไปทดสอบความสามารถในการเกิดโรคตาม Koch's postulate พบว่า เชื้อรา *Colletotrichum* spp. มีความสามารถทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกได้

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากตำแยตัวเมีย และตำแยตัวผู้ ที่มีต่อการงอกของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนส จำนวน 2 ไอโซเลท คือ Coll An และ Coll Fr พบว่า สารสกัดจากตำแยตัวเมีย ที่ระดับความเข้มข้น ของสารสกัด 5,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้สูงสุด เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสารสกัดจากตำแยตัวผู้ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ไอโซเลท (Table 1)

ผลจากการประเมินการเกิดโรคแอนแทรคโนสจากการปลูกเชื้อรา *Colletotrichum* spp. (Coll Fr) ซึ่งใช้สารสกัดจากตำแยตัวเมีย และตำแยตัวผู้ เพื่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ภายหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราและสารสกัดจากพืช ไม่มีอิทธิพลต่อการลดการเกิดโรคแอนแทรคโนส บนผลพริก โดยทุกกรรมวิธีควบคุมโรคแอนแทรคโนส

พริก ได้แก่ การใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา Captan (N-[trichloromethylthio] cyclohex -4 -ene-1,2-dicarboximide 50%) ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm และการใช้สารสกัดจากตำแยตัวเมียและตำแยตัวผู้ ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm ทำให้เกิดความยาวเฉลี่ยของแผลแอนแทรคโนส เท่ากับ 1.99, 2.61, 2.04, 2.65 และ 2.10 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีควบคุมที่มีความยาวเฉลี่ยของแผลแอนแทรคโนส เท่ากับ 2.49 เซนติเมตร (Table 2)

วิจารณ์ผล

สารสกัดจากตำแยตัวเมีย มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ คือ Histamine, Acetylcholine, Formic acid, 5-hydroxytryptamine และ Acetic acid ซึ่ง Acetic acid มีรายงานพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* เชื้อสาเหตุโรคในมนุษย์ได้ดี สำหรับประสิทธิภาพของสารสกัดจากตำแยตัวผู้ ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา พบว่า สารสกัดจากตำแยตัวผู้ไม่มีประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสพริกทุกไอโซเลท โดยพบรายงานว่ามีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ คือ ไกลโคไซด์ (Giycosides) ฟีนอลคาลอยด์ (Phenolicalkaloids) แทนนิน (Tannins) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซาโปนิน (Saponin) และเตียรอยด์ (Steroids) (Chengaiah และคณะ, 2009) ตำแยตัวเมียและตำแยตัวผู้ ซึ่งจัดเป็นพืชที่อยู่ต่างวงศ์ โดยตำแยตัวเมียจัดอยู่ในวงศ์ Urticaceae สกุล *Laportea* ชนิด *interrupta* ส่วนตำแยตัวผู้ จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae สกุล *Acalypha* ชนิด *indica* โดยความแตกต่างของวงศ์ ชนิด และสายพันธุ์พืช ย่อมส่งผลให้ชนิดและปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในพืชนั้น ทั้งนี้ประสิทธิภาพของสารสกัดจากตำแยตัวเมีย อาจมีผลเกี่ยวเนื่องกับปริมาณของสาระสำคัญที่ออกฤทธิ์ที่สะสมในตำแยตัวเมีย โดยปริมาณของสาระสำคัญที่ออกฤทธิ์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เนื่องจากชนิด และสายพันธุ์พืช แหล่งปลูก อายุพืช ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาและชนิดของตัวทำละลาย มีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในพืชทั้งสิ้น ในการทดลองนี้ต้นตำแยที่นำมาทำสารสกัดเก็บในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต้นตำแยตัวเมียกำลังเจริญเติบโต อาจมีการสะสมของสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในต้นปริมาณน้อย สำหรับสารสกัดจากตำแยตัวผู้ พบว่าไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคทุกไอโซเลท ทั้งนี้ชนิดของสารสำคัญออกฤทธิ์ที่พบ ในตำแยตัวผู้ มีหลายชนิดที่พบว่า มีรายงานถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์หลายกลุ่ม อีกทั้งมีรายงานว่าการสกัดสารจากตำแยตัวผู้ด้วยตัวทำละลาย Hexane, Chloroform, Ethyl acetate และ Methanol (เมทานอล,เมทิลแอลกอฮอล์) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Bucillus cereus* และ *Streptococcus faecalis* ได้ในสภาพห้องปฏิบัติการ (Govindarajan และคณะ, 2008) จึงสามารถพิจารณาได้ว่า การใช้เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้การสกัดสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในตำแยตัวผู้ไม่ดีเท่าที่ควรส่งผลถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากตำแยตัวผู้ลดลงไปด้วย ในการศึกษาครั้งนี้สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาเพื่อให้การทดลองดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ พืชที่ใช้ในการทดสอบควรเลือกต้นที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ และมีช่วงเวลาในการเก็บที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของสาระสำคัญที่ออกฤทธิ์โดยรวมของสารสกัดจากพืชที่ทำทดสอบ

สรุปผล

สารสกัดจาก ตำแยตัวเมีย มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ไอโซเลท Coll An, Coll Fr ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดจากตำแยตัวผู้ ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ไอโซเลท การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากตำแยตัวเมีย และ ตำแยตัวผู้ ที่ระดับความเข้มข้น 5,000-10,000 ppm พบว่าสารสกัดจากตำแยตัวเมีย และสารสกัดจากตำแยตัวผู้ ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกได้ โดยมีขนาดความยาวเฉลี่ยของแผลเท่ากับ 2.04 และ 2.05 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม มีขนาดความยาวเฉลี่ยของแผลเท่ากับ 2.49 เซนติเมตร

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง, 2553, ตำแยตัวเมีย ว่านช้างร้อง, รายละเอียดทางพฤษศาสตร์ [สืบค้น], http://eherb.hrdi.or.th / search_result_details.php? herbariumID=610 [15/ January/ 2014].

Govindarajan, M., Jebanesan, A., Reetha, D., Amsath, R., Pushpanathan, T. and Samidurai. K., 2008, Antibacterial Activity of *Acalypha indica*L. N., Annamalai University, Tamilnadu, India, 299-302.

Chengaiah, B., Mahesh, K., Alagusundaram, M., Sasikala, C. and Madhusudhana, C., 2009, In-Vitro Anthelmintic Activity of Roots of *Acalypha indica* Linn., International Journal of PharmTech Research, 1(4): 1499-1502.

Table 1 The effects of an extract of *L. interrupta* and *A. indica* to inhibit the germination of spores of pathogenic fungi.

Plant extract	isolation	rep	The percentage of germination of fungal spores.				
			1,000 ppm	2,000 ppm	3,000 ppm	4,000 ppm	5,000 ppm
Laportea interrupta	Coll An	r1	0	0	100	100	100
		r2	0	0	100	100	100
		r3	0	0	100	100	100
		r4	0	0	100	100	100
		r5	0	0	100	100	100
	Coll Fr	r1	0	100	100	100	100
		r2	0	100	100	100	100
		r3	0	100	100	100	100
		r4	0	100	100	100	100
		r5	0	100	100	100	100
Acalypha indica	Coll An	r1	0	0	0	0	0
		r2	0	0	0	0	0
		r3	0	0	0	0	0
		r4	0	0	0	0	0
		r5	0	0	0	0	0
	Coll Fr	r1	0	0	0	0	0
		r2	0	0	0	0	0
		r3	0	0	0	0	0
		r4	0	0	0	0	0
		r5	0	0	0	0	0

Table 2 Effect of plant extracts on the incidence of anthracnose on pepper fruits caused by *Colletotrichum* spp. (Coll Fr).

Plant extract	rep	Lesion length (cm)
control	r1	3.00
	r2	2.12
	r3	3.22
	r4	2.12
	r5	2.00
	average	2.49 ns[1/]
Captan 50 ppm	r1	1.97
	r2	1.27
	r3	1.87
	r4	2.62
	r5	2.22
	average	1.99 ns
Laportea interrupta 5,000 ppm	r1	3.95
	r2	3.25
	r3	2.00
	r4	1.60
	r5	2.25
	average	2.61 ns
Laportea interrupta 10,000 ppm	r1	2.25
	r2	1.45
	r3	1.75
	r4	2.00
	r5	2.75
	average	2.04 ns
Acalypha indica 5,000 ppm	r1	2.25
	r2	2.00
	r3	3.25
	r4	3.25
	r5	2.50
	average	2.65 ns
Acalypha indica 10,000 ppm	r1	2.25
	r2	2.25
	r3	1.50
	r4	2.25
	r5	2.00
	average	2.05 ns

[1/] ns = non significantly differant.

การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผัก 5 ชนิด

Study on Antioxidant Activity of Rice-Seasoning from Five Vegetables

อติชาต ทัฬหชาติโยธิน[1] พัชรี ชัยกิจวิสุทธิกุล[1] ธัญลักษณ์ ธีระพรกิตติกุล[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]
Thanhachartyothin, A.[1], Chaikitwisuttikul, P.[1], Theerapornkittikul, T.[1] and Thumthanaruk, B[1].

Abstract

This research aimed to investigate the antioxidant activity of rice-seasoning prepared from five dried vegetables. Five ratios of spinach: broccoli: onion: carrot: pumpkin (25: 25: 10: 20: 20, 25: 25: 20: 10: 20, 25: 25: 15: 15: 20, 20: 30: 15: 15: 20 and 15: 35: 15: 15: 20 w/w while the mount of onion was fixed at 20%) were also studied. The results showed that the optimum condition for producing rice-seasoning was at the mixture of spinach: broccoli: onion: carrot: pumpkin at 15: 35: 15: 15: 20 w/w, indicating the highest antioxidant activity, determined by DPPH assay at 91.74%. The high amount of broccoli content in rice-seasoning which it had resulted in an increase of antioxidant activity significantly ($p \leq 0.05$), but the color values; *L**, *a** and *b**, were slightly different depending on type of vegetable used.
Keywords: rice-seasoning, antioxidant activity

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว เตรียมจากผักอบแห้ง 5 ชนิด โดยแปรอัตราส่วน ผักปวยเล้ง: บร็อคโคลี่: หอมใหญ่: แครอท: ฟักทอง เท่ากับ 25: 25: 10: 20: 20, 25: 25: 20: 10: 20, 25: 25: 15: 15: 20, 20: 30: 15: 15: 20 และ15: 35: 15: 15: 20 โดยน้ำหนักและกำหนดปริมาณหัวหอมใหญ่คงที่ 20% จากการทดลองพบว่า ผงโรยข้าวสูตร 5 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (มีค่าเท่ากับ 91.74%) การเพิ่มปริมาณของบร็อคโคลี่สูงขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่พบว่าค่าสี *L**, *a** และ *b** มีความต่างกันเพียงเล็กน้อยขึ้นกับวัตถุดิบผักที่ใช้ในเป็นส่วนผสม
คำสำคัญ: ผงโรยข้าว กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ผักเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศไทย อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ข้อมูลทางด้านโภชนาการพบว่า ผัก 4 ชนิดคือ แครอท ฟักทอง ผักปวยเล้ง บร็อคโคลี่ และ หอมหัวใหญ่ ให้พลังงานต่ำเพียง 42,128, 25, 33 และ 31 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม โดยที่ผัก 4 ชนิด ยกเว้นหอมหัวใหญ่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คือ วิตามินเอ เท่ากับ 1166, 310,420, 292 (RE) แครอท และผักปวยเล้งมีปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 6994 และ 2520 ไมโครกรัม สำหรับวิตามินซีพบในบร็อคโคลี่และฟักทองเท่ากับ 183 และ 84 ส่วนในผักทั้งสามชนิดพบน้อยกว่า 20 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ, 2544) และมีรายงานว่า ผักปวยเล้งมีซาโปนิน และเส้นใยอาหารสูง หัวหอมใหญ่มีสารฟลาโวนอยด์สูง และบร็อคโคลี่มีสารพฤกษเคมี, indoles, isothiocyates และ glucosinolates (วิทิต, 2530; ทิพวรรณ, 2549; Zhang และ Talalay, 1994) สารต้านอนุมูลอิสระที่มีในผักช่วยชะลอและป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่ โรคหัวใจ หลอดเลือด และโรคมะเร็ง (WCRF/AICR, 2007) พบว่าคนไทยร้อยละ 75 มีการบริโภคผักและผลไม้ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน องค์การอนามัยโลกที่กำหนดไว้อย่างน้อย 400 กรัมต่อวัน การนำผักไปแปรรูปเป็นผงทำให้สามารถนำมาผลิตภัณฑ์ที่ให้เกิดความหลากหลายในการบริโภคในลักษณะของผงโรยข้าวซึ่งเป็นอาหารที่นิยมบริโภคในประเทศญี่ปุ่นโดยนำผลิตผลทางการเกษตรมาปรุงรสและทำแห้งผสมกับเครื่องปรุง ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักโรยบนอาหารหลัก (Kumagai และ Nihonfurikakekonwakai, 2001) ดังจะเห็นจากงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากวัตถุดิบภายในประเทศต่างๆ

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และ สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800**
[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

เช่น ปลาโอลาย (เปล่งสุรีย์, 2546) ปลาสลิด (รจนา, 2551) และผักกาดหอม (ดวงรัตน์, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผัก 5 ชนิด ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ช่วยเพิ่มความหลากหลายในการบริโภคผักอันจะเป็น ประโยชน์สำหรับผู้ที่รับประทานผักในปริมาณเล็กน้อยต่อวัน และผู้ที่ไม่ชอบรับประทานผักสด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผงผักอบแห้ง

ผักสด ได้แก่ ผักปวยเล้ง บร็อคโคลี่ แครอท ฟักทอง และหอมหัวใหญ่ นำมาตัดแต่ง ล้างทำความสะอาด และอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาด (ยี่ห้อ WTB-binder, ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิ 50°C นาน 6 ชั่วโมง บดเพื่อลดขนาดอนุภาคโดยใช้เครื่องบดละเอียด (ยี่ห้อ Retsch, ประเทศเยอรมัน) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมซ บรรจุถุงลามิเนต ปิดสนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียมสูตรผงผักโรยข้าว

นำผงผักแห้งแปรอัตราส่วนทั้งหมด 5 สูตร (Table 1) ส่วนผสมที่ได้ปรุงรสด้วยเกลือ 2% พริกไทย 3% และสาหร่าย 3% บรรจุถุงลามิเนต ปิดสนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

Table 1 Formula of rice-seasoning from five mixed-vegetables

Compositions	Quantity (%)				
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
Spinach	25	25	25	20	15
Broccoli	25	25	25	30	35
Carrot	10	20	15	15	15
Pumpkin	20	10	15	15	15
Onion	20	20	20	20	20

การวิเคราะห์คุณภาพของผงโรยข้าว

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (2,2-diphyl-picryhydrazyl radical scavenging) (Nalinanon และคณะ, 2011) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE *L*a*b** และ ค่า Hue (h^o) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) ประเมินผลทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point hedonic scale (9= ชอบมากที่สุด, 8=ชอบมาก, 7=ชอบปานกลาง, 6=ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 2=ไม่ชอบมากและ 1=ไม่ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน นำสูตรที่เหมาะสม วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT)ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 15.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวพบว่า ผงโรยข้าวทั้ง 5 สูตรมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อให้ปริมาณผักปวยเล้ง บร็อคโคลี่ และหัวหอมใหญ่คงที่ (สูตรที่ 1-3) พบว่า การแปรปริมาณแครอทและฟักทองมีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากพืชทั้งสองชนิดมีปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์สูงซึ่งจะสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH ทำให้อนุมูลอิสระไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ เมื่ออนุมูลอิสระ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนส่งผลให้สารละลายสีม่วงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ไมตรี และคณะ, 2555) เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ 3-5 ที่มีปริมาณแครอท ฟักทอง และหัวหอมใหญ่เท่ากัน พบว่า ผักปวยเล้งและบร๊อคโคลี่ มีผลให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยสูตรที่ 5 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด มีค่าเท่ากับ 91.74% (Table 2) ซึ่งสารสำคัญในบร๊อคโคลี่คือ

glucosinolates เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆได้ (Zhang และ Talalay, 1994) และในผักปวยเล้งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ (Table 2) พบว่าทั้ง 5 สูตรมีค่าสี *L*,a*,b** และ h^o ใกล้เคียงกัน แตกต่างจากงานวิจัยของดวงรัตน์ พรเทวบัญชา (2554) พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักสลัดมี ค่า *L*, a*, b**เท่ากับ 33.42, -0.71 และ 13.18 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากชนิดของผักที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีความแตกต่างกัน

Table 2 Antioxidant activity and color of vegetable rice-seasoning powder

Formula	DPPH Scavenging activity (%)	Color parameters			
		*L**	*a**	*b**	h^o
Formula 1	$30.40±0.92^e$	$52.23±0.16^a$	$0.60±0.22^b$	$23.07±0.33^a$	$89.82±0.10^a$
Formula 2	$33.85±0.34^d$	$53.46±0.24^a$	$0.56±0.34^b$	$23.05±0.53^a$	$88.58±0.12^a$
Formula 3	$42.11±0.28^c$	$52.53±0.18^a$	$0.64±0.23^b$	$22.61±0.27^a$	$88.37±0.28^a$
Formula 4	$65.85±0.13^b$	$55.50±0.32^a$	$0.39±0.45^c$	$24.00±0.35^a$	$89.07±0.20^a$
Formula 5	$91.74±0.10^a$	$53.02±0.12^a$	$1.15±0.42^a$	$24.84±0.28^a$	$87.35±0.24^a$

*L**= Lightness, *a**=Redness, *b**=Yellowness and h^o= Hue angle

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผงโรยข้าวทั้ง 5 สูตร พบว่าสูตรที่ 1-5 มีคะแนนค่าสี กลิ่น ไม่มีแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่แตกต่างกันในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรที่ 5 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด อยู่ในระดับชอบมาก (Table 3) แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ และผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 5 พบความชื้น ไขมัน เถ้า โปรตีน กากใยอาหาร และ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.49, 2.57, 4.96, 44.15, 24.48, 22.35 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.28 ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงเหมาะสำหรับการนำไปเพิ่มคุณประโยชน์ในการบริโภคกับข้าวหรืออาหารอื่นๆ และสามารถเก็บได้นาน โดยมีคุณภาพใกล้เคียงกับงานวิจัยของดวงรัตน์ (2554) พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักสลัดมี ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 5.08, 41.66, 22.96, 11.04 และ 19.13 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.295

Table 3 Sensory evaluation of vegetable rice-seasoning powder

Formula	Hedonic sensory score				
	$Color^{ns}$	$Flavor^{ns}$	Taste	Texture	Overall acceptance
Formula 1	6.0±0.32	7.2±0.17	$8.6±0.38^b$	$7.4±0.12^c$	$7.0±0.20^b$
Formula 2	6.6±0.21	7.6±0.23	$8.2±0.22^b$	$8.6±0.16^b$	$7.6±0.28^b$
Formula 3	6.2±0.24	7.2±0.19	$8.5±0.24^b$	$7.0±0.20^c$	$7.0±0.18^b$
Formula 4	6.0±0.46	7.6±0.26	$8.6±0.28^b$	$8.8±0.18^b$	$7.6±0.22^b$
Formula 5	6.6±0.22	7.4±0.42	$9.4±0.19^a$	$9.6±0.11^a$	$8.4±0.25^a$

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

ns = not significantly difference

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่มีส่วนประกอบของผัก 5 ชนิดคือ แครอท ฟักทอง ผักปวยเล้ง บร๊อคโคลี่ และหอมใหญ่ เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีประโยชน์ต่อร่างกายโดยให้ผลของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ทุกสูตร โดยให้ค่าสูงในสูตรที่ 5 และสูตรนี้มีคุณภาพที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด แต่มีคะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่แตกต่างกันในทุกสูตร ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักจึงเหมาะสำหรับการบริโภคเป็นอาหารหรือส่วนประกอบของอาหาร

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 84 หน้า.

ดวงรัตน์ พรเทวบัญชา, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากผักสลัด, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทิพวรรณ มานนท์, 2549, การใช้ประโยชน์จากฟักทอง: การผลิตเมล็ดพันธุ์และการใช้ประโยชน์, โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ, 88-91.

เปล่งสุรีย์ หิรัญตระกูล, 2546, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสำเร็จรูปจากปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*), วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไมตรี สุทธจิตต์ รัตนา บรรเจิดพงศ์ชัย วีรพล คู่คงวิริยพันธุ์ ศิริธร ศิริอมรพรรณ ไชยวัฒน์ ไชยสุต สุพัตรา ปรศุพัฒนา อุไรวรรณ พานิช ชลธิดา เทพหินลัพ และ ศุภชัย เจริญสิน, 2555, อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ, นวัตกรรมสุขภาพ สำนักพิมพ์, เชียงใหม่, 450 หน้า.

รจนา นุชชุ่ม, 2551, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากปลาสลิด, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิทิต วัณนาวิบูล, 2530, คุณประโยชน์ของผักปวยเล้ง, นิตยสารหมอชาวบ้าน 96,: 12.

A.O.A.C., 2000, Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists, 14th ed .Association Official Analytical Chemist, Washington D.C.

Kumagai, M. and Nihonfurkakekonwakai, 2001, Furikake-Nihon no shoku to shisou, Tokyo: Gakkuyoushobou, 254, (in Japanese).

Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H. and Shahidi, F., 2011, Functionalities and Antioxidant Properties of Protein Hydrolysates from the Muscle of Ornate Threadfin Bream Treated with Pepsin from Skipjack Tuna, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 124(4), 1354-1362.

World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research, 2007, Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer. A Global Perspective. Washington, DC: AICR. 517.

Zhang, Y. and Talalay, P., 1994, Anticancercinogenic Activities of Organic Isothiocyates: Chemistry and Mechanisms, Cancer Research, 54: 1976-1981.

คุณสมบัติของมูลไส้เดือนในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา

Vermicomposts Formulations for Effective Growth and Yield in Sweet Basil (*Ocimum basilicum*) and Thai Holy Basil (*Ocimum tenuiflorum*)

สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์[1] **และ จักรพันธ์ พิณจีน**[1]
Samithiarporn, S.[1] and Pinjeen, J.[1]

Abstract

Three types of media, namely 1) water convolvulus (wc), 2) cow manure (cm) and 3) water convolvulus : cow manure (wc : cm) (1:1) for earthworm (*Eudrilus eugeniae*) was studied. In this system, a set of four-stack drawer was used. The worm's growth in form of weight of vermicompost was recorded every week. The results of 3 media in total weight were gradually increased. The highest total weight of vermicompost (3,886.20 g) was obtained in cow manure medium followed by water convolvulus: cow manure (1:1) medium (2,258.64 g) and water convolvulus medium (1,451.10 g). The greenhouse trials were used for the tests of the vermicompost on the growth of sweet basil and Thai holy basil. The growth of sweet basil and Thai holy basil seedlings, using soil 300 g, coconut husk chips 40 g, was enhanced significantly by substitution of plant material with 3, 15 and 30 g of vermicompost. The same enhancement in sweet basil and Thai hoiy basil seedlings growth also occurred by substitution of plant material with vermicomposts. Plant height, canopy width, leaf length and leaf width of sweet basil and thai hoiy basil were recorded. The growth of plant material mixed with vermicompost was higher than those grown in fertilized plant material. Our results showed that vermicomposts have the positive effect on improving plant growth when added to greenhouse container plant material or soil planting.

Keywords: vermicomposts, Thai holy basil, sweet basil

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของอาหาร 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน มูลวัว ผักบุ้งจีนผสมมูลวัว (1:1) สำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* แบบชั้นพลาสติก พบว่า การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยมูลวัวสามารถผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณสูงสุด โดยมีน้ำหนักของมูลไส้เดือนดิน เท่ากับ 3,886.20 กรัม รองลงมาคือการเพาะเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีนผสมมูลวัว 1:1 และผักบุ้งจีน มีน้ำหนักสดของมูลไส้เดือนดินเท่ากับ 2,258.64 และ 1,151.10 กรัม ตามลำดับ ในการทดสอบในสภาพโรงเรือนของมูลไส้เดือนดินต่อการปลูกโหระพาและกะเพรา พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าโหระพาและกะเพรา ที่ปลูกในวัสดุปลูก (ดินปลูก 300 กรัม, กาบมะพร้าวสับหยาบ 40 กรัม) ที่ผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยอาหาร 3 ชนิด ในอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม พบว่า การเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ ความยาวใบ ของโหระพาและกะเพราที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมมูลไส้เดือนดินในอัตราส่วนต่างๆ สูงกว่าพืชทดสอบที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมปุ๋ยเคมี ผลจากการทดสอบในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีศักยภาพในการใช้สำหรับการส่งเสริมการเจริญเติบโตของโหระพาและกะเพราในสภาพโรงเรือน โดยการผสมลงในวัสดุปลูกหรือดินที่ใช้ในการปลูก

คำสำคัญ: ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน กะเพรา โหระพา

คำนำ

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มีประโยชน์ ต่อมนุษย์และระบบนิเวศน์ โดยไส้เดือนดินเมื่ออยู่ในห่วงโซ่อาหารจะทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายเศษซากอินทรีย์แล้วหมุนเวียนให้เศษซากอินทรีย์กลับไปเป็นประโยชน์ต่อระบบนิเวศน์ในขั้นต้นเริ่มตั้งแต่ดิน ไส้เดือนดินจะมีส่วนช่วยทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ด้วยการชอนไชทำให้โครงสร้างดินร่วนซุยมีผลให้การระบายน้ำและอากาศไปสู่ผิว

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology Pranakhorn Sri Ayutthaya Rajabhat University 13000

ดินได้ดีขึ้น นอกจากไส้เดือนดินจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร ยังมีผลในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยดินที่มีไส้เดือนดินอาศัยอยู่พบว่ามีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าดินที่มีไส้เดือนดินอาศัยอยู่ประมาณ 5-10 เท่า ไส้เดือนดินสามารถบ่งบอกถึงการปนเปื้อนของสารเคมีในดิน โดยตรวจสอบได้จากความหนาแน่นของประชากรไส้เดือนดินที่มีอยู่ ในวงจรการดำรงชีวิตของไส้เดือนดินอาหารที่ไส้เดือนดินกิน คือ เศษซากอินทรียวัตถุ สิ่งมีชีวิตเล็กๆ และ เศษดินถูกไส้เดือนดินกินเข้าไปถูกย่อยและขับถ่ายออกมากลายเป็นอินทรียวัตถุที่มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง (อาณัฐ, 2549) ด้วยคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้มีการนำไส้เดือนดินมาเพาะเลี้ยงเพื่อประโยชน์ทางการค้า โดยผลิตเป็นปุ๋ยมูลไส้เดือนส่งออกสู่ตลาดการเกษตรเพื่อช่วยลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีและมีความปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค นอกจากประโยชน์ทางการเกษตรไส้เดือนดินสามารถช่วยกำจัดขยะอินทรีย์ภายในครัวเรือนได้โดยการนำเศษผักผลไม้มาใช้เลี้ยงไส้เดือนดินได้ อีกทั้งสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนเสริมสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีการศึกษาการปลูกพืชโดยการใช้มูลไส้เดือนดินทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเลือกพืชตระกูลมินท์ ได้แก่ กะเพราและโหระพา เป็นพืชทดสอบ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือนดินเพื่อทดแทนและลดการใช้สารเคมีในระบบการปลูกพืช นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเป็นแนวทางการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือนดินในเชิงการค้าได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนดิน และการเตรียมสายพันธุ์ไส้เดือนดิน สายพันธุ์ (*Eudrilus eugeniae*) จากฟาร์มไส้เดือนดิน ณิชาฟาร์ม ของคุณประเสริฐ อารนามวงษ์ มาเพาะเลี้ยง ในชั้นพลาสติกขนาด 4 ปริมาตรความจุ (กว้าง X ยาว X สูง) เท่ากับ 36 X 46 X 17 เซนติเมตร การเตรียมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน แบ่งประเภทของอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินออกเป็น 2 ประเภท คือ อาหารที่ได้จากพืช และอาหารที่ได้จากมูลของสัตว์ พืชที่ใช้สำหรับเป็นอาหาร คือ ผักบุ้งจีน โดยทำการตัดรากผักบุ้งจีนออกและล้างน้ำให้สะอาด ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม สับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ โรยในชั้นพลาสติกรดน้ำให้ชุ่ม สำหรับมูลสัตว์ที่ใช้ คือ มูลวัว โดยนำมูลวัวตากแดดเป็นเวลา 2–3 วัน จากนั้นนำมูลวัวที่ตากแดดแล้วมาทุบให้มีขนาดเล็ก ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม โรยในชั้นพลาสติกรดน้ำให้ชุ่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ให้อาหารไส้เดือนดินทุก 7 วัน เมื่อครบกำหนดของการเปลี่ยนอาหารควรเก็บอาหารเก่าออกให้หมดเพื่อสะดวกต่อการเก็บมูลไส้เดือนดิน การวัดปริมาณมูลของไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแต่ละประเภท ทำการเก็บมูลไส้เดือนจากชั้นพลาสติกในแต่ละ treatment ทุก 7 วัน การบันทึกผลการทดลองนำมูลของไส้เดือนดินมาบันทึกค่าน้ำหนักสด จากนั้นนำมูลของไส้เดือนดินมาทำให้แห้ง บันทึกค่าน้ำหนักแห้ง บรรจุใส่ภาชนะปิดฝาให้สนิท

การทดสอบคุณสมบัติของมูลไส้เดือนดินในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ มูลไส้เดือนดินแห้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงตามขั้นตอนข้างต้น นำมาทดสอบคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ได้แก่ กะเพรา (*O. tenuiflorum*) และ โหระพา (*O. basilicum*) อายุต้นกล้า 2 เดือนครึ่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ นำมูลของไส้เดือนดินแห้ง มาผสมกับวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน 300 กรัม และ กาบมะพร้าวสับหยาบ 40 กรัม อัตราการผสมมูลไส้เดือนดินแห้งในวัสดุปลูกผสมในอัตรา 3, 15 และ 30 กรัม สำหรับชุดควบคุมใช้เพียงวัสดุปลูกตามอัตราส่วนที่กำหนด ชุดเปรียบเทียบสำหรับการทดลองนี้ ใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16 ผสมกับวัสดุปลูกในอัตรา 3, 15 และ 30 กรัม นำวัสดุปลูกที่ได้ผสมมูลไส้เดือนดินแห้งและปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนที่กำหนดบรรจุลงในกระถางปลูกพลาสติกเบอร์ 4 ย้ายต้นกล้าพืชทดสอบทั้งสองชนิดลงปลูก การให้น้ำพืชทดสอบทำการรดน้ำทุกวัน ปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อต้น การบันทึกผลการทดลองพิจารณาด้านการเจริญเติบโตด้านต่างๆ

ผลการทดลอง

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่มีต่อการผลิตมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler (*E. eugeniae*) พบว่า การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ด้วยมูลวัว สามารถผลิตมูลไส้เดือนดินได้ในปริมาณสูงสุด รองลงมา คือ การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยผักบุ้งจีนและมูลวัว สำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยผักบุ้งจีน ผลิตมูลไส้เดือนดินได้ปริมาณต่ำสุด จากการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายมูลของไส้เดือนดิน (Table 1)

จากการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหาร 3 ชนิด ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกะเพราในด้านต่าง ๆ พบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในอัตราส่วนต่าง ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบของต้นกะเพรา แต่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านความกว้างทรงพุ่ม พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลวัวในอัตราส่วน 15 กรัมต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีค่าเฉลี่ยด้านความกว้างทรงพุ่มสูงสุดท่ากับ 24.70 เซนติเมตร

โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในtreatment ต่างๆ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี ด้านความสูงต้น พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินใน treatment ต่างๆ มีผลให้ค่าเฉลี่ย การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินใน treatment 4 มีค่าเฉลี่ยด้านความกว้างทรงพุ่มสูงสุด เท่ากับ 25.80 เซนติเมตร แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในtreatmentต่างๆ ด้านความยาวใบ พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินใน treatmentต่างๆ มีผลให้ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความยาวใบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดย treatment 13 มีค่าเฉลี่ยด้านความกว้างใบสูงสุดเท่ากับ 4.12 เซนติเมตร แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีใน treatmentต่างๆ (Table 2)

จากการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นโหระพาด้านทรงพุ่ม พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีน ในอัตราส่วน 15 กรัม ต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มสูงสุดเท่ากับ 19.0 เซนติเมตร โดยไม่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีนและมูลวัวอัตราส่วน 3 กรัม และปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 15 และ 30 กรัม ด้านความยาวใบ พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีน มูลวัว และผักบุ้งจีนผสมมูลวัว ในอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม ต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีผลให้ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความยาวใบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีนในอัตราส่วน 3 กรัม ต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีค่าเฉลี่ยความยาวใบสูงสุดเท่ากับ 4.32 เซนติเมตร โดยไม่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 15 และ 30 กรัม ด้านความกว้างใบ พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีนอัตราส่วน 15 และ 30 กรัม ต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีค่าเฉลี่ยด้านความกว้างใบสูงสุดเท่ากับ 2.18 เซนติเมตร โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีนอัตราส่วน 15 กรัม มูลวัวอัตราส่วน 15 และ 30 กรัม ผักบุ้งจีนและมูลวัวอัตราส่วน 15 และ 30 กรัม และชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับมูลวัวอัตราส่วน 3 กรัม ผักบุ้งจีนและมูลวัวอัตราส่วน 3 กรัม และปุ๋ยเคมีอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม ด้านความสูงลำต้น พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีน มูลวัว และผักบุ้งจีนผสมมูลวัว ในอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม ต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีผลให้ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความสูงลำต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยการใช้ ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลวัวอัตราส่วน 15 กรัม ต่อวัสดุปลูก 340 กรัม มีค่าเฉลี่ยด้านความสูงต้นเท่ากับ 23.40 เซนติเมตร โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราส่วน 15 และ 30 กรัม (Table 2)

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในอัตรา 3, 15 และ 30 กรัม ต่อการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในอัตราส่วนต่างๆ ไม่ส่งผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา อีกทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่ต้นพืชทดสอบ สำหรับการใช้ปุ๋ยเคมีพบว่าส่งผลให้พืชทดสอบทั้ง 2 ชนิด เกิดความเป็นพิษ (Toxicity) เนื่องจากอัตราส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีไม่มีความเหมาะสม สำหรับปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเป็นปุ๋ยที่ได้จากการขับถ่ายกากใยของเสียจากการย่อยสลายของไส้เดือนดิน มูลไส้เดือนดินที่ได้มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับมูลของสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยมูลสัตว์โดยทั่วไป แต่มีลักษณะพิเศษบางประการที่มีความแตกต่างจากปุ๋ยมูลสัตว์ชนิดอื่นๆ คือ มีจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่มากมายหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท เชื้อรา โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่ม Cellulose-degraing นอกจากนี้ยังพบจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์สำหรับย่อยสลายธาตุอาหาร โดยมีการทดลองพบว่าการใส่มูลของไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดิน *Allolobophora caliginosa* ลงในดินมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุฟอตฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยมูลวัว รวมถึงมีจุลินทรีย์สามารถที่ผลิตฮอร์โมนพืช ที่สามารถกระตุ้นการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยมีคุณลักษณะพิเศษแตกต่างจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบ คือ มีธาตุอาหารและกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบสูง รวมทั้งมีผลต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ (Arancon และ Edwards, 2005) สอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ที่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจาก *Eudrilus eugeniae* ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริม การเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา โดยพืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี

สรุปผล

การศึกษาประสิทธิภาพของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน 3 ชนิด พบว่า การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยมูลวัวสามารถผลิตมูลไส้เดือนดินได้ในปริมาณสูงสุด ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 ชนิด ผสมกับวัสดุปลูก 340 กรัม ในอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และความยาวใบ ของต้นกะเพราโดยส่งเสริมให้ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 ชนิด ผสมกับวัสดุปลูก 340 กรัม ในอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม ไม่มีอิทธิผลต่อการเจริญทางความกว้างใบของกะเพราแต่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ และ ความกว้างใบ ของต้นโหระพา โดยส่งเสริมให้ต้นโหระพามีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี

เอกสารอ้างอิง

อานัฐ ตันโช, 2549, ไส้เดือนดิน, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี.

Arancon, N.Q and Edwards, C.A., 2005, Effects of Vermicomposts on Plant Growth, Paper Presented during the International Symposium Workshop on Vermin Technologies for Developing (ISWVT 2005), Los Banos, Philippines November 16-18, 2005. [Online], Available: http://www.slocountyworms.com/wp-content/uploads/2010/12/EFFECTS-OF-VERMICOMPOSTS-ON-PLANT-GROWTH.pdf, [October 21, 2013].

Table 1 The three types of media to produce vermicompost breed African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*)

week	WC		CM		WC:CM	
	Fresh (g)	Dry (g)	Fresh (g)	Dry (g)	Fresh (g)	Dry (g)
1	42.84	29.25	43.92	24.48	40.98	23.35
2	46.24	27.64	299.78	102.20	102.21	30.90
3	87.88	60.23	659.28	212.59	131.36	55.56
4	142.68	74.62	640.93	201.91	152.46	64.69
5	362.10	115.29	733.64	194.48	595.11	215.90
6	294.94	80.53	632.33	225.76	787.69	200.44
7	474.42	147.26	376.32	109.52	448.83	236.10
total	1451.10	534.82	3386.20	1070.94	2258.64	826.94

Table 2 Effects of earthworm manure in the ratio of the growth of the Thai holy basil and sweet basil after transplanting for 4 weeks.

treatment	Average growth measurement at 4 weeks (cm)							
	Thai Holy Basil (*Ocimum tenuiflorum*)				Sweet Basil (*Ocimum basilicum*)			
	Canopy width	Plant height	Leaf length	Leaf width	Canopy width	Plant height	Leaf length	Leaf width
Tr 1 WC 3 g	19.50 a[1/]	20.60 a	3.68 a	1.93 ns	17.90 ab	23.00 a	4.32 a	2.18 a
Tr 2 WC 15 g	18.80 a	23.40 a	3.78 a	2.47 ns	19.00 a	22.20 a	4.27 a	2.14 a
Tr 3 WC 30 g	21.50 a	23.40 a	4.06 a	2.13 ns	18.30 ab	22.40 a	3.92 a	2.18 a
Tr 4 CM 3 g	20.30 a	25.80 a	3.54 a	1.72 ns	16.20 ab	21.80 a	3.76 a	1.88 cd
Tr 5 CM 15 g	24.70 a	23.80 a	3.54 a	1.85 ns	16.30 ab	23.40 a	3.87 a	2.05 ab
Tr 6 CM 30 g	17.60 a	23.00 a	3.45 a	1.85 ns	17.00 ab	22.20 a	3.94 a	2.06 ab
Tr 7 WC:CM 3 g	18.70 a	23.20 a	3.77 a	1.92 ns	14.50 b	20.20 a	4.24 a	1.82 d
Tr 8 WC:CM 15 g	17. 40 a	23.40 a	3.68 a	1.82 ns	16.00 ab	21.80 a	4.07 a	2.03 abc
Tr 9 WC:CM 30 g	19.90 a	24.40 a	3.88 a	1.94 ns	17.40 ab	20.00 a	4.18 a	2.15 a
Tr 10 Fertilizer 3 g	11.30 b	13.80 b	2.54 b	1.27 ns	16.50 ab	20.60 a	3.60 a	1.90 bcd
Tr 11 Fertilizer 15 g	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 ns	0.00 c	0.00 b	0.00 b	0.00 e
Tr 12 Fertilizer 30 g	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 ns	0.00 c	0.00 b	0.00 b	0.00 e
Tr 13 Control	19.30 a	25.20 a	4.12 a	2.52 ns	16.90 ab	21.02 a	3.74 a	2.08 a

[1/] Averages followed by the same letter vertically are not statistically different 0.05 by LSD

การศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นในน้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์ในขณะการเก็บรักษา

Free Fatty Acid in Vegetable Oil and Animal Fat during Storage

อธิยา คงเซ็น[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1] และ วารุณี ลิ่มมั่น[3]

Kongsen, A.[1], Pairintra, R.[2], Sudaprasert, K.[1] and Limmun, W.[3]

Abstract

For biodiesel production, the amount of free fatty acid (FFA) contained in raw material is important factor in the transesterification process. If the FFA higher than 3% will reduce the chemical reaction activities and cause incomplete reaction. The objective of this research is to investigate the amount of FFA. The raw materials in this research were waste palm oil, para rubber seed oil, and goat fat. The parameter that effect on free fatty acid were storage time and storage conditions. The results showed that the initial amount of FFA in rubber tree seed oil, waste palm oil and goat fat were 0.2%, 0.81% and 0.15% respectively. After 30 days, the amount of FFA in goat fat stored in brown bottle increased only 0.09% while frozen goat fat increased to 1.16% .Sun dried rubber seed oil was 7.5% while un-sun dried was 15%. For waste palm oil, the amount of free fatty acid increased to 18.20 % .In can be concluded that, the humidity, heat, oxygen in the air, light and storage time have effect on the amount of FFA significantly. Therefore, raw materials should be stored in the air tithed container, dried place.

Keywords: biodiesel, the amount of free fatty acid (FFA), storage time.

บทคัดย่อ

ในการผลิตไบโอดีเซล ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันจะเป็นปัจจัยสำคัญมากอย่างหนึ่งในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ปริมาณกรดไขมันอิสระที่สูงเกิน 3% จะลดความสามารถในการทำปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดในน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้วัตถุดิบ 3 ประเภทคือน้ำมันจากเมล็ดยางพารา น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว และน้ำมันสัตว์ซึ่งจะใช้ไขมันแพะ ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้ทำการศึกษา คือ ระยะเวลาและเงื่อนไขในการเก็บรักษาน้ำมันที่ต่างกัน ผลการทดลองพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันเมล็ดยางพารา น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว น้ำมันไขมันแพะ มีกรดไขมันอิสระเป็น 0.2%, 0.81%และ 0.15% ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน พบว่า น้ำมันไขมันแพะที่เก็บบรรจุในขวดสีชามีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเพียง 0.09% ในขณะที่น้ำมันไขมันแพะที่แช่แข็งมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็น 1.16 % สำหรับเมล็ดยางพาราที่ผ่านการตากแดดมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 7.5 ในขณะที่เมล็ดยางพาราที่ไม่ผ่านการตากแดดมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 15% สำหรับน้ำมันปาล์มใช้แล้วมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มเป็น 18.20% สรุปได้ว่าความชื้น ความร้อน ออกซิเจนในอากาศ แสงสว่าง และระยะเวลามีผลกระทบต่อปริมาณกรดไขมันอิสระโดยตรง ดังนั้นควรเก็บวัตถุดิบ หรือน้ำมันในภาชนะที่ปราศจากความชื้นและอากาศ และทึบแสงจะช่วยลดการเกิดปริมาณกรดไขมันอิสระให้น้อยลง

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ปริมาณกรดไขมันอิสระ ระยะเวลาในการเก็บรักษา

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi126 Pracha-utid Road BangmodToongkru, Bangkok 10140.

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 แขวงท่าขาม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

[3] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร 86160

[3] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumpon 86160

คำนำ

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เทอริฟิเคชันซึ่งเป็นการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลสายสั้นเพื่อทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ของกรดไขมันหรือไบโอดีเซล อนึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลอย่างน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ จะมีกรดไขมันอิสระเป็นส่วนประกอบอยู่ โดยเฉพาะอย่างน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว มักมีกรดไขมันอิสระสูง ซึ่งส่งผลให้น้ำมันไม่บริสุทธิ์ยากต่อการนำไปผลิตไบโอดีเซล โดยกรดไขมันอิสระจัดเป็นกรดไขมันชนิดหนึ่งที่อยู่ในน้ำมันซึ่งเกิดจากโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ถูกแยกออกมาโดยการย่อยด้วยเอนไซม์ซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมในปฏิกิริยา เรียกว่า “Hydrolysis Reaction” จะอยู่ในรูปของกรดไขมันอิสระ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อาทิเช่น ออกซิเจนในอากาศ แสงแดด ความร้อน เป็นต้น (Issariyakul และคณะ, 2014) โดยทั่วไปแล้วน้ำมันควรมีความเป็นกรดไขมันอิสระน้อยกว่าร้อยละ 3 เนื่องจากกรดไขมันอิสระที่มากกว่า 3% จะไปลดความสามารถในการทำปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ และทำให้ได้ไบโอดีเซลที่ไม่บริสุทธิ์เนื่องจากเกิดสบู่ โดยเฉพาะเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบส (Encinar และคณะ, 2011) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดปริมาณกรดไขมันอิสระ ในระหว่างการเก็บรักษา โดยวัตถุดิบที่ใช้คือน้ำมันจากเมล็ดยางพารา น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว ไขมันแพะ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ และศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลากับเงื่อนไขในการเก็บรักษาน้ำมันที่ต่างกันที่มีผลต่อกรดไขมันอิสระ

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำมันน้ำมันที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานจำนวน 7 ครั้งน้ำมันพืชจากเมล็ดยางพาราที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายจากเฮกเซน น้ำมันสัตว์จากไขมันแพะผ่านการสกัดด้วยกรรมวิธีการเจียว

การเก็บรักษาโดยการเก็บรักษาเมล็ดยางพาราแบ่งเป็น 2 สภาวะ คือ สภาวะที่ 1 ทำการตากแดดเมล็ดยางพาราหลังการเก็บเกี่ยวก่อน 1 วันและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง สภาวะที่ 2 ไม่ตากแดดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับการเก็บรักษาไขมันแพะทำการทดลอง 2 สภาวะคือ สภาวะที่ 1 ไขมันแพะที่ได้มาใหม่ๆ เก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ 4.8-5.2°C นำออกมาใช้บางส่วนไม่ถึงกับใช้หมด นำออกมาเจียวเป็นน้ำมันแล้วนำไปใช้งาน ส่วนไขมันที่เหลือก็นำกลับไปแช่เย็นเหมือนเดิม พอน้ำมันหมดก็นำไขมันที่แช่เย็นไว้มาเจียวเป็นน้ำมันแล้วนำไปใช้งาน ที่เหลือก็นำไปแช่เย็นเหมือนเดิมและสำหรับน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและสภาวะที่ 2 การเจียวไขมันแพะที่สดใหม่ๆ เจียวเป็นน้ำมันให้หมดภายในวันนั้นไม่ให้เหลือ น้ำมันที่ได้บรรจุในขวดสีชาปิดจุกให้มิดชิดพอเวลาผ่านไปจะอยู่ในรูปไขที่อุณหภูมิห้อง

การตรวจสอบค่ากรดไขมันอิสระด้วยวิธีไตเตรท (สุรัญ, 2013) ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 7 กรัมลงในขวดรูปชมพู่เติมเอทานอลร้อน 75 ml และ Phenolphthalein 4-5 หยด จากนั้นนำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25 N เขย่าให้เข้ากันจนได้สารละลายสีชมพูที่คงตัวนาน 30 วินาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ พร้อมทั้งทำBlank โดยใช้ตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำมันและไตเตรทเช่นเดียวกับข้างต้นที่กล่าวมา แล้วคำนวณหาปริมาณกรดไขมันอิสระได้จากสมการที่ 1.1

$$\text{Free Fatty Acids (\%)} = \frac{(A-B) \times N \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \qquad (1.1)$$

เมื่อ A คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทสารตัวอย่าง (ml)

B คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทสารละลาย Blank (ml)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียม

28.2 คือ ร้อยละโดยน้ำหนักของกรดโอเลอิก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สำหรับการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลายเฮกเซนจะให้ปริมาณน้ำมัน 40 % ต่อกรัมเนื้อเมล็ดยางพาราซึ่งให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดแบบบีบอัดประมาณ 10 % สำหรับการสกัดน้ำมันจากการเจียวไขมันแพะ 50 g ได้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 70% และเมื่อนำน้ำมันทำการวิเคราะห์ปริมาณ FFA ดัง Figure 1-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันอิสระ กับระยะเวลาในการเก็บรักษา วัตถุดิบที่ต่างชนิดกัน และสภาวะที่ต่างกัน

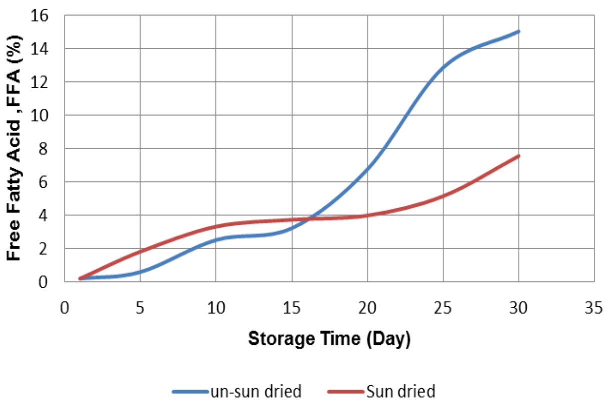


Figure 1 Amount of Free Fatty Acid in vegetables oil from Rubber Seed Oil.

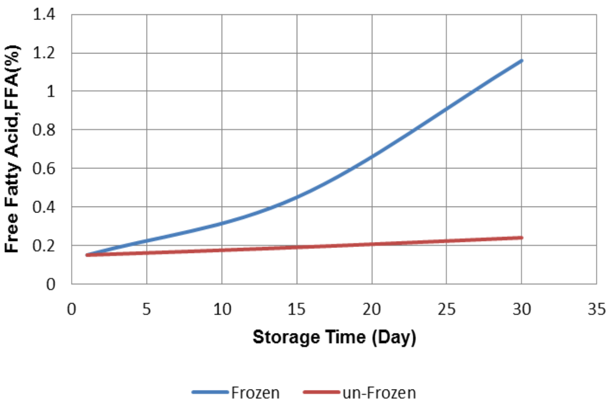


Figure 2 Amount of Free Fatty Acid in Animals oil from Goat Fat.

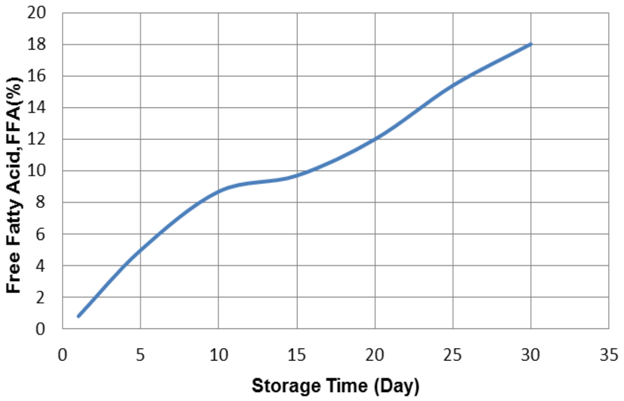


Figure 3 Amount of Free Fatty Acid in Waste Palm Oil

พบว่า จำนวนวันในการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ FFA จาก Figure 1 จะเห็นว่าในน้ำมันเมล็ดยางพาราสดใหม่มีปริมาณ FFA เริ่มต้น 0.2% หลังการเก็บรักษาเมล็ดยางพาราโดยการตากแดด 1 วัน หลังการเก็บเกี่ยว มีปริมาณ FFA เกิดขึ้น 7.55% ซึ่งน้อยกว่า 2 เท่าของเมล็ดยางพาราไม่ตากแดด ทั้งนี้เพราะการตากแดดจะช่วยลดความชื้นในเมล็ดยางพาราได้ จึงสามารถลดการไฮโดรไลซ์ของไตรกลีเซอไรด์ได้ในขณะที่น้ำมันสัตว์จาก Figure 2 พบว่าการเจียวไขแพะสดใหม่มีปริมาณ FFA เริ่มต้นเป็น 0.15% หลังการเก็บรักษาน้ำมันแบบเจียวไขแพะสดทั้งหมดที่ไม่ได้แช่แข็งบรรจุในขวดสีชาจะมีปริมาณ FFA เป็น 0.24% ซึ่งน้อยกว่า 3 เท่าของน้ำมันไขแพะที่ผ่านการแช่แข็งแล้วนำมาเจียวเป็นครั้งคราว เนื่องจากน้ำมันที่ถูกเจียวไว้ทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด ลดการสัมผัสกับออกซิเจน และแสงสว่างจึงสามารถลดอัตราการไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ได้และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยลง ในขณะที่น้ำมันที่ได้จากการเจียวไขมันแช่แข็งเกิดปริมาณ FFA สูงกว่า อาจเนื่องจากในไขมันแพะมีองค์ประกอบของน้ำจากตัวแพะที่เหลืออยู่ประกอบกับความชื้นและจุลินทรีย์ในอากาศซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้เร็วกว่าถึงแม้จะเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำก็ตาม และสำหรับน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว จาก Figure 3 พบว่าน้ำมันปาล์มเมื่อผ่านการใช้งานในครั้งแรกจะเกิดปริมาณ FFA 0.81% และเมื่อระยะเวลาการใช้งาน 30 วันปริมาณ FFA เพิ่มขึ้นถึง 18.02%ในการใช้งานครั้งที่ 7 เนื่องจากความร้อนอุณหภูมิสูงและน้ำที่ปนเปื้อนในน้ำมันหรือน้ำที่อยู่ในองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารจะทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์โมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ได้ง่าย ยิ่งนำน้ำมันกลับไปใช้ซ้ำโดยผ่านการให้ความร้อนหลายๆรอบ ก็จะส่งผลให้เกิดปริมาณ FFA มากขึ้น (Saad และคณะ, 2007)

สรุปผล

การสกัดน้ำมันพืชด้วยตัวทำละลายจะให้ปริมาณน้ำมันที่มากกว่าการสกัดแบบบีบอัดประมาณ 10-20% สำหรับการสกัดน้ำมันจากไขสัตว์ด้วยวิธีการเจียวจะเป็นวิธีที่ง่ายและเจียวไขสัตว์ได้ปริมาณน้ำมันมากถึง 70% โดยการเก็บรักษาเมล็ดยางพาราควรเก็บรักษาไม่เกินระยะเวลา 30 วัน ซึ่งมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 15.01% ในขณะที่การเก็บรักษาไขแพะควรเก็บรักษาแช่เย็นไม่เกิน 1 เดือนซึ่งมีปริมาณ FFA 1.16% และสำหรับน้ำมันที่ใช้แล้วควรใช้แค่ครั้งเดียวซึ่งมีปริมาณ FFA 0.81% และวิธีที่ดีที่สุดคือควรสกัดน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากวัตถุดิบที่สดใหม่ สกัดน้ำมันทั้งหมดในครั้งเดียวและเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท ป้องกันความชื้น และแสงแดดซึ่งเป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญในการทำงานของเอนไซม์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์อยู่ในรูป FFA

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Issariyakul, T. and Dalai, A.K., 2014, Biodiesel from Vegetable Oils, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31:446-471.

Encinar, J.M., Sánchez, N., Martínez, G. and García, L., 2011, Study of Biodiesel Production from Animal Fats with High Free Fatty Acid Content, Bioresource Technology, 102: 10907-10914.

สุรัญ ชินพัฒนวานิช, 2556, การผลิตไบโอดีเซลจากไขแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 54-56.

Saad, B., Ling, C.W., Jab, M.S., Lim, B.P., Mohamad Ali, A.S., Wai, W.T. and Saleh, M.I., 2007, Determination of Free Fatty Acids in Palm Oil Samples Using Non-Aqueous Flow Injection Titrimetric Method, Food Chemistry, 102: 1407-1414.

การประเมินผลของระดับความสุกของขนุนสำหรับการผลิตขนุนอบกรอบ

Evaluation of Jackfruit Ripening Stage for Production of Dehydrated Crispy Jackfruit

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สิริมา ชินสาร[1] และ นิสานารถ กระแสร์ชล[1]

Yuenyongputtakal, W.[1], Chinnasarn, S.[1] and Krasaechol, N.[1]

Abstract

The different ripening stages of flesh jackfruit showed diverged contents of proximately chemical composition and physical properties in terms of color and hardness ($p<0.05$). The effect of ripening stage of jackfruit (60, 70 and 80% of ripeness degree) on dehydrated crispy jackfruit quality was investigated. Osmotic dehydration pretreatment was carried out and then drying using high temperature pulse on the air drying. The result showed that ripeness degree affected mass transfer during osmosis process. Different ripeness degree influence the quality of dehydrated crispy jackfruit product including L* a* and b* color value, hardness, rate of expansion, density, as well as sensorial liking ($p<0.05$). The optimum ripeness degree was 60% which led to distinctive better product texture and obtained the highest overall liking ($p<0.05$).

Keywords: ripening stage, dehydrated crispy jackfruit, puffing

บทคัดย่อ

เนื้อขนุนที่มีระดับความสุกแตกต่างกันมีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณและลักษณะทางกายภาพด้านสีและความแข็งแตกต่างกัน ($p<0.05$) การศึกษาผลของระดับความสุก (60, 70และ 80 เปอร์เซ็นต์) ต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ โดย นำเนื้อขนุนมาเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิสและอบกรอบโดยการใช้สภาวะอุณหภูมิสูงร่วมกับการทำแห้งด้วยลมร้อน ผลการทดลองพบว่า ระดับความสุกของขนุนมีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส และมีผลต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น และ ความชอบทางประสาทสัมผัส ($p<0.05$) ระดับความสุกของขนุนที่เหมาะสมที่สุด คือ ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าสิ่งทดลองอื่น และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ระดับความสุก ขนุนอบกรอบ การพองกรอบ

คำนำ

ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนซึ่งมีพื้นที่การเพาะปลูกการกระจายตัวทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยการผลิตและส่งออกในระดับอุตสาหกรรมส่วนใหญ่อยู่ในรูปขนุนสด การแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนุนในระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมในรูปแบบที่ได้ใช้เครื่องมือหรือเทคโนโลยีขั้นสูงมักแปรรูปเป็น ขนุนทอดกรอบ ขนุนกวน และขนุนอบ เป็นต้น โดยยังพบปัญหาด้านผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะระดับความสุกของขนุน เนื่องจากเนื้อขนุนที่มีระดับความสุกต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ เพื่อให้สามารถกำหนดระดับความสุกที่ชัดเจนในการเลือกใช้ขนุนมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อบกรอบที่มีคุณภาพดี และมีอายุการเก็บรักษาสั้น งานวิจัยนี้มีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ โดยมุ่งหมายให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพองกรอบ และมีอายุการเก็บรักษานาน โดยอาศัยหลักการของการออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น ดำเนินการโดยนำชิ้นขนุนมาเตรียมขั้นต้นด้วยการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส เพื่อช่วยลดปริมาณน้ำในชิ้นขนุนก่อนการนำไปอบแห้ง และนำขนุนหลังการออสโมซิสมาอบแห้งโดยการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น เพื่อช่วยให้โครงสร้างของชิ้นขนุนมีลักษณะพองกรอบนาน มีความชื้นและค่า a_w ต่ำ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามหลักการดังกล่าว ลักษณะคุณภาพของวัตถุดิบน่าจะมีความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบกรอบ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความสุกของขนุนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, TambonSaensuk, AmphorMuang, Chonburi20131

อุปกรณ์และวิธีการ

กำหนดใช้เนื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ แปรระดับความสุกของขนุนเป็น 3 ระดับ โดยนำขนุนที่แก่จัด (อายุประมาณ 120 วัน หลังจากดอกบาน) บ่มโดยวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาต่างๆ ดังนี้ ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ บ่มเป็นเวลา 1 วัน ขนุนระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ บ่มเป็นเวลา 2 วัน และขนุนระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ บ่มเป็นเวลา 3 วัน สุ่มตัวอย่างเนื้อขนุน มาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้ 1) ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990) 2) ค่าสี L* a* และ b*โดยเครื่องวัดสี และ 3) ค่าความแข็ง โดยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้แรงตัดผ่านจากชุดหัววัดแบบใบมีด นำเนื้อขนุนหั่นเป็นชิ้นขนาด 1.5 x 5 เซนติเมตร ออสโมซิสโดยแช่ในสารละลายผสมของน้ำตาลทรายความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ และเกลือความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ กำหนดอัตราส่วนระหว่างขนุนกับสารละลายออสโมติกเป็น 1:5 วิเคราะห์ค่าการถ่ายโอนมวลสารดังนี้ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) แล้วนำขนุนหลังการออสโมซิสมาอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน ดังนี้ 1) การทำแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST stage) โดยใช้เตาอบไฟฟ้า 2) การทำให้เย็นลง (Cooling stage) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที โดยใช้เตาอบไฟฟ้า และ 3) การทำแห้งด้วยลมร้อน (Air drying stage) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนความชื้นเหลือ 12±1 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ตู้อบลมร้อน หลังการอบแห้งเก็บตัวอย่างไว้ในถุงโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ปิดผนึกสนิท แล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นไม่เกิน 1 วัน วิเคราะห์คุณภาพขนุนหลังการทำแห้ง ได้แก่ 1) ค่า a_w โดยเครื่องวัด a_w 2) ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) 3) ค่าสี L* a* และ b*โดยเครื่องวัดสี 4) ค่าความแข็ง โดยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้แรงตัดผ่านจากชุดหัววัดแบบใบมีด 5) อัตราการพองตัวและความหนาแน่น (Hofsetz และคณะ, 2007) และ 6) ทดสอบความชอบวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า เมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนปริมาณเส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากขนุนจัดเป็นผลไม้ชนิด Climacteric fruits คือ ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงขึ้นในขณะที่กำลังจะสุก ผลจากการหายใจจึงทำให้มีปริมาณน้ำมากขึ้นและมีกลไกในการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีของอัตราการหายใจของเซลล์โดยแป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล และมีผลทำให้ปริมาณเส้นใยลดลง (ดนัย, 2531) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีด้านโปรตีน และไขมันมีแนวโน้มลดลง ตามสัดส่วนของแข็งในขนุนที่ลดลง จากTable 2 พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเนื้อขนุนที่มีระดับความสุกต่างกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่า L* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* และ ค่า b* มีแนวโน้มมากขึ้นตามระดับความสุก สำหรับค่าความแข็ง มีแนวโน้มลดลงตามระดับความสุกที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า ที่ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งไม่แตกต่างจากระดับความสุก 70 เปอร์เซ็นต์ จาก Table 3 พบว่าค่า WL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความสุกของขนุนเพิ่มขึ้น โดยระดับความสุกของขนุนที่ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่า WL มากที่สุด เนื่องจากขนุนสุกมีปริมาณน้ำมากกว่าขนุนดิบจึงเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างชิ้นขนุนและสารละลายออสโมติกมากกว่า เกิดเป็นแรงขับให้มีการถ่ายเทมวลสาร คือ เกิดการแพร่ของน้ำออกจากชิ้นขนุนไปยังสารละลาย ชิ้นขนุนจึงเกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น สำหรับปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความสุกของขนุนที่เพิ่มขึ้น วิชมณี (2556) กล่าวว่า ความแก่อ่อน หรือความสุกดิบของผลไม้มีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร โดยผลไม้สุกจะมีแนวโน้มเกิดการแพร่ของมวลน้ำและของแข็งมากกว่าผลไม้ดิบ เนื่องจากเนื้อเยื่อมีความอ่อนนุ่ม โครงสร้างเซลล์แข็งแรงน้อยกว่าผลไม้ดิบจึงทำให้เกิดการแพร่ของน้ำและตัวถูกละลายมากกว่าผลไม้ดิบ

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยค่า a_w อยู่ในช่วง 0.54 - 0.57 และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 11.61-11.84 เปอร์เซ็นต์ จาก Table 4 พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบเมื่อใช้ขนุนที่ระดับความสุกต่างกันมีค่าสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีแนวโน้มเดียวกันกับค่าสีของชิ้นขนุนสด กล่าวคือ ค่า L* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* และ b* มีแนวโน้มมากขึ้นตามระดับความสุก แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเมื่อใช้ขนุนที่มีความสุกมากขึ้น จากTable 5 พบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีแนวโน้มสอดคล้องกับค่าความแข็งของวัตถุดิบขนุนที่ใช้ ขนุนที่สุกน้อยมีลักษณะเนื้อเยื่อเป็นเส้นใยมากกว่าขนุนที่สุกมาก อีกทั้งมีปริมาณน้ำน้อย

กว่า ในขณะที่ขนุนที่สุกมากมีลักษณะเนื้อเยื่อนิ่มกว่าและมีส่วนประกอบของน้ำมากกว่าด้วย เมื่อนำมาอบขนุนที่มีความสุกน้อยอาจมีปริมาณน้ำน้อยเกินไป ที่จะเกิดเป็นไอดันผนังเซลล์ให้พองตัวได้ และการมีเนื้อเยื่อเป็นเส้นใยมากกว่าทำให้เมื่อผ่านการอบแห้งจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแห้งและแข็งกว่า สำหรับอัตราการพองตัว พบว่า ขนุนที่ระดับความสุกต่ำ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการพองตัวต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปริมาณแป้งและเส้นใยมากกว่าส่งผลให้ในขั้นตอนการอบช่วง HTST Stage เมื่อชิ้นขนุนได้รับความร้อนจะเกิดโครงร่างแข็งขึ้นมาก จึงอาจทำให้ไอน้ำมีการขยายตัวพองออกได้ยาก Antonio และคณะ (2008) กล่าวว่าหากตัวอย่างเกิดปรากฏการณ์เจลาติไนเซชันไม่สมบูรณ์จากการที่ตัวอย่างมีแป้งเป็นองค์ประกอบ แต่มีปริมาณน้ำจำกัดต่อการเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมีลักษณะแข็งได้ และอาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นในชิ้นขนุนที่ระดับความสุกต่ำมีปริมาณน้อยกว่า จึงมีปริมาณไอน้ำที่จะไปทำให้โครงสร้างเกิดการพองตัวออกมีโอกาสเกิดน้อยกว่าด้วย สำหรับความหนาแน่น พบว่ามีแนวโน้มตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัว โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ การใช้ขนุนระดับความสุก 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จาก Table 6 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุกต่างกันได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงที่สุด ยกเว้นคะแนนความชอบด้านรสชาติ ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนที่ระดับความสุก 80 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนสูงที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบที่ใช้ขนุนระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และได้คะแนนความชอบทุกด้านไม่น้อยกว่า 6 คะแนน แสดงถึงผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ทุกด้าน

Table 1 Chemical composition of jackfruit meat from difference ripeness stage

Chemical composition (%)	Degree of ripeness (%)		
	60	70	80
Moisture	$60.21±0.09^c$	$66.08±0.08^b$	$68.32±0.14^a$
Ash	$0.78±0.01^b$	$1.53±0.05^c$	$1.79±0.05^a$
Protein	$2.51±0.05^a$	$2.02±0.09^b$	$1.89±0.02^c$
Fat	$0.63±0.02^a$	$0.46±0.05^b$	$0.32±0.02^c$
Crude fiber	$2.21±0.06^a$	$1.66±0.11^b$	$1.10±0.04^c$
Carbohydrate	$33.68±0.11^a$	$28.27±0.06^b$	$25.58±0.04^c$

^{a,b} Mean values in the same row with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Effect of ripeness stage on L* a* b* and hardness of jackfruit meat

Degree of ripeness (%)	L*	a*	b*	Hardness (N)
60	$83.75±0.08^a$	$0.83±0.02^c$	$34.55±0.11^c$	$2.98±0.63^a$
70	$81.08±0.05^b$	$2.66±0.05^b$	$49.20±0.25^b$	$2.43±0.25^{ab}$
80	$80.92±0.29^c$	$3.76±0.02^a$	$51.23±0.40^a$	$1.83±0.10^b$

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 3 Effect of ripeness stage on WL, SG and WR of jackfruit meat

Degree of ripeness (%)	WL(%)	WR (%)	SG (%)
60	$10.23±0.89^b$	$5.14±1.44^c$	$4.52±0.30^b$
70	$10.91±0.56^b$	$6.35±0.95^b$	$5.05±0.50^b$
80	$14.31±0.94^a$	$8.51±1.87^a$	$5.82±1.03^a$

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 4 Effect of ripeness stage on L* a* b* of dehydrated crispy jackfruit

Degree of ripeness (%)	L*	a*	b*
60	56.95±0.66^{a}	16.75±0.18^{c}	32.27±0.10^{c}
70	53.45±0.75^{b}	19.48±0.40^{b}	40.84±0.21^{b}
80	50.33±0.14^{c}	20.06±0.06^{a}	42.10±0.68^{a}

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 5 Effect of ripeness stage on hardness, expansion ratio and density of dehydrated crispy jackfruit

Degree of ripeness (%)	Hardness (N)	Expansion ratio	Density (g/cm^3)
60	30.65±0.39^{a}	0.28±0.07^{c}	0.59±0.46^{a}
70	29.18±0.26^{b}	0.39±0.27^{b}	0.45±0.10^{ab}
80	22.43±0.68^{c}	0.51±0.08^{a}	0.43±0.06^{b}

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 6 Effect of ripeness stage on liking scores of dehydrated crispy jackfruit

Degree of ripeness (%)	Liking score				
	Appearance	Color	Taste	Texture	Overall
60	7.07±1.41^{a}	6.93±1.46^{a}	6.60±1.35^{b}	6.93±1.63^{a}	7.13±1.33^{a}
70	6.43±1.25^{b}	6.47±1.33^{ab}	6.80±1.35^{b}	4.10±1.57^{b}	6.70±1.72^{b}
80	6.03±1.63^{b}	6.27±1.60^{b}	7.23±1.61^{a}	5.43±1.62^{b}	6.37±1.52^{b}

^{a,b} Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

สรุปผล

ระดับความสุกของขนุนมีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส และมีผลต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบด้านค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง อัตราการพองตัว ความหนาแน่น และ ความชอบทางประสาทสัมผัส ($p<0.05$) ระดับความสุกของขนุนที่เหมาะสมที่สุด คือ ระดับความสุก 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบมีลักษณะเนื้อสัมผัสดีและได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

ดนัย บุณยเกียรติ, 2531, เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 2556, ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสของผักและผลไม้, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18: 226-233.

Antonio, G.C., Alves, D.G., Azoubel, P.M., Murr, F.E.X. and Park, K.J., 2008, Influence of Osmotic Dehydration and High Temperature Short Time Processes on Dried Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Lam.), Journal of Food Engineering, 84: 375-382.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15thed.), Arlington, Virginia, USA.

Hofsetz, K., Lopes, C.C., Hubingera, M.D., Mayor, L. and Alberto, M.S., 2007, Changes in the Physical Properties of Bananas on Applying HTST Pulse during Air-drying, Journal of Food Engineering, 83: 531–540.

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกร

Antioxidant and Antibacterial Activities of Natural Extract from Dragon Fruit Pee

กมลลักษณ์ มาสำโรง[1] และ วรพจน์ สุนทรสุข[1]

Masomrong, K.[1] and Suntornsuk, W.[1]

Abstract

This work were aimed to monitor betacyanin, a key pigment compounds, content in dragon fruit (*Hylocercus undatus* (Haw) Britton & Rose) peel and to determine antioxidant and antibacterial activities of the dragon fruit peel extract. The results showed that the peel contained total phenolic and betacyanin content of 29.98 mg gallic acid equivalent/g dried sample and 0.88 mg/100 g dried sample, respectively. An aqueous extract of the peel gave strong red color with a pH range of 4.0 – 4.5. Additionally, the extract could exhibit antioxidant activity against DPPH and $ABTS^+$ radicals and also β-carotene bleaching with the IC_{50} values of 0.043, 0.200 and 1.966 mg/mL, respectively. For the antibacterial activity, the extract at 50.93 mg/mL was able to inhibit common foodborne pathogens, i.e., *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Clostridium sporogenes* ATCC 19404 and *Salmonella* Typhimurium DMST 16809. Therefore, the dragon fruit peel extract could be a good source of natural antioxidant and antibacterial agent which could be applied in food, cosmetic and pharmaceutical products.

Keywords: dragon fruit peel, natural extract, antioxidant, antibacterial agent

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณเบต้าไซยานินในเปลือกแก้วมังกรสายพันธุ์ *Hylocercus undatus* (Haw) Britton & Rose และศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกรจากการศึกษาพบว่าเปลือกแก้วมังกรมีสารฟีนอลิกทั้งหมดเป็นองค์ประกอบ 29.98 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในตัวอย่างแห้ง1 กรัม ในขณะที่เบต้าไซยานินซึ่งเป็นสารสำคัญในเปลือกแก้วมังกรพบเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัมในตัวอย่างแห้ง 100 กรัม หลังการสกัดเปลือกแก้วมังกรด้วยน้ำกลั่นพบว่าสารสกัดที่ได้มีสีแดงเข้ม มีค่า pH ระหว่าง4.0 – 4.5นอกจากนี้พบว่าสารสกัดเปลือกแก้วมังกรสามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ $ABTS^+$และแสดงความสามารถในการฟอกจางสีเบต้าแคโรทีน โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.043 0.200 และ 1.966 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ความสามารถในการต้านแบคทีเรียของสารสกัดดังกล่าวพบว่าที่ความเข้มข้นสารสกัด50.93 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคที่พบในอาหารได้แก่ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 *Clostridium perfringens* ATCC 13124 *Clostridium sporogenes* ATCC 19404 และ*Salmonella* Typhimurium DMST 16809 ดังนั้นสารสกัดเปลือกแก้วมังกรเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านแบคทีเรียจากธรรมชาติ และอาจนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทางยาได้

คำสำคัญ: เปลือกแก้วมังกร สารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านแบคทีเรีย

คำนำ

แก้วมังกรเป็นผลไม้ที่สามารถพบได้ในประเทศไทย โดยมีผลผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศสูงถึง 6,000 ตันต่อปี และทำให้มีส่วนเปลือกเหลือทิ้งมากถึง 180 ตันต่อปี (ASTV ผู้จัดการออนไลน์, 2550) จากงานวิจัยของ Stintzingและคณะ (2002) พบว่าสารในเปลือกแก้วมังกรส่วนใหญ่เป็นสารเบต้าไซยานิน อีกทั้งเบต้าไซยานินให้มีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ดีและให้สีแดงในช่วงค่า pH กว้าง คือตั้งแต่ pH 3 – 7(Stintzing และ Carle, 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในเชิงพาณิชย์ต่อไป

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi,126 Prachautid Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok, 10140, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดสารสีจากเปลือกแก้วมังกร

นำเปลือกแก้วมังกร (สายพันธุ์ *Hylocercus undatus* (Haw) Britton & Rose) มาทำแห้งด้วยทำแห้งวิธี freeze drying การสกัดสารสีดัดแปลงวิธีการทดลองจาก Stintzing และคณะ (2002) ชั่งเปลือกแก้วมังกร 1 กรัมสกัดด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตรโดยใช้เครื่องปั่นที่ความเร็วต่ำเป็นเวลา 20 วินาที แล้วทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บสารสกัดไว้ นำกากไปสกัดซ้ำ 2 รอบด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 10 มิลลิลิตรและเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอล 95% โดยใช้อัตราส่วนเอทานอลต่อสารสกัดเป็น 2:1 จากนั้นระเหยเอทานอลด้วย Rotary Evaporator ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเก็บสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าไซยานิน (Betacyanin content)

การหาปริมาณเบต้าไซยานินโดยวิธีวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Tenore และคณะ, 2012) ทำได้โดยนำสารสกัดสีที่ได้จากเปลือกแก้วมังกรนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร แล้วคำนวณปริมาณเบต้าไซยานินในหน่วยมิลลิกรัม 100 กรัม

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

นำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมาวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Tawaha และคณะ, 2006) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้แก่วิธี DPPH (van Amsterdam และคณะ, 1992) วิธี $ABTS^+$ (Re และคณะ, 1999) และวิธีการฟอกจางสีเบต้าแคโรทีน (Coutinho de Oliveira และคณะ, 2012) และคำนวณกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ IC_{50}

ศึกษากิจกรรมการต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกร

เชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบในอาหารได้แก่ *Salmonella* Typhimurium DMST 16809, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Clostridium perfringens* ATCC 13124 และ *Clostridium sporogenes* ATCC 19404 ด้วยวิธี Minimal Inhibitory Concentration (MIC) และ Minimum Bactericidal Concentration (MBC) ตามวิธีของ Bakri และคณะ (2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่า pH และปริมาณเบต้าไซยานินของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ค่า pH ของสารสกัดที่ได้จากเปลือกแก้วมังกรมีค่า pH เท่ากับ 4.88 ± 0.05 ซึ่งมีความเป็นกรด ทั้งนี้จากการรายงานของ Moreno และคณะ (2008) พบว่าเบต้าไซยานินเป็นสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และจัดเป็นอนุพันธ์กรด Betalamic ดังนั้นจึงทำให้ค่า pH ต่ำกว่า 7

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรนั้นมีปริมาณเบต้าไซยานินเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัมในตัวอย่างแห้ง 100 กรัมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุษา และคณะ (2553) ที่พบปริมาณเบต้าไซยานินที่ได้จากการสกัดเปลือกแก้วมังกรอยู่ในช่วง 0.6 -2.78 มิลลิกรัมในตัวอย่างแห้ง 100 กรัมเนื่องจากใช้ตัวทำละลายหลายตัวในการสกัดได้แก่ น้ำกลั่น, อะซีโตนและเอทานอล จึงทำให้ปริมาณเบต้าไซยานินเป็นช่วงกว้าง

Table1 pH andbetacyanin content of dragon fruit peel extract

Analysis	Value
pH	4.88 ± 0.05
Betacyanin content (mg/100 g dried weight)	0.88 ± 0.53

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

เนื่องจากในเปลือกแก้วมังกรมีสารเบต้าไซยานินซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีโนลิกที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติที่อยู่ในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ โดยสารประกอบฟีโนลิกจะทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน หรือให้ไฮโดรเจน และยังกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ จากคุณสมบัติเหล่านี้ทำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ฐิติกานต์, 2551)

จาก Table 2 พบว่าสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีโครงสร้างใหญ่และมีความเสถียรสูง โดยใช้ความเข้มข้นเพียง 0.04 mg/mL ในขณะที่ความสามารถในวิธีการฟองจางสีเบต้าแคโรทีนใช้ความเข้มข้นของสารสกัดมากที่สุด เนื่องจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในระบบเป็นกรดไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ซึ่งอยู่ในเฟสน้ำมัน ในขณะที่สารสกัดจากเปลือก

Table 2 Characteristics of dragon fruit peel extract

Analysis	Value
Total phenolic content (mg GAE/g)	29.98
Antioxidant activity (DPPH): IC_{50}(mg/ml)	0.043
Antioxidant activity ($ABTS^{+}$): IC_{50}(mg/ml)	0.200
Antioxidant activity (β - carotene bleaching): IC_{50}(mg/ml)	1.966

ศึกษากิจกรรมการต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกร

สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรนั้นมีสารสำคัญคือ เบต้าไซยานินซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีโนลิก มีส่วนช่วยต้านการเจริญของจุลินทรีย์และมีรายงานว่าสามารถยับยั้ง Cellular เอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่ผนังเซลล์ และสามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้ จะไปทำลายกลไกการทำงานภายในของเซลล์ และก่อให้เกิดการเสียสมดุลย์ภายในเซลล์และทำให้จุลินทรีย์ตายในที่สุด (Moreno และคณะ, 2006) Nychas และ Tassou (1999)ได้รายงานถึงกลไกในการทำลายจุลินทรีย์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากพืช เช่น ย่อยสลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มโปรตีน (Lambert และคณะ 2001) ทำให้ของเหลวภายในเซลล์รั่วไหลออกมา ทำให้อวัยวะภายในเซลล์ตกตะกอน (Burt, 2004) และการเคลื่อนที่ของโปรตอนภายในเซลล์บกพร่อง (proton motive force)

นอกจากนี้มีรายงานที่สนับสนุนประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรของ Tenore และคณะ (2012) ว่าสารเบต้าไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกแก้วมังกรเนื้อแดงนั้น สามารถยับยั้งได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก (*S. aureus*, *B. cereus*, *L. monocytogenes*) และแบคทีเรียแกรมลบ (*S.* Typhimurium, *E. coli*, *Y. enterocolitica*) นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และราได้อีกด้วย

Table 3 MIC and MBC of dragon fruit peel extract on tested strains

Bacterial strains	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
S. aureus	50.93	50.93
Cl. perfringens	50.93	101.86
Cl. sporogenes	50.93	>101.86
S. Typhimurium	50.93	101.86

สรุปผล

สารสกัดเปลือกแก้วมังกรสามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค นอกจากนี้สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีคุณสมบัติให้สีแดงที่ pH ช่วงกว้างและมีความเสถียร จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร ยา และเครื่องสำอาง

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท ส. ขอนแก่น ฟู้ดส์ จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. – อุตสาหกรรม ประจำปี 2555 (ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท ส. ขอนแก่น ฟู้ดส์ จำกัด ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

เอกสารอ้างอิง

ASTV ผู้จัดการออนไลน์, 2550, ไอเดียเด็กเก่ง"เปลือกแก้วมังกร" สกัดสีได้ทั้งผสมอาหารและแต่งหน้า [สืบค้น], Available:http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9500000037490 [25/ March/ 2012].

ฐิติกานต์ ปัญโญใหญ่, 2551,กิจกรรมต้านออกซิเดชันของสาหร่ายเตา*Spirogyra neglecta*(Hassall),วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 5-13.

อรุษา เชาวนลิขิต, ประเสริฐ เตชชีวพงศ์ และ ปริญญา ตั้งเจริญกิจ, 2553, ความคงตัวของเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกร, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 3: 409 - 412.

Bakri, I.M. and Douglas, C.W.I., 2005, Inhibitory Effect of Garlic Extract on Oral Bacteria, Archives of Oral Biology, 50: 645-651.

Burt, S., 2004, Essential Oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods - A Review, International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Coutinho de Oliveira, T.L., Malfitano de Carvalho, S., de AraújoSoares, R., Andrade, M.A., Cardoso, Md.G, Ramos, E.M. and Piccoli, R.H., 2012, Antioxidant Effects of *Satureja montana* L. Essential Oil on TBARS and Color of Mortadella-Type Sausages Formulated with Different Levels of Sodium Nitrite, LWT-Food Science and Technology, 45: 204-212.

Lambert, R., Skandamis, P., Coote, P. and Nychas, G., 2001, A Study of The Minimum Inhibitory Concentration and Mode of Action of Oregano Essential Oil, Thymol and Carvacrol, Journal of Applied Microbiology, 91: 453-462.

Moreno, S., Scheyer T., Romano C. and Vojnov, A., 2006, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Rosemary Extracts Linked to Their Polyphenol Composition, Free Radical Research, 40: 223-231.

Nychas, G. and Tassou, C., 1999, Preservatives. Traditional Preservatives - Oils and Spices. In Richard, K.R., Encyclopedia of Food Microbiology, Oxford: Elsevier, 1717-1722p.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999, Antioxidant Activity Applying an Improved Abts Radical CationDecolorization Assay, Free Radical Biology and Medicine, 26: 1231-1237.

Stintzing, F.C. and Carle, R., 2007, Betalains – Emerging Prospects for Food Scientists, Trends Food Science and Technology, 18: 514-525.

Stintzing, F.C., Schieber, A. and Carle, R., 2002, Betacyanins in Fruits from Red-purple Pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose, Food Chemistry, 77: 101-106.

Tenore, G.C., Novellino, E. and Basile, A., 2012, Nutraceutical Potential and Antioxidant Benefits of Red Pitaya (*Hylocereus Polyrhizus*) Extracts, Journal of Functional Foods, 4: 129-136.

van Amsterdam, F.T.M., Roveri, A., Maiorino, M., Ratti, E. and Ursini, F., 1992, Lacidipine: A Dihydropyridine Calcium Antagonist with Antioxidant Activity, Free Radical Biology and Medicine, 12: 183–187.

การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

Hom Nin Brown Rice Yoghurt Production

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์[1] วิญญู ช่วยแก้ว[1] และเนตรนภา สกุลซ้ง[1]

Chaikulsareewath, A.[1], Chauykaew, W.[1] and Sakulsong, N.[1]

Abstract

The production of Hom Nin brown rice yoghurt was studied in the present study. The optimal content of Hom Nin brown rice flour was investigated to produce yoghurt product by varying flour contents as 3.50, 5.50 and 7.50% (w/v). The Hom Nin brown rice milk was added with starter and fermented at 45°C for 6 hours. The quality curd, total acid content and pH of the fermented Hom Nin brown rice milk were determined every one hour. The results showed that the 5.50% (w/v) of Hom Nin brown rice four was suitable for yoghurt production, but the quality of yoghurt produced was not good enough. Yoghurt that was obtained from 5.50% (w/v) Hom Nin brown rice flour was mixed with cow milk with different proportions at 0, 10, 20, 30 and 40 % (v/v). The mixture was added with starter and fermented at 45°C for 6 hours. The quality curd, total acid content and pH of Hom Nin brown rice milk fermentation were investigated every one hour. The products were evaluated using a 9-point hedonic scale. The result indicated that there was no difference in color, taste and total acceptability for every formula of Hom Nin brown rice yoghurt. However, Hom Nin brown rice yoghurt added with 20 and 30% (v/v) of cow milk showed higher scores in odor and texture than other formulae. Yoghurt added with 20% (v/v) of cow milk was suitable for yoghurt production due to lower amounts of cow milk as compared to yoghurt added with 30% (v/v) cow milk. This formula has pH value and total acid content as 4.11 and 0.48% (w/v), respectively.

Keywords: Hom Nin brown rice, yoghurt

บทคัดย่อ

ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล ใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต โดยแปรปริมาณแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล เป็นร้อยละ 3.50, 5.50 และ 7.50 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เติมหัวเชื้อ และนำน้ำนมข้าวกล้องมาบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง สังเกตการเกิดเคิร์ด วัดปริมาณกรดทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ทุกๆ ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าโยเกิร์ตที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล ร้อยละ 5.50 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เหมาะสมในการผลิตมากที่สุด แต่โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดีพอ จึงได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลผสมนมโค โดยแปรนมโค เท่ากับ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เติมหัวเชื้อ และนำน้ำนมข้าวกล้องมาบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง สังเกตการเกิดเคิร์ด วัดปริมาณกรดทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ทุกๆ ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการทดลองพบว่าโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลทุกสูตร มีคะแนนยอมรับในด้านสี รสชาติ ความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน โดยที่สูตรที่มีปริมาณนมโค ร้อยละ 20 และ 30 (ปริมาตรต่อปริมาตร) มีคะแนนด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัส สูงกว่าสูตรอื่นๆ แต่เพราะสูตรที่มีปริมาณนมโค ร้อยละ 20 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ใช้นมโคน้อยกว่าสูตรอื่น ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมมากสุดในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล คือ มีการผสมนมโคร้อยละ 20 (ปริมาตรต่อปริมาตร) และพบว่าโยเกิร์ตสูตรทั้งกล่าว วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด ได้เท่ากับ 4.11 และร้อยละ 0.48 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล โยเกิร์ต

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เพชรเกษม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Petchkasem, Bangwa, Phasicharoen, Bangkok 10160

คำนำ

โยเกิร์ต (yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากกระบวนการหมักชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบัน โดยทั่วไปในการผลิตโยเกิร์ตใช้นมเป็นวัตถุดิบ ซึ่งโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยเติมลงไปในกระบวนการหมักเพื่อนำไปใช้ย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก โดยทำให้โปรตีนในนม คือ เคซีน (casein) เกิดการเปลี่ยนสภาพตกตะกอนเป็น เคิร์ด คล้ายไข่ตุ๋น ผิวเรียบ อ่อนนุ่ม ทำให้มีภาวะเป็นกรดจึงทำให้มีรสเปรี้ยว โดยมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.8-4.6 และโยเกิร์ตมีประโยชน์มาก เช่น ป้องกันอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อยหรือท้องเดิน เมื่อดื่มนม ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งบริเวณเนื้อเยื่อกระดูก เป็นต้น (สุวรรณนา, 2530) ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลเป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือก และพัฒนาจนได้ข้าวที่มีเมล็ดข้าวกล้องเรียวยาว สีม่วงเข้ม ข้าวกล้องมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70 ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 16 และยังประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม มีวิตามินอี วิตามินบี และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง มีน้ำมันรำข้าว ร้อยละ 18 เป็นองค์ประกอบ ซึ่งร้อยละ 80 เป็นชนิด C18:1 และ C18:2 เหมือนกับน้ำมันที่ได้จากถั่วเหลืองและข้าวโพด และพบว่ามีสาร omega-3 ประมาณร้อยละ 1-2 รำข้าวของข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณเส้นใย digestible fiber สูงถึงร้อยละ 10 จากข้อมูลทางโภชนาการนับได้ว่าข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล รวมทั้งขนมขบเคี้ยวต่างๆ เป็นต้น (อภิชาติ, 2544) ด้วยคุณประโยชน์ของโยเกิร์ตและข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่กล่าวมาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการศึกษาการนำข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าทางอาหารให้กับข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลโดยแปรปริมาณข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล เป็นอัตราส่วน 3.50, 5.50 และ 7.50 กรัม เติมน้ำตาลทราย กัวร์กัม และแซนแทนกัม 7, 0.25 และ 0.4 กรัม ตามลำดับ เติมน้ำให้ครบ 100 มิลลิลิตร นำมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 - 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที (ดัดแปลงจากงานวิจัยของ ราณี และคณะ, 2549) ลดอุณหภูมิให้เหลือ 42-45 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมหัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติตราดัชมิลล์) ร้อยละ 9 โดยปริมาตรต่อปริมาตร บ่มที่อุณหภูมิ 42–45 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากงานวิจัยของ อำพรรณ และอรชูล, 2551) ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต โดยสังเกตการเกิดเคิร์ด ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกและค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter ตลอดทุกๆ ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นผลิตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องร้อยละ 5.50 นำน้ำนมข้าวกล้องมาผสมกับนมโค โดยแปรปริมาณนมโค เป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จากนั้นเติมหัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติตราดัชมิลล์) ร้อยละ 9 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ผลิตโยเกิร์ตตามวิธีการในข้างต้น สังเกตการเกิดเคิร์ด ศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก และค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter ตลอดทุกๆ ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบความชอบของผู้ทดสอบระหว่างโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลผสมนมโคสูตรต่างๆ ใช้วิธี 9-point hedonic scale โดยประเมินคุณภาพด้านลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 31 คน จากภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มีเพศชาย 7 คน เพศหญิง 24 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล 3 สูตร (แป้งข้าวกล้องหอมนิล ร้อยละ 3.50, 5.50 และ 7.50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่าเมื่อหมักโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร เป็นเวลานานขึ้นเชื้อสามารถผลิตกรดมากขึ้น และทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ตลอดช่วงระยะเวลาที่หมัก โดยพบว่าสูตรที่มีความเข้มข้นของแป้งข้าว ร้อยละ 5.50 และ 7.50 เกิดเคิร์ดเหลวๆ เริ่มมีกลิ่นโยเกิร์ตและมีกลิ่นข้าวที่เปรี้ยว ในชั่วโมงที่ 5 และ 6 ส่วนสูตรที่มีแป้งข้าว ร้อยละ 3.50 มีการเกิดเคิร์ดเร็วที่สุดในชั่วโมงที่ 4 และเริ่มมีกลิ่นโยเกิร์ตและมีกลิ่นข้าวที่เปรี้ยวมาก (ไม่เป็นที่น่าพอใจ) ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักโยเกิร์ต มีค่าเท่ากับ 4.50, 4.43 และ 4.60 ในชั่วโมงที่ 6 ของการหมัก และมีปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.25, 0.25 และ 0.27 ตามลำดับ (Table 1) อย่างไรก็ตามโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องทั้ง 3 สูตร มีคุณลักษณะที่ไม่ได้มาตรฐาน คือ มีกลิ่นเปรี้ยวของข้าวมากไป เนื้อสัมผัสเหลว เกิดเคิร์ดที่ไม่เนียน มีปริมาณกรดแลคติกไม่เป็นตามมาตรฐานของโยเกิร์ต (ร้อยละ 0.25-0.27) โดยที่มาตรฐานของโยเกิร์ตต้องมีปริมาณกรดแลคติก

ในช่วงร้อยละ 0.6-0.8 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ดังนั้นจึงพัฒนาโยเกิร์ตให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยศึกษาการแปรปริมาณนมโคในการผลิตโยเกิร์ต (มีปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมนิล ร้อยละ 5.50) เป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จากการทดลองพบว่าเมื่อเวลานานขึ้นเชื้อผลิตกรดมากขึ้น และทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ตลอดช่วงระยะเวลาที่หมัก และยังพบอีกว่าเชื้อสามารถผลิตกรดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำนมโคที่เพิ่มขึ้น (Figure 1) พบว่าโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลผสมนมโค ร้อยละ 0 จะเกิดเคิร์ดเหลวๆ เริ่มมีกลิ่นโยเกิร์ต และมีกลิ่นข้าว ในชั่วโมงที่ 5 และ 6 ส่วนสูตรที่มีการเติมนมโค ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 เกิดเคิร์ดลักษณะเหลว เนื้อนวลแต่ไม่เนียนมีกลิ่นข้าวที่หอม ในชั่วโมงที่ 5 และเกิดเคิร์ดเหลวกึ่งแข็ง เนื้อเนียนมีกลิ่นข้าวที่หอม ในชั่วโมงที่ 6 และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดของโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลผสมนมโค ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 เมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.42, 4.06, 4.11, 4.27 และ 4.25 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ ร้อยละ 0.25, 0.35, 0.48, 0.63 และ 0.71 ตามลำดับ การเกิดเคิร์ดขณะหมัก เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermorphilus* ใช้น้ำตาลแลคติกในน้ำนม และน้ำตาลที่เติมลงไปเป็นแหล่งพลังงาน สร้างกรดแลคติกรวมทั้งสารที่ให้กลิ่นรสออกมา กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ใกล้กับ Isoelectric point (pI) ของนมโคซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.6 (pI ของเคซีนในนมโค) ส่วนโปรตีนในน้ำนมข้าวกล้อง คือ กลูเตลิน มีค่า pI เท่ากับ 4.8 (pI ของข้าวกล้อง) กรดแลคติกที่เกิดขึ้นส่งผลให้เคซีนและกลูเตลินซึ่งเป็นโปรตีนหลักในนมโคและในน้ำนมข้าวกล้องสูญเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้เกิดการรวมตัวกัน และตกตะกอนลงบางส่วน นอกจากนี้อนุภาคเคซีนบางส่วนยังไปเกิดปฏิกิริยากับแอลฟา-แล็กทาลบูมิน (alpha -lactalbumin) และ บีตา-แล็กโทโกลบูลิน (beta-lactoglobulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางนม ทำให้เกิดเจล (gel) ซึ่งเป็นร่างแหองค์ประกอบที่มีความคงตัว แล้วตกตะกอนลงมารวมตัวกันกลายเป็นเคิร์ด ในโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532; Ju และคณะ, 2001) จากนั้นนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (Table 2) จากการทดลองพบว่าทุกสูตรได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 โดยที่สูตรที่มีปริมาณนมโค้ร้อยละ 20, 30 และ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงสุดไม่แตกต่างกัน ส่วนด้านเนื้อสัมผัสพบว่าสูตรที่มีปริมาณนมโค้ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ได้รับคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน และมีค่ามากกว่าสูตรที่ 5 และเมื่อพิจารณาถึงด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัส รวมถึงความคุ้มทุนในการผลิต พบว่า สูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมของนมโค้ร้อยละ 20 มีความเหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

สรุปผล

ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล พบว่าโยเกิร์ตที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล ร้อยละ 5.50 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เหมาะสมในการผลิตมากที่สุด แต่โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดีพอ เมื่อนำมาผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลผสมนมโค โดยแปรนมโค เท่ากับ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 (ปริมาตรต่อปริมาตร) แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าการผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลผสมนมโค้ร้อยละ 20 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เป็นสูตรที่เหมาะสมมากสุดในการผลิตโยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่ผลิตได้มีประโยชน์ต่อสุขภาพที่มาจากโยเกิร์ตเอง และจากข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

คำขอบคุณ

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานอุตสาหกรรม, กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

ราณี สุรกาญจน์กุล, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และชำนาญเจริญรุ่งเรือง, 2549, การผลิตน้ำนมข้าวที่มีคุณค่าทาโภชนาการ, วารสารอาหาร, 36(1):75-84.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532, เทคโนโลยีอาหารหมักในอุตสาหกรรมอาหาร, กรุงเทพฯ, โอเดียนสโตร์, 209 หน้า.

สุวรรณนา กิจภากรณ์, 2530, ผลิตภัณฑ์จากน้ำนม, ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 94 หน้า.

อภิชาติ วรรณวิจิตร, 2544, โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมกำแพงแสน และข้าวเจ้าหอมนิล.ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และอรชูล กอสะเกต, 2551, การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากข้าวกล้อง, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 4(1): 34-41.

Ju, Z.Y., Hettiarachchy, N.S. and Rath, N., 2001, Extraction, Denaturation and Hydrophobic Properties of Rice Flour Proteins, Journal of Food Science, 66: 229-232.

Table 1 Total acid content and pH of Hom nin brown rice yoghurt during 6 hours of incubation at 42–45°C

Incubation time (Hours)	Hom nin brown rice content (%)					
	3.50		5.50		7.50	
	Total acid (%)	pH	Total acid (%)	pH	Total acid (%)	pH
0	0.04	6.75	0.04	6.73	0.04	6.70
1	0.08	5.77	0.07	5.86	0.07	5.95
2	0.16	5.46	0.15	5.37	0.16	5.27
3	0.18	5.28	0.18	5.15	0.20	4.90
4	0.20	4.89	0.22	4.78	0.22	4.80
5	0.23	4.58	0.24	4.48	0.25	4.64
6	0.25	4.50	0.25	4.43	0.27	4.60

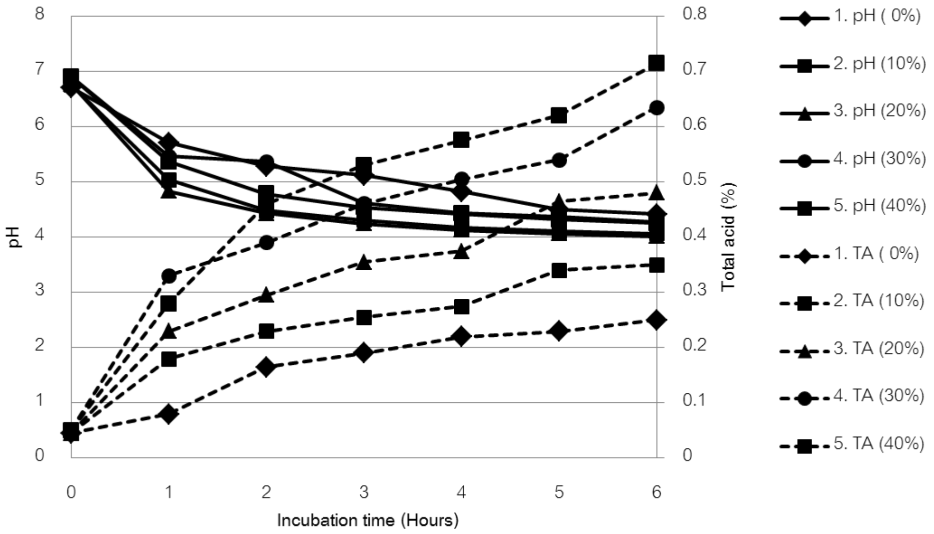


Figure 1 Correlation of total acid content and pH of Hom nin brown rice yoghurt fermentation.

Table 2 Sensory evaluation of Hom nin brown rice yoghurt.

Formular (% cow milk)	Sensory evaluation results				
	Color	Odor	Texture	Taste	Total acceptability
1 (0%)	6.03 ±1.66	4.45 ±2.09[c]	4.33 ±2.11	5.64 ±2.10[a]	5.03 ±1.81
2 (10%)	6.00 ±1.52	5.37 ±1.74[bc]	4.66 ±1.93	5.64 ±1.71[a]	5.36 ±1.85
3 (20%)	6.30 ±1.42	5.49 ±1.80[ab]	4.57 ±1.92	4.98 ±2.00[ab]	5.51 ±1.82
4 (30%)	6.76 ±1.69	6.00 ±1.93[ab]	4.57 ±1.87	4.73 ±2.05[ab]	5.48 ±1.83
5 (40%)	6.60 ±1.93	6.40 ±1.93[a]	4.09 ±2.05	4.42 ±2.13[b]	5.09 ±1.83

a, b, c means with the different letters in the same column are significant at $p \leq 0.05$

ns in the same column means are not significant at $p \leq 0.05$

Value represents from n=31

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 277-280 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 277-280 (2557)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม

Development of Herbal Beverage from *Moringa oleifera* Leaf

รัชพล พะวงศ์รัตน์[1] ผกามาศ แดงชอบกิจ[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]

Pawongrat, R.[1], Dangchopkit, P.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

The objectives of this research were to develop of herbal beverage from *Moringa oleifera* leaf using sensory evaluation scores of a nine-point hedonic scale to find a formula acceptable to consumers. The effect of storage temperature (4, 35 and 55°C) on changing of antioxidant by Ferric reducing antioxidant power (FRAP) technique and its effect on microorganisms including coliforms, total bacteria count, yeasts and molds for 30 days of storage were investigated. The results shown that the consumer accepted on the herbal beverage, with the highest score of formula contains *Moringa oleifera* leaf and *Carthamus tinctorius* in a ratio of 1:1.5 by weight. For the effects of storage temperature on antioxidants and microorganisms, the results shown that the temperature did not affect on antioxidants content ($p< 0.05$). However, the herbal beverage stored at 4 and 35°C had a higher content of antioxidant than that of 55°C, with remaining antioxidant content of 29.62, 29.09 and 20.00 %, respectively, as compared to a standard of ascorbic acid. Whereas, remaining antioxidant content of 29.09, 28.44 and 19.13 %, respectively, as compared to α-tocopherol. For the detection of microorganisms, the results shown that microorganism were higher than the standard of herbal beverage of Thai Industrial Standards Institute (TISI). It probably due to storage condition or processing was below the quality standard. Further, it needs to develop for providing an acceptable and compliant product in the future.

Keywords: product development, herbal beverage, *Moringa oleifera* leaf

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม โดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (Nine-point hedonic scale) เพื่อหาสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ และศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา (4, 35 และ 55°C) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค Ferric reducing antioxidant power (FRAP) และการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ โคลิฟอร์ม แบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน จากการทดลองพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงที่สุดในเครื่องดื่มสมุนไพรที่ประกอบด้วยใบมะรุมและเก็กฮวย ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1.5 โดยน้ำหนัก สำหรับผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อเปลี่ยนแปลงค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการต้านอนุมูลอิสระ ($p\leq0.05$) อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มสมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 35 องศาเซลเซียส มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 29.62, 29.09 และ 20.00 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid ในขณะที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 29.09, 28.44 และ 19.13 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน α-tocopherol สำหรับการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าเกินมาตรฐานเครื่องดื่มสมุนไพรที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กำหนด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะในการเก็บรักษาหรือกระบวนการผลิตที่ยังได้มาตรฐาน ดังนั้นควรต้องมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและได้มาตรฐาน

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มสมุนไพร ใบมะรุม

---

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Bioscience Program Department of Sciences Faculty of Liberal Arts and Sciences Kasetsart University Kamphang Saen Campus Nakhon Pathom 73140

[2] สายวิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Department of Microbiology Faculty of Liberal Arts and Sciences Kasetsart University Kamphang Saen Campus Nakhon Pathom 73140

คำนำ

เนื่องด้วยสภาพสังคมปัจจุบันเป็นสังคมที่เร่งรีบทั้งในด้านการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวัน จึงทำให้ผู้บริโภคไม่มีเวลาในการดูแลสุขภาพของตนเอง ดังนั้นผู้บริโภคจึงต้องการผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพให้ร่างกายมีระบบภูมิคุ้มกันมากขึ้น การบริโภคพืชสมุนไพรในรูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะดวกในการบริโภค อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกายนอกเหนือจากประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ใช้เป็นยารักษาโรค อาหารเสริม และเครื่องสำอาง เป็นต้น จึงทำให้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากสมุนไพรเพื่อการค้ามากขึ้น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรนั้นจะนิยมใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติ เนื่องจากให้คุณค่าทางโภชนาการที่สูงและมีประโยชน์ต่อร่างกาย (สมชัย และหนึ่งฤทัย, 2555) จากการศึกษาพบว่า มะรุม (*Moringa oleifera* Lam.) เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ โดยพบว่ามีสรรพคุณช่วยรักษาโรคมะเร็ง โรคทางเดินหายใจ โรคลำไส้อักเสบ และช่วยลดความดัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินเอ ซึ่งสามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูก (Gou และคณะ, 2003) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลชีววิทยาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่มีคุณภาพดี และสามารถต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจ ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค และเป็นการผลิตเพื่อการค้าสำหรับเกษตรกรในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม

นำใบมะรุมมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปตากให้แห้งแล้วนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียดขนาด 80 เมชเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุมได้แก่ ใบเตย (สูตร 524) ดอกคำฝอย (สูตร 104) ใบหม่อน (สูตร 166) และเก๊กฮวย (สูตร 356) โดยใช้อัตราส่วนของใบมะรุมต่อส่วนผสมแต่ละชนิดในอัตราส่วน 1:2 (กรัมต่อกรัม) การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของใบมะรุมต่อส่วนผสมชนิดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับจากการทดลองแรกในอัตราส่วน 1:0.5 (สูตร 505), 1:1 (สูตร 155), 1:1.5 (สูตร 706) และ 1:2 (สูตร 315) โดยทดสอบการประเมินความชอบในด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น สี ความขม และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ (Hedonic scaling test) แบบ 9 คะแนน (Nine–point hedonic scale) ใช้อาสาสมัครที่มีทักษะในการชิมและชื่นชอบในเครื่องดื่มสมุนไพรจำนวน 26 คน โดยเสนอตัวอย่างเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ติดรหัสแตกต่างกันจำนวน 3 ตัวอย่างให้ผู้ทดสอบการชิมครั้งละ 3 ตัวอย่าง ทำการทดสอบการชิม 2 รอบ ในห้องทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม โดยเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคสูงที่สุด โดยทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ได้แก่ 4, 35 และ 55°C เป็นเวลานาน 30 วัน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทุกๆ - วัน โดยตรวจวัดค่าการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Benzie และ Strain (1999) โดยใช้ Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP assay) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid และ α-tocopherol และตรวจนับปริมาณโคลิฟอร์ม (Coliforms) แบคทีเรียทั้งหมด (Total bacteria count) ยีสต์และรา (Yeasts and molds) ตามวิธีการของลักขณา และนิธิยา (2533) ที่พบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยรายงานผลเป็นค่า Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการทดลองด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การประเมินความชอบของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม

จากการประเมินความชอบโดยรวมในด้านชนิดของส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม (Table 1) และอัตราส่วนที่เหมาะสมของใบมะรุมต่อส่วนผสมชนิดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ (Table 2) พบว่าผู้บริโภค

ให้คะแนนความชอบโดยรวมในด้านชนิดของส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุมมากที่สุด คือ สูตรที่ผสมด้วยเก็กฮวย (สูตรที่ 356) โดยมีอัตราส่วนของใบมะรุมต่อเก็กฮวยเท่ากับ 1:1.5 โดยน้ำหนัก (สูตรที่ 706) โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวม (Overall acceptability) เท่ากับ 7.00±1.74 และ 8.08±0.88 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี โดยวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 35 และ 55°C เป็นเวลา 30 วัน จาก Figure 1(a) และ (b) เห็นได้ว่าในวันแรกของการเก็บรักษาเครื่องดื่มสมุนไพรมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดและลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 35 และ 55°C มีค่าการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของวริพัสย์ และคณะ (2552) และวิไลพร (2551) ที่พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ความสามารถในต้านอนุมูลอิสระลดลง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการเก็บรักษาเครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุมที่อุณหภูมิ 4 และ 35°C มีค่าการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55°C โดยมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 29.17, 29.62 และ 20.00 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid ในขณะที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 28.44, 29.09 และ 19.13 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน α-tocopherol (Table 3)

จากการตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่ามีค่าเกินกว่ามาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำชาใบหม่อน (สมอ., 2554) ตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กำหนด คือ มีปริมาณโคลิฟอร์ม $\leq$ 2.2 MPN/100ml, แบคทีเรียทั้งหมด $\leq 1\text{x}10^4$ CFU/ml, ยีสต์และรา $\leq$ 100 CFU/ml ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตที่ยังไม่ได้มาตรฐานหรือสภาวะในการเก็บรักษายังไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นควรมีการพัฒนาต่อยอดในด้านกระบวนการผลิตและสภาวะในการเก็บรักษาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบมะรุมเป็นที่ยอมรับได้มาตรฐานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

สรุปผล

ผู้บริโภคให้ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่มีส่วนผสมของใบมะรุม:เก็กฮวย ในอัตราส่วน 1:1.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการต้านอนุมูลอิสระ ($p< 0.05$) แต่ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบมีค่าเกินมาตรฐานที่ สมอ. กำหนดไว้ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและได้มาตรฐาน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ภายใต้งบประมาณของศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดทอดโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2533, หลักการวิเคราะห์อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 270 หน้า.

วริพัสย์ อารีกุล กชรัตน์ วงศ์ณรัตน์ และสิริพรรณ กิตตวรพัฒน์, 2552, ความคงตัวของแอนโทไซยานินและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระในน้ำบลูเบอร์รี่และบลูเบอร์รี่เข้มข้น, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, หน้า 499-506.

วิไลพร ปองเพียร, 2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 42 หน้า.

สมชัย ธารารุ่งเรือง และหนึ่งฤทัย นวชาติกุล, 2555, การพัฒนาเครื่องดื่มจากพืชผัก/ผลไม้/สมุนไพรที่มีไลโคปีน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยมหิดล, 75 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำชาใบหม่อน, มผช.852/2554, 9 หน้า.

Benzie, F.F. and Strain, J.J., 1999, Ferric Reducing/ Antioxidant Power Assay: DirectMeasure of Total Antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration, Methods in Enzymology, 299: 15-23.

Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y., 2003, Antioxidant Activities of Peel, Pulp and Seed Fractions of Common Fruits as Determined by FRAP Assay, Nutrition Research, 23: 1719-1726.

Table 1 Sensory attributes evaluated according to the type of ingredients to Moringa.

Sensory attributes	Code			
	524	104	166	356
Odor	6.38 ± 1.91^{ab}	5.04 ± 2.12^{c}	5.33 ± 1.79^{bc}	7.21 ± 1.89^{a}
Color	7.04 ± 1.55^{a}	5.33 ± 1.63^{b}	5.08 ± 1.72^{b}	7.04 ± 1.60^{a}
Bitter	5.08 ± 1.61^{a}	5.25 ± 1.62^{a}	5.00 ± 1.69^{a}	6.04 ± 1.83^{a}
Overall acceptability	5.71 ± 1.63^{b}	5.67 ± 1.66^{b}	5.96 ± 1.85^{b}	7.00 ± 1.74^{a}

Values are means ± standard deviations.

^{abc} Means in the same row with different letters indicated significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Sensory attributes evaluated according to the ratio of Moringa to Carthamus.

Sensory attributes	Code			
	505	155	706	315
Odor	5.88 ± 1.70^{c}	6.29 ± 1.71^{bc}	7.50 ± 1.29^{a}	6.88 ± 1.39^{ab}
Color	6.00 ± 1.50^{b}	6.13 ± 1.65^{b}	7.88 ± 1.12^{a}	6.67 ± 1.63^{b}
Bitter	5.75 ± 1.87^{bc}	5.50 ± 1.69^{c}	6.75 ± 1.89^{ab}	6.88 ± 1.65^{a}
Overall acceptability	6.25 ± 1.51^{b}	6.21 ± 1.35^{b}	8.08 ± 0.88^{a}	6.92 ± 1.02^{b}

Values are means ± standard deviations.

^{abc} Means in the same row with different letters indicated significant differences ($p \leq 0.05$).

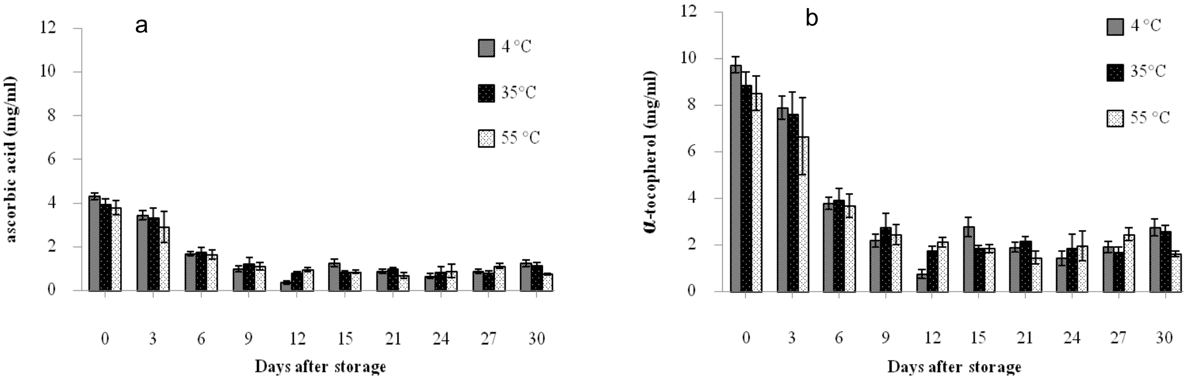


Figure 1 Chemical properties of herbal drink during storage at 4, 35 and 50°C for 30 days. (a) The content of antioxidant compared with ascorbic acid (b) The content of antioxidant compared with α-tocopherol.

Table 3 Quality of herbal beverage during storage at 4, 35 and 50°C on 1st and 30th days of storage.

Quality properties	1st day	30th day		
		Temparature (°C)		
		4	35	55
Percentage of antioxidant (ascorbic acid) remaining	100	29.17^{a}	29.62^{a}	20.00^{b}
Percentage of antioxidant (α-tocopherol) remaining	100	28.44^{a}	29.09^{a}	19.13^{b}
Coliforms (MPN/100 ml.)	>2.2	>2.2	>2.2	>2.2
Total bacteria count (CFU/ml)	>1x10^{4}	>1x10^{4}	>1x10^{4}	>1x10^{4}
Yeasts and molds (CFU/ml)	>100	>100	>100	>100

Values are means ± standard deviations.

^{abc} Means in the same row with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

การพัฒนาไอศกรีมลูกพลับแห้ง

The Development of Dried Persimmon (*Diospyros* spp.) Ice-cream

สุภางค์ เรืองฉาย[1] และ สิรินาถ ตัณฑเกษม[1]
Ruangchai, S.[1] and Tantakasem, S.[1]

Abstract

An investigation into the quality development of dried persimmon ice-cream that varies in the type of sugar (sugar cane, palm sugar and coconut sugar) and amount of added dried persimmon (0, 5, 10 and 15 %w/w) was evaluated by physical, chemical and sensory. Revealed the fact that palm sugar was more acceptable by sensory evaluation. Beside, %overrun and melting down had low ($p<0.05$). Amount of added dried persimmon was found that 5 %w/w of dried persimmon was more acceptable by sensory evaluation, including L* melting down and pH was high which was similar to control formula. But %overrun was low ($p\leq0.05$).
Keywords: dried persimmon, palm sugar, ice-cream

บทคัดย่อ

จากการพัฒนาไอศกรีมลูกพลับแห้งซึ่งทำการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยศึกษาชนิดของน้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าว พบว่า ไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่น รวมทั้งมีค่า %Overrun และอัตราการละลายน้อยที่สุด ($p<0.05$) เมื่อศึกษาปริมาณการเติมลูกพลับแห้งที่ 5, 10 และ15 %w/w พบว่าการเติมลูกพลับแห้งที่ระดับ 5 %w/w ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงในทุกด้านรวมถึงมีค่าต่างๆใกล้เคียงสูตรควบคุม โดยค่า L* อัตราการละลาย และค่าpH สูง ขณะที่ค่า %Overrun ต่ำ($p\leq0.05$)
คำสำคัญ: ลูกพลับแห้ง น้ำตาลโตนด ไอศกรีม

คำนำ

ในการพัฒนาไอศกรีมสามารถพัฒนาได้หลากหลายด้าน เช่น การนำวัตถุดิบที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางโภชนาการมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์มากขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้มีการพัฒนาไอศกรีมที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยการใช้ลูกพลับแห้งเป็นส่วนประกอบโดยลูกพลับแห้งมีเส้นใยอาหารสูงช่วยในเรื่องระบบขับถ่าย และยังประกอบไปด้วยวิตามินต่างๆ รวมถึง ฟอสฟอรัส และแคลเซียมที่ช่วยในเรื่องการบำรุงกระดูก (Noda และคณะ, 2002) รวมทั้งศึกษาการใช้น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนดแทนน้ำตาลทรายขาว เพื่อช่วยในเรื่องของกลิ่นรสของไอศกรีมและเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับไอศกรีมอีกด้วย (ธันยพร และ จารุวรรณ, 2546) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมลูกพลับแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาสูตรไอศกรีม

1.1 ศึกษาชนิดของน้ำตาลที่ใช้แทนน้ำตาลทรายขาว

โดยนำสูตรพื้นฐานมาทำการศึกษาชนิดของน้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าว เริ่มจากชั่งนมสด (รสจืด ตราเมจิ) 952.22 กรัม ใส่หม้อ น้ำตาลทรายขาว (ตรามิตรผล) 129.90กรัม เกลือป่น (ตรามือ) 1.35 กรัม ยกขึ้นตั้งไฟอ่อนๆ (อุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส) ประมาณ 3 นาที ละลายเจลาติน 10.8 กรัมด้วยนมสดอุ่นประมาณ 50 มิลลิลิตร คนจนเข้ากันแล้วเทลงหม้อคนไปเรื่อยๆจนสามารถวัดค่า Total soluble solid ของน้ำนมได้ที่ 28 องศาบริกซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปปั่นในเครื่องทำไอศกรีม เทใส่แม่พิมพ์ นำไปแช่ใน Air blast (อุณหภูมิ -35 องศา

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ10400
[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

เซลเซียส) ประมาณ 1 ชั่วโมงเก็บรักษาใน Freezer (อุณหภูมิ -19 ถึง -22 องศาเซลเซียส) นำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส

1.2 ศึกษาปริมาณลูกพลับแห้งที่ระดับต่างๆ

โดยทำการศึกษาปริมาณลูกพลับแห้งในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 % w/w (เริ่มจากนำลูกพลับแห้งมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นโดยใช้เครื่องปั่นรุ่น PHILIPS HR 1799 ปั่นผสมกับนมสดด้วยความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 1 นาที) นำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส

2. การวิเคราะห์ผล

2.1 วัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab colorimeter รุ่น Color Flex บริษัท คัลเลอร์ โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2 หา % Overrun โดยตักตัวอย่างไอศกรีม 100 กรัมใส่ลงในกระบอกตวงบันทึกปริมาตรที่อ่านได้ เทไอศกรีมใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งไอศกรีมละลายและปราศจากฟองอากาศ ตวงปริมาตรไอศกรีม (ใช้กระบอกตวงเดิม) บันทึกปริมาตรที่อ่านได้ คำนวณหาค่า %Overrun (AOAC, 1990)

$$\%\ \text{Overrun} = \frac{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่มีอากาศ} - \text{ปริมาตรไอศกรีมที่ไม่มีอากาศ}}{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่ไม่มีอากาศ}} \times 100$$

2.3 หาอัตราการละลาย โดยตักตัวอย่างไอศกรีม 80 กรัม หลอมละลายที่ 24 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จับเวลาที่ได้ไอศกรีมหยดแรก ชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายแล้วทุกๆ 10 นาที

2.4 วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH-meter รุ่น PH211 บริษัท HANNAInstrument ประเทศอิตาลี

2.5 ทางประสาทสัมผัส การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยตักตัวอย่างไอศกรีมใส่ถ้วยพลาสติก ขนาดบรรจุ 100 กรัม ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale Test (9= ยอมรับมากที่สุด, 1= ยอมรับน้อยที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ การละลาย เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติแบบ Complete Randomized Design (CRD) (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเมื่อความแปรปรวนแสดงระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลพัฒนาสูตรไอศกรีมโดยการใช้น้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าวแทนน้ำตาลทรายขาว

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าว แทนน้ำตาลทรายขาว พบว่ามีการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันในทุกด้าน ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่มีการใช้น้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากน้ำตาลโตนดทำให้ไอศกรีมที่ได้มีรสชาติหวานกลมกล่อม มีกลิ่นหอมของน้ำตาลและมีเนื้อสัมผัสที่เนียน (Natarajan, 2013) ดังแสดงใน Table 1

จาก Table 2 พบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลทรายขาว มีความสว่างที่สุด ส่วนค่า %Overrun และอัตราการละลาย (Table 3) ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของไอศกรีม โดยพบว่าถ้าไอศกรีมมีค่า %Overrun มากแสดงว่ามีฟองอากาศในไอศกรีมมาก ส่งผลให้มีอัตราการละลายที่เร็ว (หทัยชนก, 2554) โดยไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลทรายขาวมีค่า %Overrun สูงสุด และมีอัตราการละลายที่เร็วที่สุดเนื่องจากน้ำตาลทรายขาวทำให้ไอศกรีมมีลักษณะที่ข้นหนืดน้อยที่สุด อันเป็นผลมาจากปริมาณของฟองอากาศที่มีอยู่ในไอศกรีมนั้นมีมากกว่า ซึ่งไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลโตนดมีค่า %Overrun ต่ำสุด และมีอัตราการละลายช้าที่สุด เหมาะที่จะนำไปผลิตเพื่อการค้า นอกจากนี้ยังพบว่าค่า pH ของไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าวมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลทรายขาวมีค่า pH สูงที่สุด เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวได้ผ่านกรรมวิธีการฟอกสี โดยใช้สารซัลไฟต์ (ซึ่งเป็นชื่อรวมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลืออนินทรีย์ของกรดซัลฟูรัสซึ่งแตกตัวให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ส่งผลให้มีค่า pH สูง (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2556)

2. ทำการพัฒนาไอศกรีมโดยศึกษาปริมาณลูกพลับแห้งที่ระดับต่าง ๆ

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่มีการเติมปริมาณลูกพลับแห้งที่ระดับต่างๆได้แก่ 0 5 10 และ 15% w/w (ดัง Table 4) พบว่าการเติมปริมาณลูกพลับแห้งที่ระดับ 5% w/w ได้รับการยอมรับสูงในทุกด้าน เนื่องจากไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เนียนกว่าเมื่อเทียบกับการเติมลูกพลับแห้งที่ระดับอื่นๆ อันเป็นผลมาจากลูกพลับแห้งมีเส้นใยสูงถึง 9.5% (Langton,2013) ถ้ามีการเติมในปริมาณมากส่งผลให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบสีเข้ม การละลาย

น้อยลงรวมทั้งทำให้มีกลิ่นรส และรสชาติของลูกพลับมากเกินไป นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมปริมาณลูกพลับแห้งที่ระดับ 5% w/w ทำให้มีค่า L* สูงกว่าสูตรที่ใส่ลูกพลับที่ระดับอื่น (Table 5) เนื่องจากลูกพลับมีเบต้าแคโรทีน 253 µg เบต้าคริปโตแซนทิน 1447 µg ไลโคปีน 159 µg ส่งผลให้สีของไอศกรีมมีสีที่เข้มขึ้นตามปริมาณการใช้ส่วนค่า %Overrun และอัตราการละลาย (Table 6) พบว่าการเติมลูกพลับแห้ง 15% w/w มีค่า %Overrun สูงที่สุด เนื่องจากลูกพลับแห้งมีเส้นใยมากจึงทำให้มีปริมาณฟองอากาศในไอศกรีมมาก นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีอัตราการละลายต่ำ เนื่องจากปริมาณเส้นใยที่มีมาก ทำให้ปริมาณน้ำโดยรวมในผลิตภัณฑ์น้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าไอศกรีมที่มีการเติมลูกพลับแห้ง 15 % w/w ส่งผลให้มีค่า pH ต่ำที่สุด เนื่องจากลูกพลับแห้งอยู่ในสภาวะเป็นกรดด้วยมีกรดแอสคอร์บิคสูงถึง 12.0% (Itamura และคณะ, 2013)

สรุปผล

ไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ไอศกรีมที่ได้มีรสชาติหวานกลมกล่อม มีกลิ่นหอมของน้ำตาลและมีเนื้อสัมผัสที่เนียน ส่วนการใส่ลูกพลับแห้ง 5% w/w ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงในทุกด้าน รวมถึงมีค่าต่างๆ ใกล้เคียงสูตรควบคุม โดยค่า L* อัตราการละลาย และค่า pH สูง ขณะที่ค่า %Overrun ต่ำ

เอกสารอ้างอิง

ธันยพร ตรีรัตนธนากุล และจารุวรรณ กุลวิศว, 2546, การศึกษาเปรียบเทียบชนิดและปริมาณน้ำตาลในน้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าว, มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์, ซัลไฟต์ [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1955/sulfites-ซัลไฟต์ [26/ September/ 2013].

หทัยชนก นพจรูญศร, 2554, ผลของปฏิสัมพันธ์ของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและแคปปาคาราจีแนนต่อการตกผลึกของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมนม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสุรนารีและเทคโนโลยี, นครราชสีมา, 98 หน้า

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., The Association Official Analytical Chemists, Washington Dc.

Itamura, H., Nakatsuka, A., Sun, N., Esumi, T., Yamada, A., Yano, K. and Nakagawa, T., 2013, Effect of Ascorbate on Nutritional of Persimmon Fruit, [online], Available: http://www.livestrong.com/article/266104-nutritional-value-of-persimmon-fruit [September 26, 2013].

Natarajan S., 2013. The Palm [online], Available: http://palmsugar.com [September 26, 2013].

Noda, E., Aoki, T. and Minato, K., 2002, Physical and Chemical Characteristics of the Blackened Portion of Japanese Persimmon (*Diospyros kaki*), Wood Science, 48(3): 245-249.Langton, N., 2013, Prolonging Shelf Life of Persimmon (*Diospyros kaki* thunb.) Fruit, [online], Available: http://www.actahort.org/members/showpdf?session=29447 [September 26, 2013].

Table 1 Sensory evaluation of Ice-cream was used palm sugar and coconut sugar substitute forsugar cane.

Type of sugar	Color	Flavor	Taste	Texture	Melting	Overall acceptance
sugar cane	7.36^b±0.81	5.96^b±0.73	5.32^b±0.65	6.56^b±0.47	7.16^b±0.90	6.32^b±0.82
palm sugar	8.20^a±0.79	8.04^a±0.84	8.08^a±0.94	8.36^a±0.76	7.76^a±0.97	8.60^a±0.76
coconut sugar	7.12^b±0.81	6.20^b±0.82	5.60^b±0.75	6.36^b±0.69	7.04^b±0.92	6.52^b±0.87

$^{a, b, c,}$… Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 2 Color, %Overrun and pH of ice-cream was used palm sugar and coconut sugar substitute for sugar cane.

Type of sugar	Color			Overrun (%)	ค่า pH
	L*	a*	b*		
sugar cane	87.94^{a}±0.13	-4.02^{c}±0.11	12.30^{a}±0.14	4.17^{a}±0.29	6.51^{a}±0.22
palm sugar	86.15^{b}±0.12	-2.73^{b}±0.14	11.69^{b}±0.13	1.35^{c}±0.26	6.27^{b}±0.25
coconut sugar	85.70^{c}±0.13	-2.42^{a}±0.12	12.22^{a}±0.12	2.75^{b}±0.23	5.98^{c}±0.23

[a, b, c,]... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 3 Melting down of ice-cream was used palm sugar and coconut sugar substitute for sugar cane.

Type of sugar	Weight (g) at Time (minutes)					
	10	20	30	40	50	60
sugar cane	0.54^{b}±0.18	7.32^{a}±0.13	18.15^{a}±0.20	24.82^{a}±0.22	37.49^{a}±0.15	62.56^{a}±0.18
palm sugar	0.70^{a}±0.15	4.03^{c}±0.14	15.29^{c}±0.21	18.91^{c}±0.21	28.16^{c}±0.16	47.38^{c}±0.16
coconut sugar	0.43^{c}±0.16	6.77^{b}±0.17	17.82^{b}±0.18	21.13^{b}±0.20	31.33^{b}±0.18	54.55^{b}±0.17

[a, b, c,]... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 4 Sensory evaluation of ice-cream was used Dried persimmon at 0 5 10 and 15% w/w.

Persimmon(%)	Color	Flavor	Taste	Texture	Melting	Overall acceptance
0	7.97^{a}±0.50	7.85^{a}±0.57	7.70^{a}±0.55	7.87^{a}±0.35	7.80^{a}±0.41	7.77^{a}±0.49
5	8.12^{a}±0.59	7.87^{a}±0.62	7.90^{a}±0.52	7.98^{a}±0.38	7.82^{a}±0.43	7.87^{a}±0.51
10	7.28^{b}±0.48	7.72^{a}±0.53	7.24^{b}±0.53	7.74^{a}±0.36	7.86^{a}±0.38	7.60^{b}±0.47
15	7.10^{b}±0.52	7.09^{b}±0.58	7.13^{b}±0.57	7.02^{b}±0.37	7.90^{a}±0.44	7.10^{c}±0.47

[a, b, c,]... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 5 Color, %Overrun and pH of ice-cream substitute for used Dried persimmon at 0 5 10 and 15% w/w.

Persimmon(%)	Color			Overrun (%)	ค่า pH
	L*	a*	b*		
0	79.00^{a}±0.23	4.65^{d}±0.24	14.18^{d}±0.17	1.61^{b}±0.53	6.42^{a}±0.12
5	75.00^{b}±0.27	5.15^{c}±0.22	18.01^{c}±0.19	0.67^{c}±0.58	6.30^{a}±0.12
10	69.33^{c}±0.26	5.40^{b}±0.23	22.08^{b}±0.16	1.35^{b}±0.60	5.93^{b}±0.10
15	64.91^{d}±0.21	6.88^{a}±0.22	26.85^{a}±0.16	2.05^{a}±1.04	5.66^{c}±0.14

[a, b, c,]... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 6 Melting down of ice-cream was used Dried persimmon at 0 5 10 and 15% w/w.

Persimmon(%)	Weight (g) at Time (minutes)					
	10	20	30	40	50	60
0	0.25^{a}±0.20	10.14^{a}±0.16	21.93^{a}±0.18	25.81^{a}±0.18	37.43^{a}±0.18	58.89^{a}±0.19
5	0.24^{a}±0.21	10.02^{a}±0.18	21.35^{a}±0.17	25.52^{a}±0.18	37.03^{a}±0.18	58.17^{a}±0.16
10	0.17^{b}±0.2	29.32^{b}±0.19	19.57^{b}±0.16	22.18^{b}±0.19	35.01^{b}±0.18	55.12^{b}±0.19
15	0.23^{a}±0.2	17.27^{c}±0.18	17.91^{c}±0.18	20.88^{c}±0.19	31.34^{c}±0.18	50.08^{c}±0.18

[a, b, c,]... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

คุณภาพของน้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการหมักด้วย *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 ร่วมกับอะไมเลส

Qualities of Sweeten Riceberry Juice as Fermented by *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 plus Amylase

พิทยา ใจคำ[1] และ อภิรักษ์ หามาลี[1]
Chaikham, P.[1] and Hamalee, A.[1]

Abstract

The objective of this study was to determinethe qualities of sweeten riceberry juice after fermentation by 20% (w/w) koji of *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 combined with α-amylase from *Aspergillus oryzae* at 30°C for 5 days. Three levels of amylase (0%, 3% and 5%, w/w) and different incubation times (0, 1, 3 and 5 days) were varied. Total anthocyanins, antioxidant capacity (DPPH assay), glucose, total soluble solids, total titratable acidity and color parameters were investigated. The results illustrated that glucose, total soluble solids and total acidity of all samples apparently increased with the increase of incubation times, particularly the juices fermented by koji plus amylase. At the final stage of incubation, total anthocyanins and antioxidant capacity of all samples also significantly increased from 0.60-0.64 mg/100 ml and 1.26-1.34% inhibition to 7.53-9.73 mg/100 ml and 24.69-28.24% inhibition, respectively. For the color parameters, the juice fermented by koji combined with 5% amylase had a significant lower in *L* parameter (lightness) than the others, whereas the *a** (reddish) and *b** (yellowish) parameters of this batch noticeably increased.

Keywords: sweeten rice drink, bioactive components, *Amylomyces rouxii* TISTR 3182, amylase

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ของน้ำหวานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการหมักด้วยโคจิจากเชื้อรา *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 (20%, w/w) ร่วมกับเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจากเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 5 วัน โดยแปรปริมาณอะไมเลส 3 ระดับ (0%, 3% and 5%, w/w) และบ่มเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน (0, 1, 3 และ 5 วัน) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณกลูโคส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าสี จากผลการทดลองพบว่าปริมาณกลูโคส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมดของทุกๆ ตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยโคจิผสมอะไมเลส นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อสิ้นระยะเวลาในการหมักตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณแอนโทไซยานิน และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.60-0.64 mg/100 ml และ 1.26-1.34% เป็น 7.53-9.73 mg/100 ml และ 24.69-28.24% ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าน้ำหวานข้าวที่ได้จากการหมักโคจิร่วมกับอะไมเลส 5% มีค่าความสว่าง (*L**) ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (*a**) และความเป็นสีเหลือง (*b**) ของตัวอย่างนี้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

คำสำคัญ: น้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่ สารออกฤทธิ์ชีวภาพ *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 อะไมเลส

คำนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวมีสีที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี ลูทีน สารประกอบฟีนอล แอนโทไซยานิน และโฟเลตสูง รวมทั้งมีดัชนีน้ำตาลค่อนข้างต่ำ-ปานกลาง จากคุณสมบัติดังกล่าว นอกจากจะรับประทานเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดีแล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งอีกด้วย (Kongkachuichai และคณะ, 2013) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้มีความหลากหลายนอกจากสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวแล้ว ยังสามารถพัฒนาขยายผลสู่ภาคการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

การศึกษากระบวนการผลิตน้ำหวานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงเป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่น่าสนใจ โดยมีเป้าหมายเพื่อนำน้ำหวานข้าวที่ผลิตได้ไปใช้เป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต่างๆ อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ไอศกรีม เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์นม และเครื่องดื่มน้ำผัก-ผลไม้ เป็นต้น จากการศึกษาของมณชัย (2546) พบว่าเชื้อรา *Amylomyces* spp. เมื่อนำมาเลี้ยงในข้าวเหนียวนึ่งทำให้ได้น้ำหวานข้าวที่มีปริมาณกลูโคสประมาณ 20% (w/v) โดยน้ำเชื่อมที่ได้จะมีกลิ่นหอมของข้าวและกลิ่นหอมเฉพาะจากเชื้อราที่ใช้หมัก และจิราภรณ์ (2518) พบว่า *A. rouxii* TISTR 3182 มีความสามารถในการย่อยแป้งได้ดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตน้ำหวานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยใช้เชื้อรา *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 (20%, w/w) ร่วมกับเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (0%, 3% และ 5%, w/w) หมักที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 5 วัน โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผลิตได้ด้านต่างๆ ดังนี้ ปริมาณกลูโคส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด แอนโทไซยานิน กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และค่าสี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกล้าเชื้อหรือโคจิ (koji) ทำได้โดยนำเชื้อรา *A. rouxii* TISTR 3182 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) มาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นล้างสปอร์โดยใช้น้ำกลั่น (10 ml) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำสปอร์แขวนลอยของเชื้อราที่ได้เติมลงไปในข้าวเหนียวนึ่ง (สปอร์แขวนลอย 10 ml ต่อข้าวเหนียวนึ่ง 100 g) คลุกเคล้าให้เข้ากัน และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 7 วัน

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการหุงแล้วมาผ่านการบดแบบหยาบโดยใช้มือบีบ ชั่งข้าวตามน้ำหนักที่ต้องการลงในขวดทนความร้อน เติมน้ำกลั่นลงไป 5% (v/w) จากนั้นนำเข้าเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เติมโคจิเชื้อรา *A. rouxii* TISTR 3182 ปริมาณ 20% (w/w) และเติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจากเชื้อรา *Aspergillus oryzae* (HiMedia, India) ในปริมาณ 0%, 3% และ 5% (w/w) คลุกเคล้าให้เข้ากัน และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 5 วัน เก็บตัวอย่างในวันที่ 1, 3 และ 5 ของการหมัก โดยการคั้นน้ำที่ได้ด้วยผ้าขาวบางแยกเอาเฉพาะของเหลวออกมา จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ต่อไป

นำน้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ วิเคราะห์ค่าสี *L*, *a** และ *b** ระบบ CIE ด้วยเครื่อง Miniscan XE Plus Colorimeter (Hunter Lab, USA) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids) ด้วยเครื่อง Hand refractometer (MASTER-2M, ATAGO, Japan) นอกจากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสด้วยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) ตามวิธีของ Miller (1959) ปริมาณแอนโทไซยานินตามวิธีของ Guisti และ worlstad (2001) และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ตามวิธีของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012)

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ประเมินผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 15 เพื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าปริมาณกลูโคสในตัวอย่างทุกหน่วยการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดในวันที่ 3 และลดลงเมื่อสิ้นสุดการหมัก (วันที่ 5) แต่อย่างไรก็ตามหน่วยการทดลองที่ผ่านการหมักด้วยโคจิของ *A. rouxii* TISTR 3182 ร่วมกับเอนไซม์อะไมเลส 5% ยังคงมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงที่สุด การที่ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีแนวโน้มลดลงเกิดจากเชื้อราที่ใช้ในการทดลองนำน้ำตาลกลูโคสไปใช้เป็นอาหารเนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจึงทำให้จุลินทรีย์นำไปใช้เป็นพลังงานได้ง่าย ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.30-6.31 เป็น 33.60-39.60°Brix (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของชัยวัฒน์ (2520) ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในข้าวหมากที่ผ่านการหมักด้วย *Amylomyces* ssp. มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวันที่ 2 และ 4 ของการหมักตัวอย่างมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 32.83 และ 35.53°Brix ตามลำดับ

จากการหมักข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยโคจิเชื้อรา *A. rouxii* TISTR 3182 ร่วมกับเอนไซม์อะไมเลสทำให้ตัวอย่างทุกหน่วยการทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง

เริ่มต้น (วันที่ 0) โดยตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยโคจิร่วมกับเอนไซม์อะไมเลส 5% มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุด (Table 1) การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดเกิดจากเชื้อราที่ใช้ในการทดลองผลิตกรดออกมาในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หรืออาจเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ปนเปื้อนลงไปในระหว่างการทดลอง โดยชัยวัฒน์ (2520) พบว่าการหมักข้าวหมากด้วยเชื้อรา *Amylomyces* ssp. ทำให้ข้าวหมากมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติกเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.35% และ 0.95% ในวันที่ 2 และ 7 ของการหมักตามลำดับ

นอกจากนั้นยังพบว่าทุกหน่วยการทดลองมีปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานินและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยทดลองที่ผ่านการหมักด้วยโคจิร่วมกับเอนไซม์อะไมเลส 5% โดยจะเห็นว่าในวันสุดท้ายของการหมักตัวอย่างทุกหน่วยการทดลองมีปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานินและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 7.53-9.73 mg/100 ml และ 24.69-28.24% ตามลำดับ (Table 1) จุฬาลักษณ์ (2554) ได้ทำการศึกษาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวก่ำหมัก และพบว่าสาเหตุที่ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวก่ำหมักมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเกิดจากในข้าวก่ำมีสารออกฤทธิ์คือแอนโทไซยานิน และ Yen และคณะ (2003) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวหมักโดย *Aspergillus candidus* ด้วยวิธี DPPH พบว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหมักมีค่าสูงถึง 78%

จากการวิเคราะห์ค่าสี (Table 1) พบว่าค่าสี L^* ของตัวอย่างทุกหน่วยการทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยโคจิร่วมกับเอนไซม์ ส่วนค่า a^* ของตัวอย่างกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 5 วัน การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงเกิดจากแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง-ม่วงซึ่งมีปริมาณสูงในข้าวไรซ์เบอร์รี่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเมล็ดข้าวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทางการค้าและเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง นอกจากนั้นยังพบว่าค่าสี b^* ของตัวอย่างทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกับค่าสี a^* แสดงว่าระดับเอนไซม์และระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าสีของน้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมดของทุกหน่วยการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยโคจิผสมเอนไซม์อะไมเลส นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณแอนโทไซยานิน และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน และจากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าน้ำหวานข้าวที่ได้จากการหมักโคจิร่วมกับเอนไซม์อะไมเลส 5% มีค่าสี L (ความสว่าง) ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าสี a^* (ความเป็นสีแดง) และ b^* (ความเป็นสีเหลือง) ของตัวอย่างนี้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ สุซุมาวสี, 2518, การศึกษาทางชีววิทยาของลูกแป้งข้าวหมาก, รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรและชีววิทยา ครั้งที่ 14 สาขาพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลักษณ์ พระสว่าง, 2554, เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวก่ำหมักเสริมโปรไบโอติค, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ชัยวัตน์ จาติกเสถียร, 2520, การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราและยีสต์ในลูกแป้งสำหรับการหมักข้าวหมาก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

มณชัย เดชสังกรานนท์, 2546, คุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักข้าวหมากและสาโท, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Chaikham, P and Apichartsrangkoon, A., 2012, Comparison of Dynamic Viscoelastic and Physicochemical Properties of Pressurised and Pasteurised Longan Juices with Xanthan Addition, Food Chemistry, 134(4): 2194-2200.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E., 2001, Unit F1.2.1-13. Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, New York, Wiley.

Kongkachuichai, R., Prangthip, P., Surasiang, R., Posuwan, J., Charoensiri, R., Kettawan, A. and Vanavichit, A., 2013, Effect of Riceberry Oil (Deep Purple Oil; *Oryza sativa* Indica) Supplementation on Hyperglycemia and Change in Lipid Profile in Streptozotocin (STZ)-Induced Diabetic Rats Fed a High Fat Diet, International Food Research Journal, 20(2): 873-882.

Miller, G, 1959, Use of Dinitrisalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugars, Analytical Chemistry, 31: 426-429.

Yen, G.C., Chang, Y.C. and Su, S.W., 2003, Antioxidant Activity and Active Compound of Rice Koji Fermented with *Aspergillus candidus*, Food Chemistry, 83: 49-54.

Table 1 Biochemical qualities and color parameters of sweeten riceberry juice after fermentation by *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 combined with α-amylase at 30°C.

Amylase levels (%, w/w)	Fermentation times (days)			
	0	1	3	5
	Glucose (g/100 ml)			
0	0.29±0.02^{Ca}	1.04±0.02^{Bb}	2.52±0.19^{Ac}	2.38±0.05^{Ac}
3	0.27±0.04^{Da}	1.20±0.05^{Ca}	2.92±0.11^{Ab}	2.70±0.03^{Bb}
5	0.26±0.05^{Da}	1.22±0.09^{Ca}	3.66±0.17^{Aa}	3.32±0.14^{Ba}
	Total soluble solids (°Brix)			
0	6.31±0.01^{Da}	15.12±0.08^{Cc}	28.57±0.11^{Bc}	33.60±0.15^{Ac}
3	6.30±0.01^{Da}	17.49±0.05^{Cb}	37.77±0.06^{Bb}	38.37±0.06^{Ab}
5	6.30±0.01^{Ca}	18.55±0.10^{Ba}	39.43±0.06^{Aa}	39.60±0.17^{Aa}
	Total titratable acidity (g/100 g, as based on lactic acid)			
0	0.16±0.01^{Da}	0.21±0.01^{Cb}	0.42±0.01^{Bc}	0.57±0.01^{Ac}
3	0.15±0.01^{Da}	0.23±0.02^{Cab}	0.85±0.00^{Bb}	1.12±0.01^{Ab}
5	0.15±0.01^{Da}	0.26±0.02^{Ca}	1.25±0.01^{Ba}	1.32±0.01^{Aa}
	Total anthocyanins (mg/100 ml)			
0	0.60±0.07^{Ca}	2.82±0.32^{Ba}	6.85±0.17^{Ab}	7.53±0.56^{Ab}
3	0.64±0.06^{Da}	2.67±0.41^{Ca}	7.33±0.43^{Bb}	8.27±0.11^{Ab}
5	0.59±0.06^{Da}	2.80±0.52^{Ca}	8.62±0.38^{Ba}	9.73±0.35^{Aa}
	DPPH radical inhibition (%)			
0	1.34±0.08^{Ca}	8.65±0.61^{Bb}	22.07±3.19^{Aa}	24.69±1.05^{Ab}
3	1.26±0.07^{Da}	10.58±1.43^{Ca}	22.15±1.19^{Ba}	25.78±0.57^{Ab}
5	1.37±0.10^{Da}	9.87±0.82^{Cab}	25.48±0.10^{Ba}	28.24±0.72^{Aa}
	*L** parameter (lightness)			
0	40.72±0.09^{Aa}	37.53±0.07^{Bb}	34.62±0.04^{Ca}	34.54±0.08^{Ca}
3	40.73±0.02^{Aa}	38.21±0.11^{Ba}	27.75±0.21^{Cb}	26.86±0.12^{Db}
5	40.74±0.01^{Aa}	36.71±0.06^{Bc}	25.91±0.30^{Cc}	25.63±0.08^{Cc}
	*a** parameter (redness)			
0	3.45±0.02^{Ca}	4.15±0.30^{Bc}	9.32±0.04^{Aa}	9.43±0.51^{Ab}
3	3.45±0.03^{Da}	5.11±0.09^{Ca}	8.00±0.34^{Bb}	10.45±0.12^{Aa}
5	3.45±0.01^{Da}	4.96±0.25^{Cb}	8.42±0.44^{Bb}	10.84±0.09^{Aa}
	*b** parameter (yellowness)			
0	2.01±0.02^{Ca}	2.82±0.11^{Bb}	4.49±0.34^{Ab}	4.66±1.14^{Ab}
3	2.03±0.02^{Da}	2.59±0.20^{Cc}	5.68±0.05^{Aa}	5.32±0.08^{Bab}
5	2.02±0.02^{Da}	3.04±0.17^{Ca}	6.08±0.31^{Ba}	6.64±0.08^{Aa}

Means in the same column or row followed by the same lowercase or capital letters respectively are not significantly different ($p>0.05$). Means were the determination of six replications.

ผลของการพ่น Kaolin ทางการค้าต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
Effect of Commercial Kaolin Spraying on Physiological Changes of Mango Tree cv. Nam Dok Mai No.4

ชลิดา ชลไมตรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1]
Cholmaitri, C.[1], Kerdchoechuen, O.[2], Jitareerat, P.[1], Wongs-Aree, C.[1] and Uthairatanakij, A.[1]

Abstract

Commercial kaolin (Surround® WP), a white powder can be solubilized and used as coating material for protecting (stems, leaves and fruits).Several research has shown kaolin is able to reduce heat stress in plant resulting an increase in plant growth. Furthermore, kaolin made from natural material is safe for user and environment. The objective of this research was to study the effect of commercial kaolin spraying on physiological changes of mango trees cv. Nam Dok Mai No.4. Mango trees (1 year grown in the greenhouse) were foliar sprayed 4 times with commercial kaolin at 0 (control), 3 and 6% every 2 weeks for 8 weeks. The results showed that foliar sprayed mango with commercial kaolin at 3 and 6% had higher photosynthetic rate and stomatal conductance than that of control. Moreover, after spraying for 6 weeks, the leaf temperature in the control tree (30.43°C) was higher than the leaves sprayed with the commercial kaolin at 3 and 6% (28.85 and 27.72°C), respectively. In addition, the mango leaves sprayed with commercial kaolin had higher total carbohydrate content and total soluble solids than that the control but total nitrogen content and C:N ratio were not significant difference. This result indicates that commercial Kaolin spraying on mango tree could reduce leaf temperature but stomatal conductance and photosynthetic rate increased and resulting in the accumulation of total carbohydrate and total soluble solids compared to non-sprayed mango tree.
Keywords: photosynthetic rate, stomatal conductance, C:N ratio

บทคัดย่อ

Kaolin ทางการค้า (Surround® WP) มีลักษณะเป็นผงสีขาว เมื่อละลายน้ำสามารถเคลือบลำต้นใบและผลของพืชได้ดี มีรายงานวิจัยพบว่า การพ่น Kaolin สามารถช่วยลด heat stress ให้กับพืช จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี อีกทั้ง Kaolin เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติจึงมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่น Kaolin ทางการค้าต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระยะ vegetative ทำโดยพ่น Kaolin ทางการค้า จำนวน 4 ครั้งที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 3 และ 6 ให้แก่ต้นมะม่วง (อายุประมาณ 1 ปี ที่ปลูกไว้ในเรือนทดลอง) โดยพ่นทุกๆ 2 สัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์ จากการทดลอง พบว่าต้นมะม่วงพ่นด้วย Kaolin ทางการค้า ความเข้มข้นร้อยละ 3และ 6 มีอัตราการสังเคราะห์แสง และการชักนำปากใบมากกว่าชุดควบคุม และในสัปดาห์ที่ 6 ภายหลังการพ่นสารพบว่า อุณหภูมิใบในชุดควบคุม (30.43 องศาเซลเซียส) มีค่าสูงกว่าใบของต้นมะม่วงที่พ่น Kaolin ทางการค้า ร้อยละ 3 และ 6 (28.85 และ 27.72 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) นอกจากนี้ ใบมะม่วงที่พ่นด้วย Kaolin ทางการค้า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและอัตราส่วนระหว่าง C:N ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การพ่นต้นมะม่วงด้วย Kaolin ทางการค้ามีผลช่วยลดอุณหภูมิของใบ แต่ปากใบเปิดมากขึ้นและมีสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น จึงมีผลทำให้มีการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้นมะม่วงที่ไม่ได้พ่น
คำสำคัญ: อัตราการสังเคราะห์แสง การชักนำปากใบ อัตราส่วนระหว่าง C:N

---

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok. 10150

[2] สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Division of Natural Resource Management, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok. 10150

คำนำ

จากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงส่งผลให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น และมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช Kaolin ในรูปทางการค้า (Surround® WP) มีลักษณะเป็นผงสีขาวสามารถละลายน้ำ และยึดเกาะใบพืชได้ดี เป็นสารที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ช่วยลด heat stress และมีผลต่อคุณภาพของผลิตผล (Glenn และ Puterka,2005) นอกจากนี้การพ่น Kaolin สามารถลดอาการผลไหม้ (sunburn) และช่วยเพิ่มคุณภาพด้านสีผิวของผลแอปเปิ้ล (Glenn และคณะ, 2001) และทับทิม (Melgarejo และคณะ 2004) จากรายงานของ Kerns และ Wright (2000) พบว่า พืชตระกูลส้มที่พ่นด้วย Kaolin ทางการค้า มีอัตราการสังเคราะห์แสงและการชักนำปากใบสูงขึ้น และ Kaolin สามารถลดอุณหภูมิใบของต้นกาแฟได้ (Steiman และ Bittenbender, 2007) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เป็นที่นิยมปลูกกันมากในทุกภาคของประเทศไทยเนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ Kaolin ทางการค้าต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระยะการเจริญทางด้านใบ (vegetative)

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เสียบยอดบนต้นตอมะม่วงแก้ว อายุประมาณ 1 ปี จำนวน 12 ต้น ปลูกในกระถางดินเผา เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 30 เซนติเมตร ในโรงเรือนคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯจากนั้นเตรียม Kaolin หรือชื่อทางการค้า คือ Surround® WP ความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 3 และ 6 ตามลำดับ พ่นบนต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระยะ vegetative โดยใช้กระบอกฉีดน้ำ ในอัตรา 200 มิลลิลิตร/ต้น เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพ่นให้ทั่วทั้งหน้าใบและหลังใบ จนกระทั่งเริ่มมีหยดของสารจึงหยุด พ่นทั้งหมด 4 ครั้ง ดังนี้ ครั้งแรกเริ่มพ่น Kaolin ทางการค้า ในวันที่ 18 มิถุนายน 2556 พ่นครั้งที่ 2 วันที่ 2 กรกฎาคม 2556 พ่นครั้งที่ 3 วันที่ 16 กรกฎาคม 2556 และครั้งสุดท้าย วันที่ 30 กรกฎาคม 2556 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการเก็บตัวอย่างใบมะม่วงก่อนการพ่น Kaolin ทางการค้า (วันที่ 28 พฤษภาคม 2556) และหลังจากพ่น Kaolin ครั้งสุดท้าย 1 สัปดาห์ (วันที่ 6 สิงหาคม 2556) ต้นละ 2 ใบ โดยเก็บใบที่ 5 และ 6 นับจากยอดของกิ่งที่สมบูรณ์เต็มที่ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด สำหรับอัตราการสังเคราะห์แสงการชักนำปากใบและอุณหภูมิใบวัดในใบที่ 4 นับจากยอดของกิ่งที่สมบูรณ์เต็มที่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ต้นมะม่วงพ่นด้วย Kaolin ทางการค้า ความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 6 มีอัตราการสังเคราะห์แสง (Figure 1a) และการชักนำปากใบ (Figure 1b) มากกว่าชุดควบคุม และในสัปดาห์ที่ 6 ภายหลังการพ่นพบว่า อุณหภูมิใบในชุดควบคุม (30.43 องศาเซลเซียส) สูงกว่าอุณหภูมิใบของต้นมะม่วงที่พ่นด้วย Kaolin ทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ3 และ 6 (28.85 และ 27.72 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ (Figure 1c) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jifon และ Syvertsen (2003) พบว่า grapefruit ที่พ่นด้วย Kaolin ทางการค้า มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่า grapefruit ในชุดควบคุม นอกจากนี้ Glenn และคณะ (2002) รายงานว่า Kaolin ทางการค้าทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการชักนำปากใบในต้นแอปเปิ้ลเพิ่มขึ้น เมื่อพืชมีการชักนำปากใบสูงทำให้ปากใบเปิดกว้างและแก๊สสามารถไหลผ่านปากใบได้มากขึ้นจึงอาจส่งผลทำให้อัตราสังเคราะห์แสงสูงขึ้น (สุนทรี และสุทิน, 2547) Steiman และ Bittenbender (2007) รายงานว่าการพ่น Kaolin ทางการค้าในต้นกาแฟสามารถเพิ่มผลผลิตของกาแฟและช่วยลดอุณหภูมิใบได้ เช่นเดียวกับ Glenn และคณะ (1999) พบว่า Kaolin ทางการค้า สามารถลดอุณหภูมิใบในต้นพืชได้ นอกจากนี้ต้นมะม่วงที่พ่นด้วย Kaolin ทางการค้า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Table 1) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Table 2) มากกว่าในชุดควบคุมทั้งนี้มะม่วงที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงมักจะให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีเนื่องจากการพัฒนาของผลจะใช้คาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงร่วมกับคาร์โบไฮเดรตที่สะสมไว้แล้วเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนต่างๆในรูปของซูโครสโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง source ซึ่งเป็นแหล่งสร้างอาหารและ sink คือส่วนต่างๆ ของพืชที่ต้องการใช้อาหารเพื่อการพัฒนา เช่น ช่อดอกและผล (อัศจรรย์ และคณะ, 2543) ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจน(Table 3) และอัตราส่วนระหว่าง C:N (Table 4) ไม่แตกต่างกัน

สรุปผล

ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระยะ vegetative พ่นด้วย Kaolin ทางการค้า ความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 6 มีอัตราการสังเคราะห์แสง การชักนำปากใบ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

มากกว่ามะม่วงในชุดควบคุมนอกจากนี้ การพ่นด้วย Kaolin ทางการค้า สามารถลดอุณหภูมิใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของ Kaolin ทางการค้า ไม่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนและอัตราส่วนระหว่าง C:N

เอกสารอ้างอิง

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ และสุทินหิรัญอ่อน, 2547, ดุลการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นมะม่วงที่ถูกน้ำท่วม, คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 88หน้า.

อัศจรรย์ สุขธำรง เรณู ขำเลิศ นันทกร บุญเกิด สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์ อรพินท์ สุริยพันธ์ ประเทือง ลักษณะวิมล และจิระพงษ์ ประสิทธิเขตร, 2543, การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง, ในสาระไม้ผล, จริงแท้ ศิริพานิช, สำนักงานเครือข่ายวิจัยและพัฒนาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, หน้า 1-3.

Glenn, D.D., Puterka, G.J., VanderZwet, T., Byers, R.E. and Feldhake, C., 1999, Hydrophobic Particle Films: A New Paradigm for Suppression of Arthropod Pests and Plant Disease, Journal of Economic Entomology, 92: 759-771.

Glenn, D.M. and Puterka, G.J., 2005, Particle Films: A New Technology for Agriculture, Horticultural Reviews, 31: 1-44.

Glenn, D.M., Prado, E., Erez, A., McFerson, J. and Puterka, G.J., 2002, A Reflective, Processed-Kaolin Particle Film Affects Fruit Temperature, Radiation Reflection and Solar Injury in Apple, Journal of the American Society for Horticultural Science, 127: 188-193.

Glenn, D.M., Puterka, G.J., Drake, S.R., Unruh, T.R., Knight, A.L., Baherie, P., Prado E. and Baugher, T.A., 2001, Particle Film Application Influences Apple Leaf Physiology, Fruit Yield, and Fruit Quality, Journal of the American Society for Horticultural Science,126: 175-181.

Jifon, L.J. and Syvertsen, J.P., 2003, Kaolin Particle Film Applications can Increase Photosynthesis and Water Use of Ruby Red Grapefruit Leaves, Journal of the American Society for Horticultural Science, 128: 107-112.

Kerns, D.L. and Wright, G.C., 2000, Protective and Yield Enhancement Qualities of Kaolin on Lemons, Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report, College of Agriculture and Life Sciences, Arizona University, Tucson, Arizona, p. 85721.

Steiman, S.R., Bittenbender, H.C. and Idol, T.W., 2007, Analysis of Kaolin Particle Film Use and Its Application on Coffee, Horticultural Science, 42: 1605-1608.

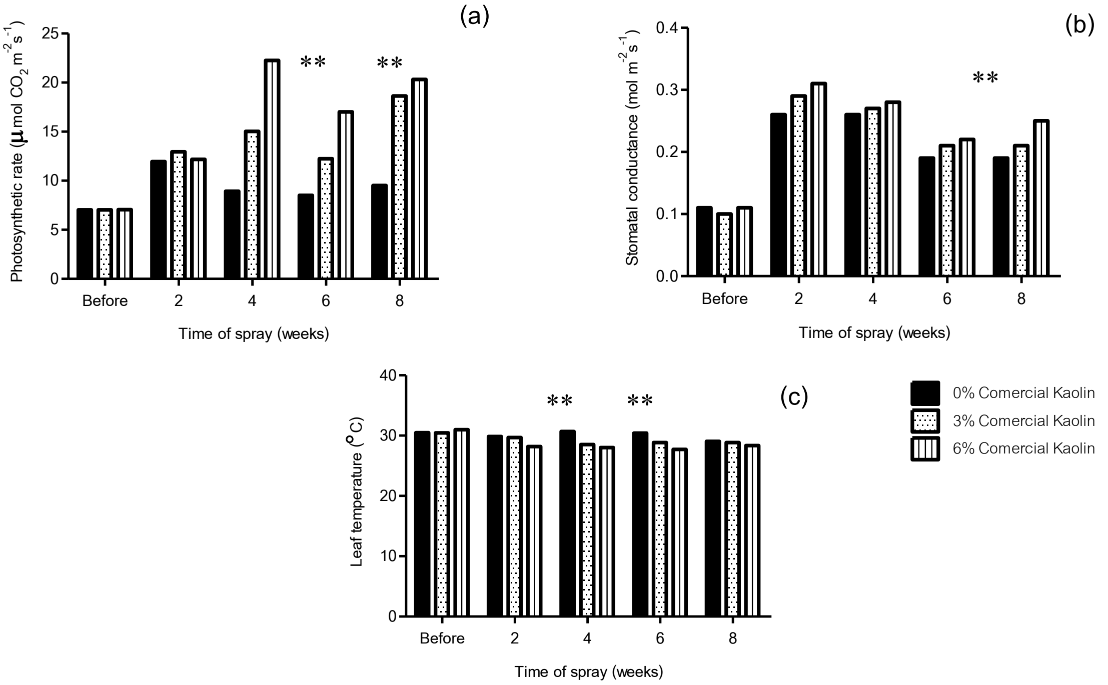


Figure 1 Photosynthetic rate (a) Stomatal conductance (b) Leaf temperature (c) of mango cv. Nam Dok Mai No.4 were foliar sprayed 4 times with commercial kaolinat 0 (control), 3 and 6% every 2 weeks for 8 weeks

Table 1 Total soluble solids of 'Nam Dok Mai No.4'mango leafbeforeor after sprayedwith commercial kaolin at 0 (control), 3 and 6% for 8 weeks

Treatments	Before sprayed	After sprayed for 8 weeks	F-test	LSD.
	Total soluble solids (°Brix)			
0% Kaolin	5.00	6.00	NS	4.94
3% Kaolin	4.66[B]	7.13[A]	**	1.13
6% Kaolin	4.33[B]	6.88[A]	**	1.88
F-test	NS	NS		
LSD.	2.03	0.91		

Table 2 Total carbohydrate content of 'Nam Dok Mai No.4' mango leafbeforeor after sprayedwith commercial kaolin at 0 (control), 3 and 6% for 8 weeks

Treatments	Before sprayed	After sprayed for 8 weeks	F-test	LSD.
	Total carbohydrate content (mg/g DW)			
0% Kaolin	11.94[B]	17.37[A]	**	17.01
3% Kaolin	14.65[B]	19.56[A]	**	4.49
6% Kaolin	12.99[B]	19.31[A]	**	5.47
F-test	NS	NS		
LSD.	5.03	6.54		

Table 3 Total Nitrogen contentof 'Nam Dok Mai No.4'mango leafbeforeor after sprayedwith commercial kaolin at 0 (control), 3 and 6% for 8 weeks

Treatments	Before sprayed	After sprayed for 8 weeks	F-test	LSD.
	Total Nitrogen content (%)			
0% Kaolin	0.17	0.21	NS	0.05
3% Kaolin	0.18	0.22	NS	0.08
6% Kaolin	0.19	0.23	NS	0.12
F-test	NS	NS		
LSD.	0.10	0.04		

Table 4 C:N ratio of 'Nam Dok Mai No.4'mango leafbeforeor after sprayedwith commercial kaolin at 0 (control), 3 and 6% for 8 weeks

Treatments	Before sprayed	After sprayed for 8 weeks	F-test	LSD.
	C:N ratio			
0% Kaolin	75.64	86.88	NS	52.29
3% Kaolin	73.43	85.88	NS	48.29
6% Kaolin	78.50	83.90	NS	49.04
F-test	NS	NS		
LSD.	50.63	37.88		

[A,B] Means separation by Duncan's Multiple Range Test, p = 0.01. Values within a row that are followed by the same letter are not significantly different.

ผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย *Dendrobium discolor* ระยะต่าง ๆในสภาพปลอดเชื้อ

The Effect of Culture Media on Growth of Different Stages of *Dendrobium discolor* in Aseptic Condition

กุลนาถ อบสุวรรณ[1] และ สุนทรี ทารพันธ์[1]
Obsuwan, K.[1] and Tharapan, S.[1]

Abstract

Dendrobium is the most popular orchids in Thailand. In this experiment, three stages of *Dendrobium discolor* as following; protocorm stage with 2 mm diameter, 2 stages of seedling at 3 and 4 mm in height were cultured on 4 different semi-solid media as following; Hyponex (H), Murashige and Skoog (MS), Knudson C (KC) and Vacin and Went (VW). All treatments were cultured at 25±2 °C under light condition (16 hr/day) for 3 months. The results showed that all 3 stages of *D. discolor* had the highest survival rate (33.3, 96.0, 100.0%), maximum fresh weight (0.022, 0.052, 0.095 g) and dry weight (0.0028, 0.0040, 0.0083 g) respectively on Hyponex medium statistically different to other treatments. Whereas, MS medium was inappropriate for this orchid since, there was no survival rate of *D. discolor* at all stages. Thus hyponex medium is the most suitable culture medium for tissue culture this orchid specie.

Keywords: culture media, *Dendrobium*, fresh weight

บทคัดย่อ

กล้วยไม้สกุลหวายเป็นกล้วยไม้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย ในการทดลองนี้ได้นำกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*Dendrobium discolor*) 3 ระยะ ได้แก่ ระยะโปรโตคอร์มซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. และระยะต้นอ่อน 2 ระยะ ที่มีความสูง 3 และ 4 มม. มาเพาะบนอาหารกึ่งแข็งที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ Hyponex (H), Murashige และ Skoog (MS), Knudson C (KC) และ Vacin และ Went (VW) ภายใต้อุณหภูมิ 25±2°C ได้รับแสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการทดลองพบว่าอาหารสูตร H ทำให้กล้วยไม้ *D. discolor* ทั้ง 3 ระยะมีอัตราการรอดชีวิต (33.3, 96.0, 100.0 %) น้ำหนักสด (0.022, 0.052, 0.095 กรัม) และน้ำหนักแห้ง (0.0028, 0.0040, 0.0083 กรัม) มากที่สุดตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ ในขณะที่อาหารสูตร MS ไม่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ชนิดนี้ เนื่องจากไม่พบการรอดชีวิตของกล้วยไม้ทุกระยะในอาหารสูตร MS ดังนั้นจากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าอาหารสูตร Hyponex เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธ์แท้ชนิดนี้

คำสำคัญ: สูตรอาหาร กล้วยไม้สกุลหวาย น้ำหนักสด

คำนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงกล้วยไม้สายพันธุ์แท้เพื่อเป็นการค้าต้องการต้นกล้วยไม้ปริมาณมาก กล้วยไม้สกุลหวายเป็นกล้วยไม้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย นอกจากนี้กล้วยไม้สายพันธุ์แท้ยังมีความสำคัญในแง่ของการปรับปรุงพันธุ์ การขยายพันธุ์กล้วยไม้ให้มีปริมาณมากขึ้นและเลี้ยงให้รอดตายจึงเป็นงานที่มีความสำคัญมาก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อซึ่งเป็นวิธีการขยายพันธุ์ให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาจำกัด แต่สูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ชนิดต่างๆ มีหลายสูตรที่แตกต่างกัน เช่น MS (Murashige และ Skoog, 1962), อาหารสูตร KC (Knudson, 1946) และ VW (Vacin และ Went, 1949) เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ศึกษาหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย *D. discolor* ในระยะต่างๆ ซึ่งมีผลต่อการรอดชีวิตต่อไป

อย่างไรก็ตามสูตรอาหารที่นิยมใช้นั้นมีองค์ประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์อยู่หลายชนิด และยังมีการเติมสารอินทรีย์ เช่น น้ำมะพร้าว กล้วยหอม และน้ำต้มมันฝรั่ง ทำให้เกิดความยุ่งยากในการเตรียม ดังนั้นการพัฒนาสูตรอาหารอย่างง่ายและมีองค์ประกอบไม่ซับซ้อนที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรือดีกว่าสูตรอาหารที่ใช้กันในปัจจุบัน จะช่วยส่งเสริมให้การ

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ต.สนามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
[1] Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000

ขยายพันธุ์กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบสูตรอาหารต่างๆ ที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้กับการใช้ปุ๋ย Hyponex

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*D. discolor*) 3 ระยะ ได้แก่ ระยะโปรโตคอร์มขนาด 2 มม. ระยะต้นอ่อนที่มีความสูง 3 และ 4 มม.(Figure 1) มาเพาะบนอาหารกึ่งแข็งที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ H (6.5N-6P-19K) 3.5 กรัมต่อลิตร, MS, KC และ VW pH 5.4 ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25±2°C ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสงเฉลี่ย 35 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน บันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรากต่อกอ และอัตราการรอดชีวิตคำนวณจาก (จำนวนต้นที่มีชีวิต x 100)/ จำนวนต้นทั้งหมด โดยทำการทดลองทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ

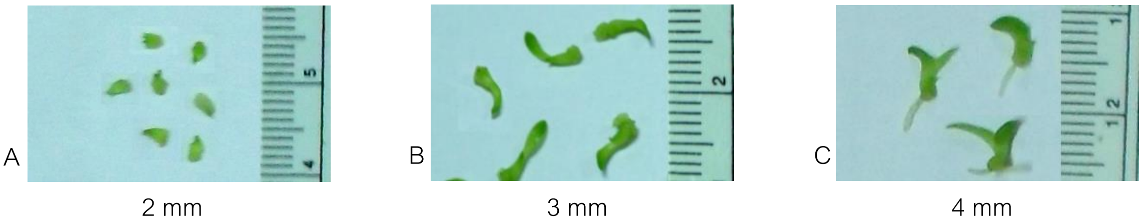


Figure 1 3 stages of *Dendrobium* species (*D. discolor*) consist of (A) protocorm stage (2 mm), (B) seedling stage (3 mm) and (C) seedling stage (4 mm)

วิเคราะห์ค่าต่างๆที่ได้จากการเก็บข้อมูลในการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยวิธี Analysis of Variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอาหารสูตรต่างๆ ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวาย โดยนำกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*D. discolor*) 3 ระยะ ได้แก่ ระยะโปรโตคอร์มขนาด 2 มม. ระยะต้นอ่อนที่มีความสูง 3 และ 4 มม. มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง 4 สูตร คือ H (6.5N-6P-19K) 3.5 กรัมต่อลิตร, MS, KC และ VW เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*D. discolor*) ระยะโปรโตคอร์ม (2 มม.) ที่เลี้ยงในอาหารสูตร H มีอัตราการรอดชีวิตดีที่สุด คือ 33.3% (Table 1) รองลงมา คืออาหารสูตร VW (22.2 %) ส่วนโปรโตคอร์มของ *D. discolor* ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS และ KC นั้นไม่พบอัตราการรอดชีวิต

สำหรับอัตราการรอดชีวิตของ *D. discolor* ระยะต้นอ่อน (3 และ 4 มม.) พบว่าอาหารสูตร H ทำให้อัตราการรอดชีวิตดีที่สุด คือ 96.0 และ 100.0% ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ รองลงมาคืออาหารสูตร VW ซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตเท่ากับ 76.0 และ 86.7 % ตามลำดับ สำหรับอาหารสูตร KC ให้อัตราการรอดชีวิตที่ 58.7 และ 60% ตามลำดับ แต่ไม่พบอัตราการรอดชีวิตของ *D. discolor* ระยะต้นอ่อน (3 และ 4 มม.) ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS เลย (Table 1)

Table 1 Survival rate of *D. discolor* protocorms and seedlings which *in vitro* cultured on 4 different media for 3 months.

Treatment	The survival rate of *D. discolor* (%)		
	2 mm	3 mm	4 mm
H	33.3 ± 9.6a	96.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
MS	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0d	0.0 ± 0.0d
KC	0.0 ± 0.0b	58.7 ± 1.3c	60.0 ± 0.0c
VW	22.2 ± 4.0a	76.0 ± 2.0b	86.7 ± 6.7b

The values follow by the same letters are not significantly different at 95% confidence level by DMRT
Significant different at 95% confidence level (n= 30)

การเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*D. discolor*) ระยะโปรโตคอร์ม (2 มม.) มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง 4 สูตร เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอาหารสูตร H และ VW ทำให้กล้วยไม้ *D. discolor* มีการเจริญพัฒนาไปเป็นต้นอ่อน แต่โปรโตคอร์มของ *D. discolor* ที่เลี้ยงบนอาหารสูตร H มีน้ำหนักสด (0.022 กรัม) น้ำหนักแห้ง (0.0028 กรัม) จำนวนราก (1.0) ดีที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ รองลงมาพบว่า *D. discolor* ที่เลี้ยงบนอาหารสูตร VW มีน้ำหนักสด 0.011 กรัม น้ำหนักแห้ง 0.0008 กรัม แต่ไม่มีราก อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าโปรโตคอร์มของ *D. discolor* ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารสูตร MS และ KC เนื่องจากโปรโตคอร์มมีลักษณะขาวซีดและตายไปในที่สุด (Table 2) อย่างไรก็ตามจำนวนต้นต่อกอที่เลี้ยงในอาหารสูตร H และ VW มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีจำนวนต้นต่อกอ 1.0 ต้นเท่ากัน

Table 2 Growth of *D. discolor* protocorms (2 mm) which *in vitro* cultured on 4 different media for 3 months.

Treatment	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Number of shoots/explants	Number of roots/explants
H	0.022±0.001a	0.0028±0.0000a	1.0 ± 0.0a	1.0 ± 0.2a
MS	0.000±0.000c	0.0000±0.0000c	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0b
KC	0.000±0.000c	0.0000±0.0000c	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0b
VW	0.011±0.000b	0.0008±0.0000b	1.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0b

The values follow by the same letters are not significantly different at 95% confidence level by DMRT
Significant different at 95% confidence level (n= 10)

นอกจากนั้น *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 3 มม. มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง 4 สูตร เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอาหารสูตร H ทำให้กล้วยไม้ *D. discolor* มีน้ำหนักสด (0.052 กรัม) น้ำหนักแห้ง (0.004 กรัม) ดีที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ (Table 3) รองลงมาคือกล้วยไม้ *D. discolor* ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร VW (0.034, 0.0033 กรัม) และ KC (0.025, 0.0017 กรัม) ตามลำดับ

สำหรับจำนวนต้นต่อกอของกล้วยไม้ *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 3 มม. ที่เลี้ยงในอาหารสูตร VW, H และ KC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 1.4, 1.1 และ 1.1 ตามลำดับ จำนวนรากต่อกอของกล้วยไม้ *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 3 มม. ที่เลี้ยงในอาหารสูตร H และ VW ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 1.5 และ 1.3 ตามลำดับ รองลงมาคืออาหารสูตร KC มี 0.5 รากต่อกอ ในขณะที่ต้นอ่อนของ *D. discolor* ที่เลี้ยงในอาหาร MS มีลักษณะสีซีดขาวและตายลงในที่สุด

Table 3 Growth of *D. discolor* seedlings (3 mm) which *in vitro* cultured on 4 different media for 3 months.

Treatment	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Number of shoots/explants	Number of roots/explants
H	0.052±0.002a	0.0040±0.0002a	1.1 ± 0.1a	1.5 ± 0.2a
MS	0.000±0.000d	0.0000±0.0000d	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0c
KC	0.025±0.000c	0.0017±0.0000c	1.1 ± 0.1a	0.5 ± 0.2b
VW	0.034±0.001b	0.0033±0.0001b	1.4 ± 0.2a	1.3 ± 0.2a

The values follow by the same letters are not significantly different at 95% confidence level by DMRT
Significant different at 95% confidence level (n= 10)

การเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*D. discolor*) จากการนำกล้วยไม้ *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 4 มม. มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง 4 สูตร เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอาหารสูตร H ทำให้กล้วยไม้ *D. discolor* มีน้ำหนักสด (0.095 กรัม) น้ำหนักแห้ง (0.0083 กรัม) ดีที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ (Table 4) รองลงมาคือกล้วยไม้ *D. discolor* ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร VW และ KC

สำหรับจำนวนต้นต่อกอของกล้วยไม้ *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 4 มม. ที่เลี้ยงในอาหารสูตร H, VW และ KC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 1.1, 1.0 และ 1.0 ตามลำดับ จำนวนรากต่อกอของกล้วยไม้ *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 4 มม. ที่เลี้ยงในอาหารสูตร VW และ H ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.0 และ 1.9 ตามลำดับ รองลงมาคืออาหารสูตร KC มี 0.9 รากต่อกอ กล้วยไม้ *D. discolor* ระยะต้นอ่อนขนาด 4 มม. ที่เลี้ยงในอาหาร MS ตายทั้งหมดซึ่งมีลักษณะสีซีดขาว

Table 4 Growth of *D. discolor* seedlings (4 mm) which *in vitro* cultured on 4 different media for 3 months.

Treatment	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Number of shoots/explants	Number of roots/explants
H	0.095±0.004a	0.0083±0.0003a	1.1 ± 0.1a	1.9 ± 0.2a
MS	0.000±0.000c	0.0000±0.0000c	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0c
KC	0.063±0.008b	0.0054±0.0007b	1.0 ± 0.0a	0.9 ± 0.2b
VW	0.060±0.004b	0.0058±0.0003b	1.0 ± 0.0a	2.0 ± 0.2a

The values follow by the same letters are not significantly different at 95% confidence level by DMRT

Significant different at 95% confidence level (n= 10)

วิจารณ์ผล

อาหารสูตร Hyponex ทำให้กล้วยไม้ *D. discolor* ทั้ง 3 ระยะมีอัตราการรอดชีวิต (33.3, 96.0, 100.0 %) น้ำหนักสด (0.022, 0.052, 0.095 กรัม) และน้ำหนักแห้ง (0.0028, 0.0040, 0.0083 กรัม) มากที่สุดตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ สอดคล้องกับงานทดลองของกุลนาถ และสุนทรี (2556) ซึ่งพบว่าอาหารเหลวสูตรปุ๋ย Hyponex ที่เติมเปปโตน 2.0 กรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*D. antennatum*) และเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม *(D. antennatum x D. bigibbum)* มีการพัฒนาของเมล็ดไปเป็นโปรโตคอร์มมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหาร MS, KC และ VW (กุลนาถ และสุนทรี, 2556) นอกจากนี้อาหารสูตร Hyponex สามารถชักนำให้ *Phalaenopsis violacea* เพิ่มจำนวน PLBs ได้ดีที่สุด หลังเพาะเลี้ยงนาน 6 เดือน (ดวงพร, 2546) Young และคณะ (2000) ยังพบว่า อาหารสูตร Hyponex สามารถชักนำให้ PLBs ของ *Phalaenopsis* พัฒนาไปเป็นต้นได้ดีที่สุดเท่ากับ 83 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์และต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากและน้ำหนักสดมากที่สุดด้วย (Young และคณะ, 2000) ในการทดลองพบว่าอาหารสูตร MS ทำให้กล้วยไม้ชนิดนี้ทั้ง 3 ระยะตายทั้งหมด อาจเนื่องจากอาหารสูตร MS มีความเข้มข้นของธาตุอาหารมากกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งไม่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ชนิดนี้ Shen และคณะ (2004) ศึกษาการชักนำให้เกิด PLBs จากลำต้นของ *Phalaenopsis* ลูกผสมพบว่าความเข้มข้นของสารในสูตร MS ที่ ½ MS เกิด PLBs ดีที่สุดในหลายๆ พันธุ์ แต่บางพันธุ์พบว่า สูตร Hyponex ให้ผลดีกว่า (Shenและคณะ, 2004)

สรุปผล

สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ *D. discolor* คือ Hyponex ซึ่งปุ๋ย Hyponex นี้มีวิธีการเตรียมที่ง่ายสามารถทดแทนสูตรอาหารต่างๆ เพื่อลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ได้

เอกสารอ้างอิง

กุลนาถ อบสุวรรณ และ สุนทรี ทารพันธ์, 2556, สูตรอาหารทางเลือกเพื่อลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายสาหรับเพาะเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 565-568.

ดวงพร บุญชัย, 2546, การขยายพันธุ์กล้วยไม้ *Phalaenopsis violacea* ในสภาพปลอดเชื้อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 94 หน้า

Knudson, L., 1946, A New Solution for Germination of Orchid Seed, American Ceramic Society Bulletin, 15(5): 214-217.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassay with Tobacco Tissue Culture, Plant Physiology, 15: 473-497.

Vacin, E.F. and Went, F.W., 1949, Some pH Changes in Nutrient Solution, Botanical Gazette, 110: 605.

Young, P.S., Murthy, H.N. and Yoeup, P.K., 2000, Mass Multiplication of Protocorm-Like Bodies Using Bioreactor System and Subsequent Plant Regeneration in *Phalaenopsis*, Plant Cell Tissue and Organ Culture, 63: 67-72.

Shen, T.M., Shen, R.S. and Chan, S.I., 2004, Protocorm Like Body Induction of *Phalaenopsis* Hybrids Using Short-Stem Derived In Vitro Shoots as Explants, 8th Asia Pacific Orchid Conference, Taiwan, p. 42.

การยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคนจากสารสกัดกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่ว

Inhibition of Human Bacterial Pathogens from Roasted Garlic, Shallot and Dried Chili Crude Extracts

สุนิดา เมืองโคตร[1] ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล[1] วาริช ศรีละออง[1] เฉลิมชัย วงษ์อารีย์[1] ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Muangkote, S.[1], Vichitsoonthonkul, T.[1], Srilaong, V.[1], Wongs-Aree, C.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Garlic, shallot, and dried chili are not only used for cooking but also important ingredient in curry and chili paste to increase flavor and taste. They have also been used in drugs and antimicrobial activity. This study focused on efficiency of roasted garlic, shallot and dried chili, against human pathogens: *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The garlic, shallot and dried chili were roasted at 90 ºC for 10, 15 and 25 min and then extracted by petroleum ether for 7 days. The crude extracts were tested for their activity against those four pathogens by agar diffusion method. The results revealed that the pathogens responded differently to roasted garlic, shallot and dried chili extracts. Roasted garlic and shallot extracts significantly suppressed growth of *B. subtilis*, followed *B. cereus*, *S. aureus* and *E. coli*, respectively. The extract of roasted dried chili was significantly more effective against *S. aureus* compared to the similar growth of *B. subtilis* and *B. cereus*. Therefore, roasted garlic, shallot and dried chili crude extracts have potential property against these human bacterial pathogens.

Keywords: garlic, shallot, dried chili, human bacterial pathogens

บทคัดย่อ

กระเทียม หอมแดง และพริกแห้ง นอกจากจะเป็นส่วนประกอบอาหารแล้วยังเป็นส่วนผสมของเครื่องแกงและน้ำพริกเพื่อเพิ่มกลิ่นรส นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ทางเภสัชและสารต้านจุลินทรีย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่วต่อการยับยั้งเชื้อ *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่ก่อให้เกิดโรคในคน โดยนำกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งมาคั่วที่อุณหภูมิ 90 ºC เป็นเวลา 10, 15 และ 25 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำมาสกัดด้วย ปิโตรเลียม อีเทอร์ นาน 7 วัน เมื่อนำสารสกัดหยาบที่ได้มาทดสอบกับแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด บนอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Agar diffusion method พบว่า แบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด ตอบสนองต่อสารสกัดกระเทียม หอมแดง และ พริกแห้งคั่วแตกต่างกัน โดยสารสกัดจากกระเทียม และหอมแดงคั่วทำให้เชื้อ *B. subtilis* เจริญน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากพริกแห้งคั่วยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ กับเชื้อ *B. subtilis* และ *B. cereus* ซึ่งมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ดังนั้น สารสกัดกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่วจึงมีสมบัติยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคนได้

คำสำคัญ: กระเทียม หอมแดง พริกแห้ง แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน

บทนำ

B. subtilis, B. cereus, S. aureus และ E. coli เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน ซึ่งพบปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท เครื่องเทศ นม เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ สำหรับการรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียนิยมใช้ยาปฏิชีวนะที่สังเคราะห์จากกระบวนการทางเคมี แต่การใช้ยาปฏิชีวนะก่อให้เกิดปัญหาการดื้อยา เนื่องจากการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างต่อเนื่อง และเกิดปัญหาผลข้างเคียงบางประการต่อระบบต่างๆ ภายในร่างกายที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยาปฏิชีวนะต้องนำเข้าจาก ต่างประเทศปีละประมาณ 20,000 ล้าน บาท ดังนั้นการใช้พืชสมุนไพร ซึ่งในอดีตนำมาใช้ทั้งการรักษาและป้องกันโรคจึงเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ด้วยเหตุผลข้างต้น พืชสมุนไพรจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว และเป็นเหตุให้มี งานวิจัยเกี่ยวกับการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรมาใช้ในเชิงเภสัช และอาหารเสริมสุขภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

กระเทียมและหอมแดง เป็นพืชสมุนไพรในตระกูล *Allium* ที่มีสารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลักเช่น diallyl disulfide, diallyl trisulfide, diallyl tetrasulfide, allicin และ alliin มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย เช่น *S. aureus* และ*Salmonella enteritidis* และรา เช่น *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* และ *Penicillium cyclopium* (Benkeblia และ Lanzotti, 2007) ส่วนพริกเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง มีคุณลักษณะเด่น คือ ความเผ็ด ซึ่งเกิดจากสาร capsaicin, dihydrocapsaicin, cinnamic acid, m-coumaric acid และ o-coumaric acid มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *B. cereus*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes* และ *S. typhimurium* (Dorantes และคณะ, 2000) กระเทียม (*Allium sativum* L.) หอมแดง (*A. cepa* L. var. *aggregatum* G. Don) และพริกแห้ง (*Capsicum frutescens* L.) ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญของอาหารหลากหลายชนิด โดยเฉพาะพันธุ์ที่เพาะปลูกในประเทศไทย โดยการนำมาคั่วก่อนการประกอบอาหารประเภทเครื่องแกง และน้ำพริก อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงาน การศึกษาฤทธิ์ต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน คือ *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่วต่อการยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด ดังกล่าวข้างต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชสมุนไพรที่ใช้มีทั้งหมด 3 ชนิด คือ กระเทียม (*Allium sativum* L.) หอมแดง (*A. cepa* L. var. *aggregatum* G. Don) และพริกแห้ง (*Capsicum frutescens* L.) เป็นพันธุ์ที่เพาะปลูกและบริโภคในประเทศไทย นำมาล้างทำความสะอาด หั่น กระเทียมและหอมแดงเป็นชิ้นขนาด 0.3-0.5 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงสุ่มพืชสมุนไพรชนิดละ 500 กรัม มาคั่วที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 10, 15 และ 25 นาที ตามลำดับ ด้วยกระทะไฟฟ้า (HANABISHI รุ่น HGP-14T) นำตัวอย่างที่ได้มาสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้จากกระเทียม และหอมแดงคั่วมาละลายใน Dimethyl Sulfoxide (DMSO) ให้ได้ความเข้มข้นกระเทียม และหอมแดง 20 และ 25% ส่วนพริกแห้งคั่วใช้สารสกัดที่ได้โดยตรง (100%) แล้วนำมาศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* ด้วยวิธี Agar diffusion method ตามวิธีของ Najjaa และคณะ (2007) ซึ่งมีวิธีการ คือ นำเชื้อแบคทีเรียมาเลี้ยงในอาหารเหลว Nutrient Broth บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเชื้อ *B. subtilis*, *B. cereus* และ *E. coli* ความเข้มข้นประมาณ 10^7 CFU/ml มา spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar ส่วน *S. aureus* ความเข้มข้นประมาณ 10^7 CFU/ml มา spread บนอาหาร Tryptone Soya Agar (TSA) หลังจากนั้นจึงวาง paper disc ที่หยดสารสกัดแต่ละชนิดปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยมีชุดควบคุม คือ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ และ DMSO วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ เก็บข้อมูลโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณใส ด้วย vernier caliper จากวงใสขอบซ้ายถึงขวา และจากวงใสขอบบนถึงล่าง แล้วนำค่าที่วัดได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Least significant difference)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* ของสารสกัดหยาบจากกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่วที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 10, 15 และ 25 นาที ตามลำดับ พบว่า สารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิด ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดได้แตกต่างกัน แม้ว่าความเข้มข้นของสารสกัดที่นำมาทดสอบจะแตกต่างกัน แต่พบว่า สารสกัดหยาบจากกระเทียมคั่วความเข้มข้นเพียง 20% ทำให้เกิดโซนใสใน *B. subtilis*, *B. cereus* และ *S. aureus* มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดชนิดอื่น โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 20.88, 18.50, และ 17.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากหอมแดงคั่ว ความเข้มข้น 25% มีเส้นผ่าศูนย์กลางของโซนใสเท่ากับ 16.97, 14.53 และ 13.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ การที่สารสกัดจากกระเทียมและหอมแดงยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดีกว่าพริกแห้ง อาจเป็นเพราะว่าในพริกแห้งไม่มีสารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลัก จึงทำให้มีประสิทธิภาพและการยับยั้งที่แตกต่างจากกระเทียม และหอมแดง โดยสารประกอบซัลเฟอร์สามารถทำปฏิกิริยากับ thiol groups ของเอนไซม์ต่างๆ เช่น alcohol dehydrogenase, thioredoxin reductase และ RNA polymerase มีผลในการยับยั้งการสร้างโปรตีน และกรดนิวคลิอิก ของเชื้อจุลินทรีย์ (Benkeblia และ Lanzotti, 2007; Kyung, 2012) สาร diallyl trisulfide dimethyl trisulfide

และ ajoene ในสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ (Kim และคณะ, 2004; Fujisawa และคณะ, 2009; Kyung, 2012) สารออกฤทธิ์ที่มีในกระเทียมส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ diallyl disulphide allylpropyl disulphide และ ajoene ซึ่งพบในพืชตระกูล *Allium* มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ธิดา, 2552) ส่วนหอมแดงมีสาร thiosulphinate, mono, di sulphides, thiophenes di, tri sulphides, cepaenes และ zwiebelanes ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีซัลเฟอร์ ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ (Corzo-Martinez และคณะ, 2007) นอกจากนี้พบว่าสารซัลเฟอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักของสกัดจากกระเทียม และหอมแดงคั่ว มีผลยับยั้งแบคทีเรีย *B. subtilis*, *B. cereus* และ *S. aureus* ซึ่งเป็นแกรมบวกได้ดีกว่า *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) จะกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันภายในเซลล์ โดยการสร้าง cytokines เพื่อป้องกันเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายได้ ในขณะที่สารสกัดหยาบจากพริกแห้งคั่วความเข้มข้น 100% มีเส้นผ่าศูนย์กลางของโซนใส เท่ากับ 5.26, 5.16 และ7.79 มิลลิเมตร ตามลำดับ สารสำคัญที่พบในพริก คือ capsaicinods cinnamic acid และ m-coumaric acids มีผลยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ (Dorantes และคณะ, 2000) โดยเข้าทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ glucose uptake และกระบวนการผลิต ATP ของเซลล์แบคทีเรีย (Kouassi และ Shelef, 1998) อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่าการยับยั้งเชื้อของสารสกัดจากพริกไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของแกรมแบคทีเรีย

สรุปผล

สารสกัดหยาบจากกระเทียม หอมแดง และพริกแห้ง คั่วที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 10, 15 และ 25 นาที ตามลำดับ มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* ดังนั้นสารสกัดจากกระเทียม หอมแดง และพริกแห้ง ผ่านการคั่วก่อนนำไปประกอบอาหารประเภทเครื่องแกงหรือน้ำพริก จึงมีศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคนได้ อย่างไรก็ตามความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อุณหภูมิในการคั่ว และปริมาณของสารสกัด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนผู้ช่วยวิจัยโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก ประเภทร่วมให้ทุน คปก. ระหว่าง สกว. และมหาวิทยาลัย รุ่นที่ 15 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ธิดา ไชยวังศรี, 2555, ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ, วารสารนเรศวรพะเยา, 5(3): 333-342.

Benkeblia, N and Lanzotti, V., 2007, Allium Thiosulfinates: Chemistry, Biological Properties and Their Potential Utilization in Food Preservation, Food, 1(2): 193-201.

Corzo-Martinez, M., Corzo, N. and Villamiel, M., 2007, Biological Properties of Onions and Garlic, Trends in Food Science and Technology, 18: 609-625.

Dorantes, L., Colmenero, R., Hernandez, Hernandez, H., Mota, L., Jaramillo, M.E., Fernandez, E. and Solano, C., 2000, Inhibition of Growth of Some Foodborne Pathogenic Bacteria by Capsicum Annum Extracts, International Journal of Food Microbiology, 57: 125-128.

Fujisawa, H., Watanabe, K., Suma, K., Origuchi, K., Matsufuji, H., Seki, T. and Ariga, T., 2009, Antibacterial Potential of Garlic- Derived Allicin and Its Cancellation by Sulfhydryl Compounds. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 73: 1948-1955.

Kim, J.W., Kim, Y.S. and Kyung, K.H., 2004, Inhibitory Activity of Essential Oils of Garlic and Onion Against Bacteria and Yeasts, Journal of Food Protection, 67: 499-504.

Kouassi, Y. and Shelef, L.A., 1998, Inhibition of *Listeria monocytogenes* by Cinnamic Acid: Possible Interaction of The Acid with Cysteinyl Residues, Journal of Food Safety, 18: 231-242.

Kyung, K.H., 2012, Antimicrobial Properties of Allium Species, Current Opinion in Biotechnology, 23: 142-147.

Najjaa, H., Neffati, M., Zouari, S. and Ammar, E., 2007, Essential Oil Composition and Antibacterial Activity of Different Extracts of *Allium roseum* L., a North African Endemic Species, Comptes Rendus Chimie, 10: 820-826.

Table 1 Inhibition zone of roasted garlic crude extract at 90ºC for 10 min against human bacterial pathogens

Treatments*	Inhibition zone of bacteria (mm)					
	B. subtilis	*B. cereus*	*S. aureus*	*E. coli*	F-test	C.V. (%)
Garlic	20.88[a]±0.41	18.50[b]±0.49	17.13[c]±0.25	7.42[d]±0.17	**	2.23
Control (100% DMSO)	0	0	0	0	0	0
Control (H_2O)	0	0	0	0	0	0

* Extract by petroleum ether

Table 2 Inhibition zone of roasted shallot crude extract at 90ºC for 15 min against human bacterial pathogens

Treatments*	Inhibition zone of bacteria (mm)					
	B. subtilis	*B. cereus*	*S. aureus*	*E. coli*	F-test	C.V. (%)
Shallot	16.97[a] ±0.16	14.53[b]±0.64	13.10[c]±0.19	7.89[d]±0.61	**	3.53
Control (100% DMSO)	0	0	0	0	0	0
Control (H_2O)	0	0	0	0	0	0

* Extract by petroleum ether

Table 3 Inhibition zone of roasted dried chili crude extract at 90ºC for 25 min against human bacterial pathogens

Treatments*	Inhibition zone of bacteria (mm)					
	B. subtilis	*B. cereus*	*S. aureus*	*E. coli*	F-test	C.V. (%)
Dried chili	5.26[c]±0.04	5.16[c]±0.02	7.79[a]±0.14	7.25[b]±0.04	**	1.26
Control (100% DMSO)	0	0	0	0	0	0
Control (H_2O)	0	0	0	0	0	0

* Extract by petroleum ether

สรีระวิทยา ผลผลิตชีวมวล และผลผลิตเชิงพลังงานของหญ้าพลังงานภายใต้สภาพพื้นที่ชุ่มน้ำและมีการจัดการน้ำ

Physiology Biomass Yield and Energy Productivity of Grasses under Wetland and Water Management Areas

อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1*] นพ ตัณมุขยกุล[1] ประณต มณีอินทร์[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1]
Pongtip, A.[1], Pitipong, P.[1*], Tonmukayakul, N.[1], Mani-in, P.[1], Muangpan, J.[1] and ChangKaewmanee, J.[1]

Abstract

The experiment was arranged in strip - split - plot in Randomized Completely Block Design (RCBD) with four replications. The experiment consists of horizontal variables were wetland and well water management areas, while vertical variables were two energy grass cultivars (pakchong 1; PC1, and Bana napier; BN), and sub- sub plot variable were two cutting intervals (45 and 60 days). The experiment found that the interaction of well water management area, PC1, and harvested at 60 days of cutting intervals produced highest biomass yield (49.13 ton ha^{-1} year^{-1}) and highest Crop Growth Rate (CGR) (36.12 Kg m^{-2} day^{-1}). Moreover, the Interaction of well water management area PC1 and harvested at 45 or 60 days of cutting intervals provided highest Leaf Area Index (LAI) (16.48 and 14.34, respectively). Moreover, the Interaction of well water management area or wetland PC1 and harvested at 60 days of cutting intervals provided highest Net Assimilation Rate (NAR) (2.23 and 2.01 Kg m^{-2} day^{-1}, respectively). Moreover, the Interaction of well water management area PC1 or BN and harvested at 45 days of cutting intervals provided highest Leaf area ratio (LAR) (0.036 and 0.034 m^2 kg^{-1}, respectively). Moreover, the interaction of well water management area, PC 1 or BN, and harvested at 45 days of cutting intervals provided highest of heating value were 35.35 and 35.27 MJ Kg^{-1}, respectively. Finally, under wetland condition produced lowest of biomass yield and its energy properties than that well water management area.
Keywords: cutting intervals, heating value, napier grass, wetland

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ Strip -split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วย Horizontal variable คือ 2 ลักษณะพื้นที่ (พื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ) Vertical variable คือ หญ้าเนเปียร์ 2 พันธุ์ (พันธุ์ปากช่อง 1 และบ่านา) และ Sub- sub plot คือ ระยะการเก็บเกี่ยว 2 ระยะ (45 และ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก) ผลการศึกษาจากการพิจารณาลักษณะทางสรีรวิทยาและผลผลิต พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ ของพันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรกมีผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงสุด คือ 49.13 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี มีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือ 36.12 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 หรือ 45 วันหลังการตัดครั้งแรก นั่นมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกมากที่สุด 16.48 และ 14.34 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่มีการจัดการน้ำหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลามากที่สุด 2.23 และ 2.01 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 หรือพันธุ์บานา เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 45 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าอัตราส่วนของพื้นที่ใบทั้งหมดต่อน้ำหนักแห้งของพืชทั้งต้น 0.036 และ 0.034 ตารางเมตรต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาคุณสมบัติเชิงพลังงาน พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ ของพันธุ์ปากช่อง 1 หรือพันธุ์บ่านา เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 45 วันหลังการตัดครั้งแรกนั้นมีค่าความร้อนเชิงพลังงานสูงสุด คือ 35.35 และ 35.27 เมกะจูลต่อกิโลกรัม
คำสำคัญ: ระยะเวลาการตัด ค่าความร้อนเชิงพลังงาน หญ้าเนเปียร์ พื้นที่ชุ่มน้ำ

---

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการพลังงานทดแทน ตามแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) มีความต้องการพลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานชีวมวลถึง 3,630 เมกะวัตต์ (แผนพลังงานทดแทน, 2555) แต่ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกหญ้าเนเปียร์ *Pennisetum purpureum* (Schumach) และมีชื่อสามัญว่า elephant grass หรือ nappies grass (สายัณห์, 2547) ปัจจุบันมีการปลูกหญ้าอาหารสัตว์จำนวน 1.65 ล้านไร่ ในปริมาณน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เกษตรกรรม แต่มีพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จำนวนมาก เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำ 1.83 ล้านไร่ เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) เมื่อพิจารณาถึงความต้องการ พบว่ายังไม่เพียงพอ ดังนั้นควรมีการหาพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้น เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำที่ปล่อยทิ้งรกร้างและมีหญ้าวัชพืชขึ้น เป็นต้น โดยพื้นที่ชุ่มน้ำ ตามอนุสัญญาแรมซาร์ คือ พื้นที่ลุ่มมีน้ำท่วม มีน้ำขัง ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำขังอยู่ถาวรและชั่วคราว มีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร (วันชัย, 2546) รวมถึงศึกษาพันธุ์หญ้า ระยะการตัดที่เหมาะสม ในการผลิตพลังงานชีวมวล (Biomass Energy) หรือ พลังงานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทำงานได้ เช่น ต้นไม้ กิ่งไม้ หรือเศษวัสดุจากการเกษตร เช่น แกลบ ฟาง ชานอ้อย (วันชนะ, 2013) ดังนั้นวัตถุประสงค์การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะตัดของหญ้าเนเปียร์ต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตชีวมวล และคุณสมบัติเชิงพลังงาน ในสภาพพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่มีการจัดการน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ 2 สายพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Strip- split – plot in RCBD มี 4 ซ้ำ โดยประกอบด้วย Horizonal variable พื้นที่ 2 ระดับ คือ พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่มีการจัดการน้ำ ส่วน Vertical vatiable คือ หญ้าเนเปียร์ 2 สายพันธุ์ ประกอบด้วย หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpurem x pennisetum amenicanum* cv. Pak chong 1) และหญ้าเนเปียร์บาน่า (*Pennisetum purpurem x pennisetum amenicanum* (Bana)) และ Sub – sub plot คือ 2 ระยะตัด ประกอบด้วย 45 วันและ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก ปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์เพาะในถุงเพาะ และนำไปปลูกลงแปลง โดยพืชมีระยะห่าง 1x1 เมตร แปลงทดลองย่อย (plot experiment) มีขนาด 16 ตารางเมตร โดยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีน้ำขังอยู่ตลอดเวลาไม่สามารถระบายน้ำได้ ความลึกของระดับน้ำประมาณ 10 – 20 เซนติเมตร และพื้นที่มีการจัดการน้ำมีการควบคุมการให้น้ำได้โดยระบบน้ำหยด โดยทั้งสองแปลงใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ในอัตรา 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทุก 2 เดือน และการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารสูตร 15-15-15 ในอัตรา 15 กิโลกรัมธาตุอาหารต่อไร่ ทุก 3 เดือน โดยมีการสุ่มตัดตัวอย่าง ที่ระยะการตัด 45 และ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก โดยมีการวัดความสูงโดยใช้ไม้สต๊าฟ (staff) นับจำนวนต้นต่อกอ ใบต่อต้น และมีการเก็บพื้นที่ใบเพื่อใช้คำนวนหาลักษณะทางสรีรวิทยา และมีการตัดต้นหญ้าด้วยมีดหรือเคียวที่ระยะ 15 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน มีการชั่งน้ำหนักทั้ง 16 ต้น และมีการสุ่มมา 1 ต้นมาแยกต้นและใบเพื่อชั่งน้ำหนักสดของใบ และน้ำหนักสดของต้น และนำใบและต้นที่แยกไว้มาอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักแห้งชีวมวล และนำไปเผาเผื่อหาค่าความร้อนเชิงพลังงาน โดยทำการทดลองภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกร ณ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การปลูกหญ้าเนเปียร์โดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การปลูก พันธุ์ปลูก และระยะการตัด เปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 และเก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรกมีผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงสุด คือ 49.13 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับการมีปฏิสัมพันธุ์ของปัยจัยอื่นๆ (Table 1) เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ทั้ง 2 พันธุ์ ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังเนื่องจากการขาดออกซิเจนของระบบราก และการเจริญ การพัฒนาของระบบราก (สายัณห์, 2547) ด้านพันธุ์หญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 ให้ผลผลิตน้ำหนักสด 12-15 ตันต่อไร่ต่อรอบการตัด (เกียรติศักดิ์, 2553) มากกว่าเนเปียร์บาน่าได้ผลผลิตเฉลี่ยไร่ละ 8 ตัน (วีระพล และจักรี, มปป.) และระยะเวลาการตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชมีการสร้างใบใหม่มากขึ้น รวมทั้งการยืดขยายของลำต้นเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อเพิ่มอายุการตัดหญ้าเนเปียร์ยักษ์จาก 25 เป็น 35 45 และ55 ทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (สำราญ และ พรชัย 2554) ด้านลักษณะทางสรีรวิทยาของหญ้าเนเปียร์ พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรกมีอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือ 36.12

กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด และมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับการมีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นๆ (Table 1) ด้านอิทธิพลการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 หรือ 45 วันหลังการตัดครั้งแรก นั้นมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกมากที่สุด 16.48 และ 14.34 ตามลำดับ (Table 1) ด้านอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก นั้นมีค่าอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลามากที่สุด 2.23 และ 2.01 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาโดย Wadi และคณะ (2004) มีรายงานว่าเมื่อขยายการตัดจาก 60 วัน เป็น 90 วันทำให้ความสูงของกอหญ้าเนเปียร์ยักษ์เพิ่มขึ้น และทำให้มีพื้นที่ใบมากปกคุมพื้นที่ได้ดี และผลผลิตสูงขึ้นต่อพื้นที่สูงขึ้น Tudsri และคณะ (2002) ที่ทดลองช่วงเวลาในการตัดอายุ 20 30 และ 40 วันในกระถินที่ปลูกร่วมกับหญ้ารูซี่ หญ้าเนเปียร์แคระ และหญ้า Taiwan 25 ทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น ด้านอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 พันธุ์บาน่า เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 45 วันหลังการตัดครั้งแรก นั้นมีอัตราส่วนของพื้นที่ใบทั้งหมดต่อน้ำหนักแห้งของพืชทั้งต้นมากที่สุด 0.036 และ 0.034 ตารางเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2) เช่นเดียวกับ Filho และคณะ (2000) เพิ่มอายุตัดหญ้าที่อายุ 40 วัน เป็น 100 วัน ทำให้ค่าใบต่อต้นลดต่ำลงจาก 2.9 เป็น 0.8 และเมื่อพิจารณาด้านพลังงาน อิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 พันธ์บาน่า เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 45 วันหลังการตัดครั้งแรก และพื้นที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าความ ร้อนเชิงพลังงานสูง 35.35 35.27 และ 33.89 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (Table 2) เช่นเดียวกับ Go green energy (2014) พบว่า การเผาหญ้าเนเปียร์มีค่าความร้อน 15900 – 16700 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ขี้เถ้า 2-4 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก ปัจจัยพื้นปลูก พันธุ์หญ้าเนเปียร์ ระยะการเก็บเกี่ยว มีอัตราส่วนพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกเปลี่ยนแปลง เช่น เก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุก ๆ 60 วันหลังการตัดครั้งแรก ของพันธ์ปากช่อง 1 มีพื้นที่ใบมาก และมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงมาก ทำให้มีการสร้างโปรตีนและเปลี่ยนไปเป็น สร้างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนินมากขึ้น เช่น Filho และคณะ(2000) ที่พบว่า การเพิ่มอายุการตัดหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ Roxo จาก 40 วัน เป็น 100 วัน ค่า ADF เพิ่มขึ้นจาก 36.5 เป็น 48.8 เปอร์เซ็นต์ และ NDF เพิ่มขึ้นจาก 65.7 เป็น 77.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยของเพิ่มประสิทธิภาพค่าความร้อนเชิงพลังงานให้เพิ่มสูงยิ่งขึ้น

สรุปผล

จากการทดลองการปลูกหญ้าเปียร์ในสภาวะพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 และการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลา 60 วันหลังการตัดครั้งแรกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด และการปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 หรือพันธุ์บ่านา และการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลา 45 หรือ 60 วันหลังการตัดครั้งแรกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสรีรวิทยา และการปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่มีการจัดการน้ำ พันธุ์ปากช่อง 1 หรือ พันธ์บาน่า และการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลา 45 วันหลังการตัดครั้งแรกเป็นปัจจัยที่มีค่าความร้อนเชิงพลังงานสูงสุด

Table 1 comparison of interactions of area, cultivar and cutting interval on biomass yield, Crop Growth Rate (CGR) and Leaf Area Index (LAI)

Factor			biomass yield (ton ha^{-1} $year^{-1}$)	CGR (Kg m^{-2} day^{-1})	LAI
W M	PC 1	45 day	34.63 c	8.97 d	14.34 ab
		60 day	49.13 a	36.12 a	16.48 a
	BN	45 day	35.27 d	3.40 e	6.29 c
		60 day	12.00 e	10.28 d	8.34 c
W	PC 1	45 day	14.06 e	4.78 e	6.43 c
		60 day	38.19 b	18.19 b	10.11 cb
	BN	45 day	20.75 d	5.79 e	8.44 c
		60 day	18.38 d	13.74 c	12.77 b

a and b compared with LSD (P<0.05) W M: well water management areas, W: wetland

PC1: Pakchong 1, BN: Bana, 45 และ 60 day: cutting intervals

Table 2 comparison of interactions of area, cultivar and cutting interval on Net Assimilation Rate (NAR), Leaf area ratio (LAR) and heating value

factor			NAR ($Kg\ m^{-2}\ day^{-1}$)	LAR ($m^2\ kg^{-1}$)	heating value ($MJ\ Kg^{-1}$)
W M	PC 1	45 day	0.62 c	0.036 a	35.35 a
		60 day	2.23 a	0.011 d	33.89 ab
	BN	45 day	0.65 c	0.034 ab	35.27 a
		60 day	1.18 b	0.020 c	31.65 c
W	PC 1	45 day	0.75 c	0.030 b	31.58 c
		60 day	2.01 a	0.013 d	32.05 bc
	BN	45 day	0.69 c	0.032 b	33.42 b
		60 day	1.11 bc	0.021 c	29.52 d

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณ แปลงการทดลองภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกร ณ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน, 2555, แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555 –2564) [สืบค้น], www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf [25/ July/ 2013].

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, สรุปประเภทการใช้ที่ดิน ประเทศไทย ปี พ.ศ.2551/52 [สืบค้น], http://olp101.ldd.go.th/luse1/luse product51-52.htm [5/ August/ 2013].

เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม, 2553, แนะนำหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 [สืบค้น], http://www.dld.go.th/feedingstandard/index.php/forage/83-2011-05-14-03- 03-14/410-1 [5/ August/ 2013].

วันชนะ มาลีรัตน์, 2556, พลังงานชีวมวล (Biomass Energy) [สืบค้น], http://www.siamtown- us.com/New-1102000125-1.aspx [5/ July/ 2013].

วันชัย จันทร์ฉาย, 2546, รายงานการสำรวจและจำแนกพื้นที่ชุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.สำนักพิมพ์ส่วนวางแผนทรัพยากรน้ำเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ, 44 หน้า.

วีระพล พูนพิพัฒน์ และนายจักรี พิชา, มปป, ปลูกหญ้าบาน่า"หญ้าสำหรับช้าง"สร้างรายได้ให้เกษตรกรบ้านวอแก้ว {สืบค้น], http://www.dld.go.th/nutrition/NAYHA/hero_nayha7.htm [5/ July/ 2013).

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 157-184.

สำราญ วิจิตรพันธ์ และพรชัย ล้อวิลัย, 2554, อิทธิพลของอายุการตัดที่มีผลต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ภายใต้การให้น้ำชลประทาน, วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16(3): 215-224.

Filho, J.L.Q., Silva, D.S. and Nascimento, I.S., 2000, Dry Matter Production and Quality of Elephantgrass (*Penni- setum purpureum* Schum.) Cultivar Roxo at Different Cutting Ages, Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29(1) Vicosa, Jan. / Feb. 2000.

Go green energy, 2014, คุณสมบัติของ หญ้าเนเปียร์ [สืบค้น], http://gogreenenergy.co.th/th/products napier_grass.php [April 10, 2014].

Tudsri, S., Ishii, Y., Numaguchi, H. and Prasanpanich, S., 2002, The Effect of Cutting Interval on the Growth of *Leucaena leucocephala* and Three Associated Grasses in Thailand, Tropical Grassland, 36: 90-96.

Wadi, A., Ishii, Y. and Idota, S., 2004, Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Dry Matter Yield and Overwintering Ability at the Established Year in *Pennisetum* species, Plant Production. Science, 7(1): 88-96.

ผลการปรับสภาพฟางข้าวด้วยวิธีการแช่ด้วยสารละลายแอมโมเนียต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ และต่อการย่อยด้วยเอนไซม์

Effect of Aqueous Ammonia Soaking Pretreatment to Chemical Compositional, Physical Changes and Enzymatic Saccharification of Rice Straw

รัตติยา แววนุกูล[1,2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] อะกิฮิโกะ โคสุกิ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]
Waeonukul, R.[1,2], Tachaapaikoon, C.[1,2], Pason, P.[1,2], Kosugi, A.[3] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Rice straw has considerable potential as a lignocellulosic material for the production of high value-added products such as bioethanol. However, lignocellulose is difficult to hydrolyze using only enzymes due to its recalcitrant and heterogenous structure. Therefore, pretreatment is an essential step in the saccharification process. In this research, rice straw was pretreated using aqueous ammonia to enable production of the maximum amount of fermentable sugars from enzymatic hydrolysis. The effects of various parameters including pretreatment temperature, pretreatment time and the concentration of ammonia on delignification and enzymatic saccharification were optimized. Rice straw was soaked in 7, 14 and 28% aqueous ammonia at 30, 60, and 120°C for between 2 days and 7 days. The best condition that drastically decreased the lignin content and exhibited delignification of 67%, was 60°C, 7 days, 28% aqueous ammonia and 1:10 of solid:liquid ratio resulting in saccharification yields of 90% for glucan and 70% for xylan. Furthermore, Scanning Electron Microscopy (SEM) results showed that aqueous ammonia soaking pretreatment causes swelling as well as physical change due to a significant lignin removal resulting in improvement of enzymatic saccharification.

Keywords: aqueous ammonia soaking, enzymatic saccharification, pretreatment, rice straw

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่มีความเป็นไปได้สูงสำหรับการนำไปเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เช่น ไบโอ เอทานอล อย่างไรก็ตามสารลิกโนเซลลูโลสมีโครงสร้างที่แข็งแรงและซับซ้อน ยากต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ดังนั้นการปรับสภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในกระบวนการย่อยสารลิกโนเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับสภาพฟางข้าวด้วยวิธีการแช่ด้วยสารละลายแอมโมเนียเพื่อเพิ่มความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าว โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณสารลิกนินที่ลดลงและความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการปรับสภาพ และ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนีย จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่ดีที่สุดคือการปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 28 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วนของแข็งต่อของเหลว 1ต่อ10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ที่สภาวะนี้สามารถกำจัดลิกนินออกได้มากที่สุดถึง 67 เปอร์เซ็นต์ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าวโดยให้น้ำตาลกลูโคสสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลไซโลสสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ผลการทดลองจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยังแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของฟางข้าวที่หลวมขึ้นและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากการหลุดออกของลิกนิน หลังจากการปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนีย ส่งผลให้ช่วยเพิ่มความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าวเพื่อผลิต เป็นน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การแช่ด้วยสารละลายแอมโมเนีย การย่อยด้วยเอนไซม์ การปรับสภาพเบื้องต้น ฟางข้าว

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 TienThale 25, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 TienThale 25, BangkuntienChaithale, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกข้าวเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากกระบวนการเก็บเกี่ยวจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว และแกลบ ปัจจุบันได้มีการนำวัสดุเหลือทิ้งไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ เช่น โมโนแซ็กคาไรด์ โอลิโกแซ็กคาไรด์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่อย่างไรก็ตามฟางข้าวเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลส ที่ประกอบด้วยสารพอลิเมอร์หลัก 3 ชนิด ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ทำให้มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและแข็งแรงมาก โดยเฉพาะส่วนของเซลลูโลสที่อยู่ในรูปของผลึก และยังถูกห่อหุ้มด้วยเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ทำให้ยากต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพื่อผลิตเป็นน้ำตาล ดังนั้นการปรับสภาพวัสดุลิกโนเซลลูโลสให้เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก (Chaturvedi และ Verma, 2013; Kumar และคณะ, 2009) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำจัดลิกนิน ช่วยลดโครงสร้างความเป็นผลึกของเซลลูโลส และปรับโครงสร้างของเซลลูโลสให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ และยังช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการเข้าทำปฏิกิริยา การปรับสภาพวัสดุลิกโนเซลลูโลสมีหลายกระบวนการทั้งกระบวนการทางกายภาพ โดยการใช้แรงกล เช่น การบด การตัด เป็นต้น การปรับสภาพโดยกระบวนการทางเคมี เช่น การใช้กรด การใช้ด่าง การใช้สารละลายอินทรีย์ เป็นต้น และการปรับสภาพโดยกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การใช้เชื้อจุลินทรีย์จำพวกรา อย่างไรก็ตามแต่ละกระบวนการปรับสภาพจะส่งผลต่อโครงสร้างของวัสดุลิกโนเซลลูโลสแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกกระบวนการปรับสภาพมาใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุชีวมวลนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาวิธีการปรับสภาพฟางข้าวด้วยการแช่ในสารละลายแอมโมเนียเพื่อเพิ่มความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยฟาง เนื่องจากสารละลายแอมโมเนียมีคุณสมบัติเป็นเบสอ่อน สามารถกำจัดลิกนินได้ดี และไม่ทำลายส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและมีราคาถูก โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนีย อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพ ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว และต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบทำโดยนำฟางข้าวมาลดขนาดด้วยเครื่องบด แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของเซลลูโลส ไซแลน และลิกนิน ในฟางข้าว โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดซัลฟูริก ตามด้วยการวิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และการวิเคราะห์น้ำหนักโดยใช้วิธีมาตรฐาน NREL (NREL, 2004) จากนั้นทำการปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 7 14 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วนของแข็งต่อของเหลว 1ต่อ 10 ที่อุณหภูมิ 30 60 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ จากนั้นนำฟางข้าวมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ และทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบของฟางข้าวก่อนและหลังการปรับสภาพ จากนั้นทำการย่อยฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพที่สภาวะต่างๆ ด้วยเอนไซม์เพื่อผลิตเป็นน้ำตาล โดยทำการชั่งฟางข้าวให้มีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 1 ใส่ในสารละลายโซเดียมอะซิเตรทบัพเฟอร์ที่มีค่ากรดเบส 6.0 และมีความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ แล้วเติมเอนไซม์เชิงซ้อนเซลลูโลไลติกที่เตรียมได้จากเชื้อ *Clostridium thermocellum* (Tachaapaikoon และคณะ, 2012) ในปริมาณ 2 มิลลิกรัมโปรตีนต่อกรัมเซลลูโลส และรีคอมบิแนนท์เอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดส จากเชื้อ *Thermoanaerobacter brockii* (Breves และคณะ, 1997) ในปริมาณ 10 ยูนิตต่อกรัมเซลลูโลส จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยทำการเก็บตัวอย่างสารละลายที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลาต่างๆ และนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลด้วยเครื่อง HPLC และทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวก่อนและหลังการปรับสภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของฟางข้าวก่อนการปรับสภาพมีปริมาณกลูแคน (ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณเซลลูโลส) ไซแลน และลิกนิน เท่ากับ 35.6 15.6 และ 20.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ภายหลังจากการปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 7 14 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 60 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณกลูแคน ไซแลน และลิกนิน เพื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี

ของฟางข้าว รวมถึงปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์เชิงซ้อนเซลลูโลลติกจากเชื้อ *C. thermocellum* และเอนไซม์เบต้ากลูโคซิ เดสจากเชื้อ *T. brockii* ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังข้อมูลแสดงในTable 1 จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณลิกนินของฟางข้าวหลังการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียลดลงถึง 45 – 67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณกลูแคนและไซแลนของฟางข้าวหลังการปรับสภาพมีความบริสุทธิ์เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามในการปรับสภาพฟางข้าวที่อุณหภูมิสูงเกินไป 120 องศาเซลเซียส ทำให้บางส่วนของเฮมิเซลลูโลสของฟางข้าวละลายออกมาได้ ส่งผลให้ปริมาณไซแลนในฟางข้าวลดลง ดังนั้นสภาวะที่ดีที่สุดคือการปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 28 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วนของแข็งต่อของเหลว 1 ต่อ10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ที่สภาวะนี้สามารถกำจัดลิกนินออกได้มากที่สุดถึง 67 เปอร์เซ็นต์ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าวโดยให้น้ำตาลกลูโคสสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (จาก 22.6 เปอร์เซ็นต์) และน้ำตาลไซโลสสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (จาก 12.2 เปอร์เซ็นต์)

Table 1 Effect of pretreatment temperature, time and ammonia concentration on the composition and enzymatic saccharification in pretreated rice straw

Pretreatment conditions			Chemical composition (% w/w)			Delignification (% w/w)	Enzymatic saccharification	
Temperature (°C)	Time (days)	ammonia concentration (% v/v)	Glucan	Xylan	Lignin		Glucan (%)	Xylan (%)
Untreated	-	-	35.6±0.1	15.6±0.1	20.7±0.0	0.0	22.6±0.1	12.2±0.1
30	7	7	45.9±0.3	16.5±0.4	10.5±0.4	49.5±1.8	50.5±0.3	36.4±0.2
	7	14	46.5±0.5	16.5±0.3	10.1±0.5	51.0±2.6	56.5±0.5	40.8±0.4
	7	28	46.3±0.9	16.4±0.9	8.9±0.3	57.2±1.3	62.9±0.2	43.7±0.4
60	7	7	47.4±1.6	15.9±0.3	10.4±0.3	49.8±1.2	85.4±0.4	51.74±0.3
	7	14	47.8±0.7	17.3±0.2	8.2±0.1	60.2±0.6	88.0±0.3	56.9±0.2
	7	28	47.9±0.2	17.5±0.4	6.8±0.1	67.3±0.2	91.1±0.2	70.6±0.2
120	1	28	53.5±1.1	13.9±0.3	11.3±0.1	45.4±0.3	82.3±0.3	36.5±0.4
	2	28	58.6±0.5	13.3±0.3	11.2±0.4	45.7±1.9	87.3±0.2	40.5±0.3

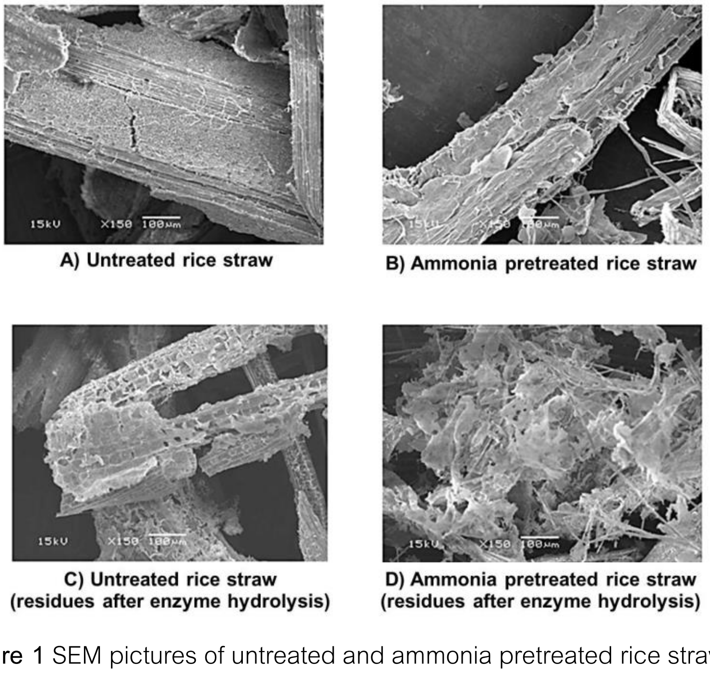


Figure 1 SEM pictures of untreated and ammonia pretreated rice straw

จากการศึกษาโครงสร้างและพื้นผิวของฟางข้าวก่อนและหลังการปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนีย ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าฟางข้าวก่อนการปรับสภาพ (Figure 1A) มีลักษณะพื้นผิวเรียบ มีโครงสร้างที่เรียงตัวหนาแน่นและแข็งแรง แต่หลังจากปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 28 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (Figure 1B) โครงสร้างมีลักษณะการเรียงตัวที่หลวมขึ้นและไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากแอมโมเนียเข้าไปทำลายโครงสร้างของลิกนินที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกออก หลังจากการย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ เอนไซม์สามารถเข้าย่อยฟางข้าวได้เพียงบางส่วนเท่านั้น (Figure 1C) ขณะที่ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพ พบว่า เอนไซม์สามารถย่อยฟางข้าวได้อย่างสมบูรณ์ มีลักษณะแตกละเอียด ยุ่ย (Figure 1D) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการหลุดออกของลิกนินหลังจากการปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนีย ทำให้เอนไซม์สามารถเข้าทำงานได้ดีขึ้น

สรุปผล

จากการศึกษาการปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายแอมโมเนียที่สภาวะต่างๆ พบว่า การปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 28 เปอร์เซ็นต์ ที่สัดส่วนของแข็งต่อของเหลว 1 ต่อ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ที่สภาวะนี้สามารถกำจัดลิกนินออกได้มากที่สุดถึง 67 เปอร์เซ็นต์ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าวโดยให้น้ำตาลกลูโคสสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลไซโลสสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ และผลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยังแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างที่เกิดจากการหลุดออกของลิกนิน หลังจากการปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนีย ส่งผลให้ช่วยเพิ่มความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยฟางข้าวเพื่อผลิตเป็นน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2555-2556 และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

Breves, R., Bronnenmeier, K., Wild, N., Lottspeich, F., Staudenbauer, W.L. and Hofemeister, J., 1997, Genes Encoding Two Different β-glucosidases of *Thermoanaerobacter brockii* are Clustered in a Common Operon, Applied and Environmental Microbiology, 10: 3902-3910.

Chaturvedi, V. and Verma, P., 2013, An Overview of Key Pretreatment Processes Employed for Bioconversion of Lignocellulosic Biomass into Biofuels and Value Added Products, 3 Biotech, 3: 415-431.

Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J. and Stroeve, P., 2009, Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production, Industrial and Engineering Chemistry Research, 48: 3713-3729.

NREL, 2004, Chemical Analysis and Testing Laboratory Analytical Procedure (CAT), Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory.

Tachaapaikoon, C., Kosugi, A., Pason, P., Waeonukul, R., Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L., Arai, T., Murata, Y. and Mori, Y., 2012, Isolation and Characterization of a New Cellulosome-producing *Clostridium thermocellum* Strain, Biodegradation, 23: 57-68.

ประสิทธิภาพเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ในการควบคุมโรคเน่าคอดินของพืชตระกูลกะหล่ำ

Efficacy of Antagonistic *Streptomyces* sp. on Controlling of Damping Off in Cruciferae

สุภา พ่วงนิ่ม[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1]

Puangnim, S.[1], Jitareerat, P.[1], Uthairatanakij, A.[1], Boonyaritthongchai, P.[1] and Poubol, J.[1]

Abstract

The effect of antagonistic *Streptomyces* sp. on the control of Cruciferae disease was investigated. *Streptomyces* sp. isolate F3 was used to test its efficiency to control damping off disease of Chinese mustard cabbage caused by *Rhizoctonia* sp. by Dual culture bioassay. The result showed that *Streptomyces* sp. isolate F3 had ability to inhibit the mycelia growth of *Rhizoctonia* sp. for 69.89%. Ability to produce the activity of chitinase enzyme of *Streptomyces* sp. was observed in IMA-2 liquid media at 28 ±2ºC for 36 hr. It was found that the highest chitinase activity was a range of 16-24 h (1.43 -1.55 unit/mg protein). In vitro test, the effect of *Streptomyces* sp. to control damping off disease was conducted in the greenhouse. Chinese mustard cabbages plants (20 days after transplanting) were divided into 6 groups and then inoculated with various microbial organisms into the soil i.e. 1) *Streptomyces* sp. 2) *Rhizoctonia* sp. 3) *Streptomyces* sp. followed by *Rhizoctonia* sp. 4) *Rhizoctonia* sp. followed by *Streptomyces* sp. 5) *Rhizoctonia* sp. followed by fungicide (Benomyl), and 6) Tap water (control). The results revealed that the application of *Streptomyces* sp. before or after inoculating with pathogen gave the great effect to control disease for 100%. Meanwhile, Chinese mustard cabbages plant inoculated with *Rhizoctonia* sp. alone showed the highest disease incidence on day 4 (57.14%). Furthermore, *Streptomyces* sp. or Benomyl treatments alone were able to induce phenylalanine ammonia-lyase activity, a enzyme associated with plant defense. This result implies that *Streptomyces* sp. isolate F3 may have the potential to control damping off.

Keywords: *Streptomyces* sp., damping off, Chitinase

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ในการควบคุมโรคพืชตระกูลกะหล่ำ ทำโดยนำเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าคอดินของผักกวางตุ้งที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ด้วยวิธี Dual culture bioassay ผลการทดลองพบว่า *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ได้ 69.89% การศึกษาความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไคติเนสของเชื้อ *Streptomyces* sp. โดยเลี้ยงในอาหารเหลว IMA-2 ที่อุณหภูมิ 28±2 ºC นาน 36 ชั่วโมง พบว่า *Streptomyces* sp. สามารถผลิตเอนไซม์ไคติเนสได้สูงที่สุดในช่วง 16-24 ชั่วโมง โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อยู่ระหว่าง 1.43-1.55 unit/mg protein เมื่อทำการทดสอบผลของเชื้อ *Streptomyces* sp. ในการควบคุมโรคเน่าคอดินในสภาพโรงเรือน โดยแบ่งต้นผักกวางตุ้ง (อายุ 20 วันหลังย้ายปลูก) ออกเป็น 6 กลุ่ม และทำการใส่เชื้อต่างๆ ลงในดินที่ปลูกต้นกวางตุ้ง ดังนี้ 1) เชื้อ *Streptomyces* sp. 2) *Rhizoctonia* sp. 3) *Streptomyces* sp. ตามด้วยเชื้อ *Rhizoctonia* sp. 4) *Rhizoctonia* sp. ตามด้วยเชื้อ *Streptomyces* sp. 5) *Rhizoctonia* sp. ตามด้วยสารกำจัดเชื้อรา (เบโนมิล) และ 6) น้ำประปา (ชุดควบคุม) พบว่าการใช้เชื้อ *Streptomyces* sp. ก่อนหรือหลังการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคสามารถควบคุมการเกิดโรคเน่าคอดินได้ 100% ในขณะที่ผักที่ใส่ *Rhizoctonia* sp. พบการเกิดโรคเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 4 (57.14%) นอกจากนี้พบว่าการใช้ *Streptomyces* sp. และการใช้สารกำจัดเชื้อรา (เบโนมิล) สามารถกระตุ้นกิจกรรม phenylalanine ammonia-lyase (ซึ่งเป็น เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรค) ให้เพิ่มสูงขึ้นได้ การทดลองนี้แสดงเห็นว่า *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 น่าจะมีศักยภาพในการควบคุมโรคเน่าคอดินได้

คำสำคัญ: สเตรปโตมัยซีท โรคเน่าคอดิน เอนไซม์ไคติเนส

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresourcesand Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

คำนำ

ผักตระกูลกะหล่ำ (Cruciferaceae) เป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและนิยมนำมาบริโภคอย่างกว้างขวาง เช่น กะหล่ำดอก คะน้า บร็อคโคลี เป็นต้น เนื่องจากเป็นพืชที่ลำต้นอวบอ่อน เชื้อจุลินทรีย์จึงสามารถเข้าทำลายได้ง่าย (ไฉน, 2542) ซึ่งโรคที่สำคัญและสร้างความเสียหายให้กับผักตระกูลกะหล่ำมากที่สุดคือ โรคเน่าคอดินสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. โดยจะเข้าทำลายในระยะต้นกล้า ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ซึ่งการควบคุมโรคดังกล่าวนี้ทำได้ยาก เนื่องจาก *Rhizoctonia* sp. เป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ในดิน การกำจัดให้หมดไปจึงเป็นเรื่องยาก ปัจจุบันมีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เข้ามาช่วยในการควบคุมโรคเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง เชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. เป็นเชื้อในวงศ์ Streptomycetaceae เป็นสกุลที่มีจำนวนมากและสำคัญที่สุดในแบคทีเรียกลุ่มแอคติโนมัยสีท มีลักษณะคล้ายเชื้อรา อาศัยอยู่ทั่วไปในดิน ปุ๋ยหมัก น้ำ ละอองฝุ่น อากาศ (Tresner และคณะ, 1961; Dietz และ Methews, 1971) เนื่องจาก *Streptomyces* spp. สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้หลายชนิดเช่น *S. griseus* ที่ผลิต Streptomycin ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Herzog, 1964) Polyoxin ผลิตโดย *S. cacaoi* var. *asoensis* ซึ่งจะไปยับยั้งการสังเคราะห์ไคตินซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อรา (Isono และคณะ, 1965) และ Mildiomycin ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนในเชื้อรา (Feduchi และคณะ, 1985) จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. ในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น Curtis และคณะ (2010) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อ *Streptomyces* spp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวในมะเขือเทศสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* และ *Sclerotium rolfsii* นอกจากนี้ Boukaew และ Chuenchit (2011) พบว่าเชื้อ *S. philanthi* RL-1-178 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวในพริกได้ดี โดยค่าเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดอยู่ที่ 50.75±1.3% จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าเชื้อ *Streptomyces* spp. มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชได้หลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อ *Streptomyces* sp. ต่อการควบคุมโรคเน่าคอดินสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ในผักตระกูลกะหล่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทนิวทริชั่น จำกัด นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคเน่าคอดินในระดับห้องปฏิบัติการและในแปลงทดลอง การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Streptomyces* sp. ต่อการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช *Rhizoctonia* sp. ที่ก่อโรคเน่าคอดิน โดยนำเชื้อ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ที่มีอายุ 7 วัน นำมา Streak เป็นเส้นตรงบนจานอาหาร Inhibitory mold agar-2 (IMA-2) โดยมีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางเพลทเป็นระยะทาง 3 เซนติเมตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 ±2 °C เป็นเวลา 7 วัน นำ crock borer (∅ 0.5 เซนติเมตร) เจาะที่บริเวณปลายเส้นใยของเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ที่มีอายุ 3 วัน จากนั้นนำมาวางตรงกลางจานอาหาร โดยชุดควบคุมคือ ชิ้นวุ้น Sterilized ที่อยู่ด้านตรงข้ามกับเชื้อราสาเหตุโรคพืช แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 28±2°C เป็นเวลา 3 – 5 วัน ทำการบันทึกค่าการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืช (มิลลิเมตร) และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย (% Radial Mycelia Growth, %RMG) ตามวิธีของ Vincent และคณะ (1947) แต่ละชุดการทดลองมีทั้งหมด 4 สำหรับการตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสของเชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ทำโดยขูดสปอร์ของเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน จากหน้าจานอาหารให้หลุดออกด้วยแท่งแก้ว จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วใช้ Autopipate ดูด spore suspension นำมากรองบนผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยให้มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.5 จากนั้นดูด spore suspension ที่ได้มา 5 มิลลิลิตร เติมในอาหารเหลว IMA-2 ปริมาตร 125 มิลลิลิตร บ่มภายใต้สภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28±2°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส ทุกๆ 4 ชั่วโมงด้วยวิธีการของ Gomez และคณะ (2004) โดยแต่ละชั่วโมงที่ทดสอบมี 4 ซ้ำ และรายงานผลเป็น Unit/mL โดยที่ 1 Unit/mL เท่ากับปริมาณเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร ที่สามารถย่อยสลายไคตินให้เป็น N-acetyl glucosamine 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับการทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ในการควบคุมโรคเน่าคอดินในผักกวางตุ้ง ทำโดยแบ่งต้นผักกวางตุ้ง (อายุ 20 วันหลังย้ายปลูก) ออกเป็น 6 กลุ่ม และทำการใส่เชื้อต่างๆ ลงในดินที่ปลูกต้นกวางตุ้ง ดังนี้ 1) เชื้อ *Streptomyces* sp. 2) *Rhizoctonia* sp. 3) *Streptomyces* sp. ตามด้วยเชื้อ *Rhizoctonia* sp. 4) *Rhizoctonia* sp. ตามด้วยเชื้อ *Streptomyces* sp. 5) *Rhizoctonia* sp. ตามด้วยสารกำจัดเชื้อรา (เบโนมิล) และ 6) น้ำประปา (ชุดควบคุม) จากนั้นทำการบันทึกผลด้านต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าคอดินและกิจกรรมเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรค คือ phenylalanine ammonia-lyase แต่ละชุดการทดลองมีกี่ 25 ต้น (ซ้ำ) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และคำนวณค่าสถิติด้วยโปรแกรม SAS version. 9

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ด้วยวิธี dual culture bioassay พบว่าเชื้อ *Streptomyces* sp. มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อราได้สูง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยเท่ากับ 69.89% (Figure 1a) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Baharlouei และคณะ (2011) และ Boukaew และ Chuenchit (2011) ซึ่งพบว่า *Streptomyces* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* และ *Ralstonia solananacearum* ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อ *Streptomyces* sp. สามารถผลิตเอนไซม์ไคติเนส เพื่อใช้ในการย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา (Matsumoto, 2006) และเมื่อทำการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสที่เชื้อผลิตขึ้นในอาหารเหลว พบว่ามีค่าสูงในช่วง 16-24 ชั่วโมงแรกและลดลงหลังจากนั้น โดยกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสมีค่าอยู่ในช่วง 1.43-1.55 unit/ml (Figure 1b) Matsumoto (2006) และ Doumbou และคณะ (2001) รายงานว่าเชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. นอกจากจะสามารถผลิตเอนไซม์ไคติเนสได้แล้ว ยังสามารถสร้างสาร secondary metabolites ที่มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อีกด้วย เช่น Polyoxin B และ D ยับยั้งการสังเคราะห์ไคตินที่ผนังเซลล์ของเชื้อรา หรือ Mildiomycin ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของเชื้อรา เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าคอดินของผักกวางตุ้งที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. พบว่าการใส่เชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ลงในดินที่ปลูกต้นกวางตุ้ง ก่อนหรือหลังการใส่เชื้อรา *Rhizoctonia* sp. และการใส่สารกำจัดเชื้อราลงในดินที่มีเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. สามารถควบคุมการเกิดโรคเน่าคอดินได้ตลอดจนถึงอายุการเก็บเกี่ยว (45 วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับผักกวางตุ้งที่ใส่เชื้อรา *Rhizoctonia* sp. เพียงอย่างเดียว พบการเกิดโรคเน่าคอดินภายใน 4 วัน หลังการใส่เชื้อรา ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 57.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ในใบของผักกวางตุ้ง พบว่า ผักใส่เชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงกว่าชุดควบคุม (0.12 unit/mg protein) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Kurth และคณะ (2014) พบว่า *Streptomyces* sp. AcH 505 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราแป้งและสามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PAL บนต้นโอ๊คได้อีกด้วย

สรุปผล

เชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ได้ และสามารถผลิตเอนไซม์ไคติเนสได้ โดยพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 16-24 ของการเลี้ยงในอาหารเหลว นอกจากนี้พบว่าเชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าคอดินในผักกวางตุ้งได้ โดยมีผลกระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์ PAL ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรค จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 มีศักยภาพที่จะนำไปใช้เพื่อการควบคุมโรคเน่าคอดินของผักได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2555 และบริษัท นิวทริชั่น จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ไฉน ยอดเพชร, 2542, พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, ลินคอล์น กรุงเทพฯ, 141 หน้า

Baharlouei, A., Sharifi-Sirchi, G.R. and Bonjar, G.H.S., 2011, Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (oilseed rape isolate) by an effective antagonist Streptomyces, African Journal of Biotechnology, 10(30): 5785-5794.

Boukaew, S. and Chuenchit, S., 2011, Evaluation of *Streptomyces* spp. for Biological Control of Sclerotium Root and Stem Rot and Ralstonia Wilt of Chili Pepper, BioControl, 56: 365-374.

Curtis, F.D., Lima, G. and Cicco, V.D., 2010, Biocontrol of Rhizoctonia solaniand Sclerotium rolfsii on tomato by delivering antagonistic bacteria through a drip irrigation system, Crop Protection, 29: 663-370.

Dietz, A. and Mathews, J., 1971, Classification of *Streptomyces* Spore Surfaces into Five Groups, Applied and Environmental Microbiology, 21: 527-533.

Doumbou, C.L., Salove, M.K.H., Crawford, D.L. and Beaulieu, C., 2001, Actinomycetes, Promising Tools to Control Plant Disease and to Promote Plant Growth, Phytoprotection, 82: 85-102.

Feduchi, E., Cosin, M. and Carrasco, 1985, Mildiomycin: a nucleoside antibiotic that inhibits protein synthesis. Antibiotics, 38: 415-419.

Gomez, M., Roja,s L.I. and Rojas, N.G., 2004, Colloidal Chitin Stained with Remazol Brilliant Blue R® a Useful Substrate to Select Chitinolytic Microorganism and to Evaluate Chitinase, Molecular and Biochemical Parasitology, 141: 175-177.

Herzog, A., 1964, The Action of Streptomycin on *Escherichia coli* Ribosome. Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique, 72: 326-327.

Isono, K., Nagatsu, J., Kawashima, Y. and Suzuki, S., 1965, Studies on Polyoxin Antifungal Antibiotics. Part I. Isolation and Characterization of Polyoxin A and B, Agricultural and Biological Chemistry, 29: 848-854.

Kurt, F., Mailänder, S., Bönn, M., Feldhahn, L., Herrmann, S., Große, I., Buscot, F., Schrey, S.D. and Tarkka, M.T., 2014, Streptomyces-Induced Resistance against Oak Powdery Mildew Involves Host Plant Responses in Defence, Photosynthesis and Secondary Metabolism Pathways, Molecular Plant-Microbe Interactions, 27

Matsumoto, K.S., 2006, Advance in Agriculture and Food Biotechnology: Fungal Chitinase, 289-304.

Tresner, H.D., Davies, M.C. and Backus, E.J., 1961, Electron Microscopy of *Streptomyces* Spore Morphology and Its Role in Species Differentiation, Journal of Bacteriology, 81: 70-80.

Vincent, J.M., 1974, Distortion of Fungal Hyphae in The Presence of Certain Inhibitors, Nature, 159: 850.

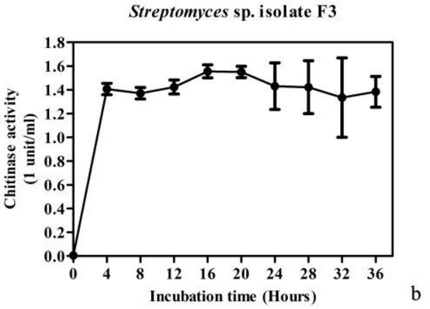


Figure 1 Inhibition effect of *Streptomyces* sp. isolate F3 on the micellied growth *Rhizoctonia* sp. during incubated at 28 ±2°C for 3 days (a). and chitinase activity of *Streptomyces* sp. Isolate F3 during cultured in IMA-2 liquid media for 36 hr (b).

Table 1 Phenylalanine ammonia-lyase activity in leaves of Chinese mustard cabbages that were inoculated with *Streptomyces* sp., *Rhizoctonia* sp., *Streptomyces* sp. followed by *Rhizoctonia* sp.,*Rhizoctonia* sp. followed by *Streptomyces* sp.; and *Rhizoctonia* sp. followed by fungicide (Benomyl), Non-inoculate cabbage were used as the control

Day after inoculate	Phenylalanine ammonia-lyase activity[1/] (unit/mg protein)						F-test	CV.
	Control	S	R	S + R	R + S	Phelate (Benomyl)		
Day 0	0.05[a]	0.05[a]	0.05[a]	0.05[a]	0.05[a]	0.05[a]	NS	1.53
Day 5	0.08[cb]	0.12[b]	0.08[c]	0.10[cb]	0.11[cb]	0.22[a]	**	13.72

S = *Streptomyces* sp.

R = *Rhizoctonia* sp.

[1/] Means separation by Duncan's Multiple Range Test, p = 0.01. Values within a row that are followed by the same letter are not significantly different.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 313-316 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 313-316 (2557)

การยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ตัดแต่งพร้อมบริโภค

Inhibition of Microbial Growth and Browning in Fresh-cut Rose Apple cv. 'Taaptimjaan'

สุนทร โมลา[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] วาริช ศรีละออง[1] สุกัญญา เอี่ยมละออ[1] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,]

Mola, S.[1], Uthairatanakij, A.[1], Srilaong, V.[1], Aiamla-or, S.[1] and Jitareerat, P.[1,]

Abstract

Fresh-cut fruit business is currently increasing. However, microbial contamination and browning remain as main barriers to the development of fresh-cut fruit development. Thus the objective of this work was to investigate the use of sodium chlorite (SC) for inhibiting microbial growth and browning in fresh-cut rose apple. Rose apple fruit cv. 'Taaptimjaan' were washed with tap water before being cut longitudinally into four pieces. These pieces were then immersed in 200 mg/L SC solution for 1 or 3 min and air dried. The treated samples were packed in plastic trays which were sealed using polypropylene film and stored at 4°C for 12 days. Non treated samples and the samples dipped in filtered water were used as the controls. Immersing fresh-cut rose apples in SC solution for 3 min inhibited the growth of bacteria (including *E.coli* and coliforms), yeast and molds. It also delayed polyphenol oxidase (PPO) activity resulting in a low level of browning index and lightness (L*) value. However, SC treatments did not show any effect on shearing force, total soluble solids concentration, or weight loss of fresh-cut rose apple. Furthermore, gas compositions (O_2 and CO_2 concentrations) inside the package were not significantly different in the different treatments. These results indicate that SC solution has the potential to enhance the storage quality of fresh-cut rose apple by inhibiting microbial growth and browning while maintaining the fruit quality.

Keywords: sodium chlorite, browning index, polyphenol oxidase

บทคัดย่อ

การทำธุรกิจผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเป็นอุปสรรคสำคัญของการผลิตผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยสารละลาย sodium chlorite (SC) โดยทำการล้างชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ด้วยน้ำประปา และตัดผลชมพู่ออกเป็น 4 ชิ้น ก่อนจุ่มในสารละลาย SC ความเข้มข้น 200 mg/L นาน 1 และ 3 นาที ทำการผึ่งชิ้นชมพู่ให้แห้งก่อนบรรจุในถาดพลาสติก ปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน สำหรับชิ้นชมพู่ที่ไม่ได้แช่ในสารละลายและที่แช่ในน้ำกรองใช้เป็นชุดควบคุม พบว่า การแช่ชิ้นชมพู่ใน SC นาน 3 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และรา *E. coli* และ Coliforms ช่วยชะลอกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) จึงส่งผลทำให้ชิ้นชมพู่มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่การใช้ SC ไม่มีผลต่อค่าแรงเฉือน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนักสดของชิ้นชมพู่ นอกจากนี้ พบว่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ของทุกทรีตเมนท์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการใช้ SC ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

คำสำคัญ: โซเดียมคลอไรท์ ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล โพลีฟีนอลออกซิเดส

คำนำ

ปัจจุบันผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น (Kim, 2007) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสดเหมือนกับผักและผลไม้สด มีคุณค่าทางอาหารสูงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Beirão-da-

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[1] Postharvest Technology Division, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

Costa และคณะ, 2006) สะดวกสบายในการบริโภค เหมาะกับสังคมที่เร่งรีบ และมีจำนวนสมาชิกในครอบครัวน้อย ผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผลิตผลที่ไม่ได้ผ่านการแปรรูป เนื่องจากมีการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่สูง จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำและอ่อนนิ่มอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้มักประสบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลบริเวณพื้นผิวที่ผ่านการตัดหรือหั่น (Rolle และ Chism, 1987) ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลไปพร้อมๆ กับวิธีการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดจนรักษาคุณภาพความสดในระหว่างการเก็บรักษา Sodium hypochlorite เป็น sanitizing agent ที่ได้รับการยอมรับจาก FDA ให้ใช้ในอาหารและผลิตผลตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ โดยมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อและเป็นสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลได้ด้วย (He และคณะ, 2008) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ชิ้นชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในสารละลาย sodium chlorite เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ที่สุกแก่ทางการค้า มีขนาดและสีใกล้เคียงกัน มาล้างทำความสะอาดผิวเปลือกด้านนอกด้วยสารละลาย 50 ppm sodium hypochlorite จากนั้นตัดผลชมพู่ออกเป็น 4 ชิ้น เท่าๆกัน และนำชิ้นชมพู่ที่ได้มาแช่ในสารละลายดังต่อไปนี้ ชิ้นชมพู่ที่ไม่ได้แช่ในน้ำหรือสารละลายใดๆ (ชุดควบคุม 1) ชิ้นชมพู่ที่แช่ในน้ำกรอง นาน 1 นาที (ชุดควบคุม 2) และชิ้นชมพู่ที่แช่ในสารละลาย 200 mg/L sodium chlorite (SC) นาน 1 และ 3 นาที จากนั้นทำการผึ่งชิ้นชมพู่ให้สะเด็ดน้ำก่อนบรรจุลงในถาดพลาสติกและทำการปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ โดยแต่ละ ทรีตเมนท์มี 4 ซ้ำ (ถาด) และทำการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ คุณภาพของชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภค และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของชิ้นชมพู่ ทุกๆ 3 วัน ดังต่อไปนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (total aerobe bacteria) โดยใช้อาหาร Plate Count Agar (PCA) เชื้อราและยีสต์ โดยใช้อาหาร Potato dextrose agar (PDA) คลอริฟอร์มและ *E. coli* โดยใช้อาหาร Eosin Methylene Blue agar (EMB) การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ได้แก่ เอ็นไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) (วิธิญญา และคณะ, 2549) คุณภาพของชมพู่ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อชมพู่ ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter CR 400 (Minolta, Tokyo, Japan) ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Saricoban, 2010) และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแช่ชิ้นชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในสารละลาย 200 mg/L SC นาน 3 นาที มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดได้ (2.66 $\log_{10}$CFU/g), เชื้อยีสต์และรา (3.15 $\log_{10}$CFU/g) และ *E.coli* และ Coliform (3.31 $\log_{10}$CFU/g) เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในชุดควบคุม 1 (ชิ้นชมพู่ที่ไม่ได้แช่ในน้ำหรือสารละลายใดๆ) และ 2 (ชิ้นชมพู่ที่แช่ในน้ำกรอง นาน 1 นาที) ในขณะที่การแช่ SC นาน 1 นาที ไม่สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดได้ (Figure 1) การลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นผลเนื่องจาก SC เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็น anti-microbial (He และคณะ, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Luo และคณะ (2011) ที่พบว่า SC สามารถยับยั้ง *E.coli* ในแอปเปิ้ลตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ นอกจากนี้ พบว่าชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ใน 200 mg/L SC นาน 1 และ 3 นาที มีผลช่วยชะลอดัชนีการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับทุกทรีตเมนต์ (Figure 2A) และการใช้ SC มีผลส่งเสริมให้เนื้อของชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าความสว่าง (L* value) เพิ่มสูงขึ้นจากวันแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในชุดควบคุมมีค่า L* value ลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 2B) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสีเนื้อของชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดการเก็บรักษา ซึ่งจากข้อมูลทางกายภาพที่ได้มีความสอดคล้องกับค่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO คือ พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO ของชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 200 mg/L SC นาน 1 และ 3 นาที มีค่าน้อยกว่าชมพูในชุดควบคุม (Figure 2C) สอดคล้องกับรายงานของ He และคณะ (2008) ที่พบว่า SC สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ PPO ของแอปเปิ้ลตัดแต่งได้ ในขณะที่ Xiao และคณะ (2011) พบว่า 300 mg/L SC มีประสิทธิภาพดีในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลแพร์ โดยมีผลลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้ SC ไม่มีผลต่อค่าแรงเฉือน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนักสดของชิ้นชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภค (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

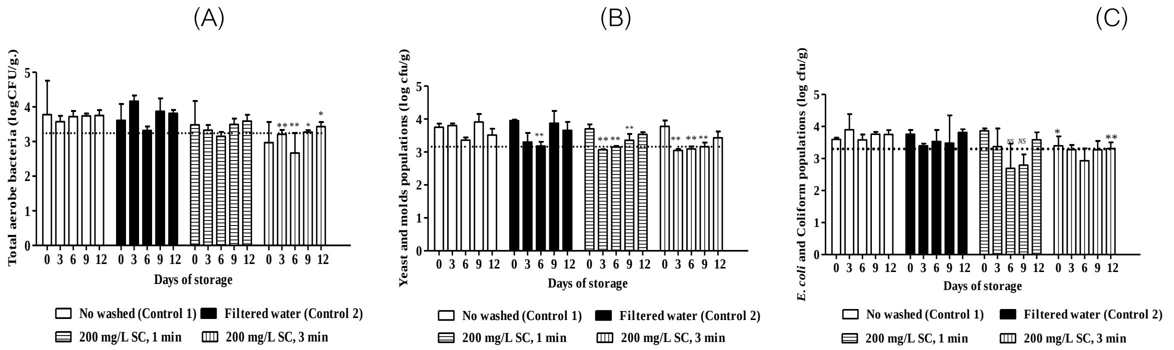


Figure 1 Total aerobe bacteria (A), yeast and molds (B), and *E.coli* and Coliform (C) in fresh-cut rose apple that were treated with 200 mg/L sodium chlorite for 1 and 3 min before storage at 4^{o}C. Non-treated samples and the samples treated with filtered water were served as the control 1 and control 2 respectively.

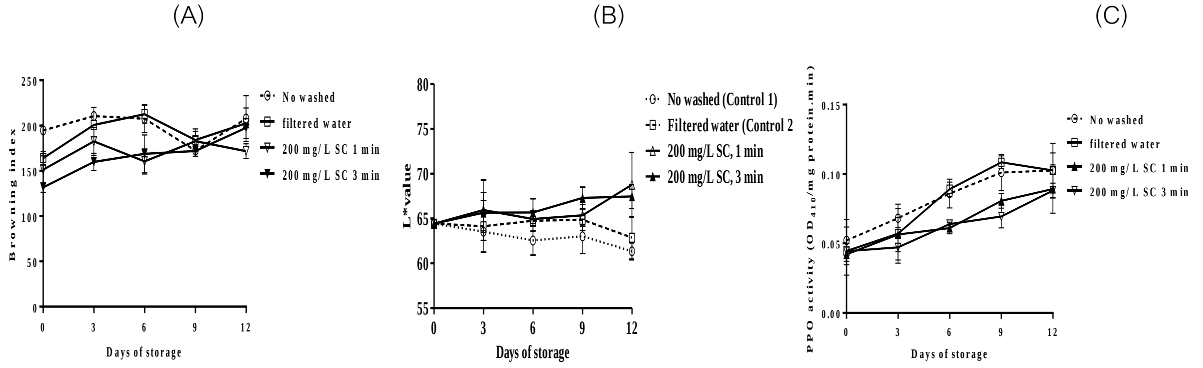


Figure 2 Browning index (A), Lightness value (B), and polyphenol oxidase activity (C) of fresh-cut rose apple that were treated with 200 mg/L sodium chlorite for 1 and 3 min before storage at 4 C^{o}. Non-treated samples and the samples treated with filtered water were served as the control 1 and control 2 respectively.

สรุปผล

การใช้สารละลาย 200 mg/L SC นาน 3 นาที สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อ *E.coli* และ Coliform) ที่ปนเปื้อนมากับชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ และสามารถชะลอกิจกรรมเอนไซม์ PPO จึงส่งผลทำให้ชิ้นชมพู่มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลลดลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต (สกว.) ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.- อุตสาหกรรม และ บริษัท เซฟเฟอร์แพค (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย (รหัสโครงการ MSD56I0173)

เอกสารอ้างอิง

วิธิญญา วรกีรกุล ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และวาริช ศรีละออง, 2549, ผลของ hydrocooling และสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อการเกิดสีน้ำตาลและคุณภาพของชมพู่ตัดแต่งพร้อมบิโภค, กำหนดการประชุมและบทคัดย่อการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 6, 7-31 2549. ณ โรงแรมโลตัสปางสอนแก้ว เชียงใหม่, 420 หน้า

Beirão-da-Costa, S., Steiner, A., Correia, L., Empis, J. and Moldão-Martins, M., 2006, Effects of Maturity Stage and Mild Heat Treatments on Quality of Minimally Processed Kiwifruit, Journal of Food Engineering, 76: 616–625.

He, Q., Luo, Y. and Chen, P., 2008, Elucidation of Mechanism of Enzymatic Browning Inhibition by Sodium Chlorite, Food Chemistry, 110: 847-851.

Kim, J.G., 2007, Fresh-Cut Market Potential and Challenges in Far-East Asia, Acta Horticulturae (ISHS), 746: 33–38.

Luo, Y., Lu, S., Zhou, B. and Feng, H., 2011. Dual Effectiveness of Sodium Chlorite for Enzymatic Browning Inhibition and Microbial Inactivation on Fresh-Cut Apples, LWT-Food Science and Technology, 44: 1621-1625.

Rolle, R.S. and Chism, G.W., 1987, Physiological Consequences of Minimally Processed Fruits and Vegetables, Journal of Food Quality, 10: 157-177.

Saricoban, C. and Yilmaz, M.T., 2010, Modelling the Effects of Processing Factors on the Changes in Colour Parameters of Cooked Meatballs Using Response Surface Methodology, World Applied Sciences Journal, 9(1):14-22.

Xiao, Z., Luo, Y., Luo, Y. and Wang, Q., 2011, Combined Effect of Sodium Chlorite Dip Treatment and Chitosan Coatings on the Quality of Fresh-Cut d'Anjou Pears, Postharvest Biology and Technology, 62: 319-326.

การพัฒนาฟิล์มบางไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้

Development of Chitosan Thin Film to Prolong Shelf Life of 'Nam Dok Mai' Mango

ภานุพงศ์ อำไพชัยโชค[1] ปราณี โรจน์สิทธิศักดิ์[2] และ กนกวรรณ เสรีภาพ[1]

Ampaichaichok, P.[1], Rojsitthisak, P.[2] and Seraypheap, K.[1]

Abstract

An application of chitosan thin film prepared from 3 different levels of molecular weight; 65,000 Dalton, 370,000 Dalton and 410,000 Dalton, on 'Nam Dok Mai No. 4' mango fruits for prolonging their shelf life was conducted. Chitosan coating formulas were composed of 1% (w/v) chitosan, 0.5% (v/v) acetic acid and 0.1% (w/v) Tween-80®. Fruits were dipped in separated chitosan formulations for 5 min., and then air dried at room temperature before storing at 25 °C for 10 days. The result showed that mango fruits coated with chitosan solution prepared from 370,000 Dalton and 410,000 Dalton chitosan had lower fresh weight loss, retained green peel color and lower total soluble solid contents than those of 65,000 Dalton and the control fruits. Moreover, the shelf life of 'Nam Dok Mai' mango fruits coated with 370,000 Dalton and 410,000 Dalton was extended to day 20 of the experiment.

Keywords: chitosan, 'Nam Dok Mai No. 4' mango, thin film, shelf life

บทคัดย่อ

การเคลือบฟิล์มบางไคโตซานที่เตรียมจากไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกัน 3 ระดับ (65,000 ดาลตัน, 370,000 ดาลตัน และ 410,000 ดาลตัน) บนผิวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยสูตรสารละลายไคโตซานที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวผลมะม่วงประกอบด้วย ไคโตซาน 1% (w/v), กรดแอซีติก 0.5% (v/v) และสารลดแรงตึงผิว (Tween-80®) 0.1% (w/v) นำผลมะม่วงจุ่มลงในสารละลายไคโตซานที่เตรียมไว้เป็นเวลา 5 นาทีและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานที่เตรียมจากไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 370,000 ดาลตัน และ 410,000 ดาลตัน มีการการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่า สามารถคงความเขียวของสีเปลือก และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยว่าผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 65,000 ดาลตันและชุดควบคุม นอกจากนี้ การเคลือบฟิล์มบางไคโตซานที่เหมาะสมสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้ต่อไปได้อีกจนถึงวันที่ 20 ของการเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ไคโตซาน มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฟิล์มบาง การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

คำนำ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 (*Mangifera indica* cv. 'Nam Dok Mai no. 4') เป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นที่นิยมบริโภคภายในประเทศและมีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ต้องการของตลาด อย่างไรก็ตาม มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดบ่มสุก (Climacteric fruit) กระบวนการสุกและการเสื่อมถอยของผลไม้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องหลังจากการเก็บเกี่ยว (Matto และ Modi, 1969) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การสูญเสียน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total soluble solid: TSS) เป็นต้น (Giovannoni, 2001) ปัจจัยที่เกิดขึ้นดังกล่าวนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 หากไม่มีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีย่อมทำให้คุณภาพของผลมะม่วงไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด

ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถเตรียมได้จากเปลือกกุ้ง เปลือกปู หรือกระดองหมึก เป็นต้น ไคโตซานทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นกลไกการป้องกันตัวเองของพืชจากโรคพืชในธรรมชาติ และยังมีคุณสมบัติในการชะลอการ

[1] **ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ. กรุงเทพฯ 10330**

[1] Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

[2] **สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ. กรุงเทพฯ 10330**

[2] Metallurgy and Materials Science Research Institute, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

เจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค (Bautista-Baños และคณะ, 2006) นอกจากนี้ ไคโตซานยังเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถรับประทานได้ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย (Ramesh และ Tharanathan, 2004) ที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยทดลองใช้สารละลายไคโตซานในการเคลือบผิวของผลไม้หลายชนิด เช่น ฝรั่ง (Hong และคณะ, 2012) สตรอเบอร์รี่ (Wang และคณะ, 2013) พีช (Ma และคณะ, 2013) องุ่น (Gao และคณะ, 2013) เป็นต้น งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นล้วนแสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวของผลไม้ด้วยสารละลายไคโตซานช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ให้เป็นที่ยอมรับของตลาด ผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานจะมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยลง สามารถคงความแน่นเนื้อ และชะลอกระบวนการสุกออกไปได้ อย่างไรก็ตามมีการศึกษาผลของความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานต่อการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ค่อนข้างน้อย การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยฟิล์มบางไคโตซานที่มีความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล 3 ระดับ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาฟิล์มบางไคโตซานในเชิงการค้าสำหรับใช้เคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งออกของประเทศเป็นอย่างมากในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากไคโตซานที่มีความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล 3 ระดับ โดยใช้ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลโมเลกุลต่ำ (LM-CTS) 65,000 ดาลตัน น้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (MM-CTS) 370,000 ดาลตัน และน้ำหนักโมเลกุลสูง (HM-CTS) 410,000 ดาลตัน (บริษัท A.N. Lab, ประเทศไทย) ละลายไคโตซาน 1.0% ในสารละลายกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.5% โดยใช้เครื่องกวนสารเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารลดแรงตึงผิว Tween-80® ความเข้มข้น 0.1% แล้วพักสารละลายไคโตซานที่เตรียมได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดฟองอากาศขนาดเล็กก่อนนำไปใช้

คัดเลือกผลมะม่วงน้ำพันธุ์ดอกไม้เบอร์ 4 ที่ไม่มีรอยโรค นำมาทำความสะอาดด้วยน้ำประปาแล้วพักให้แห้งก่อนที่จะนำมาชุบในสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 5 นาที แล้วพักให้แห้ง กำหนดให้ผลมะม่วงที่ชุบในสารละลายกรดแอซิติก 0.5% และ Tween-80® 0.1% เป็นชุดควบคุม บรรจุผลมะม่วงลงในกล่องกระดาษที่รองพื้นด้วยกระดาษฝอย แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 10 วัน โดยกำหนดให้ 1 ชุดการทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยผลมะม่วง 3 ผล

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลมะม่วง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การสูญเสียความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อรุ่น FHR-1 (บริษัท Nippon optical work, ประเทศญี่ปุ่น) การเปลี่ยนสีเปลือกด้วยเครื่องวัดสีรุ่น CR-10 (บริษัท Konika Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) โดยใช้เครื่อง Hand refractometer รุ่น N1-E (บริษัท Atago, ประเทศญี่ปุ่น) ในวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD test ที่ $p<0.05$ และ Paired-Samples T test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0% ที่เตรียมจากไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยพบว่าผลมะม่วงน้ำดอกไม้ในชุดการทดลองควบคุมและ LM-CTS มีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน ในขณะที่ผลมะม่วงในชุดการทดลอง MM-CTS และ HM-CTS สามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาไปได้จนถึงวันที่ 20 ของการทดลองและมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุมและ LM-CTS นอกจากนี้พบว่า MM-CTS สามารถคงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงไว้ได้มากที่สุด ในขณะที่ชุดควบคุมและ LM-CTS มีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด (Table 1) การที่มะม่วงสูญเสียน้ำหนักสดมากขึ้นและมีความแน่นเนื้อลดลงเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการสุกและการเสื่อมถอยของผล (Giovannoni, 2001) การใช้สารละลายไคโตซานเคลือบผลมะม่วงน้ำดอกไม้สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดและรักษาความแน่นเนื้อของผลมะม่วงไว้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในผลมะม่วงพันธุ์ ‘Ataulfo’ โดยมีการรายงานไว้ว่าการเคลือบผลมะม่วงด้วยสารละลายไคโตซานส่งผลโดยตรงต่อการลดการทำงานของเอนไซม์ Polygalacturonase และ Pectin methylexterase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการสลายผนังเซลล์ของพืช (Salvador-Figueroa และคณะ, 2011)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) สามารถใช้บ่งชี้ปริมาณน้ำตาลในผลมะม่วงได้ เมื่อผลมะม่วงเกิดกระบวนการสุกมากขึ้นทำให้มีการย่อยแป้งในเซลล์ให้กลายเป็นน้ำตาลมากขึ้น (Giovannoni, 2001) จากผลการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่เคลือบด้วยฟิล์มบางไคโตซานทุกน้ำหนักโมเลกุลมีปริมาณ TSS ต่ำกว่าชุดควบคุมในวันที่ 10 โดยผลมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานเริ่มสุกในขณะที่ผลมะม่วงในชุดควบคุมสุกงอมแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhu และคณะ (2008) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 20 ชุดการทดลอง MM-CTS และ HM-CTS ยังคงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่า TSS ของผลมะม่วงสุกในชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 370,000 ดาลตันขึ้นไป ทำให้กระบวนการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ผิดปกติ (Ali และคณะ, 2011)

Table 1 Effects of different molecular weights of chitosan on weight loss, fruit firmness and TSS of ‘Nam Dok Mai No. 4’ mango. Each value is the mean of 3 replicates (n=9).

Treatments	Weight loss (%)			Fruit firmness (N)			Total soluble solid (°Brix)		
	day0	day10	day20	day0	day10	day20	day0	day10	day20
control	0	5.31 ± 0.10 a		7.80 ± 0.50	2.26 ± 0.08 c		8.79 ± 0.99	17.07 ± 0.74 a	
LM-CTS	0	5.33 ± 0.15 a		7.80 ± 0.50	2.53 ± 0.05 c		8.79 ± 0.99	14.67 ± 0.48 b	
MM-CTS	0	3.95 ± 0.07 b	8.38 ± 0.23 ns	7.80 ± 0.50	5.49 ± 0.11 a	5.49 ± 0.10 ns	8.79 ± 0.99	11.00 ± 0.23 c	14.50 ± 0.29 ns
HM-CTS	0	4.23 ± 0.08 b	8.79 ± 0.24 ns	7.80 ± 0.50	4.80 ± 0.19 b	5.06 ± 0.29 ns	8.79 ± 0.99	12.93 ± 0.74 b	15.53 ± 0.24 ns

Means with different letters are significantly different at p = 0.05 ± standard error. All values with the same letters/or ns are not significantly different.

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกระดับความสุกของผลมะม่วงได้โดยค่าความสว่างของเปลือก (Lightness: L value) จะลดลงเมื่อผลมะม่วงสุกมากขึ้น นอกจากนี้ ค่าสี (Hue angle) บ่งบอกถึงการเปลี่ยนสีของผลมะม่วง โดยมะม่วงแก่เปลือกสีเขียวจะมีค่า Hue angle สูง เมื่อผลสุกและเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากขึ้น ค่า Hue angle จะมีค่าลดลง จากการทดลองพบว่าผลมะม่วงในชุดการทดลอง MM-CTS และ HM-CTS ยังคงมีสีเปลือกสีเขียวจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (Table 2) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 370,000 ดาลตันขึ้นไปมีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการเปลี่ยนสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้ (Ali และคณะ, 2011)

Table 2 Effects of different molecular weights of chitosan on peel color changes of ‘Nam Dok Mai No. 4’ mango. Each value is the mean of 3 replicates (n=9). Means with different letters are significantly different at p = 0.05 ± standard error. All values with the same letters/or ns are not significantly different.

Treatments	Peel lightness (L value)			Peel color (Hue angle)		
	day0	day10	day20	day0	day10	day20
control	68.64 ± 2.06	65.43 ± 0.87 ns		103.33 ± 1.78	70.16 ± 1.02 b	
LM-CTS	68.64 ± 2.06	64.07 ± 0.80 ns		103.33 ± 1.78	73.46 ± 1.38 b	
MM-CTS	68.64 ± 2.06	65.84 ± 0.58 ns	64.96 ± 1.26 a	103.33 ± 1.78	89.25 ± 1.04 a	87.87 ± 0.87 ns
HM-CTS	68.64 ± 2.06	65.28 ± 0.39 ns	62.63 ± 1.58 b	103.33 ± 1.78	87.58 ± 1.66 a	85.46 ± 0.73 ns

สรุปผล

การประยุกต์ใช้สารละลายไคโตซานสามารถยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ อย่างไรก็ตามสารละลายเคลือบผิวที่เตรียมจากไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 370,000 ดาลตัน ขึ้นไปทำให้กระบวนการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ผิดปกติ โดยทำให้เปลือกผลมะม่วงไม่เปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองและทำให้เนื้อผลไม่สุก ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ดังนั้น การใช้ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 65,000 ดาลตัน สามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามควรมีการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 65,000-370,000 ดาลตัน ในการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เพื่อให้ได้น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่เหมาะสมต่อการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มากที่สุด

คำขอบคุณ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และระบบบริหารงานวิจัยแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

Ali, A., Muhammad, M.T.M., Sijam, K. and Siddiqui, Y., 2011, Effect of Chitosan Coatings on the Physicochemical Characteristics of Eksotika II Papaya (*Carica papaya* L.) Fruit during Cold Storage, Food Chemistry, 124: 620-626.

Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M.G., Hernández-Lopez, M., Barka, E.A. and Bosquez-Molina, E., 2006, Chitosan as a Potential Natural Compound to Control Pre and Postharvest Disease of Horticultural Commodities, Crop Protection, 25: 108-118.

Gao, P., Zhu, Z. and Zhang, P., 2013, Effects of Chitosan–glucose Complex Coating on Postharvest Quality and Shelf Life of Table Grapes, Carbohydrate Polymers, 95: 371-378.

Giovannoni, J., 2001, Molecular Biology of Fruit Maturation and Ripening, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 52: 725-749.

Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D. and Gong, D., 2012, Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit during Cold Storage, Scientia Horticulturae, 144: 172-178.

Ma, Z., Yang, L., Yan, H., Kennedy, J.F. and Meng, X., 2013, Chitosan and Oligochitosan Enhance the Resistance of Peach Fruit to Brown Rot, Carbohydrate Polymer, 94: 272-277.

Mattoo, A.K. and Modi, V.V., 1969, Ethylene and Ripening of Mangoes, Plant Physiology, 44: 308-310.

Salvador-Figueroa, M., Aragón-Gómez, W.I., Hernández-Ortiz, E., Vázquez-Ovando, J.A. and Adriano-Anaya, M.L., 2011, Effect of Chitosan Coating on Some Characteristics of Mango (*Mangifera indica* L.) “Ataulfo” Subjected to Hydrothermal Process, African Journal of Agricultural Research, 6(27): 5800-5807.

Ramesh, H.P., Viswanatha, S. and Tharanathan, R.N., 2004, Safety Evaluation of Formulations Coantaining Carboxymethyl Derivatives of Starch and Chitosan in Albino Rats, Carbohydrate Polymers, 58: 435-441.

Wang, S.Y. and Gao, H., 2013, Effect of Chitosan-Based Edible Coating on Antioxidants, Antioxidant Enzyme SystemZ and Postharvest Fruit Quality of Strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.), LWT-Food Science and Technology, 52: 71-79.

Zhu, X., Wang, Q., Cao, J. and Jiang, W., 2008, Effects of Chitosan Coating on Postharvest Quality of Mango (*Mangifera indica* L. CV. Tainong) Fruits, Journal of Food Processing and Preservation, 32: 770-784.

การฉายรังสีแกมมามีผลต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

Gamma Irradiation Affects the Quality of Pineapple cv. Pattavia Fruit

อภิชัย เจนจบ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] สุกัญญา เอี่ยมลออ[1] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1]

Janjob, A.[1], Jitareerat, P.[1], Wongs-Aree, C.[1], Aiamla-or, S.[1] and Uthairatanakij, A.[1]

Abstract

Export pineapple to the USA must be treated with gamma irradiation. The aim of this study was to investigate the effect of gamma irradiation on the quality of pineapple fruit during low temperature storage. Exporting quality pineapple cv. Pattavia fruit were harvested at the commercial stage of maturity. Peduncles were recut into 3 cm length then washed, dipped with 0.1% carbendazim (fungicide) and dried at room temperature before packing in cardboard cartons. The weight of fruit in each box was 6±0.1 kg. Fruit were divided into two groups; non-treated fruit (control) and gamma irradiated fruit at 400 Gy. All fruit were stored at 13°C and randomly sampled to determine the quality weekly. The results showed that gamma irradiation had an effect on the quality of pineapple fruit during storage by reducing a significant increase in both b* value and hue angle of peel colour while pulp colour was no different. In addition, the internal browning of gamma irradiated fruit was significantly higher than that of control which related to the increasing of phenolic and malondialdehyde (MDA) contents. However, there was no significant difference in TSS/TA ratio.

Keywords: gamma irradiation, ‘Pattavia’ pineapple, internal browning, fruit quality

บทคัดย่อ

การส่งออกผลสับปะรดสดไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาจำเป็นต้องผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพผลสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยเริ่มจากการเก็บเกี่ยวผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีระยะความสุกแก่ทางการค้า มีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการส่งออก นำผลสับปะรดมาตัดก้านผลให้เหลือความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดแล้วจุ่มในสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งให้แห้ง บรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาดบรรจุประมาณ 6±0.1 กิโลกรัมต่อกล่อง แบ่งสับปะรดออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ ผลสับปะรดที่ไม่ฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม) และกลุ่มที่ 2 คือ สับปะรดฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400±10 เกรย์ เก็บรักษาผลสับปะรดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินผลทางด้านคุณภาพทุก 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การฉายรังสีแกมมามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสับปะรด โดยสับปะรดฉายรังสีแกมมามีค่า b* และ hue angle ของสีเปลือกสับปะรด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สีเนื้อของสับปะรดทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่าสับปะรดฉายรังสีแกมมาแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ phenolic และ malondialdehyde (MDA) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การฉายรังสีแกมมา สับปะรดพันธ์ุปัตตาเวีย อาการไส้สีน้ำตาล คุณภาพ

คำนำ

การฉายรังสีแกมมาในผลิตผลทางการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดแมลงศัตรูที่ปนเปื้อนไปกับผลไม้สดและไม่มีสารเคมีตกค้าง จากการเจรจาข้อตกลงทางการค้าระหว่างรัฐบาลไทยและสหรัฐอเมริกา ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมาไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้ อย่างไรก็ตามการฉายรังสีแกมมาอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ เช่น การเกิดเสี้ยนดำในมะม่วงน้ำดอกไม้ (ผ่องเพ็ญ และ อภิรดี, 2556) อภิรดี และคณะ (2554) พบว่า การฉายรังสีแกมมาทำให้สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเกิดไส้สีน้ำตาลมากขึ้น และสับปะรดที่สุกแก่มากกว่าจะแสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่สุกแก่น้อยกว่า และความรุนแรงของอาการเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีแกมมาที่ได้รับ

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

ดังนั้นงานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ในระยะผลที่มีความสุกแก่ทางการค้า (เปลือกเขียวไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์) นำผลสับปะรดมาตัดก้านให้เหลือประมาณ 3 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดแล้วจุ่มด้วยสารคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งให้แห้ง บรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาดบรรจุ 6±0.1 กิโลกรัม จากนั้นแบ่งสับปะรดออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ สับปะรดไม่ฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม) และกลุ่มที่ 2 คือ สับปะรดฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400±10 เกรย์ โดยนำไปฉายรังสีแกมมาที่บริษัท Synergy Health (Thailand) จังหวัดชลบุรี ด้วยรถตู้ปรับอากาศ หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อบันทึกผลการทดลองทุก 7 วัน ดังนี้ สีเปลือกและสีเนื้อด้วย CHROMA METER CR - 400 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วย hand refractometer PAL-1 ปริมาณ Phenolics ตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Shahidi และ Naczk (1995) ปริมาณ MDA ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Velikova และคณะ (2000) และอาการไส้สีน้ำตาลตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Selvarajah และคณะ (2001)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การฉายรังสีแกมมามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสับปะรด โดยสับปะรดฉายรังสีแกมมามีค่า b* (Figure 1A) และค่า hue angle ของสีเปลือกสับปะรด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1B) ในขณะที่สีเนื้อของสับปะรดทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 2A) อย่างไรก็ตาม สับปะรดฉายรังสีแกมมาแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าชุดควบคุม (Figure 2B) ซึ่งอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดจะเริ่มจากการฉ่ำน้ำบริเวณใกล้ๆ กับแกน และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขยายบริเวณกว้างออกไป (Puall และ Rohrbach, 1985) และสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ malondialdehyde (MDA) (Figure 3A) และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Figure 3A และ 3B) ซึ่ง MDA เป็นผลิตภัณฑ์ของ lipid peroxidation สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Imahori และคณะ, 2008) นอกจากนี้การเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสับปะรดทั้งสองชุดการทดลองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิรดี และคณะ (2555) พบว่าสับปะรดที่ฉายรังสีแกมมามีปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับปะรดค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 4) เช่นเดียวกับ Hong และคณะ (2013) พบว่าสับปะรดพันธุ์ Comte de Paris เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีปริมาณ TSS และ TA เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

สรุปผล

การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400±10 เกรย์ ทำให้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย แสดงอาการไส้สีน้ำตาลเร็วและมีความรุนแรงมากกว่าสับปะรดที่ไม่ฉายรังสีแกมมา โดยอาการรุนแรงจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา แต่การฉายรังสีแกรมมาไม่มีผลต่ออัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับปะรด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท บัดดี้โคโคนัท จำกัด ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2540, การฉายรังสีอาหาร ความเป็นไปได้ในปัจจุบัน. นิวเคลียร์ปริทัศน์ ฉบับที่ 4 หน้า 4-7.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และวาริช ศรีละออง, 2554, การตอบสนองของระยะความแก่ต่อฉายรังสีแกมมาของสับปะรดตราดสีทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 69-72.

Puall, R.E. and Rohrbach, K.G., 1985, Symptom Development of Chilling Injury in Pineapple Fruit, Journal of the American Society for Horticultural Science, 110: 100-105.

Byun, M.M.W., Yook, H.S., Kim, K.S. and Chung, C.K., 1999, Effects of Gamma Irradiation on Physiological Effectiveness of Korean Medicinal Herbs, Radiation Physics and Chemistry, 54: 291-300.

Drake, S.R., Sanderson, P.G. and Neven, L.G., 2003, Response of Apple and Winter Pear Fruit Quality to Irradiation as a Quarantine Treatment, Journal of Food Processing and Preservation, 23: 203-216.

Hong, K., Xu, H., Wang, J., Zhang, L., Hu, H., Jia, Z., Gu, H., He, Q and Gong, D., 2013, Quality Changes and Internal Browning Developments of Summer Pineapple Fruit During Storage at Different Temperatures, Scientia Horticulturae, 151: 68-74.

Imahori, Y., Takemura, M. and Bai, J., 2008, Chilling-Induced Oxidative Stress and Antioxidant Responses in Mume (*Prunus mume*) Fruit During Low Temperature Storage, Postharvest Biology and Technology, 49: 54-60.

Shahidi, F. and Naczk, M., 1995, Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications, Lancaster: Technomic Publishing Co. Inc.

Shagufta, P., Muhammad, S. and Muhammad, A., 2011, Modulation in Activities of Antioxidant Enzymes in Salt Stressed and Non-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.) Plants Raised from Seed Treated with Triacontanol, Pakistan Journal of Botany, 43(5): 2463-2468.

Uthairatanakija, A., Jitareerat, P., Srilaong, V. and Photchanachai, S., 2012, Effect of Gamma Irradiation Dose on Postharvest Quality and Antioxidant Activity of 'Trad Si Thong' Pineapple, International Postharvest Symposium 1012, 2: 829-835.

Zhou, Y., O'Hare, T.J., Jobin-Décor, M., Underhill, S.J.R., Wills, R.B.H. and Graham, M.W., 2003, Transcriptional Regulation of a Pineapple Polyphenol Oxidase Gene and Its Relationship to Blackheart, Plant Biotechnology Journal, 1: 463-478.

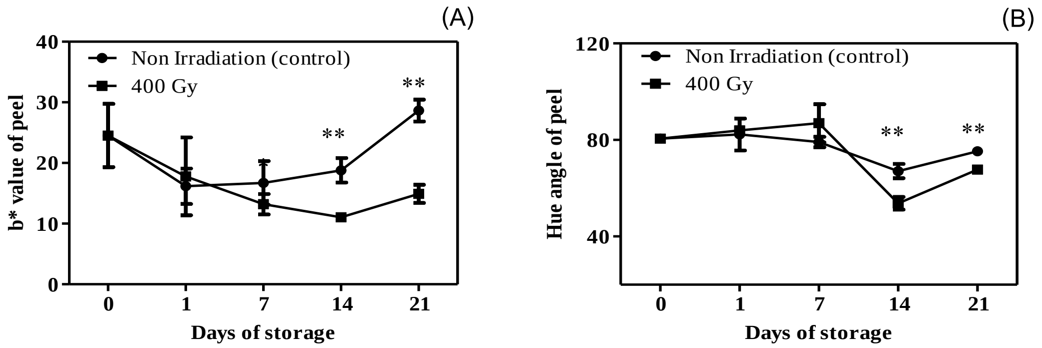


Figure 1 b* value (A) and Hue angle (B) of colour of peel pineapple fruit cv. Pattavia, Non irradiated fruit (control) and irradiated fruit (400±10 Gy) were stored at 13 °C for 21 days.

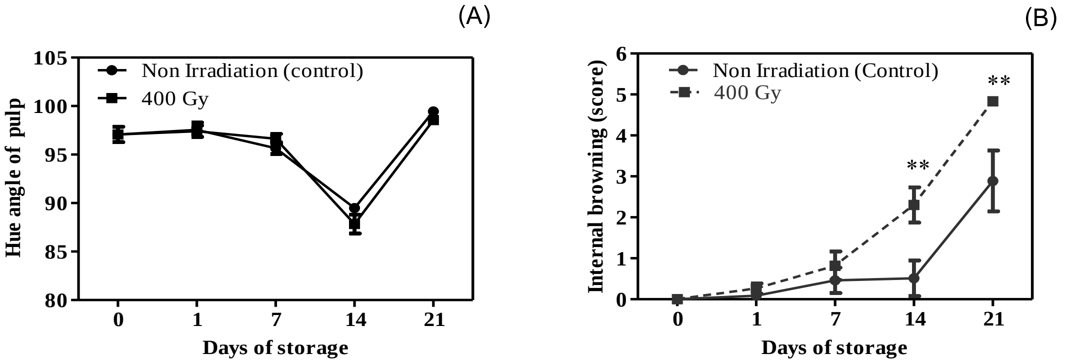


Figure 2 Hue angle (A), internal browning (B) of pineapple fruit cv. Pattavia, non Non irradiation irradiated fruit (control) and irradiation irradiated fruit (400 ±10 Gy) Gy were storage stored at 13°C for 21 days.

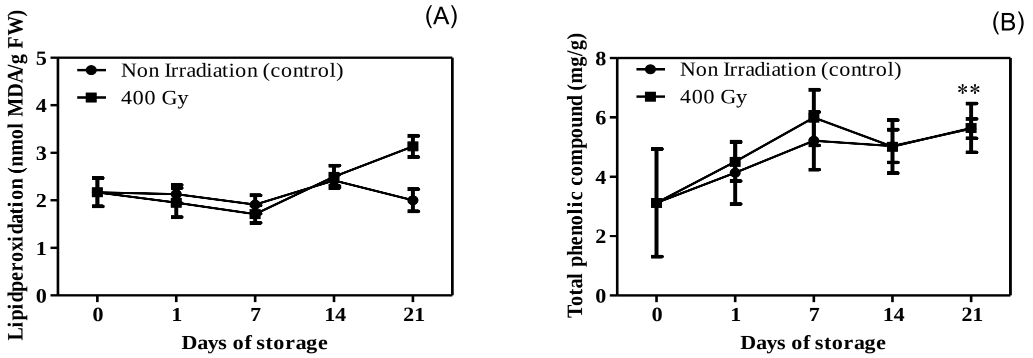


Figure 3 Lipid peroxidation (A) total phenolic compounds (B) of pineapple fruit cv. Pattavia, non Non irradiation irradiated fruit (control) and irradiation irradiated fruit (400 ±10 Gy) Gy were storage stored at 13°C for 21 days.

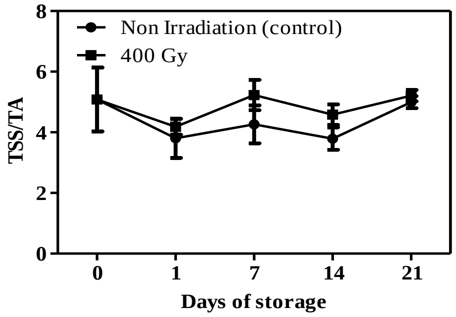


Figure 4 TSS/TA of pineapple fruit cv. Pattavia, non Non irradiation irradiated fruit (control) and irradiation irradiated fruit (400 ±10 Gy) Gy were storage stored at 13°C for 21 days.

สารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่ายสีแดง (*Gracilaria fisheri*) ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

Antioxidant Activity of Sulfate Polysaccharide Extracts of Red Seaweed (*Gracilaria fisheri*)

ศิริลักษณ์ อิ่มจงใจรัก[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] รัตติยา แววนุกูล[1,2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Imjongjairak, S.[1], Tachaapaikoon, C.[1,2], Pason, P.[1,2], Waeonukul, R.[1,2], Laohakunchit, N.[1] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Seaweeds are rich source of natural sulfate polysaccharide that exhibited beneficial biological activities. In this research, in vitro antioxidant activity, phenolic contents and chemical composition of red seaweed, *Gracilaria fisheri* were analyzed. The crude sulfated polysaccharides (SPs) of *G. fisheri* obtained by water extraction at room temperature (RT) and 55 °C were accounts for 5.41% and 9.66% of seaweed dried weight respectively and were composed mainly of galactose. The sulfated content of the crude SPs from RT and 55 °C were 6.86% and 8.95% of dried products respectively. In addition, the total phenolic content of the crude SPs from RT extraction (10.06 mg of gallic acid (GAE)/ g of extract) was higher than high temperature extraction. Furthermore, the crude SPs from RT extraction showed high antioxidant activity with IC_{50} value of 2.86 mg/mL by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical method.

Keywords: antioxidant, *Gracilaria fisheri*, red seaweed, sulfated polysaccharide

บทคัดย่อ

สาหร่ายเป็นที่ทราบว่าเป็นแหล่งของซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดหนึ่ง งานวิจัยนี้จะศึกษาการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิค และองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงสายพันธุ์ *Gracilaria fisheri* โดยทำการสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่าย *G. fisheri* ด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ได้ ร้อยละ 5.41 และ 9.66 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ พบว่ามีน้ำตาลกาแลคโตสเป็นองค์ประกอบหลัก และมีปริมาณซัลเฟตอยู่ร้อยละ 6.86 และ 8.95 ของสารสกัดที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และพบว่าสารสกัดที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณฟีนอลิค สูงกว่าสารสกัดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยให้ปริมาณฟีนอลิคสูงถึง 10.06 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้งของสารสกัด นอกจากนี้สารสกัดที่อุณหภูมิห้อง มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูงโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.86 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเมื่อตรวจสอบด้วยวิธี DPPH

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ *Gracilaria fisheri* สาหร่ายสีแดง ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

คำนำ

ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ (SP) จากสาหร่ายมีคุณสมบัติสำคัญในการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีภาพ เช่นเป็นสารต้านการแข็งตัวของเลือด (anti-coagulant), ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) และสารต้านอนุมูลอิสระ (Pereira และคณะ, 2005; Mohsen และคณะ, 2007; de Sousa และคณะ, 2011; Souza และคณะ, 2012) สาหร่ายสีแดง (Rhodophyta) สังเคราะห์พอลิแซ็คคาไรด์ของน้ำตาลกาแลคโตสที่มีหมู่แทนที่ส่วนใหญ่เป็นหมู่ซัลเฟต (sulated galactan) ที่พบมากคือวุ้นและคาร์ราจีแนน แต่จะมีองค์ประกอบและการจัดเรียงตัวภายในสายโพลีเมอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ ส่วนพอลิแซ็คคา-ไรด์ที่พบในสาหร่ายสกุล *Gracilaria* มีหน่วยย่อยที่ประกอบด้วย 3-linked-β-D-galactopyranose (Gal) และ 4-linked-3,6-anhydro-α-L-galactopyranose (Maciel และคณะ, 2008) ซึ่ง Gal จะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมททิลหรือซัลเฟต (Rees, 1961)สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นสาหร่ายสีแดงชนิดหนึ่ง พบได้ตามแนวชายฝั่งทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทยจะผลิตพอลิแซ็คคาไรด์ที่มีซัลเฟตปริมาณสูงเป็นองค์ประกอบ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 บางขุนเทียนชายทะเล บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 บางขุนเทียนชายทะเล บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 SoiTienThale25, BangkuntienChaithale Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150

อย่างไรก็ตามสาหร่ายสกุลนี้ สายพันธุ์อื่นๆ มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตวุ้นผงของโลก (McHugh, 2003; Troell และคณะ 2003) งานวิจัยของสาหร่ายสกุลนี้ส่วนมากจะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของวุ้นที่สกัด และวิธีการสกัดส่วนมากจะใช้ตัวทำละลายหรือน้ำร้อน (Kanjana และคณะ, 2011; Marinho-Soriano และ Bourret, 2005; Haiyan และคณะ, 2008; Souza และคณะ, 2012) การสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ด้วยตัวทำละลาย จะมีผลต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการสารเคมีปริมาณมากที่ใช้ในขั้นตอนการสกัด ดังนั้นการสกัดด้วยน้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ที่ช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีและลดภาระในการกำจัดของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการสกัด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่ายผมนางโดยจะใช้น้ำในการสกัดที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียน จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีต่างๆ ของสารสกัด และทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

อุปกรณ์และวิธีการ

แหล่งของสาหร่ายและการสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

สาหร่ายผมนางเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน จากบ่อเพาะเลี้ยงในอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย จากนั้นล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วนำมาบดให้มีขนาดประมาณ 100 mesh การสกัดจะนำสาหร่ายบดแห้งปริมาณ 9 กรัม มาสกัดด้วยน้ำปริมาตร 600 มิลลิลิตร โดยกวนด้วยเครื่อง mechanical stirring ที่อุณหภูมิห้อง (RT) และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 h จากนั้นแยกเฉพาะสารละลายส่วนใสมาตกตะกอนด้วย 2-propanol ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 75% ซึ่งตะกอนที่ได้นำมาละลายน้ำ ไดอะไลซิส แล้วทำแห้งด้วยเครื่องฟรีซดราย จะได้สารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ (crude SP)

การตรวจสอบชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ ตรวจวัดด้วยวิธีของ National Renewable Energy Lab (NREL) (Sluiter และคณะ, 2012) และวิเคราะห์ด้วยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC)

การตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีต่างๆ ของสารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

1. หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีฟีนอล-ซัลฟูริก (phenol-sulfuric acid) โดยใช้กาแลคโตสเป็นสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน

2. ปริมาณโปรตีนตรวจวัดด้วยวิธี Lowry (1952)

3. ปริมาณฟีนอลิคตรวจวัดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric (Singleton และคณะ, 1999) โดยใช้ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และปริมาณฟีนอลิคคำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของ gallic acid

4. การตรวจวัดปริมาณซัลเฟต โดยนำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 M ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง จากนั้นหาปริมาณซัลเฟตที่เกิดขึ้นด้วยวิธี Turbidimetric (Dogson และ Price, 1962) และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร และปริมาณซัลเฟตที่เกิดขึ้นคำนวณจากกราฟมาตรฐานของสารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ความเข้มข้น 1000-5000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

5. การตรวจสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ตามวิธีของ Blois (1958) และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอนุมูลอิสระ (% DPPH-scavenging activity) และรายงานเป็นค่า IC_{50} ซึ่งคำนวณได้จากสมการเส้นตรงของกราฟค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่ายผมนาง สามารถสกัดโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และพบว่าสารสกัดที่ได้มีปริมาณร้อยละ 5.41 และ 9.66 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 1) จากผลการทดลองพบว่าการสกัดโดยใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้การสกัดเกิดได้ดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Melo และคณะ (2002) ที่รายงานว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสกัด ส่วนคุณสมบัติทางเคมีต่างๆ ของสารสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์แสดงในตารางที่ 1 จากตารางพบว่าสารสกัดที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลเท่ากับร้อยละ 66.38 และ 86.79 ตามลำดับ และสารสกัดมีน้ำตาลกาแลตโตสเป็นองค์ประกอบหลัก (Figure 1) การที่สารสกัดมีกาแลคโตสเป็นน้ำตาลหลักพบได้ทั่วไปในสาหร่ายกลุ่ม *Gracilariales* (Mollet และคณะ, 1998) ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องตรวจวัดปริมาณซัลเฟตได้ร้อยละ 6.86 โปรตีนร้อยละ 3.54 ของปริมาณสารสกัด และมีปริมาณฟีนอลิคเท่ากับ 10.06 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 55 องศา

เซลเซียส พบว่าสารสกัดที่ได้มีปริมาณซัลเฟต สูง (8.95%) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าที่พบในงานวิจัยอื่นๆ ของสายพันธุ์ *Gracilaria* (2.3-8.9%) (Freile-Pelegrin และ Murano, 2005; Souza และคณะ, 2012) ส่วนปริมาณโปรตีนตรวจวัดได้เท่ากับร้อยละ 3.06 ของสารสกัด และปริมาณฟีนอลิคมีค่าเท่ากับ 7.69 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด อย่างไรก็ตามสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ซึ่งแสดงเป็นค่า IC_{50} พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้อง สารสกัดที่ได้มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี (2.86 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และมีค่าสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการสกัดที่อุณหภูมิต่ำ ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ที่ได้มีปริมาณฟีนอลิคสูงและมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี จึงคาดว่าการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเกิดจากสารประกอบฟีนอลิค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Devi และคณะ (2008) รายงานว่าสารประกอบฟีนอลิคมีความสัมพันธ์กับการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH

สรุปผล

งานวิจัยแสดงให้เห็นว่าน้ำสามารถสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่ายสีแดงหรือสาหร่ายผมนางได้ และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พบในสารสกัดมีกาแลคโตสเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้การสกัดที่อุณหภูมิห้องซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ที่ได้มีปริมาณฟีนอลิคสูง (10.06 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด) และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.86 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Blois, M.S., 1958, Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical, Nature, 181: 1199-1200.

Singleton, V.L., R. Orthofer, R.M. and Lamuela-Raventos., 1999, Analysis of Total Phenols and other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, Methods in Enzymology, 299: 152-78.

Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, The Journal of Biological Chemistry, 193: 265-275.

Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D. and Crocker, D., 2012, Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO., USA.

Devi, K.P., Suganthy, N., Kesika, P. and Pandian, S.K., 2008, Bioprotective Properties of Seaweeds: In Vitro Evaluation of Antioxidant Activity and Antimicrobial Activity against Food Borne Bacteria in Relation to Polyphenolic Content, BMC Complementary and Alternative Medicine, 8: 38.

Freile-Pelegrin, Y. and Murano, E., 2005, Agars from Three Species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatan Peninsula, Bioresource technology, 96(3): 295-302.

Kanjana, K., Radtanatip, T., Asuvapongpatana, S., Withyachumnarnkul, B. and Wongprasert, K., 2011, Solvent Extracts of the Red Seaweed *Gracilaria fisheri* Prevent *Vibrio harveyi* Infections in the Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*, Fish and Shellfish Immunology, 30(1): 389-396.

Li, H., Yu, X., Jin, Y., Zhang, W. and Liu, Y., 2008, Development of an Eco-friendly Agar Extraction Technique from the Red Seaweed *Gracilaria lemaneiformis*, Bioresource Technology, 99(8): 3301-3305.

Maciel, J.S., Chaves, L.S., Souza, B.W.S., Teixeira, D.I.A., Freitas, A.L.P., Feitosa, J.P.A. and de Paula, R.C.M., 2008, Structural Characterization of Cold Extracted Fraction of Soluble Sulfated Polysaccharide from Red Seaweed *Gracilaria birdiae*, Carbohydrate Polymer, 71(4): 559-565.

Marinho-Soriano, E. and Bourret, E., 2005, Polysaccharides from the Red Seaweed *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta), Bioresource Technology, 96(3): 379-382.

McHugh, D.J., 2003, A Guide to Seaweed Industry. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, 1-118 p.

Melo, M.R.S., Feitosa, J.P.A., Freitas, A.L.P. and de Paula, R.C.M., 2002, Isolation and Characterization of Soluble Sulfated Polysaccharide from the Red Seaweed *Gracilaria cornea*, Carbohydrate Polymer, 49(4): 491-498.

Mohsen, M., Mohamed, S.F., Ali, F. and El-Sayed, O.H., 2007, Chemical Structure and Antiviral Activity of Water-soluble Sulfated Polysaccharides from *Sargassum latifolium*, Journal of Applied Science Research, 3: 1178-1185.

Mollet, J.C., Rahaoui, A. and Lemoine, Y., 1998, Yield, Chemical Composition and Gel Strength of Agarocolloids of *Gracilaria gracilis*, *Gracilariopsis longissima* and the Newly Reported *Gracilaria* cf. *vermiculophylla* from Roscoff (Brittany, France), Journal of Applied Phycology, 10: 59-66.

Pereira, M.G., Benevides, N.M., Melo, M.R., Valente, A.P., Melo, F.R. and Mourao, P.A., 2005, Structure and Anticoagulant Activity of a Sulfated Galactan from the Red Alga, *Gelidium crinale*. Is There a Specific Structural Requirement for the Anticoagulant Action, Carbohydrate Research, 340(12): 2015-2023.

Rees, D.A., 1961, Enzymic Synthesis of 3,6-anhydro-L-galactose within Porphyran from L-galactose 6-sulphate units, Biochemical Journal, 81(2): 347-352.

de Sousa Oliveira Vanderlei, E., de Araujo, I.W., Quindere, A.L., Fontes, B.P., Eloy, Y.R., Rodrigues, J.A., e Silva, A.A., Chaves, H.V., Jorge, R.J., de Menezes, D.B., Evangelista, J.S., Bezerra, M.M. and Benevides, N.M., 2011, The Involvement of the HO-1 Pathway in the Anti-inflammatory Action of a Sulfated Polysaccharide Isolated from the Red Seaweed *Gracilaria birdiae*, Inflammation Research : Official Journal of the European Histamine Research Society, 60(12): 1121-1130.

Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Bourbon, A.I., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Teixeira, J.A., Coimbra, M.A. and Vicente, A.A., 2012, Chemical Characterization and Antioxidant Activity of Sulfated Polysaccharide from the Red Seaweed *Gracilaria birdiae*, Food Hydrocolloid, 27(2): 287-292.

Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A.H. and Kautsky, N., 2003, Integrated Mariculture: Asking the Right Questions, Aquaculture, 226: 69-90.

Table 1 Extraction yield, total sugar, protein sulfated and phenolic content of crude SP of *G. fisheri* obtained from water extraction at RT and 55^{o}C.

Crude SP extracts of *G. fisheri*	RT extraction	55^{o}C extraction
Yield of extraction (%)	5.41	9.66
Total sugar (%)	66.38	86.79
Protein content (%)	3.54	3.06
Sulfated content (%)	6.86	8.95
Phenolic content (mg)	10.06 ± 3.30	7.69±3.70
IC_{50} DPPH (mg/mL)	2.86	4.76

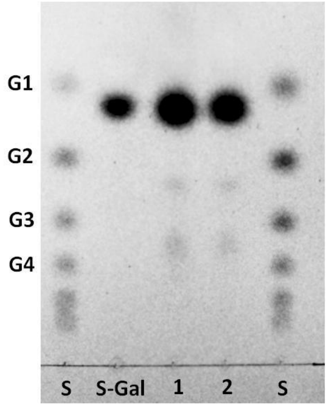


Figure 1 TLC analysis of acid hydrolysis products of crude SPs obtained by water extraction at RT and 55^{o}C. S, authentic oligosaccharides; G1, glucose; G2, cellobiose; G3, cellotriose; G4, cellotetraose; S-Gal, standard galactose; 1, acid-treated crude SP (RT); 2, acid-treated crude SP (55^{o}C).

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 329-332 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 329-332 (2557)

ไซลาโนไลติกและเซลลูโลไลติกเอนไซม์ที่ผลิตจากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด และนำไปประยุกต์ใช้ในการสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

Characterization of Xylanolytic-Cellulolytic Enzymes Produced by *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 under Oxygen Limited Condition and Applied for Sulfated Polysaccharide Extraction

ศิริลักษณ์ อิ่มจงใจรัก[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] รัตติยา แววนุกูล[1,2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Imjongjairak, S.[1], Tachaapaikoon, C.[1,2], Pason, P.[1,2], Waeonukul, R.[1,2], Laohakunchit, N.[1] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

The facultative anaerobic bacterium, *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 has been reported that produced xylanolytic-cellulolytic enzyme in the formed of multienzyme complex under aerobic condition. This research focused on the characterization of the enzyme system, which was produced during the strain B-6 grew in the medium containing corn hull as a sole carbon source under oxygen limited condition. The results showed that the strain B-6 produced xylanolytic-cellulolytic enzymes, composed of xylanase, β-xylosidase, arabinofuranosidase, acetyl esterase, cellulase, carboxymethylcellulase (CMCase), cellobiohydrolase and β-glucosidase. SDS-PAGE of the enzymes system from culture supernatant exhibited at least 11 proteins, and zymograms analysis revealed xylanases and celluases. The xylanolytic-cellulolytic enzymes of this strain were applied for extraction of crude sulfated polysaccharide from seaweed. The yield of extraction was accounts for 6.46% of seaweed dried weight, which was higher than extraction at room temperature about 1.3-fold.

Keywords: *Paenibacillus curdlanolytic B-6*, Xylanolytic-cellulolytic enzyme, oxygen limited condition, sulfated polysacchaide

บทคัดย่อ

Paenibacillus curdlanolyticus B-6 เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ มีรายงานว่าสามารถผลิตเอนไซม์ในกลุ่มไซลาเนสและเซลลูเลสในรูปแบบของเอนไซม์เชิงซ้อนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์เชิงซ้อน ซึ่งถูกผลิตเมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อสายพันธุ์ B-6 ในอาหารที่มีเปลือกข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ในกลุ่มไซลาเนสและเซลลูเลสประกอบด้วยเอนไซม์ไซลาเนส เบตา-ไซโลซิเดสอะราบิโนฟูราโนซิเดส อะซิติลเอสเทอเรส เซลลูเลส คาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลส เซลโลไบโอไฮโดรเลส และ เบตา-กลูโคซิเดส เมื่อตรวจสอบรูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE พบว่ามีโปรตีนอย่างน้อย 11 ชนิดและเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค zymogram แสดงให้เห็นว่ามีโปรตีนที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลส ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจากเชื้อสายพันธุ์ B-6 สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการสกัดซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่าย ซึ่งสามารถสกัดได้ร้อยละ 6.46 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิเดียวกันถึง 1.3 เท่า

คำสำคัญ: *Paenibacillus curdlanolytic B-6* ไซลาโนไลติกและเซลลูโลไลติก สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์

คำนำ

P. curdlanolyticus B-6 เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ มีรายงานว่าสามารถผลิตเอนไซม์ในกลุ่มไซลาเนสและเซลลูเลส ในรูปแบบของเอนไซม์เชิงซ้อนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Pason และคณะ, 2006) พอลิแซ็ค-คาไรด์ชนิดต่างๆ ที่พบในธรรมชาติ จะมีโครงสร้างและการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกัน อาทิเช่น ชนิดของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เป็นองค์ประกอบ พันธะที่เชื่อมต่อกัน ชนิดและปริมาณของหมู่แทนที่ เป็นต้น เนื่องจากความหลากหลายของพอลิแซ็คคาไรด์ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์โดยการทำงานของเอนไซม์เพียงชนิดเดียว (Schwarz,

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 บางขุนเทียนชายทะเล บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 บางขุนเทียนชายทะเล บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 SoiTienThale25, BangkuntienChaithale Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150

2001) ดังนั้นจุลินทรีย์บางชนิดพัฒนาการผลิตเอนไซม์ในรูปของกลุ่มเอนไซม์โดยฟอร์มโปรตีนหน้าที่ต่างๆ เป็นกลุ่มโปรตีนขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยเอนไซม์ในกลุ่มไซลาเนสและเซลลูเลส ที่เรียกว่าเอนไซม์เชิงซ้อน (multienzyme complex) (Bayer และคณะ, 1998) และทำงานร่วมกัน (synergistic action) เพื่อย่อยสลายสับสเตรทที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าเอนไซม์จากเชื้อสายพันธุ์ B-6 สามารถย่อยสลายพอลิแซ็คคาไรด์ที่มีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบได้ดีจึงนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการเพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่าย โดยนำเอนไซม์จากเชื้อสายพันธุ์ B-6 มาใช้สกัดพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่าย เนื่องจากผนังเซลล์ของสาหร่ายในส่วนของเส้นใย (fibril fraction) มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบซึ่งแทรกตัวอยู่ในชั้นของวุ้น (mucilaginous material in amorphous matrix) โดยเอนไซม์จะหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำให้พอลิแซ็คคาไรด์ถูกสกัดออกมาได้ง่ายขึ้นซึ่งวิธีที่ใช้สกัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณและคุณสมบัติของพอลิแซคคาไรด์ (Andriamananatonio และคณะ, 2007) การสกัดโดยใช้เอนไซม์มีรายงานว่ามีความจำเพาะต่อพันธะ glycosidic และไม่มีผลต่อหมู่ซัลเฟต (Qiu และคณะ, 2006) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ศึกษาการนำเอนไซม์จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 ที่ประกอบด้วยเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลสและไซลาเนสมาสกัดพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายผมนาง (*Gracilariafisheri*) ซึ่งนอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่ายแล้วยังเป็นการลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและลดการกำจัดของเสียจากตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent)

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตเอนไซม์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจำกัด

เพาะเลี้ยงเชื้อ *P.curdlanolyticus* B-6 ในอาหารเหลวสูตรของ Berg และคณะ (1972) ที่มีเปลือกข้าวโพด 0.5% เป็นแหล่งคาร์บอนจากนั้นถ่ายเชื้อตั้งต้นปริมาณ 5% ลงในขวดอาหารปิดด้วยจุกยางครอบด้วยอะลูมิเนียมและผนึกให้แน่น จากนั้นดูดอากาศออกจากขวดนำไปบ่มใน incubator shaker ที่เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาทีอุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วแยกเฉพาะสารละลายส่วนใส (culture supernatant) มาตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆและศึกษารูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค native-PAGE, SDS-PAGE (Laemmli และคณะ, 1970) และตรวจสอบรูปแบบโปรตีนที่แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสด้วยเทคนิค zymograms (xylanase และ CMCase activities) (Beguin, 1983)

การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ

ตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและคาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลส (CMCase) โดยบ่มที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 นาทีแล้วตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นด้วยวิธี Somogyi–Nelson (1952) และใช้น้ำตาลไซโลสและกลูโคสเป็นสารละลายน้ำตาลมาตรฐานตามลำดับ ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยกิ่งก้าน (debranching enzymes) ได้แก่เบตาไซโลซิเดส เบตากลูโคซิเดส อะราบิโนฟูราโนซิเดสเซลโลไบโอไฮโดรเลสและอะซิติลเอสเทอเรส วิเคราะห์ตามวิธีของ Mackenzie และ Bilous (1988) และวัดปริมาณของ *p*-nitrophenol ที่เกิดขึ้นโดยใช้ *p*-nitrophenyl เป็นสารละลายสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน (Kohring และคณะ, 1990) โดย 1 ยูนิต (U) ของเอนไซม์ หมายถึงปริมาณของเอนไซม์ที่ผลิตน้ำตาลไซโลส/ กลูโคส / *p*-nitrophenol 1 ไมโครโมลต่อนาที

การสกัดพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อสายพันธุ์ B-6

นำสาหร่ายแห้งบดละเอียดปริมาณ 5.0 กรัมมาสกัดด้วยเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อสายพันธุ์ B-6 ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายของเอนไซม์เป็น 3U/mL เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นแยกเฉพาะส่วนใส มาตกตะกอนด้วยเอทานอลความบริสุทธิ์ 99.9% ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 60 นาที แยกส่วนที่เป็นตะกอนมาละลายด้วยน้ำ ไดอะไลซิส แล้วทำแห้งด้วยเครื่องฟรีซดราย จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาตรวจวัดปริมาณน้ำตาลและฟีนอลิค โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่สกัดด้วยน้ำภายใต้สภาวะที่ใช้ในการทดสอบเดียวกัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เพาะเลี้ยงเชื้อสายพันธุ์ B-6 ในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีการเจริญอยู่ในระยะ exponential growth phase จากนั้นนำน้ำเลี้ยงเชื้อมาตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ดังแสดงผลใน Table 1 พบว่าเชื้อมีการผลิตไซลาเนสและคาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลสเป็นเอนไซม์หลัก มีค่าเท่ากับ 179.03 และ 196.00 ยูนิตต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยกิ่งก้าน พบว่ามีการผลิตปริมาณเล็กน้อย จากตารางจะเห็นว่าเอนไซม์ที่ผลิตและปลดปล่อยออกมาภายนอกเซลล์เพื่อย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสมีทั้งเอนไซม์ที่ย่อยโครงสร้างหลักได้แก่ ไซลาเนส และเบตา-ไซโลซิเดส และเอนไซม์ที่ย่อยโครงสร้างส่วนที่เป็นสิ่งก้านของไซแลน ได้แก่ อะราบิโนฟูราโนซิเดสและอะซิติลเอส

เทอเรส ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลชนิดต่างๆ ขึ้นกับสายพอลีเมอร์ส่วนที่เป็นกิ่งก้าน (Kosugi และคณะ, 2001) ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูโลไลติกที่ตรวจพบ ได้แก่ เซลโลไบโอไฮโดรเลสและเบตา-กลูโคซิเดส น่าจะเป็น constitutive enzyme เมื่อตรวจสอบรูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค native-PAGE พบว่ามีโปรตีนขนาดใหญ่ N1 และโปรตีน N2, N3 และ N4 (Figure 1A) ส่วน SDS-PAGE และ zymograms แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่มีขนาดใหญ่แตกตัวเกิดเป็นโปรตีนขนาดเล็กอย่างน้อย 11 ชนิดและมีกิจกรรมของไซลาเนสและเซลลูเลส อย่างน้อย 5 และ 4 ชนิด ตามลำดับ (Figure 1B, 1C และ 1D ตามลำดับ) จากผลอิเล็คโตรโฟเรซิสแสดงว่าโปรตีนที่พบในน้ำเลี้ยงเชื้อเป็นกลุ่มของโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนหน่วยย่อยที่แสดงกิจกรรมของไซลาเนสและเซลลูเลส เมื่อนำเอนไซม์มาประยุกต์ใช้สกัดพอลิแซ็คคาไรด์จากสาหร่ายผมนางพบว่าสกัดได้ร้อยละ 6.46 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำถึง 1.3 เท่า (4.89 %) แสดงให้เห็นว่าการที่เอนไซม์ช่วยตัดพันธะ β-1,4 glycosidic ในสายโพลีเมอร์ช่วยทำให้การสกัดพอลิแซ็คคาไรด์เกิดได้ดีขึ้น ทำให้ตรวจพบปริมาณน้ำตาลมากขึ้นตามไปด้วย (66.64%) และเมื่อนำสารสกัดมาตรวจวัดปริมาณฟีนอลิค พบว่าการใช้เอนไซม์สกัดมีปริมาณฟีนอลิคสูงกว่าการใช้น้ำสกัดโดยมีปริมาณเท่ากับ 10.65 และ 6.94 mg of gallic acid (GAE) ต่อกรัมของสารสกัด การที่เอนไซม์และพอลิแซ็คคาไรด์เป็นสารประกอบที่มีประจุ จึงสามารถจับกับสารประกอบฟีนอลิคได้ทำให้ตรวจพบปริมาณฟีนอลิคในสารสกัดที่ใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดมากกว่าชุดควบคุมที่สกัดโดยใช้น้ำ (Siriwardhana และคณะ, 2008)

สรุปผล

เชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดในระยะ exponential growth phase พบว่าในน้ำเลี้ยงเชื้อมีกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในกลุ่มของไซลาเนสและเซลลูเลส ทั้งในกลุ่มของเอนไซม์ที่ย่อยโครงสร้างหลักและย่อยส่วนที่เป็นกิ่งก้าน โดยมีไซลาเนสและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูเลสเป็นเอนไซม์หลัก เมื่อตรวจสอบรูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิคอิเล็คโตรโฟเรซิสพบว่าโปรตีนขนาดใหญ่แตกตัวออกเป็นโปรตีนหน่วยย่อยอย่างน้อย 11 ชนิด ที่มีกิจกรรมของไซลาเนสและเซลลูเลส แสดงว่าเชื้อสายพันธุ์ B-6 น่าจะผลิตเอนไซม์ในรูปของเอนไซม์เชิงซ้อน และเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับสาหร่าย พบว่าการสกัดพอลิแซ็คคาไรด์เกิดได้มากขึ้น และพอลิแซ็คคาไรด์ที่สกัดได้มีปริมาณฟีนอลิคสูงกว่าชุดควบคุมที่สกัดโดยใช้น้ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษกและงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2554-2556

เอกสารอ้างอิง

Andriamananatonio, H., Chambat, G. and Rinaudo, M., 2007, Fractionation of Extracted Madagascan *Gracilariacorticata* Polysaccharides: Structure and Properties, Carbohydrate Polymers, 68(1): 77-88.

Bayer, E.A., Chanzy, H., Lamed, R. and Shoham, Y., 1998, Cellulose, Cellulases and Cellulosomes, Current Opinion in Structural Biology, 8(5): 548-557.

Beguin, P., 1983, Detection of Cellulase Activity in Polyacrylamide Gels Using Congo Red Stained Agar Replicas, Analytical Biochemistry, 131: 333-335.

Berg, B., Von-Hofsten, B. and Pettersson, G., 1972, Growth and Cellulase Formation by *Cellvibriofulvus*, Journal of applied bacteriology, 35(2): 201-214.

Kohring, S., Wiegel, J. and Mayer, F., 1990, Subunit Composition and Glycosidicactivities of the Cellulasecomplex from *Clostridium thermocellum* JW20, Applied and Environmental Microbiology, 56(12): 3798-3804.

Kosugi, A., Murashima, K. and Doi, R.H., 2001, Characterization of Xylanolytic Enzymes in *Clostridium cellulovorans*: Expression of Xylanase Activity Dependent on Growth Substrates, Journal of Bacteriology, 183(24): 7037-7043.

Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature, 227(5259): 680-685.

Mackenzie, C.R. and Bilous, D., 1988, Ferulicacid Esterase Activity from *Schizophyllum commune*, Applied and Environmental Microbiology, 54(5): 11700-1173.

Pason, P., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 Xylanolytic-Cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72(4): 2483-2490.

Qiu, X., Amarasekara, A. and Doctor, V., 2006, Effect of Oversulfation on the Chemical and Biological Properties of Fucoidan, Carbohydrate Polymers, 63: 224-228.

Schwarz, W.H., 2001, The Cellulosome and Cellulose Degradation by Anaerobic Bacteria, Applied Microbiology and Biotechnology, 56(5-6): 634-649.

Siriwardhana, N., Kim, K.N., Lee, K.W., Kim, S.H., Ha, J.H., Song, C.B., Lee, J.B. and Jeon, Y.J., 2008, Optimisation of Hydrophilic Antioxidant Extraction from *Hizikiafusiformis* by Integrating Treatments of Enzymes, Heat and pH Control, International Journal of Food Science and Technology, 43(4): 587-596.

Somogyi, M., 1952, Notes in Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

Table 1 Enzyme activities of culture supernatant from *P. curdlanolyticus* B-6 grow on corn hull under oxygen limited condition.

Enzyme activities	Specific activity (U/g protein)[a]
xylanase	179.03
carboxymethylcellulase	196.00
cellulase	0.21
acetylesterase	1.09
arabinofuranosidase	3.77
β-xylosidase	0.66
β-glucosidase	0.93
cellobiohydrolase	0.11

[a]All samples contained 0.183 mg/mL of protein

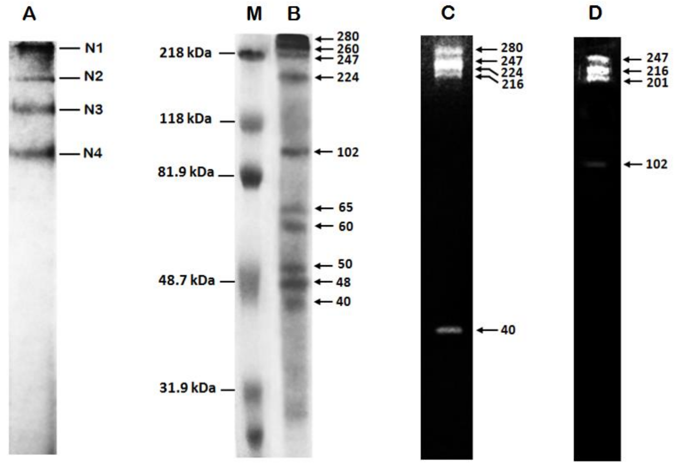


Figure 1 Protein and zymogram pattern of culture supernatant from *P. curdlanolyticus* B-6 grow under oxygen limited condition. Native-PAGE (A), SDS-PAGE (B), zymogram for xylanase activity (C) and CMCase (D)

การศึกษาผลของอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและค่าไอโอดีนในถ่านมังคุดดูดกลิ่น

Study of Combustion Temperature on Physical Property and Iodine Number of Odors Absorbed Mangosteen Charcoal

จรูญ เก่งเขตรวิทย์[1] ดลฤดี ใจสุทธิ์[1] รติยา ธุวพาณิชยานันท์[1] สุดสายสิน แก้วเรือง[1] และ ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์[2]
Kangkhadwit, J.[1], Jaisut, D.[1], Thuwapanichayanan, R.[1], Kaewrueng, S.[1] and Sathitrungsak, P.[2]

Abstract

This research was study on the optimum combustion temperature of odors absorbed mangosteen charcoal by small scale biomass furnace. 1.7 kg of the initial moisture content of 30% wet-basis mangosteens (averaged diameter 5 to 6 cm) were combusted until final moisture of 4% wet-basis. The figure of odors absorbed mangosteen charcoal after combustion should similar to the initial mangosteen. The iodine number should not less than 150 mg/g, followed by community standard (odors absorbed charcoal). The result showed that physical property of odors absorbed mangosteen charcoal at combustion temperature in the range of 300-400°C was deformed, whilst at lower combustion temperature of 200°C was uncompleted. The recommendation combustion temperature in this research was in the range of 200-300°C, the figure of odors absorbed mangosteen charcoal was slightly changed. The recommended condition showed the highest iodine number equal to 155 mg/g.

Keywords: combustion temperatureodors, physical changes, odors absorbed mangosteens charcoal, small scale biomass furnace

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ ต่อลักษณะทางกายภาพและค่าไอโอดีน ของถ่านมังคุดดูดกลิ่นด้วยเตาเผาชีวมวลขนาดเล็ก โดยนำมังคุดความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก จำนวน 1.7 กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 ถึง 6 เซนติเมตร มาเผาจนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ทั้งนี้ ลักษณะของผลมังคุดหลังผ่านการผลิตเป็นถ่านมังคุดดูดกลิ่นควรมีลักษณะใกล้เคียงกับผลมังคุดก่อนการผลิต และมีค่าไอโอดีนไม่ต่ำกว่า 150 มิลลิกรัม/กรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น (มผช. 180/2549) จากผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และค่าไอโอดีน ของถ่านมังคุดดูดกลิ่น โดยหากช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้สูงถึง 300-400 องศาเซลเซียส ลักษณะทางกายภาพของมังคุดในระหว่างเผาไหม้จะกลายเป็นเถ้าก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นถ่าน ในขณะที่ถ้าช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส มังคุดถูกเปลี่ยนเป็นถ่านแค่บางส่วน ดังนั้น เงื่อนไขการทดลองที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านมังคุดดูดกลิ่นด้วยเตาเผาชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ อุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ควรอยู่ระหว่าง 200-300 องศาเซลเซียส โดยลักษณะทางกายภาพของถ่านมังคุดดูดกลิ่นใกล้เคียงกับมังคุดก่อนการผลิตเป็นถ่าน และมีค่าไอโอดีนสูงที่สุด เท่ากับ 155 มิลลิกรัม/กรัม

คำสำคัญ: อุณหภูมิเผาไหม้ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ถ่านมังคุดดูดกลิ่น เตาเผาชีวมวลขนาดเล็ก

คำนำ

อาชีพเกษตรกรรมที่แพร่หลายในภาคตะวันออก และภาคใต้ คือ การทำสวนผลไม้ ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี (สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ 2555) เนื่องจากแนวโน้มการส่งออกผลไม้ของ

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพ 10503
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of Technology, Bangkok, Thailand 10503

ประเทศไทยเพิ่มขึ้นทุกปี จากสภาพแวดล้อมของภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้น จึงเหมาะสมแก่การเพาะปลูกผลไม้หลายชนิด เช่น มังคุด ทุเรียน และเงาะ ซึ่งมีการปลูกทั้งเพื่อบริโภคภายในประเทศ และส่งออกไปขายยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก (สถิติการเกษตรของประเทศไทย, 2555)

มังคุด *Garcinia mangostana Linn.* (นพ และ สมพร, 2545) เป็นผลไม้ที่มีรูปทรงสวย รสชาติอร่อยและได้รับการยกย่องว่าเป็น "ราชนีแห่งผลไม้" (Queen of fruit) อย่างไรก็ตามในการผลิตมังคุดให้ได้คุณภาพดีตรงตามความต้องการของตลาดจำเป็นจะต้องมี การเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก การควบคุมปริมาณดอกต่อต้นให้เหมาะสม การส่งเสริมการพัฒนาการของผล การจัดการเพื่อป้องกันผลเสียหาย และการจัดการเพื่อชักนำการออกดอก ในการปฏิบัติดังที่กล่าวมาเกษตรกรต้องตัดแต่งกิ่งเปิดให้แสงส่องและควบคุมขนาดทรงพุ่มของต้นมังคุดเพื่อเตรียมต้นสำหรับการออกดอก และควบคุมปริมาณการติดผลอยู่ประมาณ 35 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของยอดทั้งหมด ส่วนที่ติดผลเกินและมีผลไม่สมบูรณ์ก็จะปลิดทิ้ง (วันทนา, 2551) ชาวสวนบางรายนำมังคุดเหล่านี้ไปเผาทิ้ง บางรายปล่อยทิ้งไว้ในสวน ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงศัตรูพืช รวมทั้งการเกิดโรคต่างๆ ภายในสวน สร้างความเสียหายต่อผลผลิตที่ได้รับในแต่ละปี ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านมังคุด จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนี้ได้เป็นอย่างดี

เตาเผาถ่านที่ใช้ในปัจจุบันดัดแปลงมาจากถังน้ำมัน 50 ลิตร และ 200 ลิตร (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544) ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายภายในประเทศไทย เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการสร้างเตาหาง่าย และมีต้นทุนต่ำ อย่างไรก็ตามเตาเผาดังกล่าวยังมีปัญหาในเรื่องของการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา และการเผาไหม้ในสภาวะอับอากาศ ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้นาน และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่ดีมากนัก (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549) ดังนั้นการพัฒนาเตาเผาที่มีประสิทธิภาพในการผลิตถ่านให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตา รวมทั้งปริมาณอากาศขาเข้าและขาออก ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการเผาไหม้ และทำให้ถ่านมังคุดมีคุณสมบัติทางด้านกายภาพดีขึ้น รวมทั้งมีค่าไอโอดีนเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ด้านการดูดกลิ่น สี และไอเสียต่างๆ ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและค่าไอโอดีนในถ่านมังคุดดูดกลิ่นโดยเตาเผาชีวมวลขนาดเล็กเพื่อให้ได้ถ่านมังคุดดูดกลิ่นที่เป็นไปตาม ตามมามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น (มผช. 180/2549) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) โดยมีการทดสอบค่าไอโอดีนเพื่อยืนยันความสามารถในการดูดกลิ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมังคุดสดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ถึง 6 เซนติเมตร จากสวนจังหวัดระยอง ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก นำมาลดความชื้นด้วยวิธีตากลานให้เหลือความชื้นประมาณ 20 ถึง 24 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ก่อนนำไปผลิตเป็นถ่านมังคุดดูดกลิ่น โดยใช้ไม้มังคุดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ถึง 7 เซนติเมตร ยาว 18 ถึง 20 เซนติเมตร ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ในห้องเผาถ่าน ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของลูกมังคุด

วางแผนการทดลองโดยกำหนดเงื่อนไขการปรับปริมาณอากาศขาเข้าห้องเผาไหม้ (Inlet1) และปริมาณอากาศขาออก (Outlet) โดยแบ่งเป็น 9 เงื่อนไข ตาม Table 1

การทดลองที่ 2 ศึกษาอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ในห้องเผาถ่าน ที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพถ่านมังคุดดูดกลิ่นและค่าไอโอดีน

เลือกเงื่อนไขที่มีความเหมาะสมจากการทดสอบครั้งแรก และนำมากำหนดการเงื่อนไขปรับปริมาณอากาศขาเข้าห้องเผาถ่าน (Inlet 2) ดังแสดงใน Table 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถ่านมังคุดดูดกลิ่น และค่าไอโอดีน ตามมามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น (มผช.180/2549)

Figure 1 แสดง เตาเผาชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้ทดสอบในการวิจัย โดยแบ่งการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ห้องเผาไหม้ (combustion chamber) รูปร่างเป็นสีเหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด (638 mm ×523 mm ×164 mm) และห้องเผาถ่าน (charcoal chamber) ขนาด (400 mm ×400 mm ×513 mm) ภายในห้องเผาถ่านแบ่งเป็น 2 ชั้น สำหรับวางวัสดุบนตะแกรง โดยอากาศขาเข้าห้องเผาไหม้ และห้องเผาถ่านจะถูกควบคุมด้วยวาล์วชนิด ball valve และผ่านออกสู่ช่องอากาศขาออก (Outlet) ซึ่งอยู่ด้านบนของเตา

นำผลมังคุดที่มีความชื้นประมาณ 20 ถึง 24 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก มาชั่งน้ำหนักประมาณ 1.7 กิโลกรัม เพื่อนำไปเผาเป็นถ่าน โดยใช้เชื้อเพลิง 2 กิโลกรัม (เครื่องชั่งน้ำหนัก Trade Mark รุ่น TAN1 พิกัด 15 กิโลกรัม ความคลาดเคลื่อน "± 100 g") วิธีการทดลองคือนำลูกมังคุดวางเรียงในภาชนะกล่องอลูมิเนียม และนำไปวางในห้องเผาถ่าน ปิดฝาหน้าเตาห้องเผาถ่าน ใส่เชื้อเพลิงในห้องเชื้อเพลิง และจุดเชื้อไฟในเตาจากหน้าเตาเพื่อที่จะทำให้บางส่วนของไม้ติดไฟลุกไหม้ ปรับสัดส่วนอากาศ ตามเงื่อนไขที่แสดงใน Table 1 ปิดฝาหน้าเตาห้องเชื้อเพลิง บันทึกข้อมูลอุณหภูมิ และเวลา หลังจากนั้นนำถ่านมังคุดไปวิเคราะห์หาค่าไอดีนและความชื้น ตามมามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น (มผช.180/2549)

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการทดลอง ตามเงื่อนไขใน Table1 พบว่าอุณหภูมิในห้องเผาถ่านมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถ่านมังคุด กล่าวคือ เงื่อนไขการทดลอง A1, A2 และ A3 ลูกมังคุดหลังการเผาไหม้มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับก่อนการเผาไหม้ และเผาไหม้เป็นถ่านทั้งหมด ในขณะที่เงื่อนไขการทดลอง A4, A5, A6, A7, A8 และA9 เผาไหม้ไม่หมด ดังแสดงใน Table 3 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิขณะเผาไหม้ไม่สูงพอ คือ อยู่ระหว่าง 200–270 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นขั้นตอนไล่ความชื้น (Dehydration) ยังไม่ถึงขั้นตอนการเปลี่ยนลิกนินกลายเป็นถ่าน (Carnoniaztion) (วินัย,2547) อย่างไรก็ตาม เงื่อนไข A1 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 200–276 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้สั้นที่สุด ประมาณ 150 นาที ดังแสดงใน Figure 2 มีความเหมาะสมจะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไปโดยการปรับอากาศที่ Inlet 2

จากการทดลองเมื่อมีการปรับ Inlet 2 ตามเงื่อนไข B1, B2, B3, และB4 ใน Table 2 พบว่า เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาถ่านสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้เพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ลักษณะทางกายภาพของถ่านจะเปลี่ยนเป็นเถ้า ดังแสดงใน Table 4 ที่เงื่อนไขการทดลอง B2 และ B4 ดังนั้นอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ไม่ควรเกิน 300 องศาเซลเซียส (Teng และ Yeh, 1998) คือ อยู่ระหว่าง 250-300 องศาเซลเซียส ดังแสดงใน Figure 3

ความเป็นรูพรุนของถ่านมังคุดที่ได้ จะสอดคล้องกับค่าไอโอดีน หากค่าไอโอดีนสูงถ่านจะมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นได้มาก เนื่องจากมีความเป็นรูพรุนมาก (Yang และคณะ, 2007) จากผลการทดสอบดัง Figure 4 ซึ่งแสดงค่าไอโอดีนของถ่านมังคุดที่เงื่อนไข A1, A2, A3, และ B3 โดยมีค่าเท่ากับ 128 มิลลิกรัมต่อกรัม 94 มิลลิกรัมต่อกรัม 90 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 155 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านดูดกลิ่น (มผช.180/2549) คือมีค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า 150 มิลลิกรัมต่อกรัม ดังนั้น เงื่อนไข B3 จึงมีความเหมาะสมในการผลิตถ่านมังคุดดุดกลิ่น

สรุปผล

อุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และค่าไอโอดีนของถ่านมังคุดดูดกลิ่น โดยเมื่ออุณหภูมิการเผาไหม้สูงถึง 300-400 องศาเซลเซียส มังคุดจะสูญเสียลักษณะทางกายภาพเดิมโดยเปลี่ยนเป็นเถ้า ในขณะที่ช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส มังคุดจะถูกเปลี่ยนเป็นถ่านแค่บางส่วน ดังนั้น เงื่อนไขการทดลองที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านมังคุดดูดกลิ่นด้วยเตาเผาชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ อุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ระหว่าง 200-300 องศาเซลเซียส โดยลักษณะทางกายภาพของถ่านมังคุดดูดกลิ่นใกล้เคียงกับมังคุดก่อนการผลิตเป็นถ่าน และมีค่าไอโอดีนสูงที่สุด เท่ากับ 155 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านดูดกลิ่น (มผช. 180/2549) และใช้เวลาในการผลิตถ่านสั้น

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

วินัย ปัญญาธัญญะ, 2547, เทคนิคการผลิตถ่านไม้ไผ่, สำนักวิจัยและเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

นพ ศักดิ์เศรษฐ์ และสมพร ณ นคร, 2545, มังคุด (Mangosteen), โรงพิมพ์รำไทย เพรส, กรุงเทพฯ.

วันทนา บัวทรัพย์, มังคุด: คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร [สืบค้น], http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2011/2011-005-0126/index.html [4/January/2014].

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544, เทคโนโลยีสำหรับชนบท เล่มที่ 3, เตาเผาถ่านเคลื่อนที่, กรุงเทพฯ.

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549, คู่มือเตาเผาถ่าน 200 ลิตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพ ฯ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ, ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 28 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, สถิติการเกษตรของประเทศไทยไทย, การเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 61-62 หน้า.

Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D.H. and Zheng, C., 2007, Characteristics of Hemicellulose, Cellulose and Lignin Pyrolysis, Fuel, 86: 1781–1788

Teng, H. and Yeh, T.S., 1998, Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coals with Zinc Chloride Activation, Industrial and Engineering Chemistry Research, 37: 58-65

Pastor-Villegas, J., Pastor-Valle, J.F., Meneses Rodrı´guez, J.M. and Garcı´a Garcı´, M., 2006, Study of Commercial Wood Charcoals for the Preparation of Carbon Adsorbents, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 76: 103–108

Table 1 Conditions adjustment of air volume to control the combustion inside the furnace (initial)

Conditions	Percentage of air volume (%)		
	(Inlet 1)	(Inlet 2)	(Outlet)
A1	100	0	100
A2	50	0	100
A3	25	0	100
A4	100	0	50
A5	50	0	50
A6	25	0	50
A7	100	0	25
A8	50	0	25
A9	25	0	25

Table 2 Conditions adjustment of air volume to control the combustion inside the furnace (final test)

Conditions	Percentage of air volume (%)		
	(Inlet 1)	(Inlet 2)	(Outlet)
B1	100	0	100
B2	100	100	100
B3	100	50	100
B4	100	25	100

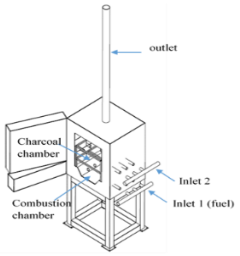


Figure 1 A schematic diagram of a batch small-scale furnace

Table 3 Physical properties of mangosteen and charcoal production time

Conditions	Physical Property	charcoal production time (mins)
A1		146
A2		175
A3		204
A4		N/A
A5		N/A
A6		N/A
A7		N/A
A8		N/A
A9		N/A

Table 4 Physical property mangosteen and time in a charcoal chamber treated samples 2

Conditions	Physical Property	charcoal production time (mins)
B1		146
B2		N/A
B3		115
B4		N/A

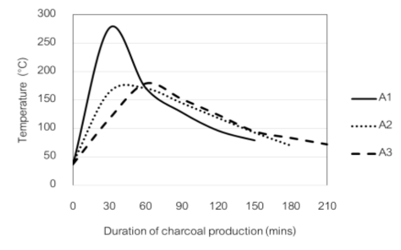


Figure 2 Change of temperature in drying chamber during odors absorbed mangosteen charcoal production (step 1: close all inlet 2)

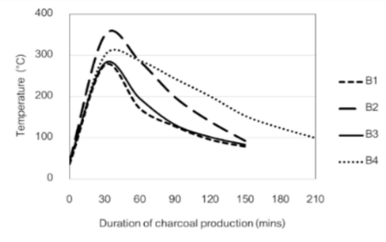


Figure 3 Change of temperature in drying chamber during odors absorbed mangosteen charcoal production (step 2: adjust inlet 2)

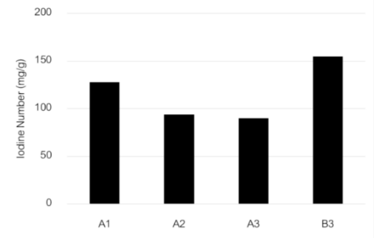


Figure 4 Iodine number of treated samples

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 337-340 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 337-340 (2557)

ผลของ Hot Water Pre-treatment ต่อคุณภาพพริกแห้งพันธุ์หัวเรือ

Effect of Hot Water Pre-treatment on Quality of Dried Chili 'Hua Rue'

วิศณีย์ โพธิ์หล้า[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] วาริช ศรีละออง[1] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Pola, W.[1], Wongs-Aree, C.[1], Srilaong, V.[1] and Photchanachai S.[1]

Abstract

The bright red color of dried chili is an important appearance for trading. The quality of fresh chili directly effects to the quality of dried chili. Blanching condition is one of techniques, which is a pre-treatment of fresh chili used to improve the quality of dried chili. This study was done to investigate the effect of hot water pre-treatment on the quality of dried chili 'Hua Rue'. The fresh chilies were blanched in hot water (100°C) for 8 min (using a ratio of chili to water of 1:10). They were then dried by hot air oven at 65 °C for 12 h (to achieve moisture content of 10-12%). The fresh chili without hot water pre-treatment was used as the control. The dried chili was analyzed for color using CIE color system (L*, a* and b* values), total phenolic content and total carotenoid content (OD at 460 nm). The results showed that the color and total phenolic content of the treated chili were not significantly different from the control. However, the total carotenoid content of the treated chili was reduced more than that of the control. Therefore, blanching the fresh chili in hot water prior (8 min) to being dried may not be suitable as it leads to reduce total carotenoid content in dried chili, while having no significant effect on color values and total phenolic content. Good quality of dried chili should be used the shorten time for hot water pre-treatment method.

Keywords: hot water pre-treatment, dried chili 'Hua Rue'

บทคัดย่อ

สีแดงสดใสของพริกแห้งเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้ในทางการซื้อ-ขาย ทั้งนี้ คุณภาพของพริกสดนั้นมีผลโดยตรงต่อคุณภาพพริกหลังทำแห้ง การทำ pre-treatment ด้วยวิธีการลวกพริกสดก่อนการอบแห้งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพพริกหลังทำแห้ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ hot water pre-treatment ต่อคุณภาพพริกแห้ง โดยนำพริกสดสีแดงพันธุ์หัวเรือมาให้ความร้อนในน้ำเดือด เป็นเวลา 8 นาที (ใช้อัตราส่วนพริกต่อน้ำเท่ากับ 1:10 w/w) ก่อนอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 ชั่วโมง จนกระทั่งพริกแห้งมีความชื้น 10-12 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับพริกที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนทำแห้ง (ชุดควบคุม) จากนั้นนำพริกแห้งมาวัดค่าสี L* a* และ b* ตามระบบ CIE ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารแคโรทีนอยด์ (โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 460 นาโนเมตร) พบว่าพริกสดที่ให้ hot water pre-treatment ก่อนการอบแห้งมีค่าสี และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (P>0.05) ในขณะที่พริกสดที่ให้ hot water pre-treatment มีปริมาณสารแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยวิธีการแช่พริกสดพันธุ์หัวเรือในน้ำเดือดนาน 8 นาที จึงไม่เหมาะสมสำหรับการทำ pre-treatment ก่อนการอบแห้ง เนื่องจากส่งผลให้ปริมาณสารแคโรทีนอยด์ลดลง ยกเว้นค่าสีและปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เพื่อให้ได้พริกแห้งที่มีคุณภาพดี ควรมีการลดระยะเวลาในการทำ hot water pre-treatment

คำสำคัญ: hot water pre-treatment พริกแห้งพันธุ์หัวเรือ

คำนำ

พริกแห้งนิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหาร หรือใช้เป็นเครื่องปรุงรส เพื่อเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร ในรูปพริกป่น พริกแกง พริกเผา และน้ำพริก นอกจากนี้ พริกมีสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล และสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงของผลพริกในระยะการสุกแก่ (Reis และคณะ, 2013; Ornelas-Paz และคณะ,

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ ฯ

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

2010; Chuah และคณะ, 2008) สำหรับตัวชี้วัดคุณภาพของพริกแห้งที่สำคัญ ที่ใช้ในทางการซื้อ-ขาย คือ ลักษณะสีแดงสดใสของผลพริก ซึ่งคุณภาพของพริกสดที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบที่ดีนั้น เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของพริกแห้ง ดังนั้น กระบวนการปรับปรุงคุณภาพของพริกสด ด้วยวิธีการทำ pre-treatment ก่อนอบแห้ง จึงได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะการให้ความร้อนด้วยวิธีการแช่ในน้ำเดือด ซึ่งมีการรายงานว่า การลวกพริกสดเป็นระยะเวลาสั้นๆ สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และ/หรืออาจจะสูญเสียสภาพธรรมชาติ (denature) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2010) จึงส่งผลให้พริกแห้งมีสีแดงสดใสและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ hot water pre-treatment ที่มีผลต่อคุณภาพของพริกแห้ง และอาจช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์พริกแห้งได้มากขึ้นด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพริกสดพันธุ์หัวเรือเฉพาะผลที่มีสีแดงสม่ำเสมอ ล้างด้วยน้ำประปาและผึ่งให้แห้ง จากนั้นให้ความร้อนในน้ำเดือด (hot water pre-tretment) เป็นเวลา 8 นาที (ใช้สัดส่วนพริกต่อน้ำเท่ากับ 1:10 w/w) ก่อนอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65°C ประมาณ 12 ชม. จนกระทั่งพริกแห้งมีความชื้น 10-12% เปรียบเทียบกับพริกที่ไม่ได้ให้ความร้อน (ชุดควบคุม) จากนั้นนำพริกแห้งมาวัดค่าสี L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) วัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ดัดแปลงตาม Aniel Kumar และคณะ, 2010) โดยชั่งพริกแห้งที่บดละเอียด 1 กรัม ผสมกับสารละลายเอทานอล 80% ปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer นาน 1 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที ที่ 4°C นาน 15 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ตามวิธีการ Folin-Ciocalteu reagent โดยใช้ Gallic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน ส่วนการวัดสารแคโรทีนอยด์ ทำได้โดยชั่งพริกแห้งที่บดละเอียด 0.25 กรัม ผสมกับสารละลายอะซีโตน 25 มล. จึงปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer นาน 10 นาที เก็บในที่มืด 30 นาที เขย่าเป็นระยะ กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 460 nm (ดัดแปลงจาก American Spice Trade Association, 1995) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ นำผลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติโดย โปรแกรม SAS 1997 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพพริกแห้ง หลังการให้ hot water pre-treatment กับพริกสดพันธุ์หัวเรือเป็นเวลา 8 นาที แล้วจึงนำมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65°C ประมาณ 12 ชม. จนกระทั่งพริกแห้งมีความชื้น 9-12% (จากพริกสดที่มีความชื้นเริ่มต้น 75%) เปรียบเทียบกับพริกที่ไม่ได้ให้ hot water pre-treatment (ชุดควบคุม) พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของพริกแห้งทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าการให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 8 นาที ไม่มีผลต่อสีของพริกแห้ง และไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพสีของพริกแห้งให้ดีขึ้นได้ตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าระยะเวลาการให้ความร้อนที่นานเกินไป โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้ทำการลวกพริกสดในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที ก่อนอบแห้ง พบว่า พริกแห้งที่ลวกก่อนอบ จะมีคุณภาพสีดีกว่าพริกที่ไม่ได้ลวก (พัฒนาภรณ์, 2542) แม้ว่าค่าสีของพริกแห้งจากการทดลองนี้จะไม่ต่างกัน แต่เมื่อสังเกตสีเปลือกของพริกแห้งที่ได้ด้วยตาเปล่า พบว่า พริกแห้งที่ให้ hot water pre-treatment มีสีแดงค่อนข้างซีดกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารแคโรทีนอยด์ในพริกแห้ง พบว่าการทำ hot water pre-treatment กับพริกสดก่อนการอบแห้ง ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในทำนองเดียวกับ Cervantes-Paz และคณะ (2014) ที่นำพริกสดมาให้ความร้อน ในน้ำเดือดนาน 12.48 นาที พบว่าปริมาณสารแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม นอกจากนี้ พริกสดที่ให้ความร้อนในน้ำเดือดนาน 30 นาที ส่งผลให้สารแคโรทีนอยด์ในเนื้อเยื่อของพริกบางส่วนรั่วไหลออกมากับน้ำได้มากกว่าการใช้เวลาต้มเพียง 5 นาที (Chuah และคณะ, 2008) ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนในน้ำเดือดกับพริกสดเป็นเวลานาน อาจทำลายผนังเซลล์ของพืชเป็นสาเหตุให้สารแคโรทีนอยด์ บางส่วนรั่วไหลออกมากับน้ำได้ สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพริกแห้งที่ให้ความร้อนด้วยวิธี hot water pre-treatment ก่อนอบแห้ง มีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อาจสันนิษฐานได้ว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนสั้น (8 นาที) ทำให้สารฟีนอลิกที่อยู่ในรูปของสารประกอบ (bound forms) ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปอิสระ (free forms) ได้น้อย จากการศึกษาก่อนหน้านี้การให้ความร้อนเป็นเวลานาน (12-30 นาที) ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปอิสระได้มากกว่าชุดควบคุม (Ornelas-Paz และคณะ, 2010; Chuah และ

คณะ, 2008) ดังนั้น การทำ hot water pre-treatment กับพริกสดก่อนการอบแห้ง เพื่อให้ได้พริกแห้งมีคุณภาพสีที่ดี และมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง ควรลดระยะเวลาในการให้ความร้อนลง

สรุปผล

การให้ความร้อนด้วยวิธีการแช่พริกสดพันธุ์หัวเรือในน้ำเดือดนาน 8 นาที ไม่เหมาะสำหรับการทำ pre-treatment ก่อนการอบแห้ง เพราะทำให้พริกแห้งมีสีไม่แตกต่างจากการไม่ให้ความร้อน และยังส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ได้พริกแห้งที่มีคุณภาพสีที่ดี ควรลดระยะเวลาในการทำ hot water pre-treatment ลง นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของพริกแห้งให้ดียิ่งขึ้น ควรใช้สารเติมแต่งอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

พัฒนาภรณ์ ใจอุตม์, 2542, การอบพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2010, Enzymatic Browning Reaction/ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์, Food Network Solution [Online], Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic-browning-reaction- [27/ September/ 2013].

Aniel Kumar, O., Appa Rao, S. and Subba Tata, S., 2010, Phenolics Quantification in some Genotypes of *capsicum annuum* L., Journal of Phytology, 2(6): 87-90.

ASTA., 1995, Extractable Colour in Capsicums and their Oleoresins, Analytical Method 20.1, Official Analytical Method of the American Spice Trade Association, Englewood, Cliffs, Nj, USA: American Spice Trade Association.

Cervantes-Paz, B., Yahia, E.M., Ornelas-Paz J.J., Victoria-Campos, C.I., Ibarra-Junquera, V., Pérez-Martínez, J.D. and Minakata, P.E., 2014, Antioxidant Activity and Content of Chlorophylls and Carotenoids in Raw and Heat-Processed Jalapeno Peppers at Intermediate Stages of Ripening, Food Chemistry, 146: 188–196.

Chuah, A.M., Lee, Y., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L. and Matoba, T., 2008, Effect of Cooking on the Antioxidant Properties of Coloured Peppers, Food chemistry, 111: 20-28.

Ornelas-Paz, J.J., Burrola, J.M.M., Ruiz-Cruz, S., Rodríguez, S.V., Junquera, V.I., Olivas, G.I. and Martínez, J.D.P., 2010, Effect of Cooking on the Capsaicinoids and Phenolics Contents of Mexican Peppers, Food Chemistry, 119: 1619-1625.

Reis, R.C., Castro, V.C., Devilla, I.A., Oliveira, C.A., Barbosa, L.S. and Rodovalho, R., 2013, Effect of Drying Temperature on the Nutritional and Antioxidant Qualities of Cumari Peppers from Pará, Brazilian Journal of Chemical Engineering, 30: 337-343.

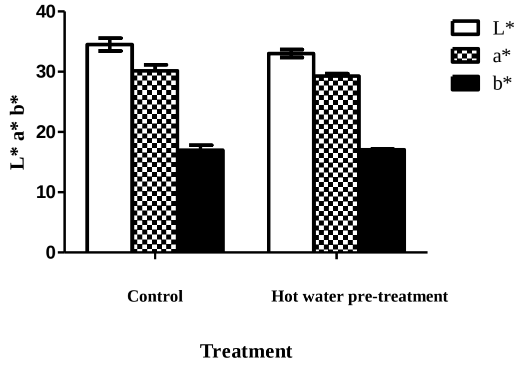


Figure 1 L* a* and b* values in dried chili ‘Hua Rue’ with and without (control) hot water pre-treatment.

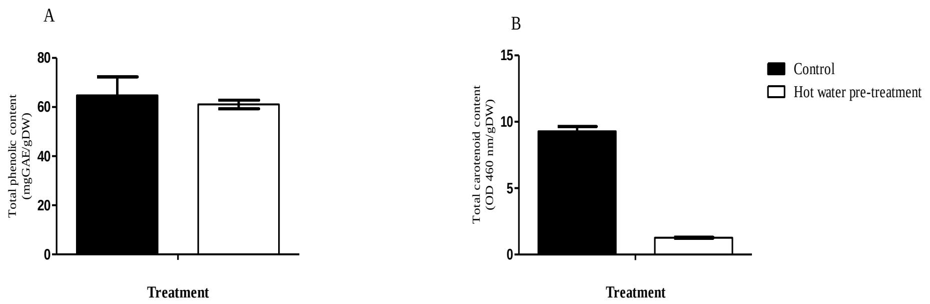


Figure 2 Total phenolic content (mgGAE/gDW) (A) and total carotenoid content (OD 460 nm/gDW) (B) in dried chili 'Hua Rue' with and without (control) hot water pre-treatment.

Table 1 L* a* and b* values, total phenolic and carotenoid content in dried chili 'Hua Rue' with and without (control) hot water pre-treatment for 8 min prior to being dried by hot air oven at 65°C for 12 h.

Treatment	L*	a*	b*	Total phenolic content (mgGAE/gDW)	Total carotenoid content (OD 460 nm/gDW)
Control	34.51	30.14	17.06	64.80	9.28a
Hot water pre-treatment	33.00	29.29	16.99	61.07	1.27b

Means values in the same column with different superscript letter are significantly different ($P \leq 0.05$)

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสจากเซลลูโลสบริสุทธิ์ ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนินด้วยเอนไซม์เซลลูเลสจากเชื้อรา *Trichoderma*

Comparison of Glucose Liberation from Pure Cellulose, Native and Deliginified Rice Straws by *Trichoderma*-based Cellulase Preparation

ชุติเดช เพิ่มศรีบูรสุข[1] ปริปก พิศสุวรรณ[2] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]
Permsriburasuk, C.[1], Phitsuwan, P.[2] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The purpose of this study is to investigate enzymatic glucose liberation from different cellulosic substrates, namely filter paper as pure cellulose, native- and delignified rice straws. The conversion of cellulose (glucan) in those substrates to glucose was compared. Under 37 °C, pH 4.8 and at 24-h incubation, fifty percent of cellulose in filter paper was enzymatically converted to glucose, followed by deliginified rice straw (43%) and native rice straw (8%). The initial hydrolysis rate of cellulose in the substrates highly correlates with cellulose content and structure and lignin content.
Keywords: cellulase, cellulose, enzymatic hydrolysis, lignin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตน้ำตาลกลูโคสด้วยวิธีทางเอนไซม์จากซับสเตรตที่มีคุณลักษณะเฉพาะต่างกัน ได้แก่ กระดาษกรอง (ตัวแทนเซลลูโลสบริสุทธิ์) ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนิน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยเซลลูโลส (กลูแคน) ในซับเสตรตต่างๆ พบว่า ที่อุณหภูมิ 37°C pH 4.8 บ่มเป็นเวลา 24 h เซลลูโลสใน กระดาษกรอง ถูกย่อยเป็นกลูโคสได้มากสุด (50%) รองลงมาคือ ฟางข้าวที่กำจัดลิกนิน (43%) และไม่กำจัดลิกนิน (8%) อัตราการย่อยในช่วงแรกของเซลลูโลสในซับสเตรตต่างๆ มีความสัมพันธ์กับปริมาณและโครงสร้างของเซลลูโลส และปริมาณลิกนิน
คำสำคัญ: เอนไซม์เซลลูเลส เซลลูโลส การย่อยด้วยเอนไซม์ ลิกนิน

คำนำ

การผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ลำต้นข้าวโพด ชานอ้อย และฟางข้าว ได้รับความสนใจ เป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีปริมาณมาก หาง่าย ราคาถูก และที่สำคัญคือประกอบด้วยพอลิแซ็กคาร์ไรด์ ได้แก่ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นแหล่งของน้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้และผลิตเอทานอลระหว่างกระบวนการหมักได้ ในธรรมชาติพอลิแซ็กคาร์ไรด์ดังกล่าวจะพบที่ผนังเซลล์พืช มีโครงสร้างและการจัดเรียงตัวที่สลับซับซ้อน ทนต่อการถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ เซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลเซลโลไบโอส (น้ำตาลโมเลกุลคู่ของกลูโคสต่อกันด้วยพันธะเบต้า-ไกลโคซิดิก) อยู่เป็นมัดรวมกัน เรียกว่า ไมโครไฟบริล (microfibril) เซลลูโลสจะถูกพันหรือปกคลุมด้วยเฮมิเซลลูโลส ในพืชตระกูลหญ้า เฮมิเซลลูโลสส่วนมากจะเป็นสารประกอบในกลุ่มของไซแลน ซึ่งเป็น พอลิเมอร์ที่มีหน่วยย่อยต่างชนิดกัน (hetero-polymer) กล่าวคือ มีสายพอลิเมอร์ของน้ำตาลไซโลสต่อกันด้วยพันธะเบต้า-ไกลโคซิดิกเป็นโครงสร้างหลัก และมีน้ำตาล เช่น อะราบิโนส กลูโคส น้ำตาลกรด เช่น กลูคิวโรนิก เป็นหมู่แทนที่ (substituent) ต่อกับสายของน้ำตาลไซโลส นอกจากนี้ ผนังเซลล์พืชมีสารประกอบอะโรมาติกแอลกอฮอล์ที่มีความเป็นไฮโดรโฟบิกสูงเรียกว่าลิกนิน คอยห่อหุ้มพอลิแซ็กคาไรด์ และเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ (Zhong และคณะ, 2009) ดังนั้นการย่อยเซลลูโลสในผนังเซลล์พืชเพื่อให้ได้น้ำตาลกลูโคสสำหรับการผลิตเอทานอลจึงทำได้ยากมาก งานวิจัยนี้ศึกษาการย่อยเซลลูโลสในซับสเตรตต่างๆ ได้แก่ กระดาษกรอง ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนินด้วยเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อดูรูปแบบการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากซับสเตรตที่มีคุณลักษณะเฉพาะแตกต่างกัน และเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่อไป

---

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[1] Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntien, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

นำซับสเตรต ได้แก่ กระดาษกรอง (Whatmann No.1) ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนินด้วยสารละลายแอมโมเนีย (เตรียมตามวิธีของ Phitsuwan และคณะ (2014)) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณเซลลูโลส (กลูแคน) ในซับสเตรต และคำนวณองค์ประกอบต่างๆ ตามวิธีของ Liu และคณะ (2013)

นำซับสเตรตทั้ง 3 ชนิดมาทดสอบการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า (Cellic® Ctec2) จากบริษัท Novozyme ประเทศ Denmark ที่ปริมาณการโหลดเอนไซม์ต่างๆ (5, 10 และ 15 FPU/g substrate) โดยมีการโหลดซับสเตรตเท่ากับ 1.5% (w/v) ใน 50 mM citrate buffer (pH 4.8) ปริมาตรทั้งหมด (final volume) เท่ากับ 10 mL ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37°C อัตราการเขย่า 200 rpm และเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ มาวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นด้วย Glucose Assay Kit (Megazyme)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษารูปแบบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยเซลลูโลสในกระดาษกรอง ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนินเพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคสด้วยเอนไซม์เซลลูเลส Cellic® Ctec2 ซึ่งพัฒนาจากเชื้อ Trichoderma reesei Table 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกระดาษกรองและฟางข้าวที่ผ่าน และไม่ผ่านการกำจัดลิกนิน กระดาษกรองมีปริมาณกลูแคน 99% และตรวจไม่พบไซแลนและลิกนิน เนื่องจากกระบวนการผลิตกระดาษกรองมีขั้นตอนการกำจัดเฮมิเซลลูโลส และลิกนินเพื่อความขาวและความสว่าง ดังนั้น องค์ประกอบทางเคมีจึงตรวจพบปริมาณกลูแคนสูงมาก และเหมาะสำหรับใช้เป็นตัวแทนของเซลลูโลสบริสุทธิ์ เพื่อใช้เปรียบเทียบการย่อยและดูรูปแบบการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสกับฟางข้าว ซึ่งใช้เป็นตัวแทนพืชชีวมวล สำหรับฟางข้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบที่พบในธรรมชาติสามารถตรวจพบองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ กลูแคน ไซแลน และลิกนินในสัดส่วนที่ต่างกันไป โดยฟางข้าวที่ใช้ศึกษามีปริมาณกลูแคน 30% ไซแลน 10% และลิกนิน 23% จากรายงานวิจัยของ Harun และคณะ (2013) พบว่า ฟางข้าวมีองค์ประกอบของกลูแคน 35% ไซแลน 20% และลิกนิน 20% ขณะที่ Zhong และคณะ (2009) พบว่า ฟางข้าวประกอบด้วยกลูแคน 35% ไซแลน 15% และลิกนิน 19% ความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวอาจขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น พื้นที่เพาะปลูก ฤดูกาล อายุ วิธีการเก็บเกี่ยว และสายพันธุ์ของข้าวนั้นๆ อย่างไรก็ดีลิกนินซึ่งห่อหุ้มเซลลูโลสมักขัดขวางการเข้าทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส โดยบดบังไม่ให้เซลลูเลสเข้าถึงเซลลูโลส (cellulose accessibility) ซึ่งส่งผลให้การย่อยเซลลูโลส เพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคส เกิดขึ้นได้ยาก จึงทำการปรับสภาพฟางข้าว (pre-treatment) โดยกำจัดลิกนินด้วยสารละลายแอมโมเนีย พบว่า ฟางข้าวมีปริมาณกลูแคน 43% ไซแลน 12% และมี ปริมาณลิกนินลดลงเหลือ 11% ตามลำดับ

Table 1 Chemical compositon of different substrates

Substrate	Composition (%, dry weight basis)		
	Cellulose (glucan)	Hemicellulose (xylan)	Klason lignin
Filter paper	99	Not detectable	Not detectable
Rice straw	30	10	23
Delignified rice straw	43	12	11

นำซับเสตรตทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษกรอง ฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนินมาทดสอบ และเปรียบเทียบการตอบสนองต่อการถูกย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่มีหน่วยกิจกรรมเอนไซม์ (enzyme activity unit) ต่างๆ โดยประเมินจากรูปแบบ (profile) ของปริมาณกลูโคสที่เกิดขึ้น (Figure 1) พบว่าเอนไซม์เซลลูเลสสามารถย่อย ซับสเตรตทั้ง 3 ชนิดได้ และปริมาณกลูโคสที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ ระยะเวลา และชนิดของซับสเตรต เมื่อพิจารณาการย่อยกระดาษกรอง พบว่า ที่ 1 ชั่วโมง การโหลดเอนไซม์ (enzyme loading) ที่ 5, 10 และ 15 FPU/g มีอัตราการเกิดกลูโคสระหว่าง 2.1-3.5 mg/mL จากนั้นปริมาณน้ำตาลกลูโคสค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม และค่อนข้างคงที่หลังจากบ่มเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยพบว่าที่การโหลดเอนไซม์ที่ 10 และ 15 FPU/g เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคส สูงใกล้เคียงกันมากคือ 5.4 และ 6.0 mg/mL ตามลำดับ ดังนั้นการโหลดเอนไซม์ 15 FPU/g น่าจะเป็นอัตราส่วนของเอนไซม์ ต่อซับสเตรตสูงสุดที่เหมาะสมในการผลิตกลูโคส (>15 FPU/g substrate เป็นการโหลด เอนไซม์ที่

มากเกินพอ) สำหรับการ ย่อยฟางข้าวที่ผ่านการกำจัดลิกนิน พบว่า รูปแบบการย่อยมีลักษณะคล้ายคลึงกับการ ย่อยกระดาษกรอง กล่าวคือ ปริมาณ น้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับระยะเวลา ปริมาณเอนไซม์ที่โหลดต่อซับสเตรตและมีค่าการโหลดเอนไซม์ที่ เหมาะสมเท่ากัน คือ 15 FPU/g อย่างไรก็ดีสำหรับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการกำจัดลิกนิน จะมีการตอบสนองต่อการย่อยน้อยมาก และปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้นแทบไม่แตกต่างกันแม้ว่าจะทำการโหลดปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้นก็ตาม ยิ่งไปกว่านั้น ปริมาณกลูโคสที่เกิดขึ้นระหว่างฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนินมีค่าต่างกันมาก โดยที่เวลา 6 ชั่วโมง และโหลดเอนไซม์เท่ากับ 15 FPU/g ฟางข้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการกำจัดลิกนินจะมีน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 0.38 และ 2.51 mg/mL ตามลำดับ (ต่างกัน 6.6 เท่า) เมื่อเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นจากฟางข้าวที่ไม่กำจัดลิกนิน (0.38 mg/mL) สามารถผลิตได้โดยการโหลดเอนไซม์เพียง 5 FPU/g ของฟางข้าวที่กำจัดลิกนิน และบ่มเป็นเวลา 1 h เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าการกำจัดลิกนินมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการย่อยเซลลูโลสเพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคส ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการย่อยและลดปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ลงมาก

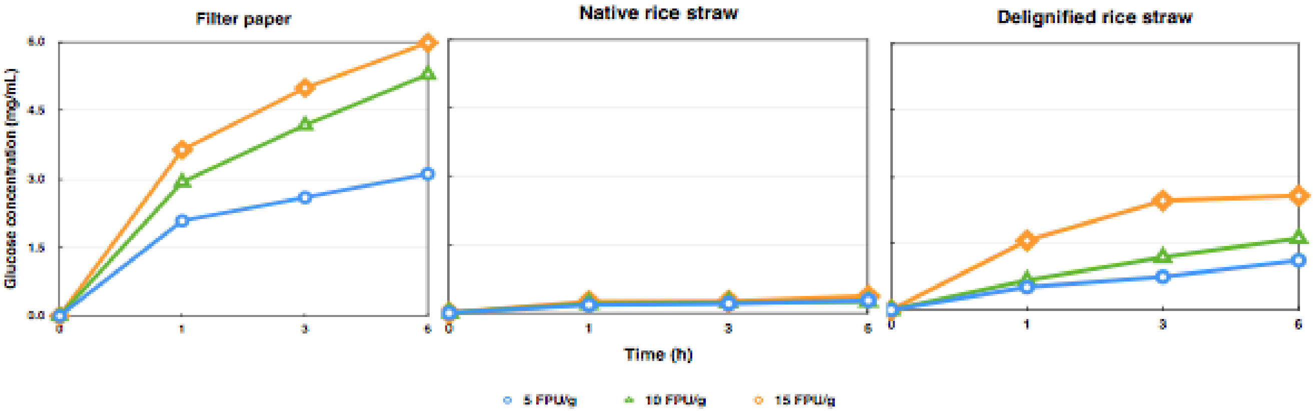


Figure 1 Glucose liberation from different substrates by Cellic® Ctec2 at different enzyme loadings.

อย่างไรก็ดี เนื่องจากซับสเตรตแต่ละชนิดมีปริมาณของเซลลูโลสไม่เท่ากัน (Table 1) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนเซลลูโลสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสจึงทำการโหลดเอนไซม์ 15 FPU/g ต่อซับเสตรตชนิดต่างๆ 1.5% (w/v) บ่มเป็นเวลา 24 h วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้น แล้วนำมาคำนวณร้อยละการเปลี่ยนเซลลูโลส (กลูแคน) ไปเป็นกลูโคสตามสมการของ Liu และคณะ (2013) (สมการ 1)

$$Glucan\ conversion\ (\%) = \frac{Glucose\ in\ enzymatic\ hydrolysate\ (g)}{Glucan\ in\ the\ substrate\ (g\ glucose\ equivalent)} \times 100 \quad (1)$$

จากการคำนวณประสิทธิภาพการเปลี่ยนเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบในซับสเตรตต่างๆ ไปเป็นน้ำตาลกลูโคส (Table 2) พบว่า ที่เวลา 24 h เซลลูโลสในกระดาษกรองถูกเอนไซม์เซลลูเลสย่อยได้เป็นน้ำตาลกลูโคสสูงสุด คิดเป็น 50% ของเซลลูโลสที่มีอยู่ในซับสเตรตทั้งหมด รองลงมาคือฟางข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดลิกนิน คิดเป็น 42.9 และ 8.0% ตามลำดับ การที่กระดาษกรองซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลสเพียงอย่างเดียวถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสได้ 50% อาจมีสาเหตุหลักมาจากคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของกระดาษกรองและคุณสมบัติของเอนไซม์ กระดาษกรองมีโครงสร้างของเซลลูโลสที่จัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและอัดตัวกันแน่น (crystallinity) และส่วนที่จัดเรียงตัวอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบ(amorphous) บริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของเซลลูโลสที่ไม่เป็นระเบียบนั้นจะง่ายต่อการถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์เซลลูเลส โดย endo-type และ exo-type สามารถเข้าทำงานแบบส่งเสริมกัน (synergy) ปลดปล่อย oligomer สายสั้นและน้ำตาลเซลลูโลไบโอสให้เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสย่อยต่อเป็นน้ำตาลกลูโคส ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเกิดขึ้นได้เร็วในช่วงแรก เมื่อระยะเวลาผ่านไปบริเวณที่ย่อยง่ายมีปริมาณลดลงและส่วนที่เหลือเป็นโครงสร้างที่เป็นระเบียบอัดตัวกันแน่นโมเลกุลของน้ำและเอนไซม์ โดยเฉพาะเอนไซม์ประเภท endo-type แทรกตัวเข้าไปย่อยสายเซลลูโลสที่เหลือได้ยาก กระบวนการย่อยส่วนมากจึงเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ประเภท exo-type ที่ย่อยจากปลายสายของเซลลูโลสเข้ามาเรื่อยๆ และผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จะเป็นน้ำตาลเซลโลไบโอสซึ่งจะถูกย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส ทำให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ นอกจากนี้ การที่ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มจะคงที่หลังจากย่อย เป็นเวลานานอาจเนื่องจาก 1) มีน้ำตาลสะสมในระบบ ปริมาณมากขึ้น ส่งผลยั้งยั้งการทำงานของเอนไซม์ (end-product inhibition) 2) กิจกรรมเอนไซม์ลดลงเนื่องจากเอนไซม์เริ่ม เสียสภาพหรือเปลี่ยนโครงรูป (denature/conformational change) จากอุณหภูมิที่ใช้หรือแรง shear ที่เกิดจากการเขย่า

Table 2 Glucan conversion to glucose of different substrates (Enzyme loading: 15 FPU/g; substrate loading: 1.5% (w/v); pH 4.8 (citrate buffer); 37°C; 24 h)

Substrate (1.5 g loading)	Glucan content (g glucose equivalent)	Glucose in hydrolysate (g) at 24 h	Glucan conversion (%)
Filter paper	1.6	0.8	50.0
Rice straw	0.5	0.04	8.0
Delignified rice straw	0.7	0.3	42.9

ฟางข้าวที่ผ่านการกำจัดลิกนินมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนเซลลูโลสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสได้สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการกำจัดลิกนิน (สูงกว่า 5.4 เท่า; Table 2) และมีค่าเกือบใกล้เคียงกับการย่อยกระดาษกรอง ปัจจัยเชิงลบที่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยของฟางข้าวที่ผ่านการกำจัดลิกนินอาจขึ้นกับ 1) ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ที่ยังจับอยู่กับเซลลูโลสอยู่บดบังการเข้าย่อยของเอนไซม์ 2) ที่สภาวะเป็นกรด ไซแลนสามารถละลาย (solubilise) อยู่ในบัฟเฟอร์ (pH 4.8) ได้ ซึ่งอาจไปขัดขวางการทำงานหรือแย่งจับบริเวณเร่ง (active site) ของเอนไซม์ ส่งผลให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาดังกล่าวอาจแก้ไขได้โดยการเติมเอนไซม์ในกลุ่มไซลาโนไลติกเอนไซม์ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการ ศึกษาต่อไป

อย่างไรก็ดี จะเห็นได้ชัดเจนว่า เซลลูโลสในฟางข้าวที่ไม่ผ่านการกำจัดลิกนินหรือปรับสภาพ (ผนังเซลล์พืชในธรรมชาติ) จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ได้น้อยมาก (8%) โครงสร้างที่แข็งแรงของเซลลูโลส (crystallinity) การจัดเรียงตัวที่ซับซ้อนของผนังเซลล์พืช และการที่เซลลูโลสถูกห่อหุ้มด้วยพอลิแซ็กคาร์ไรด์ชนิดอื่นๆ ที่มีโครงสร้างหลากหลายและลิกนิน น่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เอนไซม์เซลลูเลสเข้าถึงเซลลูโลสและเกิดการย่อยได้ยาก เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนีย การกำจัดลิกนินออกไปน่าจะส่งเสริมการเข้าถึงเซลลูโลสได้ดีขึ้น ที่สำคัญการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียอาจมีผลต่อการเปลี่ยนโครงสร้างของเซลลูโลสจาก crystalline ไปเป็น amorphous มากขึ้น เนื่องจากน้ำตาล กลูโคสเพิ่มอย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้น (พิจารณาจากค่าความชัน หรือ initial rate of hydrolysis (ปริมาณน้ำตาลที่ชั่วโมงแรก); Figure 1)

สรุปผล

ปริมาณและโครงสร้างของเซลลูโลส และปริมาณลิกนินในพืชชีวมวลมีผลอย่างมากต่อความสามารถในการย่อยเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคส

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนผู้ช่วยวิจัยระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มอบแก่ นายชุติเดช เพิ่มศรีบูรสุข งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2557 ถึง 2558 และโครงการมหาวิทยาลัยแห่งชาติ (NRU) ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Harun, S., Balan, V., Takriff, M.S., Hasson, O., Jahim, J. and Dale, B.E., 2013, Performance of AFEXTM Pretreated Rice Straw as Source of Fermentable sugars: the Influence of Particle Size, Biotechnology for Biofuels, 6: 40.

Liu, Z., Padmanabhan, S., Cheng, K., Schwyter, P., Pauly, M., Bell, A.T. and Prausnitz, J.M., 2013, Aqueous-ammonia Delignification of Miscanthus Followed by Enzymatic Hydrolysis to Sugars, Bioresources Technology, 135: 23-29.

Phitsuwan, P., Permsriburasuk, C. and Ratanakhanokchai, K., 2014, Glucose Production from Liquid-ammonia Soaking of Rice Straw for Ethanol Production, Proceedings of 8th SEATUC Symposium. March 4-5, 2014, Johor Baharu, Malaysia, pp. 71-74.

Zhong, C., Lau, M.W., Balan, V., Dale, B.E. and Yuan, Y.-J., 2009, Optimization of Enzymatic Hydrolysis and Ethanol Fermentation from AFEX-treated Rice Straw, Applied Microbiology and Biotechnology, 84: 667-676.

จลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งระดับเกษตรกร

Drying Kinetics of Paddy Dried with the Small-scale Paddy Dryer

สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์[1] **โศรดา วัลภา**[1] **วีรยุทธ พรหมจันทร์**[1] **และ นพมาศ จารย์คำมา**[1]
Srisuriyawong, S.[1], Wanlapa, S.[1], Phromjan, W.[1] and Chankamma, N.[1]

Abstract

The objective of this study was to develop a drying equation for predicting the drying kinetics of freshly harvested paddy using the small-scale paddy dryer developed by TISTR. Paddy was dried at different drying temperatures of 50 and 60°C and bed heights of 20, 30 and 35 cm. The results showed that moisture ratio of paddy decreased rapidly during the first 30 min of the drying process and then decreased slower. The experiment data were fitted to the Newton's exponential drying model. Both drying temperature and bed height showed the significant effect on the rate of drying. The drying rate increased with drying temperatures or decrease in bed heights resulted in the increase of drying rate. It should be possible to predict the drying constant with a generalized model that shows the effect of drying air temperatures and bed height, which had a good fit with R^2 = 0.98.

Keywords: paddy drying, paddy dryer, drying kinetic, drying equation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวสดด้วยเครื่องอบแห้งระดับเกษตรกรที่พัฒนาขึ้น เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในระหว่างการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้ง เมื่อใช้สภาวะในการอบแห้งต่างๆ โดยได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือกในระหว่างการอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 50 และ 60°C และความสูงของชั้นข้าวเปลือก 3 ระดับ คือ 20, 30 และ 35 ซม. โดยมีความเร็วลมร้อน 2 เมตรต่อวินาที จากการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกมีอัตราส่วนความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรก ก่อนมีอัตราการอบแห้งลดลง โดยมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแบบเอกซ์โพเนนเชียลแบบลดลงตามเวลา ซึ่งสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วยแบบจำลอง Newton โดยที่อัตราการอบแห้งของข้าวเปลือกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อนและความสูงของชั้นข้าวเปลือก โดยอุณหภูมิการอบแห้งและชั้นของข้าวเปลือกที่สูงขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น โดยค่าคงที่ในสมการอบแห้งสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่มีตัวแปร คือ อุณหภูมิในการอบแห้ง และความสูงของชั้นข้าวเปลือก ที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.98

คำสำคัญ: การอบแห้งข้าวเปลือก เครื่องอบแห้งข้าวเปลือก จลนพลศาสตร์การอบแห้ง แบบจำลองการอบแห้ง

คำนำ

โดยทั่วไปข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่เหมาะสมมักมีความชื้นอยู่ในช่วง 22-25 เปอร์เซ็นต์ หรือหากประสบกับสภาวะฝนตกหรือน้ำท่วมอาจทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นสูงถึง 28-33 เปอร์เซ็นต์ (กิติยา,2547) ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงจะเกิดการเสื่อมเสียทั้งจากเชื้อจุลินทรีย์ กระบวนการงอก และการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ก่อนการเก็บรักษาข้าวเปลือกจึงจำเป็นต้องทำการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของข้าวเปลือกให้มีปริมาณไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเปียก) ความชื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดราคาการรับซื้อข้าวเปลือกของโรงสี อายุการเก็บรักษา รวมทั้งคุณภาพข้าวสารที่ได้หลังการขัดสี ปัจจุบันชาวนาส่วนใหญ่จะขายข้าวเปลือกความชื้นสูงให้กับโรงสีที่มีความพร้อมในการอบแห้งด้วยวิธีการตากแดดบนลานซีเมนต์หรือด้วยเครื่องอบแห้งขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ เช่น แบบเมล็ดไหลหมุนเวียนแบบคลุกเคล้าแบบต่อเนื่อง(LSU) แบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed dryer) แบบ Recirculating batch และแบบ Cross flow (ขุนพล, 2544)

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) 35 หมู่ 3 เทคโนธานี คลองห้า คลองหลวง ปทุมธานี 12120
[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) 35 Moo 3 Technopolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

ชาวนาที่ขายข้าวเปลือกความชื้นสูงจึงต้องยอมถูกกดราคาการรับซื้อจากโรงสี เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกขนาดใหญ่ที่มีราคาแพงและมีกำลังการผลิตสูงเกินความต้องการ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) จึงได้พัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกระดับเกษตรกร ที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ราคาไม่แพง วัสดุทนทาน ถอดประกอบง่ายเคลื่อนย้ายสะดวก ซึ่งชาวนาสามารถเข้าถึงได้ ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวสดความชื้นสูงด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกระดับเกษตรกรที่พัฒนาขึ้น โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของข้าวเปลือกภายใต้อุณหภูมิการอบแห้งในช่วง 50-60°C และความสูงของชั้นข้าวเปลือกในช่วง 20-35 ซม.

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องอบแห้งระดับเกษตรกรที่พัฒนาโดยฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) รายละเอียดแสดงดัง Figure 1

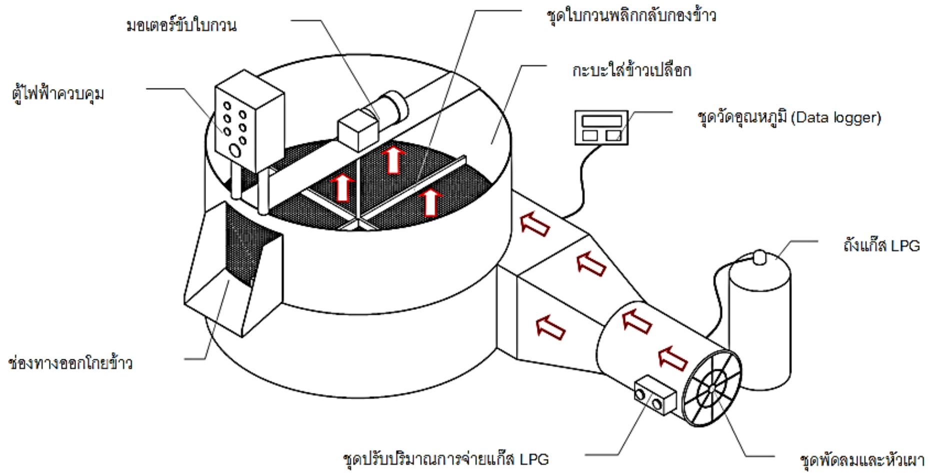


Figure 1 A schematic diagram of the small-scale paddy dryer

แหล่งพลังงานที่ใช้ในการให้ความร้อนคือ ก๊าซแอลพีจี ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของปัจจัยในการอบแห้ง 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิลมร้อน 2 ระดับ คือ 50 และ 60°C และความสูงของชั้นข้าวเปลือก (Bed height) 3 ระดับ คือ 20, 30 และ 35 ซม. ซึ่งใช้ข้าวเปลือกในปริมาณ 200, 300 และ 350 กิโลกรัม. ตามลำดับ ต่ออัตราการอบแห้งและอัตราการใช้พลังงาน ในการทดลองได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ กข 51 ที่เก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดในเดือนมีนาคม 2557 ระดับความชื้นเริ่มต้น 28.41±1.67 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเปียก) จนมีความชื้นสุดท้ายเป็น 14 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเปียก) โดยใช้ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที ตรวจปริมาณความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (KETT Riceter รุ่น f 521, ประเทศญี่ปุ่น) โดยนำค่าที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นมาคำนวณเป็นค่าความชื้นที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการอบในตู้อบลมร้อนเพื่อเทียบและปรับค่าความชื้น (Calibration) ตามสมการที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ $MCs = -0.0242*MC^2+1.9789MC-11.89$, ($R^2$ = 0.998) ติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) ดังแสดงในสมการที่ 1 ทุกๆ 30 นาที และตรวจวัดน้ำหนักของแก๊สที่ใช้ไปในกระบวนการอบแห้ง

$$MR = (M_t – M_e)/(M_i - M_e) \text{.......}(1)$$

โดย M_t คือ ความชื้นของข้าวเปลือกที่เวลาใดๆ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง), M_i คือ ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง), M_e คือ ความชื้นสมดุลของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง), M_e =29.394-4.69015ln[-(T+35.703) ln (RH) ทำนายการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือก(MR) กับเวลาที่ผ่านการอบแห้งภายใต้สภาวะต่างๆ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Newton คือ MR = exp (-kt) ....(2)
โดย k คือ ค่าคงที่ในสมการอบแห้ง ซึ่งหาได้จากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear regression analysis) และ t คือ ระยะเวลาอบแห้ง (นาที) หาความสัมพันธ์ของค่า k และความสูงของชั้นข้าวเปลือกและอุณหภูมิการอบแห้งเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของความชื้นข้าวเปลือกมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น โดยมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบลดลงตามเวลา ดังแสดงไว้ใน Figure 2 การอบแห้งมีอัตราเร็วสูงสุดในช่วง 30 นาทีแรก โดยมีอัตราการอบแห้งอยู่ในช่วง 18-22 กก. น้ำที่ระเหย/ชั่วโมง หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่ามีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 9.6, 11.3 และ 12.5 กก.น้ำที่ระเหย/ชม. สำหรับความสูงของชั้นข้าว 20, 30 และ 35 ซม.ตามลำดับ (Table 1) รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนความชื้นในระหว่างการอบแห้งมีแนวโน้มเดียวกันเมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 °C และความสูงของชั้นข้าวเปลือกในช่วง 20-35 ซม. เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้ความสูงของชั้นข้าวที่เท่ากัน พบว่าอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงกว่ามีผลทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ชั้นข้าวเปลือกที่สูงขึ้น มีผลทำให้มีอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น (Table 1) เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่ต้องระเหยมากกว่าในระยะเวลาการอบแห้งที่เท่ากัน เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 50 °C จะใช้เวลาในการอบแห้ง 120, 150 และ 180 นาที สำหรับความสูงของชั้นข้าว 20, 30 และ 35 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่หากใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 °C จะใช้เวลาในการอบแห้ง 90 และ 120 นาที เมื่อมีความสูงของชั้นข้าว 20 ซม. และ 30-35 ซม. ตามลำดับ

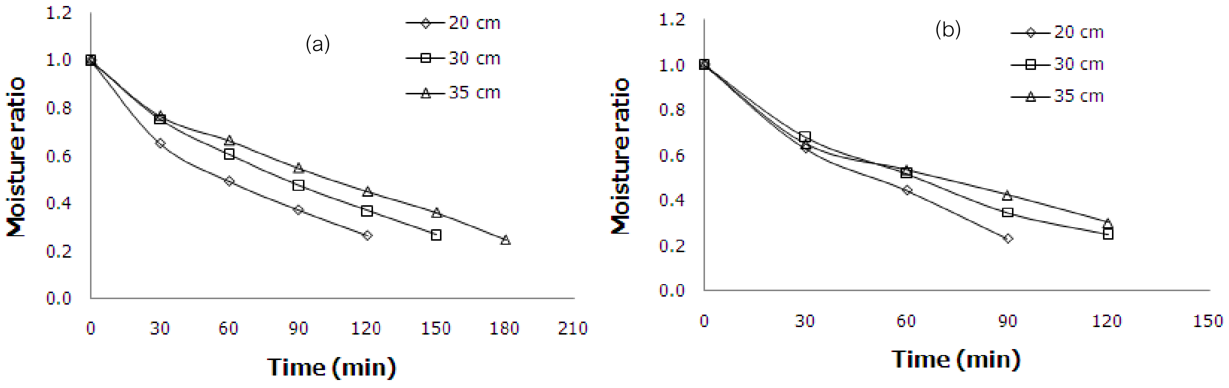


Figure 2 Changes of moisture ratio of paddy during drying at different bed thickness (a) 50 °C (b) 60 °C

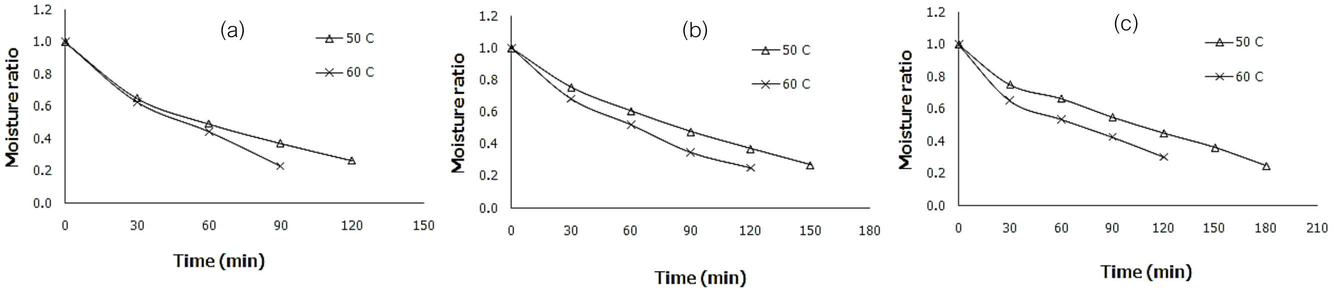


Figure 3 Changes of moisture ratio of paddy during drying at different drying temperature a) 20 cm (b) 30 cm (c) 35 cm

จากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สมการอบแห้งแบบเอ็มพิริคัล พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนความชื้นของข้าวเปลือกในระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกระดับเกษตรกรภายใต้สภาวะการอบแห้งต่างๆ สามารถทำนายได้ด้วยสมการอบแห้งของ Newton model โดยมีค่า k และสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) ดังแสดงใน Table 1 เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า k และอุณหภูมิอบแห้งร่วมกับความสูงของชั้นข้าว พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า k สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ 3 คือ k = 0.000333T-0.000323B-0.001481 (R^2 = 0.98)……..(3) โดย T คือ อุณหภูมิอบแห้ง (°C) และ B คือ ความสูงของชั้นข้าวเปลือก (ซม.)

จากสมการดังกล่าวสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนความชื้นของข้าวรวมทั้งระยะเวลาในการอบแห้งข้าวได้อย่างดี โดยค่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนความชื้นจากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ 3 แสดงไว้ใน Figure 4 อัตราการใช้แก๊สแอลพีจีในการอบแห้งข้าวเปลือกในสภาวะต่างๆ พบว่า อยู่ในช่วง 0.9-2.30 กก./ชั่วโมง

348 ่นกับอุณหภูมิและความสูงของชั้นข้าวเปลือก โดยอัตราการใช้แก๊สแอลพีจีเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและความสูงของชั้นข้าวที่เพิ่มขึ้น

Table 1 Average drying rate and drying constant of paddy dried at different temperature and bed thickness

Bed Thickness (cm)	Temperature (C)	Average drying rate (kg of water evaporated/ h)	k	R^2	LPG consumption (kg/ h)
20	50	9.6	0.0113	0.99	0.90
20	60	16.0	0.0155	0.98	1.13
30	50	11.3	0.0085	0.99	0.96
30	60	17.6	0.0115	0.99	1.30
35	50	12.5	0.0072	0.98	1.03
35	60	19.4	0.0100	0.98	2.30

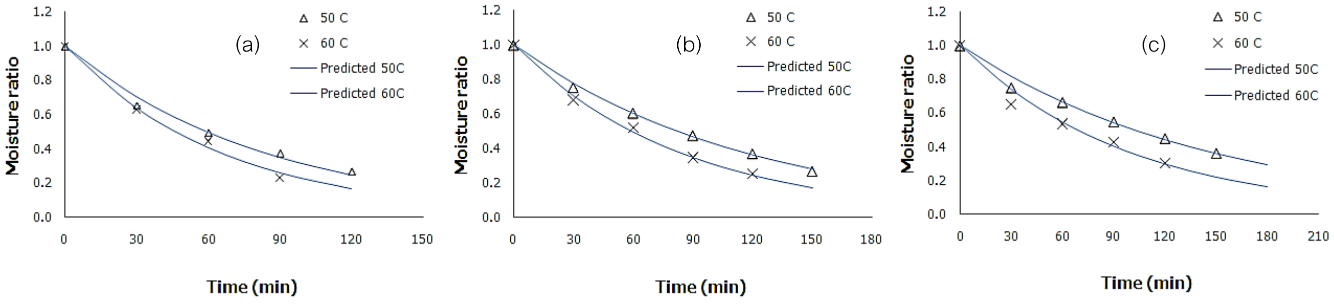


Figure 4 Experimental and predicted moisture ratio curves with drying time at different drying temperature a) 20 cm (b) 30 cm (c) 35 cm

สรุปผล

อัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือกที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกระดับเกษตรกร ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรก โดยมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบลดลงตามเวลา สามารถทำนายได้ด้วยแบบจำลอง Newton อัตราการอบแห้งของข้าวเปลือกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความสูงของชั้นข้าว โดยอุณหภูมิการอบแห้งและชั้นของข้าวเปลือกที่สูงขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น โดยค่าคงที่ในสมการอบแห้งสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่มีตัวแปรคืออุณหภูมิในการอบแห้งและความสูงของชั้นข้าว ที่มีค่า R2 เท่ากับ 0.98

เอกสารอ้างอิง

กิติยา กิจควรดี, 2547, การเก็บเกี่ยวและปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ข้าวคุณภาพดี,ในเอกสารคุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 134 หน้า.

ขุนพล สังข์อารียกุล, 2554, การประเมินสถานภาพเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกในประเทศไทย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

Basunia, M.A. and Abe, T., 2008, Performance Study of a Small Engine Waste Heated Bin Dryer in Deep Bed Drying of Paddy, Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal Manuscript EE 08 015, 10: 1-11.

Hashemi, J., Tabatabaekoloor, R. and Kimura, T., 2010, Effects of Discharge Fan on the Drying Efficiency in Flat-bed type Dryer, International Journal of Engineering and Applied Sciences, 6(2): 89-93.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 349-352 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 349-352 (2557)

ผลของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ

Effect of Growing Media Containing Coffee Ground on Germination and Growth of Tomato Seedling (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

ปริยานุช จุลกะ[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และ ปนัดดา จีนประสม[1]
Chulaka, P.[1], Kaewsorn, P.[1] and Jeenprasom, P.[1]

Abstract

Coffee grounds are coffee beans once they have been through a grinder and used to make coffee. It riches of organic matter and nitrogen that is necessary for plant growth. Thus, the 2 experiments were done to evaluate the possibility of coffee grounds for being a component of growing media for tomato seedling. The experiments were done at the experimental field, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok from August to December 2013. The experiment 1 was studied on effect of different growing media on tomato seed germination those were T1 peat moss, T2 mixture of coir dust : compost : coffee ground at ratio of 75:20:5, T3 mixture of coir dust : compost at ratio of 75:25 and T4 mixture of coir dust : coffee ground at ratio of 75:25. The results showed sowing tomato seeds in peatmoss (T1) or mixture of coir dust : compost : coffee ground at ratio of 75:20:5 (T2) gave the highest seed germination (89.9 % and 87.5 %, respectively). The experiment 2 was studied on the effect of different growing media on growth of tomato seedlings. The tomato seedlings were transplanted into T1 mixture of coir dust : husk chips: compost at ratio of 40:40:20 T2, T3 and T4 mixture of coir dust : husk chips : compost : coffee ground at ratio of 40:40:15:5, 40:40:10:10 and 40:40:5:15 and T5 mixture of coir dust : husk chips : coffee ground at ratio of 40:40:20. The results showed mixture of coir dust : husk chips : compost at ratio of 40:40:20 (T1) or mixture of coir dust : husk chips : compost : coffee ground at ratio of 40:40:15:5 (T2) gave highest seedling growth. However, increasing ratio of coffee ground in growing media tended to decrease growth of tomato seedling.

Keywords: coir dust, coffee ground, germination, tomato

บทคัดย่อ

กากกาแฟเป็นเศษผงของกาแฟคั่วบดที่เหลือจากการนำไปคั้นเอาน้ำไว้ชง กากกาแฟมีอินทรียวัตถุและธาตุไนโตรเจนซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ ณ แปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในวัสดุปลูกต่างชนิด คือ T1 พีทมอส T2 ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:20:5 T3 ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 75:25 และ T4 ขุยมะพร้าว:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:25 พบว่า การใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว (T1) และขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:20:5 (T2) เป็นวัสดุเพาะช่วยให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 89.9% และ 87.5% ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศโดยใช้วัสดุปลูกต่างชนิด คือ T1 ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมักอัตราส่วน 40:40:20T2, T3 และ T4 ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:15:5, 40:40:10:10 และ 40:40:5:15 ตามลำดับ และ T5 ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:20 พบว่าต้นกล้ามะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุผสมของขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 40:40:20 หรือ ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:15.5 มีการเติบโตสูงที่สุด ทั้งนี้การเพิ่มสัดส่วนของกากกาแฟในวัสดุปลูกมีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศลดลง

คำสำคัญ: ขุยมะพร้าว กากกาแฟ ความงอก มะเขือเทศ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok, 10900

คำนำ

การเพาะปลูกมะเขือเทศไม่นิยมนำเมล็ดไปปลูกในแปลงโดยตรง เพราะเมล็ดพันธุ์มีราคาแพง การดูแลรักษาต่างๆ ทำได้ลำบาก จึงนิยมเพาะกล้าก่อนแล้วจึงย้ายปลูกลงแปลงซึ่งการเพาะเป็นต้นกล้าก่อนนั้น สามารถคัดเลือกเฉพาะต้นกล้าที่แข็งแรงไปปลูกได้ กากกาแฟ (coffee grounds) เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการทำกาแฟสด มีไนโตรเจนประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มี pH อยู่ระหว่าง 6.5-6.8 และมีส่วนช่วยฟื้นฟูโครงสร้างของดิน (Oregon State University, n.d.) กากกาแฟมีค่า C/N ratio เป็น 11:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับพืชและธาตุอาหารในดิน (Linda, 2009) มีสารประกอบบางชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล คาเฟอีน สารแทนนิน และเซลลูโลส เป็นต้น (Ramirez-Martinez, 2006) ในแต่ละปีจะมีกากกาแฟสดที่เหลือทิ้งเป็นปริมาณมากเนื่องจากความนิยมในการบริโภคกาแฟเพิ่มสูงขึ้น และยังไม่พบรายงานการนำกากกาแฟไปใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตรมากนัก ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟโดยใช้กากกาแฟทดแทนแหล่งไนโตรเจนเดิม เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตต้นกล้ามะเขือเทศและนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศ โดยนำวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 4 ชนิดใส่ลงในถาดเพาะขนาด 104 หลุม คือ พีทมอส, ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:20:5, ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 75:25 และ ขุยมะพร้าว:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:25 เพาะเมล็ดมะเขือเทศลูกผสม 1598 จำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม จากนั้นวางถาดเพาะไว้ในโรงเรือนตาข่ายหลังคาพลาสติก ให้น้ำทุกวันๆ ละ1-2 ครั้งตามความต้องการของพืช บันทึกข้อมูลความงอก (%) เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) และการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด <u>การทดลองที่ 2</u> ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศโดยใช้วัสดุปลูกต่างชนิด โดยย้ายกล้ามะเขือเทศพันธุ์ลูกผสม 1598 ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด ลงในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว กระถางละ 1 ต้น โดยใช้วัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 5 ชนิด คือ T1 ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 40:40:20 T2, T3 และ T44 ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:15:5, 40:40:10:10 และ 40:40:5:15 ตามลำดับ และ T5 ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:20 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมื่ออายุ 28 วันหลังย้ายปลูกหรือ 56 วันหลังเพาะเมล็ด ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ทั้งสองการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทำการทดลอง ณ แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม 2556

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศ

วัสดุเพาะที่มีส่วนผสมแตกต่างกันมีผลต่อความงอกของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการเพาะในพีทมอสมีความงอกสูงที่สุดคือ 89.9% รองลงมาคือขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:20:5 มีความงอก 87.5% การเพาะเมล็ดในขุยมะพร้าว:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:25 มีความงอกน้อยที่สุดคือ 70.19% แสดงว่าการใช้กากกาแฟในสัดส่วนที่มาก (25%) อาจมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด เนื่องจากกากกาแฟมีส่วนผสมของแทนนิน (Ramirez-Martinez, 2006) มีผลยับยั้งการทำงานของจิบเบอเรลลิน (Geissman และคณะ, 1971) ซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการงอกของเมล็ด (Olszewski และคณะ, 2002) ส่วนการเพาะเมล็ดในวัสดุผสมขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:20:5 และการเพาะเมล็ดในพีทมอสทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด (งอกเร็วที่สุด) และไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 5.46 วัน และ 5.12 วันตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเพาะเมล็ดในวัสดุที่มีกากกาแฟในสัดส่วนที่มากขึ้น คือ ขุยมะพร้าว:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:25 มีผลทำให้เมล็ดงอกได้ช้า และมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ทั้งความสูงของต้น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก (Table 2) อาจเป็นเพราะแทนนินในกากกาแฟมีความเป็นพิษต่อการเกิดราก (Mutukumar และคณะ, 1985) ซึ่งรากมีหน้าที่หลักที่สำคัญ คือดูดลำเลียงน้ำและแร่ธาตุรวมทั้งอาหารซึ่งพืชสะสมไว้ในรากขึ้นสู่ส่วนต่างๆ ของลำต้น (อานัฐ, 2551) ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีการเจริญเติบโตลดลง

Table 1 Germination and mean germination time of tomato seeds grown in different components of growing media

Growing medium	Germination (%)	Mean germination time (day)
Peat moss	89.90 a	5.12 b
Coir : Compost : Coffee ground (75:20:5)	87.50 ab	5.46 b
Coir : Compost (75:25)	76.92 bc	6.38 a
Coir : Coffee ground (75:25)	70.19 c	5.97 a
F-test	*	*
C.V. (%)	8.78	11.92

Means within the same column and factor followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

Table 2 Plant height, leaf number, plant diameter, fresh and dry weight of 28-days tomato seedling grown in different components of growing media

Growing medium	Plant Height (cm)	Leaf number	Plant diameter (mm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Peat moss	10.38 a	2.95 a	2.12 b	1.59 a	0.16b
Coir : Compost : Coffee ground (75:20:5)	3.39 b	0.01 b	0.75 c	0.16 b	0.03 c
Coir : Compost (75:25)	10.35 a	3.05 a	2.38 a	1.69a	0.22 a
Coir : Coffee ground (75:25)	3.28 b	0.01 b	0.77 c	0.15b	0.03 c
F-test	*	*	*	*	*
C.V. (%)	8.48	11.86	4.91	12.93	13.38

Means within the same column and factor followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศโดยใช้วัสดุปลูกต่างชนิด

การเจริญเติบโตของมะเขือเทศหลังย้ายปลูกลงในวัสดุปลูก 5 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยมะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุผสมของขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:15:5 และขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 40:40:20 มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มากกว่าการใช้ส่วนผสมอื่น ทั้งในด้านความสูงของต้น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนยอดและราก ทั้งนี้การมีปุ๋ยหมักเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืช ช่วยทำให้พืชและจุลินทรีย์ในดินเจริญเติบโตและส่งเสริมกิจกรรมต่างๆ ได้ดีขึ้น (ทิพวรรณ, 2547) การทดแทนปุ๋ยหมักด้วยกากกาแฟในปริมาณน้อยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ เนื่องจากกากกาแฟมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Oregon State University, n.d.) แต่การใช้กากกาแฟในปริมาณมากขึ้น ได้แก่ วัสดุผสมระหว่างขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก : กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:10:10 หรือ 40:40:5:10 ทำให้มะเขือเทศมีการเจริญเติบโตน้อยลง และน้อยที่สุดเมื่อปลูกในวัสดุผสมระหว่างขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ: กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:20 (Table 3) แสดงว่าการใช้กากกาแฟเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกควรเลือกใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจึงจะสามารถนำมาทดแทนการใช้ปุ๋ยหมักได้

สรุปผล

1. การเพาะเมล็ดมะเขือเทศในพีทมอสและขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:20:5 ทำให้มีความงอกสูงที่สุดและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด (งอกเร็วที่สุด) และการเพาะเมล็ดมะเขือเทศในขุยมะพร้าว:กากกาแฟ อัตราส่วน 75:25 ทำให้มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ทั้งความสูงของต้น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก

2. วัสดุปลูกผสมขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 40:40:20 และขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ปุ๋ยหมัก:กากกาแฟ อัตราส่วน 40:40:15:5 ช่วยทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด

3. การใช้กากกาแฟเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกควรเลือกใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถนำมาทดแทนการใช้ปุ๋ยหมักได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนกากกาแฟมาใช้ในการทดลอง

Table 3 Plant height, leaf number, stem diameter, fresh and dry weights of shoot and root of 56-days tomato plants

Growing medium	Plant height (cm)	Leaf number	Stem diameter (mm)	Fresh weight		Dry weight	
				Shoot	Root	Shoot	Root
Coir : Husk chips : Compost (40:40:20)	63.04 a	14.20 a	7.52 a	131.28 a	16.28 a	17.62 a	1.94 a
Coir : Husk chips : Compost : Coffee ground (40:40:15:5)	66.00 a	14.20 a	7.32 ab	132.66 a	15.94 a	17.92 a	1.92 a
Coir : Husk chips : Compost : Coffee ground (40:40:10:10)	49.20 b	13.00 a	6.54 b	83.12b	7.94 b	12.04 b	1.00 b
Coir : Husk chips : Compost : Coffee ground (40:40:5:15)	28.20 c	9.80 b	4.16 c	25.14c	2.18 c	3.76 c	0.40 c
Coir : Husk chips : Coffee ground (40:40:20)	16.70 d	6.80 c	2.80 d	5.66c	0.68 c	1.92 c	0.20 c
F-test	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	16.63	13.52	12.18	20.38	21.73	21.28	22.34

Means within the same column and factor followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level

เอกสารอ้างอิง

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547, ปุ๋ยหมัก ดินหมักและปุ๋ยหมักชีวภาพ, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 72 หน้า.

อานัฐ ตันโช, 2551, เกษตรธรรมชาติประยุกต์:หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี, 380 หน้า.

Geissman, T.A., Corcoran, M.R. and Phinney, B.O., 1971, Tannins as Gibberellin Antagonists, Plant Physiology, 49: 323-330.

Linda, C.S., 2009, Coffee Grounds will They Perk Up Plants [Online], Available: www.puyallup.wsu.edu/~Linda %20Chalker-Scott [February 12, 2014].

Mutukumar, G., Sivaramakrishnan, R. and Mahadevan, A., 1985, Effect of Tannins on Plants and on Their Productivity, Proceedings of the Indian National Science Academy, 51(2): 270-281.

Olszewski, N., Sun, T. and Gubler, F., 2002, Gibberellin Signaling: Biosynthesis, Catabolism, and Response Pathways, The Plant Cell, 14: 61-80.

Oregon State University, n.d., Coffee Grounds and Composting [Online], Available: http://extension.oregonstate.edu/ lane/gardens/volunteer [February 12, 2014].

Ramirez-Martinez, J.R., 2006, Phenolic Compounds in Coffee Pulp: Quantitative Determination by HPLC, Journal of the Science of Food and Agriculture, 43: 135-144.

ผลกระทบของน้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวันต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำโดยใช้โมดิฟรายด์เวย์โปรตีนเข้มข้น

Impact of Palm and Sunflower Oil on the Stability of Oil-in-water Emulsions with Modified Whey Protein Concentrate

วรชัย วงษ์วัชระโยธิน[1] ตรี อินดรารินี เวียยันโทโร[1] และ อภิรักษ์ เพียรมงคล[1]
Wongwatcharayothin, W.[1], Wirjantoro, T.I.[1] and Phianmongkhol, A.[1]

Abstract

This research was aimed to study the effects of (i) fat systems, including single system (palm olein oil (PO) and sunflower oil (SO)) and binary system of PO:SO (60:40 w/w) and (ii) their concentrations (10.0, 12.5, and 15.0% (w/w)) on oil-water emulsions stability. The emulsions were prepared by blending the fat at different concentrations with an aqueous solution that contained 0.3% w/w modified whey protein concentrate (MWPC) as an emulsifier. The results indicated that the emulsion contained SO at a concentration of 15.0% (w/w) possessed a similar creaming stability and fat destabilization as that of PO:SO at 15.0% (w/w) ($p>0.05$). The fat and its concentration played a significant role in partial coalescence of emulsion ($p\leq0.05$). The percentage of fat destabilization decreased with lower fat concentrations ($p\leq0.05$). PO, which had pH 6.57-6.60 and an average particle diameter 7.25-11.34 micron, provided a lower creaming stability than SO and PO:SO. The higher negative ζ-potential was related to the adsorption of MWPC molecules to the surfaces of fat droplets. All the prepared emulsions behaved as non-Newtonian shear-thinning fluids.

Keywords: emulsion stability, creaming stability, partial coalescence, fat types

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของ (i) ไขมัน ประกอบด้วยไขมันระบบเดียวได้แก่ น้ำมันปาล์มโอเลอิน (PO), น้ำมันดอกทานตะวัน (SO) และ ไขมันระบบผสม PO:SO (60:40 w/w) และ (ii) ระดับความเข้มข้น (10.0, 12.5, และ 15.0% (w/w)) ต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ อิมัลชันถูกเตรียมโดยไขมันที่มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ผสมกับสารละลายโมดิฟรายด์เวย์โปรตีนเข้มข้น (Modified whey protein concentrate; MWPC) 0.3% เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ผลการวิจัยพบว่าอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ระดับความเข้มข้น 15.0% (w/w) มีค่า creaming stability และ fat destabilization ที่คล้ายกันกับไขมันระบบผสม ที่ระดับความเข้มข้น 15.0% (w/w) ($p>0.05$) ชนิดของไขมันและระดับความเข้มข้นมีบทบาทสำคัญในการเกิด partial coalescence ของอิมัลชันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยร้อยละของค่า fat destabilization จะลดลง เมื่อระดับความเข้มข้นไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ซึ่งน้ำมันปาล์มโอเลอิน ให้ค่า pH 6.57-6.60 และอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 7.25-11.34 ไมครอน ให้ความคงตัวต่อการเกิดครีมต่ำกว่าน้ำมันดอกทานตะวัน และไขมันระบบผสม ศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับการดูดซับโมเลกุลของ MWPC ที่พื้นผิวของหยดไขมัน อิมัลชันทั้งหมดมีพฤติกรรมการไหลแบบ non-newtonian shear-thinning

คำสำคัญ: ความคงตัวของอิมัลชัน ความคงตัวต่อการเกิดครีม การรวมตัวกันบางส่วน ชนิดไขมัน

คำนำ

น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวโอเลอิค (mono-unsaturated oleic acid) 40% ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย กรดปาล์มมิติค (palmitic acid) 44% และกรดสเตรียริค (stearic acid) 5% ด้วยสัดส่วนดังกล่าว และมีวิตามินอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหลายประเภท (อัมพา, 2554) น้ำมันดอกทานตะวัน

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50100
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro – Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100 Thailand

สกัดได้จากเมล็ดทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประมาณ 85% ซึ่งเป็นกรดโอเลอิคเป็นส่วนใหญ่ สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ (Krauss และคณะ, 2000) มีไขมันอิ่มตัวประมาณ 15% (นิธิยา, 2548)

อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ(o/w emulsions) ประกอบด้วยหยดน้ำมันกระจายตัวเป็นดร๊อปเล็ท (droplets) ที่เป็นวัฏภาคกระจายตัวแทรก อยู่ในน้ำซึ่งเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (Walstra, 1996) ปกติแล้วอิมัลชันจะไม่ค่อยมีความคงตัวมากนัก จึงต้องอาศัยอิมัลซิไฟเออร์ เป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคเกิดการรวมตัว แต่ช่วยให้อนุภาคสามารถกระจายตัวและคงตัวอยู่ในตัวกลางได้ (นิธิยา, 2545) ไบโอโพลิเมอร์ เช่น โปรตีนมีความสามารถเป็น อิมัลซิไฟเออร์ ตามธรรมชาติ สามารถดูดซับที่บริเวณผิวสัมผัสร่วมระหว่างน้ำกับน้ำมัน (Rowe และคณะ, 2006) ช่วยลดแรงตึงผิวสัมผัส ป้องกันขัดขวางไม่ให้ดร็อปเล็ทรวมตัวกัน จึงทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น (St. Angelo, 1989) โมดิฟรายด์เวย์โปรตีนเข้มข้น (MWPC) มีอัตราส่วนของฟอสโฟลิพิดและโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าเวย์โปรตีนที่ผลิตโดยทั่วไป (Surh และ McClements, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาชนิดไขมันและระดับความเข้มข้นต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง MWPC จาก Segall และ Goff (1999) และ Surh และ McClements (2006) โดยละลาย MWPC ที่ระดับความเข้มข้น 0.3%(w/w) ด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 45$\pm$2°C กวนผสมให้ผงเวย์โปรตีนละลายและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นผสมสารละลายเวย์โปรตีนกับไขมัน โดยการทดลองนี้ใช้ไขมันประกอบด้วยไขมันระบบเดียวได้แก่ น้ำมันปาล์มโอเลอิน (PO) น้ำมันดอกทานตะวัน (SO) และ ไขมันระบบผสม PO:SO (60:40 w/w) และแปรผันระดับความเข้มข้น (10.0, 12.5, และ 15.0 % (w/w)) ที่อุณหภูมิ 60$\pm$2°C ปั่นผสมโดยใช้ high-speed blender (MX-795N, National, Malaysia) เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80$\pm$2°C เป็นเวลา 2 นาที ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4°C นำอิมัลชันที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2000), creaming index (Surh และ McClements, 2006), fat destabilization (Segall และ Goff, 1999), ζ-potential, average size diameter (ดัดแปลงจาก Surh และ McClements, 2006) และสมบัติทางรีโอโลยี (Singh และคณะ, 2003)

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in randomized complete block design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของไขมันและระดับความเข้มข้นต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยมี MWPC 0.3% (w/w) ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ แสดงดัง Table 1 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของทุกตัวอย่างอยู่ระหว่าง 6.57 ถึง 6.78 มีค่าสูงกว่า 4.5 ซึ่งเป็นค่า pI ของเวย์โปรตีนบนผิวอนุภาคน้ำมัน (Morr และ Foegeding, 1990) ชนิดของไขมันมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p \leq 0.05$) โดยไขมันระบบผสม PO:SO มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่าไขมันระบบเดียว น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันปาล์มโอเลอิน ตามลำดับ สำหรับระดับความเข้มข้นของไขมันไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ($p > 0.05$) สอดคล้องกับค่า ζ-potential เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง -46.83 ถึง -41.72 mV ความเป็นกรด-ด่างของอิมัลชันมีความสัมพันธ์กับค่า ζ-potential ซึ่งบ่งบอกถึงระดับความแรงของแรงผลักกันทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคน้ำมันเป็นที่สังเกตได้ว่าทุกตัวอย่างค่า ζ-potential แสดงค่าเป็นลบ เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าค่า pI ขึ้นอยู่กับหมู่อะมิโนและหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุล MWPC และหมู่ไฮดรอกซิลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นสารประกอบของฟอสโฟลิฟิด (นิธิยา, 2548) ค่า ζ-potential จากตัวอย่างระบบไขมันให้ประจุติดลบ โดยประจุอนุภาคมีความสำคัญต่อคุณสมบัติและความคงตัวของอิมัลชัน เกิดแรงผลักกันทางไฟฟ้าส่งผลต่อความคงตัว ความแรงและขนาดของประจุยิ่งมากยิ่งทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น (นิศรา, 2554)

อิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ระดับความเข้มข้น 15% ให้ค่าขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยน้อยที่สุด 4.07 ไมครอน ส่วนไขมันระบบผสมระหว่างน้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ระดับความเข้มข้น 10% ให้ค่าขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด 12.37 ไมครอน แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นมีผลต่อขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของไขมัน จะทำให้ขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอิมัลชันมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kristine และคณะ (2010) รายงานการเพิ่มระดับ

ความเข้มข้นน้ำมันปาล์มส่งผลต่อปริมาณ Solid fat index เพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการดูดซับโปรตีนลดลง เป็นสาเหตุทำให้ขนาดอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนั้นอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ระดับความเข้มข้น 15.0% (w/w) มีค่า creaming stability ที่น้อยและ fat destabilization ที่มาก แสดงถึงความคงตัวที่ดี เป็นผลจากระบบอิมัลชันมีขนาดเล็ก คล้ายกันกับไขมันระบบผสม ที่ระดับความเข้มข้น 15.0% (w/w) ($p>0.05$) ชนิดของไขมันและระดับความเข้มข้นมีบทบาทสำคัญในการเกิด partial coalescence ของอิมัลชันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยร้อยละของค่า fat destabilization จะลดลง เมื่อระดับความเข้มข้นไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ที่ระดับความเข้ม 10% อิมัลชันสามารถเกิดครีมได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลจากอนุภาคน้ำมันมีขนาดใหญ่ และเคลื่อนที่ได้เร็ว ทำให้เกิดการเกาะกลุ่ม (flocculation) และเกิดการรวมกัน (aggregation) ทำให้เกิดการแยกชั้น ส่งผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน (Onsaard และคณะ, 2006) อิมัลชันทั้งหมดมีพฤติกรรมการไหลแบบ non-Newtonian shear-thinning (ไม่แสดงข้อมูล) ชี้ให้เห็นถึง ระบบไขมันและระดับความเข้มข้นดังกล่าว มีสมบัติเป็นอิมัลชัน (Singh และคณะ, 2003)

Table 1 Stability properties of oil-water emulsions by fat systems and their concentrations.

Fat systems	Concentrations (% w/w)	pH	ζ-potential (mV)^{ns}	Average Size Diameter (μm)	Creaming Index (%)	Fat Destabilization (%)
PO	10.0	6.60^{c}±0.05	-44.02 ±2.96	7.25^{cd} ±1.31	85.85^{a} ±1.59	13.52^{a} ±3.70
	12.5	6.58^{c}±0.06	-43.37 ±3.69	11.34^{ab} ±3.70	80.38^{c} ±2.40	6.48^{c} ±2.18
	15.0	6.57^{c} ±0.04	-44.75 ±1.74	8.64^{bcd} ±1.72	82.26^{bc}±6.76	13.83^{a} ±6.83
SO	10.0	6.77^{a} ±0.04	-43.97 ±2.99	11.52^{ab} ±6.30	84.58^{ab}±0.78	9.56^{bc} ±1.86
	12.5	6.67^{b} ±0.04	-46.83 ±2.23	8.21^{cd} ±0.83	80.89^{c} ±0.97	12.66^{ab} ±2.22
	15.0	6.68^{b} ±0.03	-41.72 ±2.85	4.07^{f} ±0.81	76.18^{d} ±1.17	15.34^{a} ±5.10
PO:SO (60:40 w/w)	10.0	6.78^{a} ±0.03	-44.40 ±4.54	12.37^{a} ±3.63	85.84^{a} ±1.48	9.34^{bc} ±1.97
	12.5	6.72^{b} ±0.04	-45.01 ±3.96	6.37^{ef} ±1.09	84.36^{ab}±4.04	7.14^{c} ±1.64
	15.0	6.72^{b} ±0.04	-45.58 ±3.17	9.88^{abc}±2.77	77.12^{d} ±0.63	13.12^{a} ±1.02

Data was mean ± standard deviation from three replicate experiments.

$^{a-f}$ Different letters within a column indicated significantly different treatment at $p\leq0.05$.

^{ns} Not significantly different.

สรุปผล

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าชนิดและระดับความเข้มข้นของไขมัน มีบทบาทต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้ไขมันและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม สามารถเพิ่มสมบัติความคงตัวของอิมัลชันได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

นิศรา ฮะเจริญ, 2554, การเพิ่มความคงตัวต่อความร้อนในการแปรรูปและความคงตัวต่อความเย็นในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กะทิสเตอริไรส์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 316-318 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน, สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 133 หน้า.

อัมพา คำวงษา, 2554, เทคโนโลยีการปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ผลผลิตสูง, สำนักพิมพ์ นาคา อินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพฯ, 49-50 หน้า.

AOAC, 2000, Offical Methods of AOAC International, 17th ed, The Association of Official Analytical Chemists,Ins, USA.

Krauss, R.M., Eckel, R.H., Howard, B., Appel, L.J., Daniels, S.R., Deckelbaum, R.J., ... and Bazzarre, T.L., 2000, AHA Dietary Guidelines Revision 2000: A Statement for Healthcare Professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association, Circulation, 102(18): 2284-2299.

Morr, C.V. and Foegeding, E.A., 1990, Composition and Functionality of Commercial Whey and Milk Potein Concentrate and Isolate: A Status Report, Food Technology, 44: 100-112.

Onsaard, E., Vittayanont, M., Srigam, S. and McClements, D.J., 2006, Comparison of Properties of Oil-in-Water Emulsion Stabilized by Coconut Cream Protein with those Stabikized by Whey Protein Isolate, Food Research International, 39: 78-86.

Rowe, R.C., Sheskey, P.J. and Owen, S.C., 2006, Handbook of Pharmaceutical Excipients, 5th edition, Pharmaceutical Press and the American Pharmacists Association, London.

Segall, K.I. and Goff, H.D.,1999, Influence of Adsorbed Milk Protein Type and Surface Concentration on the Quiescent and Shear Stability of Butteroil Emulsion, International Dairy Journal, 9: 683-691.

Sing, H., Tamehana, M., Hemar, Y. and Munro, P.A., 2003, Interfacial Composion, Microstructure and Stability of Oil-in-Water Emulsion Formed with Mixture of Milk Proteins and k-Carrageenan: 2 Whey Protein Isolate (WPI), Food Hydrocolloids, 17: 549-561.

St.Angelo, A.L., 1989, A Brief Introduction to Food Emulsions and Emulsifiers, Food Emulsifiers Chemistry Technology, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1-8.

Sung, K.K. and Goff, H.D., 2010, Effect of Solid Fat Content on Structure in Ice Cream Containing Palm Kernel Oil and High Oleic Sunflower Oil, Journal of Food Science, 75: 274-279.

Surh, W.L.S. and McClements D.J., 2006, Ability of Conventional and Nutritionally-Modified Whey Protein Concentrates to Stabilize Oil-in-Water Emulsions, Food Research International, 39: 761–771.

Walstra, S., 1996, Dispersed Systems: Basic Considerations, Food Chemistry,3rd edition Fennema, O.R. Marcel Dekker. Inc., New York, 95.

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากยอในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

Efficiency of *Morinda citrifolia* Extracts on the Inhibition of Fungi

อารีย์ อินทร์นวล[1] และ กมลลักษณ์ คลังศิริ[1]

Innun, A.[1] and Klungsiri, K.[1]

Abstract

The aim of this experiment was to study the effect of *Morinda citrifolia* extracts for inhibition of 10 species fungi; *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger, Rhizopus* spp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monascus* sp., *Candida albicans*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Endomycopsis* sp. with the concentration of each strain for 1.2×10^8 CFU via Agar disc diffusion test, Agar well diffusion test and Minimal Inhibitory Concentration (MIC). In the study, parts of young leaves or fruit at, immature, mature and ripe storage of *Morinda citrifolia* were extracted using 3 solvents including distilled water, 95% ethanol and methanol at the ratio of 1:2, w/v. Then, the solvents were removed by rotary evaporation. The results of Agar disc diffusion test showed that all samples had no effect on the growth of all strains. Agar well test showed that the ripe fruit extracted with all solvents had stronger antifungal activity in all sp. than the immature and mature fruit extracts. The results of MIC showed that the ripe fruit extracted with all solvents had excellent antifungal activity in some strains when using more than 75 ml.

Keywords: antifungal activity, *Morinda citrifolia, Morinda citrifolia* extract, Noni

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยออ่อน ผลยออ่อน ผลยอแก่ และผลยอสุกต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger, Rhizopus* spp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monascus* sp., *Candida albicans, Candida utilis, Saccharomyces cerevisiae* และ *Endomycopsis* sp. ด้วยวิธี Agar disc diffusion test, Agar well diffusion test และ Minimal Inhibitory Concentration (MIC) ที่ระดับความเข้มข้นของเชื้อราเท่ากับ 1.2×10^8 CFU โดยนำส่วนต่างๆ ของยอมาสกัดด้วยน้ำ เมทานอล และ เอทานอล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยวิธีต่างๆ จากผลการทดสอบ Agar disc diffusion test พบว่า สารสกัดจากยอทุกตัวอย่างไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้ง การเจริญของเชื้อราทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ ส่วนผลการทดสอบ Agar well diffusion test พบว่าสารสกัดผลยอสุกด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด แสดงผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 10 สายพันธุ์ได้ดีกว่าสารสกัดจากผลยออ่อนและ ผลยอแก่อย่างมีนัยสำคัญ และผลการทดลอง MIC แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากผลยอสุกที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบางสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ปริมาตรตั้งแต่ 75 ไมโครลิตรขึ้นไป

คำสำคัญ: กิจกรรมการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ยอ สารสกัดจากยอ โนนิ

คำนำ

ยอ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Morinda citrifolia* ชื่อสามัญเรียกว่า Indian Mulberry อยู่ในตระกูล Rubiaceae ลักษณะทั่วไปของยอ ยอเป็นไม้ต้นสูงประมาณ 2-6 เมตร เปลือกของลำต้นมีสีน้ำตาล แตกเป็นสะเก็ดแล้วหลุดออก กิ่งอ่อนเป็นสี่เหลี่ยม ใบเป็นใบเดี่ยวออกตรงข้าม รูปรี กว้างประมาณ 8-15 เซนติเมตร (ซม.) ยาวประมาณ 10-20 ซม. ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบ สีเขียวเข้มเป็นมัน ดอกออกเป็นช่อกลมตามซอกใบ ดอกมีสีขาว กลีบดอกโคนเชื่อมติดกัน ปลายแยกเป็น 5 แฉก มีกลิ่นหอม ผลเป็นผลรวมผิวขรุขระเป็นตุ่ม ผลสุกมีกลิ่นเอียน เมล็ดสีน้ำตาลมีหลายเม็ด สรรพคุณของยอ ใบยอมีวิตามินเอ 40000 ยูนิตสากลต่อ 100 กรัม และมีสารสำคัญที่พบมากในผลยอได้แก่ Asperuloside, Caproic acid, Caprylic acid, Glucose และ Proxeronine ที่ช่วยในการป้องกันการอักเสบ ปวด บวม Scopoletin มีฤทธิ์ไปช่วยขยายตัวของหลอดเลือด และเสริมฤทธิ์กับ Serotonin ในการควบคุมการหดและขยายตัวของหลอดเลือด Antioxidants มีผลเสริม

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Microbiology, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

ฤทธิ์กันในการขจัดอนุมูลอิสระได้ (นพพล, 2556) ปัจจุบันมีการนำลูกยอมาใช้ในทางการแพทย์ทางเลือกกันอย่างแพร่หลายในการรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคติดสุรา แผลพุพอง มะเร็ง โรคเส้นโลหิตหล่อเลี้ยงหัวใจ อาการแพ้สารเคมี โรคอ่อนเพลียเรื้อรัง โรคเบาหวาน โรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร (ทัศนีย์, 2548) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการนำยอมาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ดังนั้นในการทดลองจึงได้ใช้ส่วนประกอบของยอ ได้แก่ ใบยออ่อน ผลยออ่อน ผลยอแก่ และผลยอสุก มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธีการต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลอง ใบยออ่อน ใช้ใบลำดับที่ 3-5 จากยอด ส่วนผลยออ่อน เลือกผลที่มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-4 ซม. ผิวสีเขียวเข้ม เนื้อแข็ง ผลยอแก่ เลือกผลมีขนาดใหญ่กว่า 4 ซม. ผิวมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อแข็ง และ ผลยอสุก เลือกผลที่มีสีเหลืองอมขาวนวล เนื้ออ่อนนุ่ม มีกลิ่นฉุนรุนแรง ซึ่งตัวอย่างยอทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองเก็บมาจากสวนในเขตพื้นที่ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม ในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนมกราคมจากนั้นนำส่วนต่างๆ ของยอมาทำความสะอาดด้วยการแช่ในเอทานอล ร้อยละ 70 เป็นเวลานาน 10 นาที แล้วนำมาสับเป็นชิ้น และทำให้ละเอียดด้วยการปั่น ต่อจาก นั้นนำมาสกัดด้วยตัวทำละลาย ต่างๆกัน ประกอบไปด้วย น้ำกลั่น เอทานอล ร้อยละ 95 และเมทานอล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และนำมาเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนมาทำการตกตะกอนโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง ที่อัตราเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำเฉพาะส่วนใสไปทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อัตราเร็ว 35 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (°C) สำหรับน้ำกลั่น และ 45°C สำหรับ เอทานอล และเมทานอล จนกระทั่งอัตราการระเหยเป็นศูนย์ (ปริมาตรของสารคงที่) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้จากการระเหยเก็บในขวดปิดสนิทและเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C รอการนำมาใช้

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ ดำเนินการโดย นำเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ ได้แก่ *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus* spp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monascus* sp., *Candida albicans*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* และ *Endomycopsis* sp. อายุ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 6×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร มาทำการ spread ลงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) รอให้แห้งแล้วนำจานอาหารมาทดสอบโดยวิธี Agar disc diffusion test และ Agar well diffusion test

Agar disc diffusion test ดำเนินการโดยนำสารสกัดจากส่วนประกอบของยอตัวอย่างละ 10 ไมโครลิตร ปล่อยลงบนกระดาษตาปลาที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ซึ่งวางลงบนผิวหน้าอาหาร ที่ผ่านการ spread เชื้อราไว้แล้ว บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลการทดลองโดยการวัด inhibition zone ที่เกิดขึ้นรอบกระดาษและใช้ Streptomycin และ Penicillin ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น Positive control

Agar well diffusion test ดำเนินการโดยแบ่งจานอาหารที่ผ่านการ spread เชื้อราไว้แล้วเป็น 6 ส่วนและเจาะรูบริเวณกึ่งกลางของแต่ละส่วนด้วย Cork borer เบอร์ 4 จากนั้นทำการหยดสารสกัดจากส่วนประกอบของยอปริมาตร 50, 100, 150 และ 200 ไมโครลิตร ลงในบริเวณที่เจาะไว้ โดยจะใช้ Streptomycin และ Penicillin เป็น Positive control

การทดสอบหาระดับปริมาตรของสารต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อรา (Minimal inhibition concentration; MIC) ดำเนินการโดย นำเชื้อราความเข้มข้น 6×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ใส่ลงใน micro tube จากนั้นเติมสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของยอและอาหาร Potato dextrose broth (PDB) ปริมาตรดังแสดงใน Table 1 แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2°C นาน 48 ชั่วโมง และนำสารผสมแต่ละหลอดมาทำการหยดลงบนผิวหน้าอาหาร PDA โดยใช้หลอดละ 3 หยด แต่ละหยดมีปริมาตร 5 ไมโครลิตร ตรวจผลโดยการนับจำนวนโคโลนีที่เจริญขึ้นมา และรายงานผลเป็น CFU ต่อ 15 ไมโครลิตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจาก Agar disc diffusion test พบว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของยอทั้ง 4 ส่วน ด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ไม่แสดงผลการยังยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 10 สายพันธุ์ เนื่องจากปริมาตรของสารสกัดจากยอ 10 ไมโครลิตร ไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 10 สายพันธุ์ (ไม่แสดงผลการทดลอง) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jainkittivong และคณะ (2009) ซึ่งรายงานว่าสารสกัดจากผลยอไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. albicans* ได้เมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำแต่จะแสดงการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้เมื่อใช้ปริมาตรสารสกัดมากกว่า 50 mg/ml ขึ้นไปด้วยระยะเวลาสัมผัสเชื้อนาน 30 นาที

ผลจาก Agar well diffusion test พบว่าสารสกัดจากใบยออ่อนและผลยออ่อน ด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ไม่มีฤทธิ์ในการยังยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 10 สายพันธุ์ (ไม่แสดงผลการทดลอง) ส่วนสารสกัดจากผลยอแก่และผลยอสุกด้วยตัวทำละลาย

น้ำสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. oryzae*, *Penicillum* sp., *C. albicans*, *C. utilis* และ *Endomycopsis* sp. ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ปริมาตรของสารสกัดตั้งแต่ 100 ไมโครลิตร ขึ้นไป และเมื่อเพิ่มปริมาตรของสารมากขึ้น จะพบว่า Inhibition zone มีขนาดกว้างขึ้น ยกเว้นสารสกัดจากผลยอแก่ไม่แสดงฤทธิ์การยับยั้ง *A. oryzae* ส่วนสารสกัดจากผลยอด้วยตัวทำละลายเมทานอล พบว่า สารสกัดจากผลยอแก่และผลยอสุกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A.oryzae*, ผลยอแก่, สุก ไม่ยับยั้ง *Penicilium* และ ผลยอสุกยับยั้ง *C. albican* และ *C. utilis* ในขณะที่สารสกัดจากยอด้วยตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 95 พบว่าสารสกัดจากผลยอสุกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. albicans* และ *C.utilis* โดยจะแสดงการยับยั้งการเจริญของเชื้อที่ปริมาตรของสารสกัดตั้งแต่ 50 ไมโครลิตรขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตามไม่พบผลการยับยั้งในสารสกัดจากผลยอแก่ ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Volume of fungi, sample extracts and PDB which were mixed in micro tube for MIC test.

Sample (µl)	Control (C)	Test 75 (T75)	Test 150 (T150)	Test 300 (T300)
Fungi	25	25	25	25
Sample	0	75	150	300
PDB	375	300	225	75
Total volume	400	400	400	400

Table 2 Results of Agar well diffusion test

Type of Fungi	Type of solvents	Volume of extract (ul)	Inhibition zone (cm.) (Mean ± S.D.) Type of Noni		Type of Fungi	Type of solvents	Volume of extract (ul)	Inhibition zone (cm.) (Mean ± S.D.) Type of Noni	
			mature	ripe				mature	ripe
A. oryzae		50		0.15 ± 0.21	*A. oryzae*		50	0.00±0.00	0.00±0.00
		100	ND	0.25 ± 0.35			100	1.00 ± 0.01	0.95 ± 0.07
		150		0.500 ± 0.09			150	1.50 ± 0.50	1.50 ± 0.25
		200		0.70 ± 0.08			200	1.70 ± 0.60	1.70 ± 0.50
Penicillium		50	0.00±0.00	0.00 ± 0.00	*Penicillium*		50		
		100	0.45 ± 0.30	0.25 ± 0.35			100	ND	ND
	distilled water (DW)	150	0.50 ± 0.00	0.45 ± 0.07		methanol	150		
		200	0.90 ± 0.00	0.80 ± 0.14			200		
C. albicans		50	0.00±0.00	0.00 ± 0.00	*C. albicans*		50		0.85 ± 1.20
		100	1.05 ± 0.3	1.15 ± 0.21			100	ND	1.05 ± 0.48
		150	1.40 ± 0.14	1.25 ± 0.07			150		1.10 ± 0.00
		200	2.15 ± 0.07	1.95 ± 0.21			200		1.30 ± 0.80
Endomycopsis		50	0.00±0.00	0.00 ± 0.00	*C.utilis*		50		0.15 ± 0.21
		100	0.20 ± 0.10	0.75 ± 0.35			100	ND	0.60 ± 0.12
		150	1.00 ± 0.00	0.95 ± 0.07			150		0.57 ± 0.40
		200	1.35 ± 0.07	1.30 ± 0.14			200		1.00 ± 0.07
C. albicans		50		0.25 ± 0.05					
		100	ND	0.60 ± 0.40					
	ethanol	150		0.95 ± 0.51					
		200		1.26 ± 0.75					
C.utilis		50		0.60 ± 0.04					
		100	ND	1.27 ± 0.90					
		150		1.50 ± 0.65					
		200		1.25 ± 0.78					

จากผลการทดลองของ Agar well test ข้างต้นจึงคัดเลือกเฉพาะตัวอย่างที่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรามาทำการทดสอบหาระดับปริมาตรต่ำสุดที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราพบว่า สารสกัดจากผลยอแก่ และผลยอสุกด้วยน้ำแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. oryzae*, *Penicillium* sp. *C albicans* และ *Endomycopsis* sp. เมื่อใช้ปริมาตรตั้งแต่ 75 ไมโครลิตรขึ้นไป และด้วยปริมาตรเท่ากันสารสกัดจากผลยอสุกด้วย เมทานอลแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. oryzae*, *C. albicans* และ *C.utilis* เช่นเดียวกับสารสกัดจากผลยอสุกด้วยเอทานอล แสดงฤทธิ์ต่อเชื้อ *C. albicans* และ *C.utilis* ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ปริมาตรตั้งแต่ 75 ไมโครลิตรขึ้นไป ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Results of Minimal inhibition concentration; MIC

Type of Fungi	Type of solvent	Type of Noni	Colony (CFU/ 15 ul)				Type of Fungi	Type of solvent	Type of Noni	Colony (CFU/ 15 ul)			
			C	T 75	T 150	T 300				C	T 75	T 150	T 300
A. oryzae	DW	ripe	> 300	2	0	0	*A. oryzae*	methanol	mature ripe	> 300	1 0	0 0	0 0
Penicillium	DW	mature ripe	> 300 > 300	0 0	0 0	0 0	*C. albicans*	methanol	ripe	> 300	0	0	0
C. albicans	DW	mature ripe	> 300 > 300	13 45	0 0	0 0	*C. utilis*	methanol	ripe	> 300	0	0	0
C. utilis	DW	mature ripe	> 300 > 300	> 300 > 300	24 > 300	20 3	*C. albicans*	ethanol	ripe	> 300	0	0	0
Endomycopsis	DW	mature ripe	> 300 > 300	10 0	0 0	0 0	*C. utilis*	ethanol	ripe	> 300	1	0	0

งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการเตรียมสารสกัดจากยอและปริมาณสารสกัดมีผลต่อการออกฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ (Banerjee และคณะ, 2006; Jayaraman และคณะ, 2008; Jainkittivong และคณะ, 2009) ซึ่งทุกงานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าสารสกัดจากยอจะออกฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์เมื่อใช้ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยน้อยมากที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสารสำคัญในยอที่เป็นเหตุในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์โดยส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญไปที่สารประกอบฟีนอลซึ่งได้แก่ L-asperuloside, alizarin, scopoletin และ anthraquinones (Jainkittivong และคณะ, 2009) เป็นต้น

Banerjee และคณะ (2006) รายงานว่าสารสกัดจากยอสามารถยับยั้งการเจริญของ *C. albicans* ได้โดยการเข้าไปรบกวนกระบวนการพัฒนารูปร่างจากเซลล์เดี่ยวไปเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จึงทำให้ *C. albicans* ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่อย่างไรก็ตามกลไกทำงานของสารสกัดจากยอในการเข้าทำลายหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์นั้นยังไม่เป็นที่ประจักษ์ ซึ่งในแผนงานวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นไปที่กลไกการทำงาน และสารออกฤทธิ์ที่ทำให้ผลยอสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้

สรุปผล

สารสกัดจากผลยอโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลยอสุกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้บางสายพันธุ์ เช่น *A. oryzae, C. albicans* และ *C. utilis* เมื่อใช้ปริมาตรสารสกัดตั้งแต่ 75 ไมโครลิตรขึ้นไป ดังนั้นผลการทดลองในครั้งนี้จึงสนับสนุนการนำยอไปใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ หรือในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะยอจัดเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่ราคาถูก หาได้ง่าย และมีสรรพคุณอื่นๆ อีกมากมาย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ ปัญจานนท์, กันทิมา ซูแสง และ ธีรกุล อาภรณ์สุวรรณ, 2548, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากผลยอ, วารสารสมุนไพร, 12(1): 19-29.

นพพล เกตุประสาท, ยอบ้าน, ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง [สืบค้น], http://clgc.rdi.ku.ac.th/index.php/herb/381-morinda [23/ November/ 2556].

Aree, J., Tassanee, B.and Robert, P.L., 2009, Antifungal activity of *Morinda Citrifolia* Fruit Extract against *Candida albicans*,

Banerjee, S., Johnson, A.D., Csiszar, K., Wansley, D.L.and McGeady, P., 2006, An Extract of *Morinda citrifolia* Interfers with the Serum-Induced Formation of Filamentous Structures in *Candida albicans* and Inhibits Germination of *Aspergillus nidulans*, The American Journal of Chinese Medicine, 34: 503-509.

Jayaraman, S.K., Manoharan, M.S. and Illanchezian, S., 2008, Antibacterial, Antifungal and Tumor Cell Suppression Potential of *Morinda citrifolia* Fruit Extracts International Journal of Integrative Biology, 3: 44-49.

Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 108: 394-398.

การศึกษาสมบัติต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจากสารสกัดพริก

Lipase Inhibitory Activity from Different Chili Pepper Extracts

ธารีรัตน์ วัชรชัยโสภณสิริ[1] พุทธชา สอนจันทร์[1] สมศรี เจริญเกียรติกุล[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]
Watcharachaisoponsiri, T.[1], Sornchan, P.[1], Charoenkiatkul, S.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

The purpose of this experiment is to compare lipase inhibitory activities of different chili peppers, including 'Yellow pepper', 'Bird chili', 'Green pepper', 'Cayenne Pepper', 'Red Chinda pepper', 'Green Chinda pepper', 'Young pepper', 'Chili Spur pepper' and 'Sweet pepper'. All chili peppers were extracted by 70% (v/v) aqueous ethanol with shaking in a water bath at 60 °C and determined their anti-lipase activities by high throughput colorimetric couple assay using a 96-well microplate reader. The inhibition of chili extracts was dose-dependent, in which the inhibition was elevated as increasing concentration of chili pepper extract. Green Chinda pepper exhibited the highest anti-lipase activity (53-54% inhibition), while Red Chinda pepper exhibited the lowest (21-22% inhibition). All green (immature) chili peppers ended to exhibit higher percentage of inhibition than those of red (mature) chili peppers. These results suggested that the anti-lipase agents could be found mostly in green chili peppers. The anti-lipase agents might undergo chemical structural changes during the fruit maturity, which in turn affect the anti-lipase property.

Keywords: chili pepper, obesity, lipase inhibition

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือ การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสของพริกต่างชนิด ได้แก่ พริกเหลือง พริกกะเหรี่ยง พริกหยวก พริกขี้หนูสีแดง พริกจินดาแดง พริกจินดาเขียว พริกหนุ่ม พริกชี้ฟ้าขนาดเล็ก และพริกหวาน ซึ่งตัวอย่างพริกทั้งหมดถูกสกัดด้วยสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร ร่วมกับการเขย่าในน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส และตรวจสอบฤทธิ์ต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปส โดยวิธี colorimetric couple ในเครื่องอ่าน microplate การยับยั้งเอนไซม์ของสารสกัดพริกขึ้นอยู่กับความเข้มข้น โดยการยับยั้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดพริกเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ สารสกัดจากพริกจินดาเขียวสามารถต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสได้สูงที่สุด (ร้อยละ 53-54) ในขณะที่พริกจินดาแดงมีค่าต่ำที่สุด (ร้อยละ 21-22) โดยพริกสีเขียว (ผลอ่อน) ทั้งหมดมีแนวโน้มการต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสมากกว่าพริกสีแดง (ผลแก่) ซึ่งผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสสามารถพบได้มากในพริกสีเขียว โดยสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารเคมีระหว่างการเจริญเติบโตของผลพริกซึ่งส่งผลต่อสมบัติต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปส

คำสำคัญ: พริก โรคอ้วน การยับยั้งเอนไซม์ไลเปส

Introduction

Obesity is a major risk factor of chronic diseases such as diabetes, cardiovascular disease and cancer, which led to deaths of more than 10% of the global population (WHO, 2008). Medicinal treatment of obesity involves control of lipid degradation *via* inhibition of the key enzyme, lipase. This enzyme hydrolyzes triglyceride into glycerol and free fatty acids, which subsequently stored in adipose tissue. Over-consumption of oily/fatty foods could thus lead to obesity. Therefore, inhibition of lipase could decrease rate of fat absorption and also control obesity. Currently, the only commercially available obesity drug, orlistat, the competitive lipase inhibitor, has several side effects including depressive symptom, increased blood pressure,

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
[1] Institution of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd.,Salaya, Phutthamonthon, NakhonPathom 73170

increased defecation, fatty oils evacuation, oily spotting and decreased endogenous vitamin level (Kiortsis *et al*., 2008; Harp, 1998). Thus, natural products that possess similar biological property against lipase with no/less side effect are of public interest.

Chili peppers have been studied regarding health promotions on obesity, diabetes, cancer and atherosclerosis. Chili peppers in Thailand can be consumed in both mature and immature forms. The maturity of chili peppers can be indicated by fruit colors. For examples, mature chili peppers could be found in red, orange and yellow, while green chili peppers indicated unripening stage. Various fruit colors of chili peppers are depended on their chemical compositions (i.e., pigmented bioactive compounds), which could be changed during different maturity stage (Materska and Perucka, 2014). Some of these bioactive compounds were previously reported as anti-lipase agents (Yun, 2010). Nevertheless, there is no information regarding the comparison of anti-lipase activities on different varieties of chili pepper and their maturity stages. Therefore, the purpose of this experiment is to investigate and compare lipase inhibitory activities of different types and maturity stages of chili peppers, including Yellow pepper, Bird chili, Green pepper, Cayenne Pepper, Red Chinda pepper, Green Chinda pepper, Young pepper, Chili Spur pepper and Sweet pepper.

Materials and Methods

Chili peppers including Yellow pepper, Bird chili, Green pepper, Cayenne Pepper, Red Chinda pepper, Green Chinda pepper, Young pepper, Chili Spur pepper and Sweet pepper were purchased from local market in Phutthamonthon, Nakhon Pathom, Thailand. All chili peppers were cleaned, chopped and freeze-dried before being ground by a grinder and stored at -20°C. Each sample (0.2 g dry weight) was then resuspended in 70% (v/v) aqueous ethanol (8 mL) and vortexed for 5 min. The mixture was sonicated for 10 min and continued shaking in a water bath at 60°C for 1 hour. The sample was then centrifuged at 4,600 rpm for another 10 min. The supernatant were collected and stored at 20 °C for further analysis.

The lipase inhibitory activity was determined by a colorimetric microplate assay. The enzyme reaction consisted of *Candida rugosa* lipase (1 µg), 2,3-dimercapto-1-propanol tributyrate (DMPTB, 0.05 mM), 5,5'-dithiobis (2-nitro benzoic acid) (DTNB, 0.8 mM) and chili pepper extracted (5 mg/mL). The enzyme reaction was monitored at 412 nm using a microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) with a Gen5 data analysis software. The percentage of lipase inhibition was calculated by the equation; %Inhibition = $100 \times (1 - ((B-b)/(A-a)))$, where, A is initial velocity of control reaction with lipase, a is an initial velocity of control reaction without lipase, B is initial velocity of the enzyme reaction with extract and b is an initial velocity of the reaction with extract but without enzyme. The inhibitory activity was expressed as mean ± standard deviation (SD). The significance of difference was at $p<0.05$ using one way analysis of variance (ANOVA) and Turkey's multiple comparison tests.

Results

The lipase inhibitory activities of Yellow pepper, Bird chili, Green pepper, Cayenne Pepper, Red Chinda pepper, Green Chinda pepper, Young pepper, Chili Spur pepper and Sweet pepper indicated that all chili peppers could inactivate lipase with different degrees of inhibition (Figure 1). Green Chinda pepper exhibited the highest anti-lipase activity (54% inhibition), followed by those under the group with high inhibitory activities, including Green pepper (50%), Bird chili (43%) and Yellow pepper (37%), respectively. Cayenne pepper, Young pepper and Sweet pepper were in the middle range of inhibitory activity with 31-33% inhibition. On the other hand, Chili Spur pepper and Red Chinda pepper were in the group of low inhibitory activities (22-24% inhibition). The inhibition was found to be dose-dependent, in which the inhibition was elevated as increasing concentration of chili pepper extract (Figure 2). The relationship of inhibitory efficacy and extract

concentration was in a linear relation under low concentration of extract. However, when the extract concentration was continuingly increasing, slower rate of increased inhibition was observed and eventually reached its maximum at 100% inhibition. After this optimal point, the inhibition became plateau regardless of increased extract concentration.

Discussion

The results showed that all chili peppers with green (immature) fruit color (Green Chinda pepper, Green pepper and Young pepper) tended to exhibit higher percentage of inhibition than those of red (mature) chili peppers (Cayenne pepper, Sweet pepper, Chili Spur pepper and Red Chinda pepper). These results could possibly suggest that the anti-lipase agents can be found mostly in green chili peppers. Green chili peppers were found to contain higher quantity of phytochemicals (such as polyphenols, quercetin, luteolin and apigenin) than red (mature) chili peppers (Materaka and Perucka, 2005). Besides, it was found that the bioactive compounds such as myricetin, quercetin and luteolin, which found in higher quantity in green chili peppers than in the red ones, could inactivate lipase *in vitro*. Myricetin could inhibit lipase with an IC_{50} of 0.276 mM (Kobayashi *et al*., 2008). Quercetin and luteolin at the concentration of 25 μg/mL exhibited approx. 27 and 17% inhibition against lipase (Zheng *et al*., 2010).

The percentage of inhibition was in an extract dose-dependent manner. As predicted, the increase in percentage of inhibition was correlated with elevated concentration of chili extract, suggesting a linear relationship. However, the increase in inhibition became slow after a certain concentration of chili extract, indicating a non-linear relationship. This observation suggested that the enzyme became a limiting factor, such that all enzyme molecules in the reaction were occupied, and inhibitors (chili pepper extracts) were in excess. Therefore, the inhibition would not be increased even though more extracts were added into the reaction.

Summary

Green (immature) chili peppers exhibited higher inhibitory activity than red (mature) chili peppers. Besides, the lipase inhibition was found to be chili pepper dose-dependent. This research could be useful for development of future nutraceuticals or functional foods with biological property against lipase, the key enzyme that controls obesity.

Literature Cited

Harp, J.B.,1998, An Assessment of the Efficacy and Safety of Orlistat for the Long-Term Management of Obesity, The Journal of Nutritional Biochemistry, 9: 516-521.

Kiortsis, D.N., Tsouli, S., Filippatos, T.D., Konitsiotis, S. and Elisaf, M.S., 2008, Effects of Sibutramine and Orlistat on Mood in Obese and Overweight Subjects: A Randomised Study, Nutrition, Metabolism and Cardiovasculas Diseases, 18: 207-210.

Kobayashi, K. Ihara, S. Kobata, A. Itoh, K. Kusunoki, N. and Yoshizaki, F., 2008, Inhibitory Effect of Myrica Bark on Lipase Activity in Mouse Plasma and Gastrointestinal Tract, Journal of Medicinal Food, 11(2): 289-293.

Materska, M. and Perucka, I., 2005, Antioxidant Activity of the Main Phenoliccompounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1750–1756.

WHO, 2014. Obesity and overweight. [online], Available: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/ [July 6, 2014]

Yun, J.W., 2010, Possible Anti-Obesity Therapeutics from Nature – A review, Phytochemistry, 71: 1625-1641

Zheng, C.D., Duan, Y.Q., Gao, J.M. and Ruan, Z.G.,2010, Screening for Anti-Lipase Properties of 37 Traditional Chinese Medicinal Herbs. Journal of the Chinese Medical Association, 73(6): 319-24.

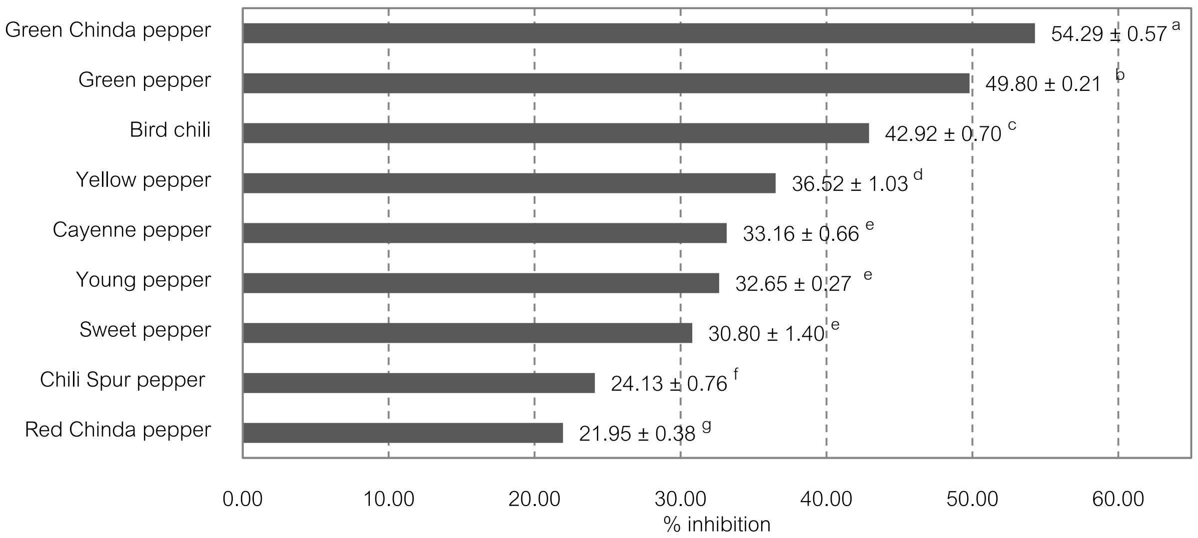


Figure 1 Lipase inhibitory activity of different chilli peppers (5 mg/mL) including 'Yellow pepper', 'Bird chili', 'Green pepper', 'Cayenne Pepper', 'Red Chinda pepper', 'Green Chinda pepper', 'Young pepper', 'Chili Spur pepper' and 'Sweet pepper'. The different letters showed the significantly difference at *p* value < 0.05 using one-way ANOVA and Turkey's multiple comparison tests.

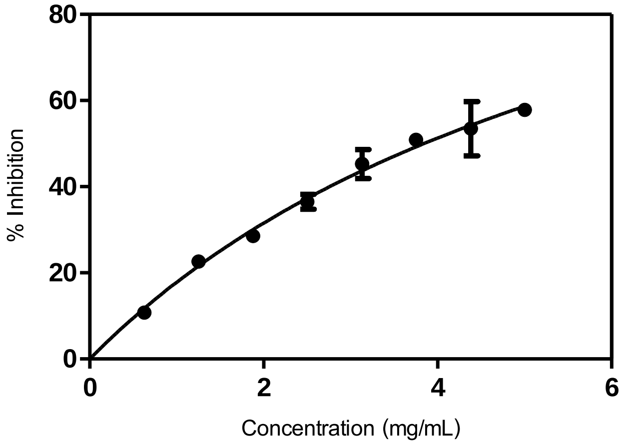


Figure 2 The non-linear, dose-dependent relationship of inhibitory percentage and concentration of chili pepper extract (in this case, Green Chinda pepper was used as an example).

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของสารสกัดจากพริกหลากชนิด

Antioxidant Activities and Total Phenolic Contents from Different Varieties of Chili Peppers Extracts

ณัฏฐ์ชยธร นันทกรสุตนันท์[1] ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา[1] กัณฐมณี ทู้ไพเราะ[1] สมศรี เจริญเกียรติกุล[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Nantakornsuttanan, N.[1], Phanyotha, T.[1], Thuphairo, K.[1], Charoenkiatkul, S.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Chili pepper is widely consumed as garnishing and flavoring ingredient in many dishes in Thailand. Chili pepper is also a good source of bioactive compounds with antioxidant properties, which can subsequently reduce the risk of various oxidative stress related diseases. The aim of this experiment was to investigate the antioxidant activities and total phenolic contents (TPCs) of local Thai chili peppers including Yellow pepper, Bird pepper, Green pepper, Cayenne Pepper, Jinda-green pepper, Jinda-red pepper, Young pepper and Chili Spur pepper. The antioxidant activities were evaluated using 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay, while TPCs were determined using Folin–Ciocalteu assay. As results, Young pepper and Bird pepper extracts exhibited the highest antioxidant activities (DPPH values of 12.881-14.915 μM TE/g, FRAP values of 78.773-79.152 μM TE/g and ORAC values of 451.970-464.843 umole Trolox/g) and TPCs (8.965-11.062 μM TE/g), while Jinda green pepper extract exhibited the lowest (DPPH values of 7.705 μM TE/g, FRAP values of 38.097 μM TE/g, ORAC values of 282.174 umole Trolox/g and TPCs of 4.819 μM TE/g). These results suggested that most chili peppers contain high antioxidants and TPCs with the ability to scavenge and eliminate free radicals to fight against oxidative stress related environments.

Keywords: chilli pepper, antioxidant activity, total phenolic contents

บทคัดย่อ

พริกเป็นสมุนไพรที่มีการนำมาบริโภคอย่างกว้างขวาง นิยมใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งอาหารและส่วนผสมในอาหารหลากหลายชนิดในประเทศไทย นอกจากนี้พริกยังเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระซึ่งสามารถลดความเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวข้องกับสภาวะเครียดออกซิเดชันได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการทดลองครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม (TPCs) ของพริกท้องถิ่นในไทย ได้แก่ พริกเหลือง พริกกะเหรี่ยง พริกหยวก พริกขี้หนูแดง พริกจินดาเขียว พริกจินดาแดง พริกหนุ่ม และพริกชี้ฟ้า โดยทำการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay และ oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมจะประเมินด้วยวิธี Folin–Ciocalteu assay ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากพริกหนุ่มและพริกกะเหรี่ยงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH มีค่าเท่ากับ 12.881-14.915 μM TE/g, FRAP มีค่าเท่ากับ 78.773-79.152 μM TE/g และ ORAC มีค่าเท่ากับ 451.970-464.843 umole Trolox/g) และค่า TPCs (8.965-11.062 μM TE/g) สูงที่สุด ในขณะที่สารสกัดจากพริกจินดาเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด (DPPH มีค่าเท่ากับ 7.705 μM TE/g, FRAP มีค่าเท่ากับ 38.097 μM TE/g, ORAC มีค่าเท่ากับ 282.174 μmole Trolox/g และ TPCs มีค่าเท่ากับ 4.819 μM TE/g) จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าพริกส่วนใหญ่มีสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิครวมปริมาณสูง ซึ่งมีความสามารถในการเข้าจับและกำจัดอนุมูลอิสระในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสภาวะเครียดเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

คำสำคัญ: พริก สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิครวม

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Non–communicable diseases such as cancer, obesity, diabetes and hypertension are major problems nationally, some of which are associated with oxidative stress. Oxidative stress is created by an imbalance between oxidants and antioxidants, in which the body contains higher quantity of free radicals than anti–oxidative agents. As a consequence, antioxidants that have the ability to resist oxidation reaction through the inhibition of free radicals can prevent oxidative stress and oxidative damage. It was previously found that plants rich in total phenolic contents (TPCs) can function against oxidative damage (Loypimai *et al*., 2011). Therefore, natural products with high TPCs and antioxidant activities are of interest regarding their consumption safety as daily food product, cost effectiveness and promote the use of herbal in healthcare.

Chili pepper is widely consumed as garnishing and flavoring ingredient in many dishes in Thailand. Chili pepper is also a good source of bioactive compounds with antioxidant properties including vitamin C, vitamin E provitamin A, carotenoids and TPCs (Ranajit *et al*., 2013), which can subsequently reduce the risk of various oxidative stress related diseases. These phytochemicals were reported to possess anti-inflammatory, anti-allergic and anti-carcinogenic properties (Ozgur *et al*., 2011). Nevertheless, the information regarding TPCs and antioxidant activities of various types of chili peppers in Thailand is limited. Thus, this research would be focused on the investigation and comparison of TPCs and antioxidant activities of different types of local Thai chili peppers.

Materials and Methods

Chili peppers including Yellow pepper, Bird pepper, Green pepper, Cayenne Pepper, Jinda-green pepper, Jinda-red pepper, Young pepper and Chili Spur pepper (Figure 1) were clean, freeze-dried and ground into fine powder using a grinder. The samples (0.2 g dry weight) were then extracted with 70% (v/v) aqueous ethanol (8 mL). The mixture was vortexed for 5 min and sonicated for 10 min before shaking in a water bath shaker at 60 °C for 1 hour. The mixture was then centrifuged at 4600 rpm for 10 min, and the supernatant was collected for further analysis.

The antioxidant activities of chili peppers were analyzed using 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay (Fukumoto and Mazza, 2000), ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay (Benzie and Strain, 1996) and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay (Ou *et al*., 2001). The TPCs were evaluated using Folin–Ciocalteu reagent (Ainsworth and Gillespie, 2007). All experiments were performed using a 96-well microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) with a Gen5 data analysis software. The results were expressed as mean ± standard deviation (SD). The significant difference was determined at $p<0.05$ using one way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test.

Results

As results, Young pepper and Bird pepper extracts exhibited the highest antioxidant activities (DPPH values of 12.88-14.92 µM TE/g, FRAP values of 78.77-79.15 µM TE/g and ORAC values of 451.97-464.84 umole Trolox/g) and TPCs (8.97-11.06 µM TE/g) (Table1). On the other hand, Jinda-green pepper exhibited the lowest activities (DPPH value of 7.71 µM TE/g, FRAP value of 38.10 µM TE/g, ORAC value of 282.17 umole Trolox/g) and TPCs (4.82 µM TE/g) (Table1). The correlation coefficient (r) of antioxidant activities evaluated by different methods was found to be 0.656-0.921 ($p<0.01$) with DPPH values and TPCs being the most fit for linear correlation and DPPH values and ORAC values being the least (data not shown).

Discussion

It was previously suggested that the maturity stage, cultivated location and diversity of varieties and genotypes are important factors that affect the amount of antioxidants and TPCs in chili peppers (Hervert-Hernandez *et al*., 2010; Ozgur *et al*., 2011). The maturity stage and heat treatment could diversely increase antioxidant capacity, total phenols, ascorbic acid content and level of free flavonols, depending on particular type of chili pepper (Howard *et al*., 2000; Ozgur *et al*., 2011). High antioxidant activities and TPCs as being observed in Young pepper and Bird pepper might possibly be a result of higher quantity of bioactive compounds such as vitamin C, carotenoids, TPCs and capsaicinoids than other varieties of chili peppers due to their maturity stage (Ozgur *et al*., 2011; Ranajit *et al*., 2013). Besides, Young pepper and Bird pepper were classified into the group of spicy chilies, which theoretically contained more bioactive compounds than the ones with low-spicy favor (Meckelmann *et al*., 2013).

Summary

The antioxidant activities and TPCs from different varieties of chili peppers suggested that most chili peppers contain high antioxidants and TPCs with the ability to scavenge and eliminate free radicals to fight against oxidative stress. This experiment can, as well, promote the consumption of chili peppers for health maintaining and reducing the risk of various oxidative stress related diseases.

Acknowledgements

This research was financially supported by graduate program in Food and Nutritional Toxicology at the Institute of Nutrition, Mahidol University.

Literature cited

Ainsworth, E.A. and Gillespie, K.M., 2007, Estimation of Total Phenolic Content and other Oxidation Substrates in Plant Tissues using Folin-Ciocalteu Reagent, Nature Protocols, 2(4): 875-877.

Benzie, I.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": the FRAP assay, Analytical Biochemistry, 239(1):70-76.

Fukumoto, L. and Mazza, G., 2000, Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(8):3597-3604.

Hervert-Hernandez, D., Sayago-Ayerdi, S.G. and Isabel, G., 2010, Bioactive Compounds of Four Hot Pepper Varieties (*Capsicum annuum* L.), Antioxidant Capacity and Intestinal Bioaccessibility, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 3399–3406.

Howard L.R., Talcott S.T., Brenes C.H. and Villalon B., 2000, Changes in Phytochemical and Antioxidant Activity of Selected Pepper Cultivars (*Capsicum* Species) As Influenced by Maturity, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 1713-1720.

Loypimai, P., Pasakul, T. and Mongkolthai, R., 2011, Comparisons of Antioxidant Activities and Total Phenolic Content of Fruit Peels, Journal of Agricultural Science, 42(2)(Suppl.): 385-388.

Meckelmann, S.W., Riegel, D.W., van Zonneveld, M.J., Ríos, L., Peña, K., Ugas, R., Quinonez, L., Mueller-Seitz, E. and Petz, M., 2013, Compositional Characterization of Native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(10): 2530-2537.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. and Prior, R.L., 2001, Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(10): 4619-4626.

Ozgur, M., Ozcan, T., Akpinar-Bayizit, A. and Yilmaz-Ersan, L., 2011, Functional Compounds and Antioxidant Properties of Dried Green and Red Peppers, African Journal of Agricultural, 6(25): 5638-5644.

Ranajit , K.S., Shafiqur, R. and Afandi A., 2013, Bioactive Compounds in Chilli peppers (*Capsicum annuum* L.) at Various Ripening (green, yellow and red) Stages, Annals of Biological Research, 4(8): 27-34.

Yellow pepper | Bird pepper | Green pepper | Cayenne pepper | Jinda-green pepper | Jinda-red pepper | Young pepper | Chili spur pepper

Figure 1 Various types of chili peppers including Yellow pepper, Bird pepper, Green pepper, Cayenne pepper, Jinda-green pepper, Jinda-red pepper, Young pepper and Chili spur pepper, which were used for investigation of antioxidant activities and total phenolic contents in this study.

Table 1 Total phenolic contents and antioxidant activities as being determined by DPPH radical scavenging assay, FRAP assay and ORAC assay of different local Thai chili peppers.

Chili peppers	DPPH (μM TE/g)	FRAP (μM TE/g)	ORAC (μmole Trolox/g)	TPCs (μM TE/g)
Yellow pepper	11.5 ± 0.3 [cd]	50.8 ± 2.6 [c]	355.4 ± 52.1 [bc]	6.8 ± 0.2 [cd]
Bird pepper	12.9 ± 0.4 [b]	78.8 ± 1.9 [a]	464.8 ± 20.4 [a]	9.0 ± 0.3 [b]
Green pepper	11.1 ± 0.1 [de]	50.2 ± 2.3 [c]	389.0 ± 19.7 [b]	7.2 ± 0.0 [c]
Cayenne pepper	10.9 ± 0.3 [e]	58.1 ± 3.6 [b]	435.2 ± 0.5 [a]	6.9 ± 0.4 [cd]
Jinda-green pepper	7.7 ± 0.2 [f]	38.1 ± 2.1 [d]	284.8 ± 3.6 [d]	4.8 ± 0.2 [e]
Jinda-red pepper	11.5 ± 0.4 [cd]	55.1 ± 4.0 [bc]	320.6 ± 1.9 [cd]	6.4 ± 0.5 [d]
Young pepper	14.9 ± 0.4 [a]	79.2 ± 1.2 [a]	452.0 ± 0.4 [a]	11.1 ± 0.0 [a]
Chili spur pepper	12.0 ± 0.0 [c]	53.6 ± 4.8 [bc]	344.6 ± 10.0 [bc]	6.9 ± 0.4 [cd]

The different letters within the same particular method showed the mean significantly difference at p value < 0.05 using one-way ANOVA and Duncan's Multiple Range Test.

คุณลักษณะของน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าและการนำไปใช้ในเยลลี่

Characteristics of Bitter Orange Essential Oil and its Application in Jelly

นวพร วรพาณิชย์[1] วีรวรรณ ทรัพย์กิจการ[1] บัวสาย เพชรสุริยวงศ์[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] และ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1]

Worapanit, N.[1], Thabkitjakan, W.[1], Petchsuriyawong, B.[1], Nopharatana, M.[2] and Vongsawasdi, P.[1]

Abstract

This study aims to investigate characteristics of essential oil from bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel extracted by hydraulic compression method and its application in jelly. The result showed that the yield from extraction was 0.07% (w/w). Bitter orange oil had density and pH of 0.923 g/mL and 5, respectively. The main components were myrcene and limonene. Essential oil at the concentration of 0.19-24 mg/mL had the DPPH scavenging activity at 30.01-98.72% and its IC_{50} was 0.57 mg/mL. It contained total phenolic compound of 0.15 mg Gallic acid/g. The essential oil concentration of 8-36 mg/mL could not inhibit *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Bitter orange juice (10, 20, 30% (w/w)) and essential oil (0-0.02% (w/w)) were used to improve taste and flavor of healthy jelly. The results showed that both parameters had significant effects on overall acceptability ($P \leq 0.05$). By penalty analysis, juice and essential oil concentrations of 10% and 0.02% were at their optimal level.

Keywords: bitter orange, essential oil, antioxidant, penalty analysis

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่า (*Citrus aurantium* L.) ที่สกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบไฮโดรลิกและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ผลการศึกษาพบว่าการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดจะได้น้ำมันหอมระเหย 0.07% (w/w) โดยน้ำมันหอมระเหยมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.923 g/mL และมีค่า pH เท่ากับ 5 เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่าน้ำมันหอมระเหยมี myrcene และ limonene เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมันหอมระเหยส้มซ่ามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยสามารถยับยั้งอนุมูล DPPH ในช่วง 30.01-98.72% เมื่อใช้ความเข้มข้นในช่วง 0.19-24 mg/mL โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.57 mg/ml นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.15 mg Gallic acid/ g สำหรับสมบัติด้านการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์พบว่าน้ำมันหอมระเหยช่วงความเข้มข้น 8-36 mg/mL ไม่สามารถยับยั้ง *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ส่วนการนำน้ำส้มซ่า (10, 20, 30% (w/w))และน้ำมันหอมระเหย (0-0.02% (w/w)) มาพัฒนารสชาติและกลิ่นในเยลลี่สุขภาพพบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มซ่าและน้ำมันหอมระเหยมีผลต่อคะแนนการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ผลจากการทำ Penalty analysis พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มซ่าและน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมคือที่ 10% และ 0.02% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ส้มซ่า น้ำมันหอมระเหย สารต้านอนุมูลอิสระ penalty analysis

คำนำ

ส้มซ่า (*Citrus aurantium* L.) เป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะ จึงนิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารที่เป็นเอกลักษณ์ไทยหลายชนิด แต่เนื่องจากส้มซ่าเป็นผลไม้ที่ออกตามฤดูกาล (กรกฎาคม-สิงหาคม) ดังนั้นจึงประสบปัญหาการขาดแคลนอยู่เสมอ การสกัดกลิ่นในรูปน้ำมันหอมระเหยเป็นทางหนึ่งที่สามารถบรรเทาปัญหาดังกล่าวได้ จากการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญเติบโตของ

---

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok

จุลินทรีย์ได้ (Burt, 2004) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังขาดข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับส้มซ่าทั้งในด้านการสกัดและสมบัติของน้ำมันหอมระเหย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะของส้มซ่าทั้งด้านองค์ประกอบทางเคมี การต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังทดลองนำน้ำมันหอมระเหยจากส้มซ่าซึ่งเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่เพื่อสุขภาพ โดยใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นและรสจากธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่าและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำเปลือกส้มซ่าที่ผ่านการล้างและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ มาสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิธีการบีบอัดแบบไฮโดรลิก จากนั้นนำมาแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำโดยวิธีของ Tonder และคณะ (1998) นำปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาหาค่าผลผลิต (yield) หาความหนาแน่น และค่า pH สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบจะทำโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography ชนิด Flame Ionization Detector (PerkinElmer, USA) ตามวิธีของ Kubeczka และ FormáČek (2002)

การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจะใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Miliauskas และคณะ (2004) ส่วนการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจะใช้วิธี 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical scavenging assay ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธี Hatano และคณะ (1988) สำหรับการวิเคราะห์การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จะใช้วิธี disk agar diffusion ตามวิธีของ Cappuccino และ Sherman (1998)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ส้มซ่า

ศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำส้มซ่า (10, 20 และ 30% (w/w)) และน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า (0, 0.01และ 0.02% (w/w)) ที่มีต่อรสชาติและกลิ่นรสของเยลลี่โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล สำหรับการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจะใช้การประเมินความชอบในด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม (5-point hedonic scale) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและถ้ามีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จะนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test การหาสูตรการผลิตที่เหมาะสมทำโดยนำสูตรตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดมาประเมินคุณลักษณะด้านรสชาติและกลิ่นรสโดยใช้ 5-point just about right (JAR) scale และนำผลที่ได้มาทำ penalty analysis เพื่อศึกษาผลของความเข้มด้านรสชาติและกลิ่นรสต่อคะแนนความชอบโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่า

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกของส้มซ่าด้วยวิธีการบีบอัด พบว่าได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.07% w/w โดยน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีลักษณะสีเขียวใส มีกลิ่นหอมสดชื่นเฉพาะตัว มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.923 g/mL และมีค่า pH เท่ากับ 5

การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย

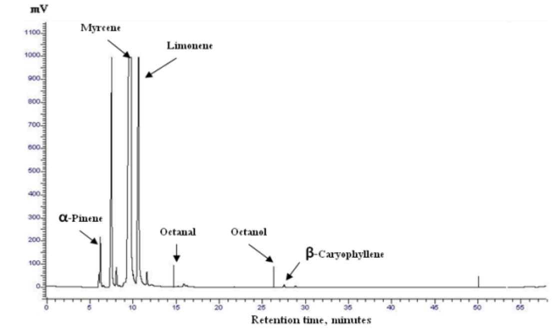


Figure 1 Chemical compositions of bitter orange essential oil

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยแสดงดัง Figure 1 ซึ่งพบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีสารประกอบต่าง ๆ เมื่อเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด ดังนี้ α-Pinene (7.89%), Myrcene (51.17%), Limonene (34.11%), Octanal (3.23%), Octanol (3.23%) และ β-Caryophyllene (0.35%)

การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

ผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.15 mg Gallic acid/g และมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH จาก Figure 2 พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมลอิสระจะสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจาก 0.19 mg/mL เป็น 0.75 mg/mL จะ

ทำให้ % inhibition เพิ่มสูงอย่างรวดเร็วจาก 30.01% เป็น 60.23% หลังจากนั้นการเพิ่มความเข้มข้นจะมีผลเพียงเล็กน้อย จากผลการทดลองยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.57 mg/mL ซึ่งมีค่ามากกว่า ผลการทดลองของ Karoui และ Marzouk (2013) ที่รายงานไว้เท่ากับ 0.19 mg/mL แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่ได้จากการทดลองนี้มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีการรายงานไว้ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มาจากแหล่งปลูกที่แตกต่างกันทั้งทางด้านภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ รวมทั้งวิธีการสกัดที่ใช้ก็มีผลทำให้น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีความบริสุทธิ์ที่ต่างกัน

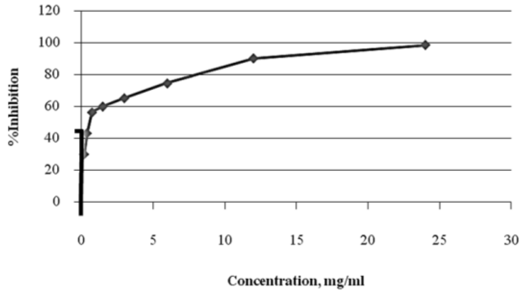


Figure 2 Antioxidant activity of bitter orange essential oil by DPPH radical scavenging assay

การวิเคราะห์การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

จากการทดลองไม่พบ clear zone บนอาหารที่เพาะเลี้ยง *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยในช่วง 8-36 mg/mL ซึ่งแสดงว่าน้ำมันหอมระเหยในช่วงความเข้มข้นดังกล่าวไม่มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ส้มซ่า

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มซ่าและน้ำมันหอมระเหยมีผลต่อความชอบด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของเยลลี่อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ไม่ได้แสดงผล) โดยพบว่ามี 4 ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูง (3.17-3.67) และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับตัวอย่างเยลลี่ทางการค้า ($P>0.05$) คือ หมายเลข 493, 134, 257 และ 594 (Table 1) ดังนั้นจึงนำตัวอย่างดังกล่าวมาประเมินคุณลักษณะทางด้านรสชาติและกลิ่นรสโดยใช้ JAR scale และวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำ Penalty analysis ใน Figure 3 และ Figure 4 แสดงค่าการกระจายตัวของจำนวนผู้ทดสอบ (respondent) ที่ให้คะแนนตัวอย่างในระดับเข้มเกินไป (too much) พอดี (JAR) และอ่อนเกินไป (too little) ของคุณลักษณะด้านรสชาติและกลิ่นรสตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าผู้ทดสอบมีการให้คะแนนที่แตกต่างกัน เมื่อนำค่าการกระจายตัวมาหาค่า Penalty score ของรสชาติและกลิ่นรสพบว่าได้ผลดัง Table 2 และ Table 3 ซึ่งพบว่ามีเฉพาะตัวอย่างหมายเลข 134 ซึ่งใช้ความเข้มข้นน้ำส้มซ่า 10% และน้ำมันหอมระเหย 0.02% มีค่า penalty score ของความเข้มของรสชาติที่ไม่ใช่ JAR (รสชาติที่เข้มหรืออ่อนเกินไป) และความเข้มของกลิ่นรสที่ไม่ใช่ JAR (กลิ่นรสที่เข้มหรืออ่อนเกินไป) ต่ำกว่า +0.25 ซึ่งแสดงว่าสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่มีรสชาติและกลิ่นที่พอดีตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

สรุปผล

การสกัดด้วยวิธีการบีบอัดได้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่า 0.07% (w/w) น้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบหลักคือ myrcene และ limonene มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยสามารถยับยั้งอนุมูล DPPH ได้และมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.57 mg/mL ความเข้มข้นของน้ำส้มซ่าและน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมในการเป็นสารปรุงแต่งรสชาติและกลิ่นรสเยลลี่คือที่ 10% และ 0.02% ตามลำดับ

Table 1 Sensorial results of the 4 best acceptance score samples

Sample code	% bitter orange juice	% bitter orange essential oil	Taste score	Flavor score	Overall acceptance score
493	10%	0.01%	4.00 ±1.00	3.33±0.52	3.67 ±0.82
134	10%	0.02%	3.17 ±1.33	3.50 ±1.38	3.17 ±1.33
257	20%	0%	3.33 ±0.82	2.83 ±0.40	3.17 ±0.75
594	20%	0.02%	3.33 ±1.21	3.00 ±1.26	3.17 ±1.17
Commercial sample	-	-	4.33 ±0.52	3.83 ±0.75	4.33 ±0.52

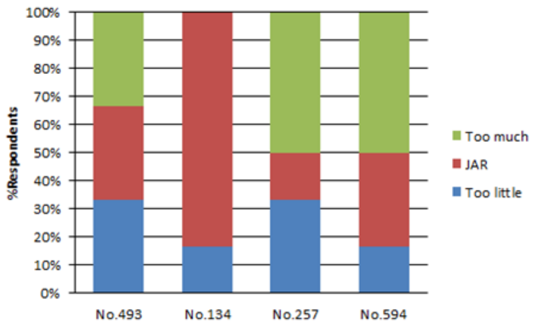


Figure 3 JAR distribution across the 4 best acceptance score sample of bitter orange jelly for taste attribute

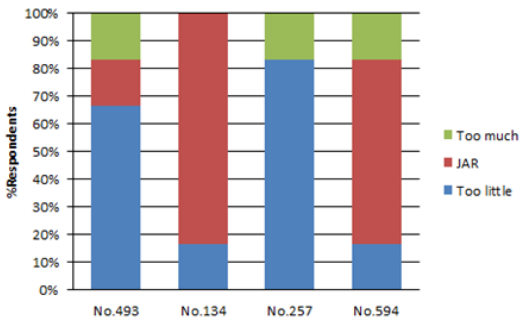


Figure 4 JAR distribution across the 4 best acceptance score sample of bitter orange jelly for flavor attribute

Table 3 Penalty analysis for taste of the 4 best acceptance score samples

	Sample No.493			Sample No.134			Sample No.257			Sample No.594		
	Too little	JAR	Too much	Too little	JAR	Too much	Too little	JAR	Too much	Too little	JAR	Too much
%Respondents	33.33	33.34	33.33	16.67	83.33	0	33.33	16.67	50	16.67	33.33	50
Group & JAR Means	4	5	3	4	3	0	2.5	3	4	1	3.5	4
Mean drop	-1	-	2	-1	-	3	0.5	-	-1	2.5	-	-0.5
Penalty score	-0.33		0.67	-0.17	-	0	0.17	-	-0.5	0.42	-	-0.25

Table 4 Penalty analysis for flavor of the 4 best acceptance score samples

	Sample No.493			Sample No.134			Sample No.257			Sample No.594		
	Too little	JAR	Too much	Too little	JAR	Too much	Too little	JAR	Too much	Too little	JAR	Too much
%Respondents	66.67	16.67	16.66	16.67	83.33	0	83.33	0	16.67	16.67	66.67	16.66
Group & JAR Means	3.25	3	4	3	4	0	2.8	0	3	1	3.5	3
Mean drop	-0.25	-	-1	1	-	4	-2.8	-	-3	2.5	-	0.5
Penalty score	-0.17	-	-0.25	0.17	-	0	-2.33	-	-0.5	0.42	-	0.08

เอกสารอ้างอิง

Burt S., 2004, Essential Oils: their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods: A Review, International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Cappuccino, G. and Sherman, N., 1988, Microbiology: A Laboratory Manual, Benjamin Cumming Science Publishing, California, pp. 254.

Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T. and Okuda, T., 1988, Two New Flavonoids and other Constituents In Licorice Root: their Relative Astringency and Radical Scavenging Effects, Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 36(6): 2090-2097.

Jabri karoui, I. and Marzouk, B., 2013, Characterization of Bioactive Compounds in Tunisian Bitter Orange (*Citrus aurantium* L.) Peel and Juice and Determination of Their Antioxidant Activities, BioMed Research International, 2013: 345415.

Kubeczka, K.-H. and Formácek, V., 2002, Essential Oils Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13 NMR, Spectroscopy, John Willey & Sons, Ltd., pp. 222-225.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and Van Beek, T.A. , 2004, Screening of Radical Scavenging Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts, Food Chemistry, 85: 231–237.

Tonder, D., Petersen, M.A., L.and Olsen, C.E., 1998, Discrimination Between Freshly Made and Stored Reconstituted Orange Juice Using GC Odour Profiling and Aroma Values, Food Chemistry, 61(1/2): 223-229.

ผลของผงฟูและไข่ต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก

Effect of Baking Powder and Whole Egg on Qualities of Germinated Brown Rice Flour Muffin

อภิญญา เจริญกูล[1]
Charoenkul, A.[1]

Abstract

Muffin is one of the interesting bakery product which is more widely consume. Unfortunately, a texture of germinated brown rice flour muffin is quite hard and dense. The objective of this research was to study the effect of baking powder (7.5 and 15% by flour weight) and whole egg (30 and 60% by flour weight) on qualities of germinated brown rice flour muffin. Color of germinated brown rice flour muffin was darker indicated by lower L* (lightness) and higher a* (red) values than wheat flour muffin. The increasing of baking powder produced brighter color which was higher L* (lightness) but not significantly different in a*(red) and b* (yellow) values ($p>0.05$). Whereas the increasing of whole egg produced darker color which was lower L* (lightness) and higher a* (red) and b* (yellow) ($p\leq0.05$). The increasing of baking powder and whole egg produced lower density, hardness, gumminess and chewiness but higher specific volume, weight loss upon baking, cohesiveness and springiness ($p\leq0.05$). Sensory score in all attributes increased as the level of baking powder and whole egg increased. The 15/60 formula of germinated brown rice muffin received the higher score inferior to control wheat flour muffin.

Keywords: germinated brown rice flour, muffin

บทคัดย่อ

มัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมบริโภคกันในปัจจุบัน แต่มัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีมีลักษณะเนื้อแน่น และแข็งร่วน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผงฟู (7.5 และ 15% โดยน้ำหนักแป้ง) และไข่ (30 และ 60% โดยน้ำหนักแป้ง) ต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก จากการศึกษาพบว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกทุกสูตรมีค่า L* (ความสว่าง) ต่ำกว่า และมีค่า a* (สีแดง) สูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ผงฟูในปริมาณเพิ่มขึ้น มีค่า L* (ความสว่าง) เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) ส่วนค่า a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ขณะที่มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีค่า L* ลดลง ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ผงฟูและไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้นมีค่าความหนาแน่น ค่า Hardness ค่า Gumminess และ ค่า Chewiness ลดลง ค่าปริมาตรจำเพาะและการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ค่า Cohesiveness และ Springiness เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ผงฟูและไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้นมีคะแนนความชอบในทุกด้านเพิ่มขึ้น ซึ่งมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 15/60 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านสูงสุดรองจากมัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม

คำสำคัญ: แป้งข้าวกล้องงอก มัฟฟิน

คำนำ

มัฟฟินหรืออเมริกันมัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับคัพเค้ก อาจผสมผลไม้หรือช็อกโกแลต ข้าวกล้องงอก ซึ่งได้จากการนำข้าวเปลือกหรือข้าวกล้องมาเพาะให้งอก ก่อนนำไปให้ความร้อนเพื่อหยุดการงอก และทำให้แห้งเพื่อลดความชื้น จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีสารอาหารต่างๆ เช่น วิตามินบี 1 บี 3 บี 6 บี 12 โฟเลต วิตามินอี เหล็ก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมงกานีส แกมมาออริซานอล และเส้นใยอาหารชนิดไม่ละลายในน้ำ ที่สำคัญคือมีสารกาบา (GABA) หรือ Gamma amino butyric acid สูง แป้งข้าวกล้องงอกมีศักยภาพในการใช้เพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกนั้นทำให้มัฟฟินมีสีคล้ำ มี

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand 10400

ลักษณะเนื้อแน่น และแข็งร่วน ไม่เป็นที่ยอบรับของผู้บริโภค (อภิญญา, 2556) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ผงฟูและไข่เพื่อปรับปรุงคุณภาพของมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอก

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการผลิตมัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกแทนแป้งสาลีโดยแปรปริมาณ ผงฟู (7.5 และ 15% โดยน้ำหนักแป้ง) และ ไข่ (30 และ 60% โดยน้ำหนักแป้ง) ได้แก่ สูตร 7.5/30 สูตร 7.5/60 สูตร 15/30 และ สูตร 15/60 เปรียบเทียบกับมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตรควบคุม (GBR Control) และมัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม (WF control) ทำการทดลองโดยเตรียมมัฟฟินโดยผสมส่วนผสมแห้ง ได้แก่ แป้งข้าวกล้องงอก (ข้าวกล้องงอกชนิดบดละเอียด ตรา นูริซ) 100 กรัม น้ำตาลทราย 60 กรัม นมผง 5 กรัม เกลือ 0.5 กรัม และผงฟู 2 (สูตรควบคุม) 7.5 หรือ 15.0 กรัม เข้าด้วยกัน และร่อนรวมกัน 2 ครั้ง แล้วพักไว้ ผสมส่วนผสมของเหลว ได้แก่ น้ำ 60 กรัม น้ำมันรำข้าว 30 กรัม ไข่ไก่ 30 (สูตรควบคุม สูตร 7.5/30 และ 15/30) หรือ 60 กรัม และวานิลลา 2 กรัม เข้าด้วยกัน แล้วนำมาผสมกับส่วนผสมแห้งที่พักไว้ ใช้พายตะล่อมเบาๆ ให้ส่วนผสมเข้ากัน ตักส่วนผสมที่ได้ใส่พิมพ์ที่รองด้วยถ้วยกระดาษ พิมพ์ละ 50 กรัม อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 22 นาที วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ และลักษณะเนื้อสัมผัสของมัฟฟินโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Lloyd Texture Analyzer รุ่น LRX และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

มัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุมมีค่า L* (ความสว่าง) สูงกว่า และมีค่า a* (สีแดง) ต่ำกว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก (Table 1) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีสีเข้มกว่าแป้งสาลี เมื่อใช้ผงฟูในมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกในปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 2% โดยน้ำหนักแป้ง (สูตร GBR Control) เป็น 7.5 และ 15% โดยน้ำหนักแป้ง พบว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกมีค่า L* (ความสว่าง) เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) ส่วนค่า a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เนื่องจากผงฟูทำให้มัฟฟินมีการขึ้นฟูมากขึ้นและผงฟูมีสีขาวจึงมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น (Baixauli และคณะ, 2008) ขณะที่มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้น จาก 30% โดยน้ำหนักแป้ง เป็น 60% โดยน้ำหนักแป้ง มีค่า L* (ความสว่าง) ลดลง ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) เนื่องจากสีเหลืองส้มของสารแคโรทีนอยด์ในไข่แดง และปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากโปรตีนของไข่กับน้ำตาลในส่วนผสม จึงทำให้มัฟฟินมีสีเข้มกว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตรควบคุมและมัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม

มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตรควบคุมมีความหนาแน่นสูงกว่า และมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่ามัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม (Table 2) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี (Chung และคณะ, 2012) จึงทำให้การกักเก็บอากาศได้น้อยกว่า แต่มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ผงฟูและไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีค่าความหนาแน่นลดลง จาก 0.62 กรัม/มิลลิลิตร (สูตร GBR Control) เป็น 0.46-0.48 กรัม/มิลลิลิตร ซึ่งต่ำกว่ามัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม (0.53 กรัม/มิลลิลิตร) เล็กน้อย สอดคล้องกับค่าปริมาตรจำเพาะที่เพิ่มขึ้น มัฟฟินที่มีการใช้ผงฟู 15% โดยน้ำหนักแป้ง (สูตร 15/30 และสูตร 15/60) มีค่าปริมาตรจำเพาะสูงกว่ามัฟฟินที่มีการใช้ผงฟู 7.5% โดยน้ำหนักแป้ง (สูตร 7.5/30 และสูตร 7.5/60) เนื่องจากมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกมีการขึ้นฟูมากขึ้น ทำให้จำนวนและขนาดและเซลล์อากาศภายในเนื้อมัฟฟินมีมากขึ้น แต่ก็มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบเพิ่มขึ้นด้วย ($p\leq0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องมีลักษณะโครงสร้างที่พรุนไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ (Chung และคณะ, 2012) แม้ว่าการเพิ่มปริมาณไข่ในมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบได้เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื่องจากไข่เป็นโปรตีนที่ช่วยในการอุ้มน้ำ (Matos และคณะ, 2014)

จากการวิเคราะห์ TPA (Table 3) พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ผงฟูและไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้นมีค่า Hardness ค่า Gumminess และค่า Chewiness ลดลง โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 15/60 มีค่าต่ำที่สุด แต่ยังคงสูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) ส่วนค่า Cohesiveness และค่า Springiness เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 7.5/60 สูตร 15/30 และสูตร 15/60 มีค่า Cohesiveness ไม่แตกต่างจากมัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม ($p>0.05$) และมีค่า Springiness สูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม โดยการเพิ่มปริมาณผงฟูจะช่วยให้มัฟฟินขึ้นฟู มีความแข็งลดลง มีเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น มีความเหนียวลดลง และการเพิ่มปริมาณไข่จะช่วยให้มัฟฟินมีความยืดหยุ่นมากขึ้น (Matos และคณะ, 2014) รวมทั้งมีความแน่นเนื้อลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่ลดลงและค่าปริมาตรจำเพาะที่มากขึ้น

มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 7.5/60 และสูตร 15/60 มีค่า Cohesiveness สูงกว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 7.5/30 และสูตร 15/30 แสดงว่าการเพิ่มปริมาณไข่ช่วยให้มัฟฟินมีค่า Cohesiveness สูงขึ้น เนื่องจากไข่เป็นโปรตีนที่ช่วยในการยึดเกาะตัวของส่วนผสมในมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 4) พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ผงฟูและหรือไข่ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีคะแนนความชอบในทุกด้านเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 15/60 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านสูงสุดรองจากมัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม เนื่องจากมัฟฟินมีลักษณะที่ฟูนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ต่างจากมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตรควบคุมซึ่งมีลักษณะเนื้อแน่น ไม่ขึ้นฟู เนื้อสัมผัสหยาบและค่อนข้างร่วน (Rajiv และคณะ, 2011) มัฟฟินสูตร 7.5/60 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่ามัฟฟินสูตร 15/30 เล็กน้อยในเกือบทุกด้านยกเว้นด้านสี แสดงว่า การเพิ่มปริมาณไข่ส่งผลต่อคะแนนความชอบมากกว่าการเพิ่มปริมาณผงฟู เนื่องจากไข่จะให้รสชาติและกลิ่นรสที่ดีกว่า จึงช่วยในการบดบังกลิ่นรสของแป้งข้าวกล้องงอก เนื่องจากมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตรควบคุมมีกลิ่นรสของแป้งข้าวกล้องงอกชัดเจน และไข่ยังช่วยให้มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกมีสีสดกว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตรควบคุมที่มีสีคล้ำ

สรุปผล

การเพิ่มปริมาณผงฟูและไข่ในมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก สามารถปรับปรุงคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกจากที่มีลักษณะแน่น ไม่ขึ้นฟู และค่อนข้างแห้ง มีลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น รวมทั้งมีรสชาติ และกลิ่นรส ที่ดีขึ้นด้วย ทั้งนี้มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกสูตร 15/60 ที่มีการใช้ผงฟู 15% โดยน้ำหนักแป้ง และไข่ 60% โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบในทุกด้านสูงสุดรองจากมัฟฟินแป้งสาลีสูตรควบคุม

เอกสารอ้างอิง

อภิญญา เจริญกูล, 2556, ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพของมัฟฟิน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ): 237-240.

Baixauli, R., Salvador, A. and Fiszman, S.M., 2008, Textural and Colour Changes during Storage and Sensory Shelf life of Muffins Containing Resistant Starch, European Food Research and Technology, 226: 523–530.

Chung, H., Cho, A. and Lim, S, 2012, Effect of Heat-moisture Treatment for Utilization of Germinated Brown Rice in Wheat Noodle, LWT - Food Science and Technology, 47: 342-347.

Matos, M.E., Sanz, T. and Rosell, C.M., 2014, Establishing the Function of Proteins on the Rheological and Quality Properties of Rice Based Gluten Free Muffins, Food Hydrocolloids, 35: 150–158.

Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D. and Venkateswara Rao, G., 2011, Effect of Replacement of Wheat Flour with Finger Millet Flour (*Eleusine corcana*) on the Batter Microscopy, Rheology and Quality Characteristics of Muffins, Journal of Texture Studies, 42: 478–489.

Table1 Effect of Baking Powder and Whole Egg on Crumb color of Germinated Brown Rice Flour Muffin

Treatment	L*	a*	b*
WF Control	69.98 ± 1.45^{a}	3.10 ± 0.27^{d}	31.43 ± 0.19^{c}
GBR Control	62.20 ± 0.73^{d}	5.90 ± 0.34^{c}	30.48 ± 0.17^{d}
7.5/30	63.08 ± 0.63^{c}	6.44 ± 0.13^{b}	32.22 ± 0.42^{b}
7.5/60	62.74 ± 0.70^{d}	6.76 ± 0.16^{a}	33.32 ± 0.47^{a}
15/30	65.52 ± 0.81^{b}	6.35 ± 0.12^{b}	32.02 ± 0.28^{b}
15/60	63.59 ± 0.61^{c}	6.53 ± 0.41^{a}	32.80 ± 0.76^{ab}

$^{a-e}$ Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Effect of Baking Powder and Whole Egg on Percentage Moisture loss upon baking, density and, specific volume of Germinated Brown Rice Flour Muffin

Treatment	Weight loss upon baking (%)	Density (g/ml)	Specific volume (ml/g)
WF Control	1.97 ± 1.29[d]	0.53 ± 0.00[b]	1.90 ± 0.13[c]
GBR Control	4.13 ± 0.37[c]	0.62 ± 0.02[a]	1.60 ± 0.16[d]
7.5/30	5.47 ± 0.84[b]	0.48 ± 0.03[c]	2.07±0.50[b]
7.5/60	5.38 ± 0.76[b]	0.48 ± 0.02[c]	2.08±0.40[b]
15/30	7.75 ± 0.57[a]	0.47 ± 0.00[c]	2.12±0.14[a]
15/60	6.28 ± 0.48[ab]	0.46 ± 0.00[c]	2.16±0.13[a]

[a-e] Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 3 Effect of Baking Powder and Whole Egg on TPA values of Germinated Brown Rice Flour Muffin

Treatment	Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness	Adhesiveness	Gumminess	Chewiness (N)
WF Control	1.93 ± 0.35[f]	0.43 ± 0.01[a]	5.51 ± 0.35[c]	0.09 ± 0.18[a]	0.71 ± 0.17[e]	4.59 ± 0.07[e]
GBR Control	12.10 ± 1.03[a]	0.27 ± 0.01[c]	4.12 ± 0.23[e]	0.01 ± 0.01[c]	3.27 ± 0.45[a]	13.46± 0.16[d]
7.5/30	8.07 ± 0.31[b]	0.31 ± 0.01[b]	4.82 ± 0.35[d]	0.01 ± 0.01[c]	2.48 ± 0.04[b]	12.06± 0.14[c]
7.5/60	5.12 ± 0.49[c]	0.37 ± 0.09[ab]	5.83 ± 0.24[b]	0.01 ± 0.05[c]	1.87 ± 0.36[bc]	11.04± 0.12[a]
15/30	3.91 ± 0.37[d]	0.35 ± 0.01[ab]	6.03 ± 0.36[b]	0.01 ± 0.03[c]	1.37 ± 0.29[cd]	8.25 ± 0.11[a]
15/60	2.81 ± 0.16[e]	0.41 ± 0.03[a]	6.48 ± 0.27[a]	0.03 ± 0.01[b]	1.17 ± 0.01[cd]	7.46 ± 0.09[b]

[a-e] Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 4 Effect of Baking Powder and Whole Egg on Sensory Characteristics of Germinated Brown Rice Flour Muffin

Treatment	Appearance	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
WF Control	7.33±1.4[a]	7.13±1.5[a]	7.22±1.3[a]	7.42±1.3[a]	7.33±1.6[a]	7.67±1.2[a]
GBR Control	4.21±1.4[c]	4.32±1.4[d]	4.17±1.4[d]	4.42±1.4[d]	3.58±1.2[e]	4.21±1.2[e]
7.5/30	5.50±1.3[b]	5.50±1.6[c]	5.14 ±1.3[c]	5.13±1.5[c]	4.33±1.3[d]	5.20±1.3[d]
7.5/60	5.63±1.3[b]	5.93±1.4[bc]	5.83 ±1.3[b]	5.27±1.7[c]	5.43±1.6[b]	5.73±1.3[c]
15/30	5.57±1.3[b]	6.07±1.4[bc]	5.67 ±1.4[bc]	5.10±1.4[c]	4.90±1.2[c]	5.60±1.1[c]
15/60	5.97±1.2[b]	6.13±1.3[b]	6.00 ±1.4[b]	5.73±1.3[b]	5.57±1.6[b]	6.27±1.3[b]

[a-e] Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

ผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุระหว่างการเก็บรักษาต่อปริมาณสาร 2-Acetyl-1-Pyrroline ในข้าวหอมมะลิ
Effect of Storage Temperatures and Storage Containers on 2-Acetyl-1-Pyrroline Content in Hom Mali Rice

ธารารัตน์ มณีน่วม[1] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[1] รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[2] อัญชลี ประเสริฐศักดิ์[3] และ สุนันทา วงศ์ปิยชน[4]
Maneenuam, T.[1], Chanprasert, W.[1], Rittiron, R.[2], Prasertsak, A.[3] and Wongpiyachon, S.[4]

Abstract

Effect of storage temperature (room temperature, 28-35°C vs low temperature, 15°C) and storage container (paper bag vs plastic bag) on 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) content of rice cv. KDML105 and RD15 grown in dry season were studied. 2AP content was studied by headspace-gas chromatography technique. The results indicated that 2AP content was significantly higher in paddy stored at low temperature (15°C) comparing to paddy stored at room temperature (28-35°C). Analysis of variance indicated that there was interaction between storage temperature and type of container on 2AP content at 3 month of storage. KDML105 rice grown in dry season had higher 2AP content than that of RD15 rice at 3 months of storage.
Keywords: Hom Mali rice, 2-acetyl-1-pyrroline, storage temperature, storage container

บทคัดย่อ

ศึกษาอุณหภูมิและภาชนะบรรจุระหว่างการเก็บรักษาต่อปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข15 ที่ปลูกในฤดูนาปรัง โดยเก็บรักษาข้าวเปลือกในถุงกระดาษและถุงพลาสติกที่อุณหภูมิต่ำ (15°C) และอุณหภูมิห้อง (28-35°C) เป็นเวลา 3 เดือน วิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ด้วยเทคนิค Headspace-gas chromatography ผลการศึกษา พบว่า สาร 2AP ในข้าวเปลือกที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ (15°C) มีปริมาณสูงกว่าข้าวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (28-35°C) นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาและชนิดของภาชนะบรรจุด้วย สำหรับพันธุ์ข้าว พบว่า พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในฤดูนาปรังจะมีปริมาณสาร 2AP มากกว่าพันธุ์ กข15 ที่ปลูกในฤดูนาปรังเมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือน
คำสำคัญ: ข้าวหอมมะลิ สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline อุณหภูมิในการเก็บรักษา ภาชนะบรรจุ

Introduction

Thai Hom Mali rice has been widely accepted for its high and unique quality. Aroma seems to play an important role in consumer acceptability. The aroma of fragrant rice is derived mainly from 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) which was originally identified as the key aroma compound of cooked rice by Buttery *et al*. (1983). Rice may be stored as paddy, hulled or milled rice at ambient temperature for months without changes in sensory properties, but in the case of fragrant rice, deterioration of rice aroma during storage is a critical quality change. Quantity of 2AP, the key aroma compound of rice cv. KDML105 grown in wet season was reported to be rapidly reduced by 50% in 3 months after harvest (Wongpornchai *et al*., 2004). Low storage temperature was suggested to be used for preserving 2AP of the aromatic rice during storage (Kongkiattikajorn, 2008). However, there are no reports about 2AP of aromatic rice grown in dry season. Therefore, the objective of this research was to study the effect of storage condition on 2AP in KDML105 and RD15 rice grown in dry season.

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[2] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand
[3] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว
[3] Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Chatuchak, Bangkok, Thailand
[4] ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว จ.ปทุมธานี
[4] Pathum Thani Rice Research Center, Rice Department, Thanyaburi, Pathum thani, Thailand

Materials and Methods

Both varieties of Hom Mali rice, KDML105 and RD15 were grown in December 2012 in Rattana Buri district, Surin province. Harvesting was done in March 2013 and paddy was sun-dried to about 12% moisture content. Samples of paddy, 1 kg each was drawn and subjected to storage study in the combinations of two storage temperatures, i.e. room temperature (28-35°C) and low temperature (15°C), and two types of storage containers, i.e. paper bag and plastic bag (low density polyethylene, LDPE). The experimental design was 2x2x2 factorial in CRD with 3 replications. After 3 months of storage, concentrations of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) were determined in brown rice using the headspace-gas chromatography (HS-GC) method developed by Sriseadka *et al*. (2006).

Results and Discussion

The concentration of 2AP contained in paddy stored in different storage conditions was measured after 3 months of storage. Analysis of variance (Table 1) indicated that two cultivars of rice (KDML 105 and RD15), two types of storage temperatures (room temperature, 28-35°C and low temperature, 15°C) and two types of storage containers (paper bag and plastic bag) were significantly different. There was an interaction between storage temperature and storage container on 2AP content. Determination of 2AP quantity in paddy rice after 3 months of storage showed that KDML105 rice had a higher 2AP content comparing to RD15 rice; 4.21 ppm and 3.71 ppm, respectively. Hom Mali rice stored at 15°C had 4.28 ppm of 2AP while that stored at room temperature (28-35°C) had 3.10 ppm which was significantly different (Table 2). It was obvious that low temperature storage could maintain aroma compound better than high temperature storage. There have also been some reports on the effect of storage temperature on aroma of rice. Generally, storage temperature is an important factor affecting the physicochemical properties of rice. These changes in physicochemical properties affect rice cooking and eating quality depending on the rice variety, storage condition and amylose content (Park *et al*., 2012). 2AP is a volatile compound which is unstable and normally decreases faster at high storage temperature (Yoshihashi *et al*., 2005). Wongpornchai *et al*. (2004) reported that drying paddy at low temperature (30 and 40°C) could preserve the aroma compound (2AP content) better than drying at high temperature (50 and 70°C). Moreover, drying at high temperature caused an increase in off-flavors due to the n-hexanal and 2-pentyl furan production (Wongpornchai *et al*., 2004).

Table 1 Analysis of Variance for 2AP content in Hom Mali rice after 3 months of storage

Sources of variation	DF	MS	Probability
Cultivars (C)	1	3.0004	**
Storage Temperatures (ST)	1	35.4660	**
Storage Containers (SC)	1	5.4453	**
C x ST	1	0.0322	Ns
C x SC	1	0.3001	Ns
ST x SC	1	2.1347	**
C x ST x SC	1	0.1276	Ns
Error	38	0.1826	
Total	47		

** = the values were significantly different at the probability level ($p \leq 0.05$) by LSD.

ns = not significantly.

The interaction between storage temperature and storage container revealed that only Hom Mali rice kept in low temperature (15°C) that showed the differences of 2AP between paper bag and plastic bag while Hom Mali rice kept in room temperature did not show any difference between the 2 types of containers (Figure 1). In this experiment, it was found that paddy kept in plastic bag for 3 months contained a lower 2AP content than that of paddy kept in paper bag, 4.28 vs 5.38 ppm, respectively (Figure 1). Different storage containers, paper bag and plastic bag might cause the difference in gas permeability of the packaging materials. LDPE bag used in this experiment might promote a higher metabolic activity during storage due to paddy moisture retention and respiration in air-tight condition with high oxidation process. Oxidation products such as aldehydes, ketones, alcohol and hydrocarbons may be responsible for development of off-flavors and odor. Hexanal, a carbonyl compound, is a volatile compound associated with a specific aspect of rice aroma. Hexanal increases during storage of rice, thus has been used as an indicator of rancidity (Champagne, 2008). 2AP content of fragrant rice stored in plastic bag decreased when stored at high temperature and off-flavor substances might increase during storage. Grain moisture content in plastic bag may be another important factor causing aroma deterioration while in paper bag moisture can evaporate easier. Varying grain moisture content of paddy comparing between plastic bag and paper bag may be interesting for future study.

Table 2 The effect of variety, storage temperature and storage container on the quantity of 2AP content in Hom Mali rice at 3 months of storage

Factors	2AP content (ppm)
Cultivar	
- KDML105	4.21 a[1/]
- RD15	3.71 b
Storage Temperature	
- Room temperature (28-35 °C)	3.10 d
- Low temperature (15 °C)	4.28 c
Storage Container	
- Paper bag	4.41 e
- Plastic bag	3.68 f

[1/] Mean values followed by the same letter in each factor are not significantly different at p≤0.05 by LSD test.

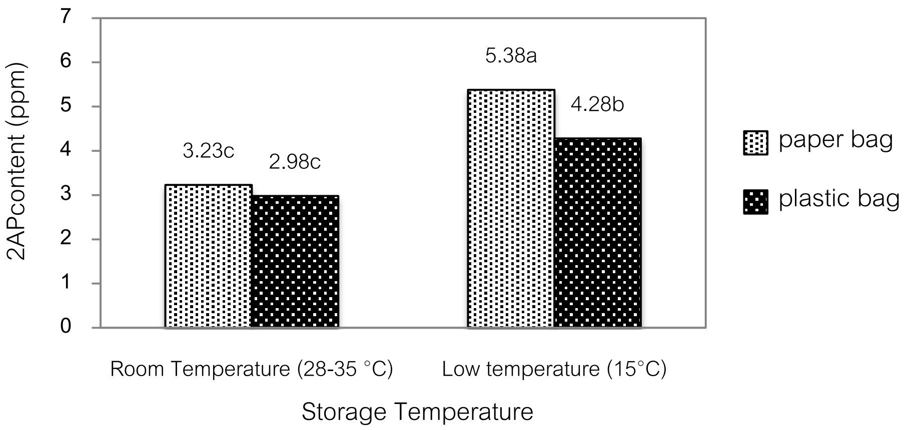


Figure 1 Interaction between storage temperature (room temperature, 28-35°C vs low temperature, 15°C) and storage container (paper bag vs plastic bag) of 2AP content in paddy rice after storage for 3 months. (Mean values followed by the same letter in each storage temperature are not significantly different at p≤0.05 by LSD test.)

Summary

All the storage conditions had roles in rice aroma preservation. Storage of the paddy rice in low temperature (15°C) could maintain 2AP content for 3 months of storage better than room temperature (28-35°C). KDML 105 and RD15 rice grown in dry season differed in 2AP content after 3 months of storage which the former had a higher 2AP content than that of the latter. For the effect of container, it was found that only for paddy rice stored in low temperature, the quantity of 2AP content in paddy rice kept in paper bag was higher than that of paddy kept in plastic bag.

Acknowledgements

The authors would like to thank Mr. Suthut Buddee for his support providing Hom Mali rice in this study.

Literature cited

Buttery, R.G., Ling, L.C., Juliano, B.O. and Turnbaugh, J.G., 1983, Cooked Rice Aroma and 2-acetyl-1-pyrroline, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 31: 823.

Champagne, E.T., 2008, Rice Aroma and Flavor: A Literature Review, Cereal Chemistry Journal, 85: 445-454.

Kongkiattikajorn, J., 2008, Effect of Storage Time and Temperature on Volatile Aroma Compounds and Physicochemical Properties of Rice, Kasetsart Journal: Natural Sciences, 42: 111–117.

Park, C.E., Ki, Y.S., Park, K.J. and Kim, B.K., 2012, Changes In Physicochemical Characteristics of Rice during Storage at Different Temperatures, Journal of Stored Product Research, 48: 25-29.

Sriseadka, T., Wongpornchai, S. and Kitsawatpaiboon, P., 2006, Rapid Method for Quantitative Analysis of the Aroma Impact Compound, 2-acetyl-1-pyrroline, in Fragrant Rice Using Automated Headspace Gas Chromatography, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 8183-8189.

Wongpornchai, S., Dumri, K., Jongkaewwattana, S. and Siri, B., 2004, Effect of Drying Methods and Storage Time on the Aroma and Milling Quality of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105, Food Chemistry, 87: 407-414.

Yoshihashi, T., Huong, N.T.T., Surojanametakul, V., Tungtrakul, P. and Varanyanond, W., 2005, Effect of Storage Conditions on 2-acetyl-1-pyrroline Content in Aromatic Rice Variety, Khao Dawk Mali 105, Journal Food Science, 70: S34-S37.

การพัฒนาโรคของดอก เมล็ด และต้นกล้ายางพารา พันธุ์ RRIM 600

The Flower and Seed and Seedling Diseases Development in *Hevea brasiliensis* RRIM 600 Variety

บัณฑิต โสภณ[1] เนตรนภิส เขียวขำ[1] และ สมศิริ แสงโชติ[1]
Sophon, B.[1], Khewkhom, N.[1] and Sangchote, S.[1]

Abstract

Study of fungal infection on rubber seed (*Hevea brasiliensis*) caused die back of seedling was investigated on 7 months of infected young leaves seedlings and non-symptom seedlings after cultivation by grafting RRIM 600 clone with traditional variety at Prasang district, Suradtani province. Infection of *Colletotrichum gloeosporioides* was found 76.3 and 73.3% and *Phomopsis* sp. was found 23.6 and 26.7% on infected young leaves seedlings and non-symptom seedlings, respectively. Three stages of 7 years old in same area, flower in 1 month and 2 months until fruiting in 3 months, were isolated fungal infection and diseases development. Infection of *Phomopsis* sp. was isolated from floral in age of 1 month and 2 months at 72.2 and 51.9%, respectively. Fruiting in 3 months stage was found highest infection of *C. gloeosporioide* at 64.4%. From the experiment showed a high amount of rubber seeding infection that using for clone. Then disease develop in seedling can be spread out and causing problem for rubber seeding producers in the present.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, seedling, *Colletotrichum gloeosporioide*

บทคัดย่อ

การศึกษาเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ที่ก่อให้เกิดโรคตายจากยอด (die back) ของต้นกล้ายางพารา โดยแยกเชื้อราจากส่วนยอดของต้นกล้าที่เกิดโรค และที่ไม่แสดงอาการของโรคจากต้นกล้ายางพารา อายุ 7 เดือน หลังจากวันปลูกลงดิน ด้วยวิธีขยายพันธุ์แบบทาบกิ่งสายพันธุ์ RRIM 600 กับต้นตอพันธุ์พื้นเมือง ในอำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี การแยกเชื้อราที่เข้าทำลายต้นกล้ายางพาราจากใบอ่อนที่ส่วนยอดของต้นกล้าที่แสดงอาการของโรค และต้นกล้าปกติ ตรวจพบเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ร้อยละ 76.3 และ 73.3 เชื้อรา *Phomopsis* sp. ร้อยละ 23.6 และ 26.7 ตามลำดับ การแยกเชื้อราจากส่วนดอกในระยะ 1 และ 2 เดือน จนกระทั่งติดผลในเดือนที่ 3 จากต้นยางพารา อายุ 7 ปี ในแหล่งปลูกเดียวกัน ตรวจพบเชื้อรา *Phomopsis* sp. จากส่วนดอกในระยะ 1 และ 2 เดือน ร้อยละ 72.2 และ 51.9 ตามลำดับ ในส่วนดอกอายุ 2 เดือน พบเชื้อรา *C. gloeosporioides* ร้อยละ 48.1 และในช่วงติดผลในเดือนที่ 3 พบเชื้อรา *C. gloeosporioides* มากที่สุด ร้อยละ 64.4 จากผลการทดลองจึงทำให้ทราบว่ามีเมล็ดติดเชื้อจำนวนมาก ซึ่งหากใช้เพาะเพื่อการผลิตต้นกล้าก็จะก่อให้เกิดปัญหาต้นกล้ายางพาราเกิดโรคตายในที่สุดหรือเกิดการแพร่กระจายของโรคซึ่งเป็นปัญหาที่พบในปัจจุบันของผู้ผลิตกล้ายางพาราจำหน่าย

คำสำคัญ: ยางพารา ต้นกล้า *Colletotrichum gloeosporioides*

คำนำ

วิธีการขยายพันธุ์ยางพาราเพื่อผลิตต้นกล้ายางที่นิยมใช้ในปัจจุบันและมีประสิทธิภาพดีคือ วิธีการติดตา ซึ่งต้องเริ่มจากการใช้เมล็ดพันธุ์ยางพาราที่มีคุณภาพดีมาเพาะเป็นต้นกล้าเพื่อให้เป็นต้นตอแล้วนำท่อนพันธุ์มาติดตา การเลือกเมล็ดสำหรับเพาะเพื่อให้ได้เมล็ดที่สมบูรณ์และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง เกษตรกรจะเก็บเมล็ดยางจากต้นยางที่สมบูรณ์และเลือกเก็บเมล็ดที่หล่นจากต้นใหม่ๆ รีบนำไปเพาะทันที เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงอย่างรวดเร็ว (ประภาพันธ์, 2529) การเพาะต้นกล้ายางพารามักพบปัญหาโรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Liyanage และ Srikanthi de Alwis, 1982) โรคนี้เข้าทำลายใบอ่อนของต้นยางได้ทุกระยะการเจริญเติบโตทั้งในแปลงขยายพันธุ์และแปลงปลูก มีอาการใบอ่อนเริ่มเหี่ยวและแห้งจากปลายกิ่งหรือปลายยอดลุกลามเข้ามาหาส่วนโคนทีละน้อย ส่วนของกิ่ง

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

หรือลำต้นที่ยังไม่ตายจะแตกแขนงใหม่ หากเกิดรวดเร็วจะยืนต้นตายในเวลาอันสั้น เปลือกล่อนออกจากเนื้อไม้ (สถาบันวิจัยยาง, 2555) โรคนี้พบในต้นยางพาราขนาดใหญ่ด้วยแต่ไม่มีการควบคุมโรคเพราะมีความยากลำบากในการฉีดพ่นสารเคมี และเกษตรกรไม่ได้ให้ความสำคัญกับโรคนี้ การถ่ายทอดโรคอาจเกิดขึ้นได้ในระยะดอก ซึ่งดอกของยางพารานั้นอยู่ภายในทรงพุ่มใบ จึงมีโอกาสได้ง่ายที่จะเกิดการเข้าทำลายของเชื้อราและก่อให้เกิดดอกร่วงก่อนได้รับการผสม นอกจากนี้ยังมีโอกาสถ่ายทอดไปสู่เมล็ดพันธุ์ได้ซึ่งอาจส่งผลต่อการนำเมล็ดยางพารามาผลิตต้นกล้า งานวิจัยจึงมุ่งศึกษาเชื้อราที่เข้าทำลายต้นกล้ายางพาราสาเหตุโรคใบจุดและเชื้อราที่เข้าทำลายในระยะดอกของยางพาราจนถึงระยะติดผล เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขหรือลดปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคจากใบอ่อนของต้นกล้ายางพารา

เก็บตัวอย่างใบอ่อนจากส่วนยอดของต้นกล้าที่แสดงอาการของโรคและต้นกล้าปกติ อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ต้นยางพาราอายุ 7 เดือน หลังจากวันปลูกลงดินขยายพันธุ์ด้วยวิธีทาบกิ่งสายพันธุ์ RRIM 600 กับต้นตอ ใช้กรรไกรฆ่าเชื้อตัดบริเวณส่วนยอดของต้นกล้าที่เกิดโรค และที่ไม่แสดงอาการของโรค แยกเชื้อราด้วยวิธี tissue transplantingลงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) โดยทำ 2 แบบ คือฆ่าเชื้อบริเวณผิวของชิ้นตัวอย่างโดยการแช่ตัวอย่างชิ้นพืชลงใน 10% sodium hypochlorite เป็นเวลา 5 นาที และไม่ฆ่าเชื้อที่ชิ้นตัวอย่างพืชโดยแช่ตัวอย่างพืชในน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นบ่มไว้ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน บันทึกผลเชื้อราที่ตรวจพบ

2. แยกเชื้อราจากส่วนดอกและผลอ่อนจากต้นยางพารา

เก็บตัวอย่างโดยใช้กรรไกรตัดบริเวณส่วนดอกยางพาราที่มีลักษณะปกติที่ไม่แสดงอาการแห้ง โดยในการศึกษาจะเริ่มเก็บดอกยางพาราเริ่มตั้งแต่เดือนแรกของการติดดอก (Figure 1) ดอกระยะ 2 เดือน (Figure 2) และเดือนที่สามที่ดอกได้รับการผสมและพัฒนาเป็นผลอ่อน (Figure 3) จากต้นยางพารา อายุ 7 ปี โดยนำมาแยกเชื้อสาเหตุโรคด้วยวิธี tissue transplanting โดยตัดชิ้นพืชขนาดประมาณ 5x5 มิลลิเมตร โดยทำ 2 แบบ คือฆ่าเชื้อบริเวณผิวของชิ้นตัวอย่าง และไม่ฆ่าเชื้อที่ชิ้นตัวอย่าง (เช่นเดียวกับข้อ 1) นำมาวางในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA และ carrot agar (CA) ที่เติม streptomycin ลงไปในอัตราส่วน 1.4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรีย บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน บันทึกผลเชื้อราที่ตรวจพบ

Figure 1 *Hevea brasiliensis* RRIM 600 Variety. (A) Flower bud in the first month (B) Flower after 2 months (C) Fruit set in 3 months.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคจากส่วนยอดของต้นกล้ายางพารา

การแยกเชื้อราจากจากต้นกล้ายางพารา อายุ 7 เดือน หลังจากวันปลูกลงดิน ด้วยวิธีขยายพันธุ์แบบทาบกิ่งสายพันธุ์RRIM 600 กับต้นตอ ตรวจพบเชื้อรา *C. gloeosporioides* มากที่สุดทั้งที่ส่วนยอดบริเวณใบอ่อนของต้นกล้าที่แสดงอาการโรคใบจุดและที่ไม่แสดงอาการของโรค ร้อยละ 76.3 และ 73.3 ตามลำดับ และพบเชื้อรา *Phomopsis* sp. ร้อยละ 23.6 และ 26.7จากใบอ่อนที่ส่วนยอดของต้นกล้าที่แสดงอาการของโรคและต้นกล้าปกติ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจโรคของสถาบันวิจัยยาง (2555) โดยพบว่าโรคใบจุดของยางพาราเกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* เข้าทำลาย

ใบอ่อนของต้นยางพาราได้ทุกระยะรวมทั้งในแปลงขยายพันธุ์ ทำให้ใบร่วง (Guyot และคณะ, 2005; Guyot และคณะ, 2001) หากโรครุนแรงทำให้เกิดอาการตายจากยอด อาการส่วนใหญ่เกิดกับต้นยางที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปี

2. แยกเชื้อราจากส่วนดอกและผลอ่อนจากต้นยางพารา

การแยกเชื้อราจากดอกตูมในระยะ 1 เดือน ดอกบาน อายุ 2 เดือน และระยะติดผลในเดือนที่ 3 ตรวจพบเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *C. gloeosporioides*, *Phomopsis* sp. และ *Curvularia* sp. โดย *C. gloeosporioides* ไม่พบในระยะดอกตูม และในระยะดอกบานร้อยละ 48.14 โดยพบมากที่สุดในระยะติดผล ในเดือนที่ 3 ร้อยละ 64.44 ส่วนเชื้อรา *Phomopsis* sp. พบมากที่สุดในระยะดอกตูม ร้อยละ 72.22 ส่วนในระยะดอกบานและระยะติดผลตรวจพบในปริมาณไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังตรวจพบเชื้อรา *Curvularia* sp. ในระยะดอกตูมเท่านั้น ร้อยละ 27.77 โดยเชื้อรา *Phomopsis* sp. และ *Curvularia* sp. ไม่พบรายงานว่าเป็นสาเหตุโรคใบจุดของต้นยางพารา จากผลการทดลองที่ตรวจพบเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ดอกบานในช่วงเดือนที่ 2 และในช่วงติดผลในเดือนที่ 3 ทำให้ทราบว่ามีเมล็ดติดเชื้อจำนวนมาก ซึ่งหากใช้เพาะเป็นส่วนต้นตอในการผลิตต้นกล้า จะก่อให้เกิดปัญหาต้นกล้ายางพาราเกิดโรคตายในที่สุดหรือเกิดการแพร่กระจายของโรคซึ่งเป็นปัญหาที่พบในปัจจุบันของผู้ผลิตกล้ายางพาราจำหน่าย

สรุปผล

1. การตรวจโรคจากส่วนยอดของต้นกล้าจากต้นกล้ายางพารา อายุ 7 เดือน หลังจากวันปลูกลงดิน ด้วยวิธีขยายพันธุ์แบบทาบกิ่งสายพันธุ์ RRIM 600 กับต้นตอ ที่ใบอ่อนที่เกิดโรคและที่ไม่แสดงอาการของโรคใบจุด ตรวจพบเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* มากที่สุด ร้อยละ 76.3 และ 73.3 ตามลำดับ และพบเชื้อรา *Phomopsis* sp. ด้วย

2. การพัฒนาของโรคเกิดขึ้นตั้งแต่ในระยะออกดอกและติดผล จากการแยกเชื้อราจากส่วนดอกในระยะ 1 และ 2 เดือน จนกระทั่งติดผลในเดือนที่ 3 ตรวจพบเชื้อรา *C. gloeosporioides* มากที่สุดในช่วงติดผลในเดือนที่ 3 ร้อยละ 64.44 พบการติดเชื้อจำนวนมากที่บริเวณผลของยางพาราอันนำไปสู่การติดเชื้อไปยังเมล็ดพันธุ์ยางพาราหากนำไปผลิตเป็นต้นกล้าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ประภาพันธ์ แป้นพูน, 2529, การศึกษาและพัฒนาดอกและเมล็ดยางพารา พันธุ์พื้นเมืองและ RRIM 600, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

สถาบันวิจัยยาง, 2555, โรคและอาการผิดปกติของยางพารา ปี 2555, กรมวิชาการเกษตร, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ, 77 หน้า.

Guyot, J.O., Ntawanga, P. and Fabrice, H.G., 2005, Epidemiological Investigation on *Colletotrichum* Leaf Disease on Rubber Tree, Crop Protection, 24: 65-77.

Guyot, J., Ntawanga O., Ndoutoume, E., Mba Otsaghe, A., Enjalric, A.A., Ngoua F. and Assoumou, H.G., 2001, Effect of Controlling *Colletotrichum* Leaf Fall of Rubber Tree on Epidemic Development and Rubber Production, Crop Protection, 20(7): 581-590.

Liyanage, A. de S. and Srikanthi de Alwis L.R., 1982, Host–Parasite Relationships of *Colletotrichum* Leaf Disease in Rubber, Journal the Rubber Research Institute of Sri Lanka, 60: 41-46.

Table 1 Fungal infection on apical leaves of rubber seedling 7 months old after cultivation by grafting RRIM 600 clone.

Clone seedling	*Colletotrichum gloeosporioides*	*Phomopsis* sp.
leaf spot symptom	76.3a	23.60b
leaf without symptom	73.33a	26.66b

Mean values within followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) according to DMRT.

Table 2 Isolation and identification of infected fungi from rubber flower bud, flower and fruit set.

month (S)	plant parts	*C. gloeosporioides*	*Phomopsis* sp.	*Curvularia* sp.
1	flower bud	0b	72.22a	27.77a
2	flower	48.14a	51.85ab	0b
3	fruit set	64.44a	35.55b	0b

Mean values within followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) according to DMRT.

การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของลำไยในจังหวัดจันทบุรี

An Analysis of Logistics Costs of Longan in Chanthaburi Province

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2], วาริช ศรีละออง[1,2] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2]
Boonyaritthongchai, P.[1,2], Srilaong, V.[1,2] and Wongs-Aree, C.[1,2]

Abstract

Longan produced at Chantaburi Province is mainly exported to China. The main area plantations of longan are Amphoe Pong Nam Ron and Amphoe Soi Dao. The logistics cost analysis in Chanthaburi Province was studied using a questionnaire and intensive interviews of the growers and collectors. The results showed that there were 2 models of growers: first, growers who plant longan following the GAP (good agricultural practice) system and second, growers who do not follow GAP. Growers producing longan following GAP had a higher yield at 1,543 kilograms/rai, a production cost of 8.956 baht/kg and a logistic cost of 0.813 baht/kg. Growers producing longan following GAP had a variable cost of 8.033 baht/kg or 89.69% of the total longan production cost fixed costs was 0.11 baht/kg or 1.23% of the total longan production cost. Growers who did not follow GAP had a lower yield of 1,499 kilograms/rai, a production cost of 10.114 baht/kg, a logistic cost of 1.004 baht/kg, a variable cost of 8.96 baht/kg or 88.59% of the total longan production cost, and a fixed cost of 0.11 baht/kg or 1.09% of the total longan production cost. In comparison of the total yield, the production cost and logistic cost of 2 model growers showed that they were not statistically different.

Keywords: longan, costs, logistics

บทคัดย่อ

ลำไยที่ปลูกในเขตจังหวัดจันทบุรีเป็นลำไยที่ผลิตเพื่อการส่งออกไปยังประเทศจีนเป็นส่วนใหญ่ โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกที่อำเภอสอยดาว และโป่งน้ำร้อน งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของลำไยที่ปลูกในเขตอำเภอสอยดาวและโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี โดยการใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่า เกษตรกรมีรูปแบบการผลิตลำไย 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 เกษตรกรผลิตลำไยตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP โดยมีผลผลิตรวม 1,543 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 8.956 บาทต่อกิโลกรัม และมีต้นทุนโลจิสติกส์เท่ากับ 0.813 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนผันแปรเฉลี่ยเท่ากับ 8.033 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 89.69 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิต ต้นทุนคงที่ได้แก่ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตร เท่ากับ 0.11 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 1.23 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิต รูปแบบที่ 2 ได้แก่ เกษตรกรผลิตลำไยไม่ปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP พบว่ามีผลผลิตรวม 1,499 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 10.114 บาทต่อกิโลกรัม และมีต้นทุนโลจิสติกส์เท่ากับ 1.004 บาทต่อกิโลกรัม มีต้นทุนผันแปรเฉลี่ยเท่ากับ 8.96 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 88.59 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิต ต้นทุนคงที่เท่ากับ 0.11 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 1.09 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิต เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตรวม ต้นทุนการผลิต และต้นทุนโลจิสติกส์ ของเกษตรกรทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

คำสำคัญ: ลำไย ต้นทุน โลจิสติกส์

คำนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญที่รัฐบาลจัดให้อยู่ในสินค้าเพื่อการส่งออก มูลค่าการส่งออกสูงปีละหลายพันล้านบาท(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) ปัจจุบันจังหวัดจันทบุรีมีการขยายการปลูกลำไยนอกฤดูเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งจังหวัดมีลำไย

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพ 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

นอกฤดูถึง 90% จากเดิมมีพื้นที่ปลูก 105,000 ไร่เศษ ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 120,000 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกลำไยที่สำคัญอยู่ด้านบนของจังหวัด คือ อำเภอโป่งน้ำร้อนกับสอยดาว และมีแนวโน้มที่มีการขยายตัวของพื้นที่การปลูกลำไยเพิ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้ยังขาดข้อมูลในเรื่องต้นทุนในการผลิต และต้นทุนโลจิสติกส์ของลำไยในจังหวัดจันทบุรียังไม่มี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของลำไยในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี เพื่อเป็นข้อมูลให้มีการพัฒนาระบบการผลิตลำไยในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวในเขตจังหวัดจันทบุรี เพื่อให้การผลิตลำไยมีต้นทุนลดลงและผลผลิตมีคุณภาพสูงขึ้น รวมทั้งเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการจัดการคุณภาพลำไยหลังการเก็บเกี่ยวภายในประเทศที่เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวิเคราะห์ต้นทุนด้านการผลิตของลำไยในเขตจังหวัดจันทบุรี ขั้นตอนที่ 1 สัมภาษณ์เกษตรกรเพื่อนำข้อมูลไปคำนวณต้นทุนการผลิตของเกษตรกรที่ปลูกลำไย โดยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมตั้งแต่การเตรียมแปลงปลูก การปลูก และ การดูแลรักษา การจัดหาปัจจัยการผลิต เช่น กิ่งพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี ยากำจัดวัชพืช สารเคมีป้องกันโรคและศัตรูพืช โดยจะวิเคราะห์หรือคำนวณต้นทุนการผลิตลำไย จากต้นทุน 3 ด้าน ได้แก่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และต้นทุนโลจิสติกส์ ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบและกำหนดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร เมื่อออกแบบสอบถามสัมภาษณ์แล้วสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง เพื่อคำนวณกลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์ที่เหมาะสม ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ในส่วนเกษตรกรผู้ผลิตลำไย (คำนาย, 2551) การรวบรวมข้อมูลและการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ในส่วนเกษตรกร มีขั้นตอนดังนี้ 1. รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ตามจำนวนตัวอย่างที่คำนวณไว้ข้างต้นทั้งในส่วน ค่าใช้จ่ายด้านโลจิสติกส์ และต้นทุนการผลิตในส่วนอื่นๆ ได้แก่ ค่าจัดการแปลง ค่าสารกำจัดวัชพืช ค่าปุ๋ย ค่าแรง ค่าสารปราบศัตรูพืช ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าขนย้าย เป็นต้น 2. คำนวณต้นทุนโลจิสติกส์จากค่าใช้จ่ายของกิจกรรมการจัดหา การเคลื่อนย้ายวัสดุ การขนส่ง และสินค้าคงคลัง โดยค่าใช้จ่ายแต่ละกิจกรรมเริ่มจากการคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายต่อไร่ของเกษตรกรแต่ละราย แล้วจึงนำปริมาณผลผลิตต่อไรของเกษตรกรแต่ละรายมาหาร เพื่อให้ได้ต้นทุนโลจิสติกส์เป็นหน่วยบาทต่อกิโลกรัม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และต้นทุนโลจิสติกส์ในส่วนเกษตรกรผู้ปลูกลำไยที่ปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP

ผลการคำนวณต้นทุนการผลิต และต้นทุนโลจิสติกส์ ในการผลิตลำไยที่ปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP ในจังหวัดจันทบุรี จากการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 12 ราย พบว่า มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 8.86 บาทต่อกิโลกรัม ประกอบด้วยต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าแรงงานในการเตรียมแปลงปลูก ค่าจ้างแรงงานสำหรับปลูก ค่าจ้างในการใส่ปุ๋ย พ่นยาและราดสารเร่งออกดอก วัสดุปลูก กิ่งพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารราดเร่งออกดอก น้ำมันเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร พบว่า มีต้นทุนผันแปรเฉลี่ยเท่ากับ 8.033 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 89.69 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิต ต้นทุนคงที่ประกอบด้วย ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตรเท่ากับ 0.11 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 1.23 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิต ต้นทุนโลจิสติกส์เฉลี่ย เท่ากับ 0.81 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละต่อทุนการผลิตเท่ากับ 9.08 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนเฉลี่ย โดย 93.48 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนโลจิสติกส์ เป็นต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคาของรถที่ใช้ขนส่งปัจจัยการผลิต และค่าดูแลรักษารถที่ใช้ขนส่งปัจจัยการผลิต ซึ่งเป็นต้นทุนโลจิสติกส์ที่มากที่สุดเท่ากับ 0.76 บาทต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ 5.90 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนโลจิสติกส์ เป็นต้นทุนการจัดหา ได้แก่ ค่าน้ำมันสำหรับการจัดหาปัจจัยการผลิตเท่ากับ 0.048 บาทต่อกิโลกรัม และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนโลจิสติกส์เป็นต้นทุนการบริหารได้แก่ ค่าโทรศัพท์ติดต่อผู้รวบรวมหรือล้ง เท่ากับ 0.005 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ

ดังนั้นต้นทุนการผลิตทั้งหมด คือ ต้นทุนแปรผันทั้งหมดรวมกับต้นทุนคงที่ทั้งหมด และรวมกับต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมด จากการศึกษาการผลิตลำไยของเกษตรกรที่มีการจัดการคุณภาพ GAP มีต้นทุนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 8.965 บาทต่อกิโลกรัม

2. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และต้นทุนโลจิสติกส์ในส่วนเกษตรกรผู้ปลูกลำไยที่ไม่ปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP

ผลการคำนวณต้นทุนการผลิต และต้นทุนโลจิสติกส์ ในการผลิตลำไยที่ไม่ปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ

GAP ในจังหวัดจันทบุรี จากการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 12 ราย พบว่า มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 10.114 บาทต่อกิโลกรัม ประกอบด้วยต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าแรงงานในการเตรียมแปลงปลูก ค่าจ้างแรงงานสำหรับปลูก ค่าจ้างในการใส่ปุ๋ย พ่นยา และราดสารเร่งออกดอก วัสดุปลูก กิ่งพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารราดเร่งออกดอก น้ำมันเชื้อเพลิง หรือไฟฟ้า และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร พบว่า มีต้นทุนผันแปรเฉลี่ยเท่ากับ 8.96 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 88.59 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิต ต้นทุนคงที่ประกอบด้วย ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตรเท่ากับ 0.11 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 1.09 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิต ต้นทุนโลจิสติกส์เฉลี่ยเท่ากับ 1.044 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละต่อทุนการผลิตเท่ากับ 10.32 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนเฉลี่ย โดย 94.66 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนโลจิสติกส์ เป็นต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาของรถที่ใช้ขนส่งปัจจัยการผลิต และค่าดูแลรักษารถที่ใช้ขนส่งปัจจัยการผลิต ซึ่งเป็นต้นทุนโลจิสติกส์ที่มากที่สุดเท่ากับ 0.988 บาทต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ 4.89 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนโลจิสติกส์ เป็นต้นทุนการจัดหา ได้แก่ ค่าน้ำมันสำหรับการจัดหาปัจจัยการผลิตเท่ากับ 0.051 บาทต่อกิโลกรัม และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนโลจิสติกส์เป็นต้นทุนการบริหารได้แก่ ค่าโทรศัพท์ติดต่อผู้รวบรวมหรือล้ง เท่ากับ 0.005 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ และมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 10.114 บาทต่อกิโลกรัม

เมื่อนำต้นทุนการผลิตลำไยของเกษตรกรที่มีการจัดการแบบ GAP มาเปรียบเทียบกับเกษตรกรที่ไม่ได้ปฏิบัติตาม GAP พบว่า ต้นทุนการผลิตลำไยแบบไม่ได้ GAP มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าแบบ GAP เมื่อพิจารณาต้นทุนผันแปรทั้งหมด พบว่า ต้นทุนผันแปรของเกษตรกรที่ไม่ได้ GAP มีปริมาณสูงว่าเกษตรกรที่ใช้ระบบการจัดการแบบ GAP แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรที่ใช้ระบบการจัดการคุณภาพ GAP มีการควบคุมและจำกัดปริมาณการให้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยังมีการควบคุมการใช้ยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีสารเคมีตกค้างในผล และส่งผลให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ในกรณีการปลูกลำไยที่จังหวัดจันทบุรี การผลิตลำไยในจังหวัดจันทบุรีเป็นการผลิตลำไยเพื่อการส่งออก โดยสามารถผลิตลำไยนอกฤดูกาลได้ ดังนั้นการปฏิบัติตามหลักการจัดการคุณภาพ GAP จึงมีความสำคัญ โดย GAP (Good Agriculture Practices) เป็นแนวทางในการทำการเกษตร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ได้ผลผลิตสูงคุ้มค่าการลงทุน และขบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค มีการใช้ทรัพยากรที่เกิดประโยชน์สูงสุด เกิดความยั่งยืนทางการเกษตร

สรุปผล

เกษตรกรผู้ปลูกลำไยแบ่งเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ เกษตรกรกลุ่มที่มีการจัดการคุณภาพตามระบบ GAP และกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP มีต้นทุนการผลิตลำไย เกษตรกรที่ปลูกลำไยตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP สามารถผลิตลำไยได้ 1,543 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีต้นทุนการผลิตรวม 8.956 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนโลจิสติกส์ 0.813 บาทต่อกิโลกรัม และผลกำไรสุทธิ 18.68 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรที่ผลิตลำไยที่ไม่ปฏิบัติตามระบบคุณภาพ GAP ผลิตลำไยได้ 1,499 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 10.114 บาทต่อกิโลกรัม และมีต้นทุนโลจิสติกส์เท่ากับ 1.004 บาทต่อกิโลกรัม และมีผลกำไรสุทธิ 17.90 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงควรมีการสนับสนุนเกษตรกรผู้ปลูกลำไยให้มีการยื่นขอ GAP เพื่อรองรับการขยายตัวการส่งออกลำไยในอนาคต

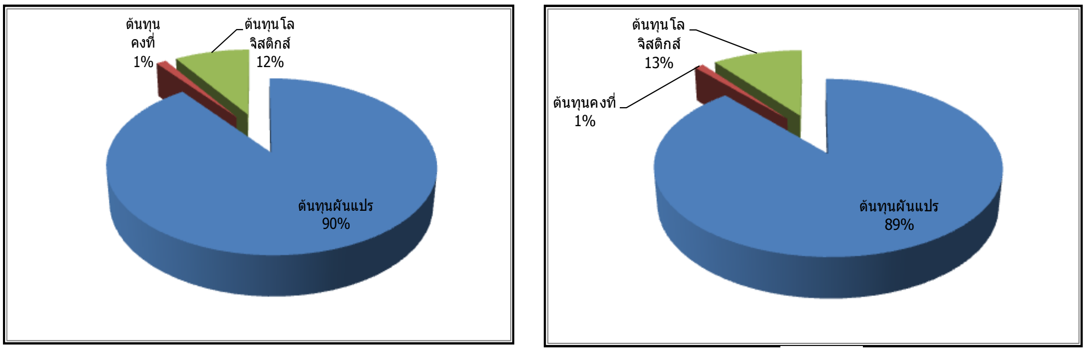
คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

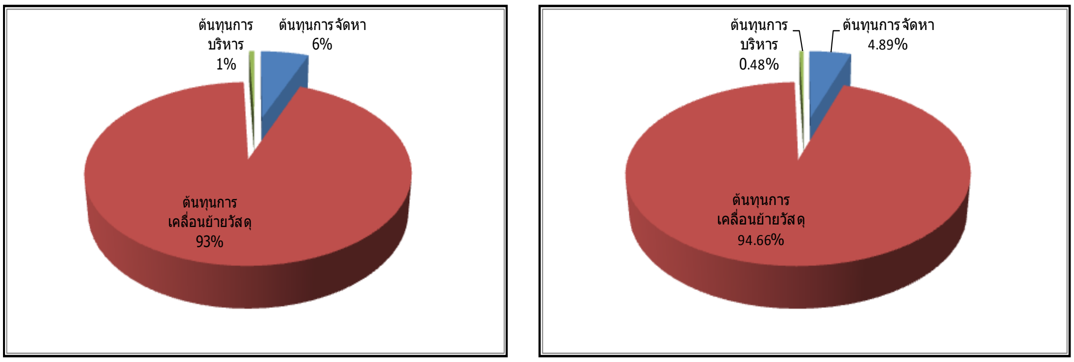
กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548, การส่งออกและนำ เข้าสินค้าพืชสวนของไทย, กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, 14 หน้า.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2551, การจัดการต้นทุนโลจิสติกส์, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์โฟกัส, กรุงเทพมหานคร.



(A) (B)

Figure 1 Production cost of longkan production including a variable cost per kg, a fixed cost and a logistic cost of the growers who following (A) and non-following GAP (B).



(A) (B)

Figure 2 Logistic costs of each activity in longkan production of the growers who following (A) and non-following GAP (B).

Table 1 Yields of longkan, production costs, logistic costs and net profit of the growers who following and non-following GAP.

Model	Yields of longkan (kilograms/rai)	production costs (baht/kg)	logistic costs (baht/kg)	net profit (baht/kg)
Longan production following GAP	1,543	8.956	0.813	18.68
Longan production non- following GAP	1,499	10.114	1.004	17.90
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	53.840	36.461	53.230	12.076

พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากโสน (*Sesbania javanica*)

Surface Area of Activated Carbon from Sano (*Sesbania javanica*)

ภควดี สุขอนันต์[1]
Sukananta, P.[1]

Abstract

The aims of this research are 1) to prepare activated carbon from *Sesbania javanica* (sano) by using zinc chloride as an activating agent, and 2) to study surface characteristic of these char and activated carbons. Small pieces of dried sano were pyrolysed at different temperatures and times. The activation process was performed by impregnating char in zinc chloride solution for 24 hrs and then heating at 600 and 700°C for 1 hr. The surface morphology and surface area of these materials were investigated by using Scanning Electron Microscopy (SEM) technique, methylene blue (MB), and N_2 adsorption, respectively. The CHN analysis of sano showed that there are 12.14, 6.52, and 1.13% of C, H, and N. The best condition for preparing char from sano was heating at 400°C for 4 hrs. The impregnation weight ratio in this research was 1:6. The SEM micrograph of char showed more porous texture than that of raw material (sano) (1-2 μm). The SEM micrographs revealed micropore (1-5 μm) and mesopore (10-50 μm) in both types of activated carbon, which is corresponded to the results from surface area analysis. The activated carbon, which were activated at 600 and 700°C, had higher surface area (S_{MB} = 713.64 and 611.69, S_{BET}= 816.5 and 517.08 m^2/g, respectively) than that of char (S_{MB}= 63.12 and S_{BET}= 104.87 m^2/g).

Keywords: activated carbon, surface area, *Sesbaniajavanica* (sano), zinc chloride

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากต้นโสนที่เตรียมโดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ เป็นการนำต้นโสนที่สับเป็นชิ้นเล็กๆแล้วตากแห้งไปเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ จากนั้นนำถ่านที่ผ่านการแช่สารละลายซิงค์คลอไรด์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงไปเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการศึกษาสัณฐานวิทยาพื้นผิวและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) และการดูดซับสารละลายเมทธิลีนบลูและแก๊สไนโตรเจน

ผลการศึกษาพบว่าต้นโสนมีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน ร้อยละ 12.14 6.52 และ 1.13 ตามลำดับ ถ่านต้นโสนได้จากเผาชิ้นโสนแห้งในที่อับอากาศที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ส่วนถ่านกัมมันต์ได้จากการนำถ่านที่ได้ที่บดร่อนให้มีขนาดเล็กกว่า 250 ไมครอนไปแช่ในสารละลายซิงค์คลอไรด์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุต่อสารเคมีเป็น 1:6 แล้วนำไปเผากระตุ้นในสภาพอับอากาศ จากภาพถ่าย SEM แสดงให้เห็นว่าถ่านที่เตรียมได้มีสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกับต้นโสนแห้งแต่มีช่องว่างระหว่างร่องเนื้อไม้กว้างขึ้นและยังคงมีรูพรุนขนาด 1-2 ไมครอนและสำหรับถ่านกัมมันต์การกระตุ้นด้วยสารเคมีคือ $ZnCl_2$ ทำให้เกิดช่องว่างหรือรูขนาดเล็ก (1-5 ไมครอน) และรูขนาดกลาง (10-50 ไมครอน) ขึ้นจำนวนหนึ่ง ทำให้ถ่านกัมมันต์มีปริมาณรูพรุนหรือช่องว่างมากกว่าถ่าน สอดคล้องกับการที่ ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 และ 700°C มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (S_{MB} = 713.64 และ 611.69 m^2/g ตามลำดับ S_{BET}= 816.15 และ 517.08 m^2/g ตามลำดับ) สูงกว่าถ่าน (S_{MB} = 63.12 และS_{BET}= 104.87 m^2/g)

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ พื้นที่ผิว โสน ซิงค์คลอไรด์

[1] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ถ.ปรีดีพนมยงค์ ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, 96 Preedeepanomyong Rd., Pratoochai, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

คำนำ

กระบวนการดูดซับ(Adsorption)เป็นเทคนิคสำคัญในกระบวนการแยกสาร และการทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยการใช้วัสดุดูดซับต่างๆ ซึ่งวัสดุดูดซับที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เนื่องจากเป็นวัสดุที่สามารถดูดซับได้เป็นจำนวนมากและมีราคาถูก มีการผลิตถ่านกัมมันต์เพื่อจำหน่ายทั่วโลกที่มีมูลค่าเป็นพันล้านดอลลาร์ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุต่างๆ รวมทั้งที่สังเคราะห์ขึ้นและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหล่านั้น (Mozammel และคณะ, 2002; Nabais และคณะ, 2008) การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจเตรียมถ่านกัมมันต์จากต้นโสนซึ่งเป็นต้นไม้ประจำจังหวัดพระนครศรีอยุธยาโสนเป็นไม้สกุลเดียวกับแค เป็นไม้ล้มลุกอายุ 1 ปี พืชตระกูลนี้มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย จากอินเดียไปทางตะวันออกจนถึงประเทศมาเลเซียอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ โสนขึ้นเองตามธรรมชาติ มักพบในพื้นที่ที่มีน้ำขังลำต้นสูงประมาณ 1-4 เมตร ลำต้นผิวเรียบเป็นเหลี่ยมหรือกลมมีร่องละเอียดตามความยาวของลำต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำต้นโสนตากแห้งมาสับเป็นชิ้นเล็กๆเผาเป็นถ่านที่อุณหภูมิ 300 350 และ 400°C เป็นเวลา 3 4 และ 5 ชั่วโมงในเตาเผาในสภาพอับอากาศ จากนั้นทำการร่อนคัดขนาดให้มีขนาดเล็กกว่า 250 μm แช่ในสารละลายซิงค์คลอไรด์ ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักถ่านต่อสารละลายเป็น 1: 6 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการเผาที่อุณหภูมิ 600 และ 700°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในสภาพอับอากาศ ล้างถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางและน้ำกลั่น (ภควดี, 2553) นำต้นโสนถ่านและถ่านกัมมันต์จากโสนไปศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค SEM วิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วยการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูและแก๊สไนโตรเจน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิค CHN analysis พบว่าต้นโสนมีปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน เท่ากับ 12.14 6.52 และ 1.13% ตามลำดับสมบัติเชิงความร้อนของต้นโสนแสดงดัง Figure 1จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปถึง 91°C พบว่ามวลสารหายไป 8.5% เป็นการสลายตัวของน้ำและสารอินทรีย์บางส่วน มวลสารหายไป 50% ที่อุณหภูมิ 344°C ขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 620°C มวลสารหายไปถึง 90% สลายตัวจนเกือบหมดที่อุณหภูมิสูงกว่า640°Cผลการเตรียมถ่านแสดงข้อมูลดัง Table 1 จะเห็นว่าการเผาวัตถุดิบที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมงได้ถ่านที่มีสีดำเป็นมัน มีปริมาณเถ้าเล็กน้อยเหมาะสมในการนำไปเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์ต่อไป ส่วนการเผาที่ใช้เวลามากขึ้นแกนด้านในของต้นโสนซึ่งมีลักษณะคล้ายฟองน้ำจะทำให้ได้ถ่านในปริมาณไม่สม่ำเสมอและในบางครั้งเป็นเถ้ามากกว่าเป็นถ่านลักษณะของต้นโสนสด ต้นโสนที่ถูกสับเป็นชิ้นเล็กๆแล้วตากแห้งและถ่านที่เตรียมได้แสดงดัง Figure 2 ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นโสน ถ่าน และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 600 และ 700°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแสดงดัง Figure 3 a b c และ d ตามลำดับ จากภาพถ่ายพื้นผิวของต้นโสนที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ (3a) จะเห็นว่ามีลักษณะเป็นแผ่นบางๆเรียงซ้อนกันและมีรูขนาดประมาณ 1 ไมครอน กระจายไปทั่วแผ่นบางๆซึ่งเป็นช่องทางลำเลียงน้ำและอาหารของต้นโสน และสังเกตเห็นว่ามีช่องหรือโพรงยาวตลอดแนวของลำต้นแสดงถึงการมีเนื้อไม้ที่อ่อนนุ่มคล้ายฟองน้ำที่เป็นแก่นของต้นโสน สำหรับภาพถ่าย SEM ของถ่าน (3b) แสดงให้เห็นลักษณะที่คล้ายคลึงกับต้นโสนแห้งแต่จะเห็นว่ามีช่องว่างระหว่างร่องเนื้อไม้กว้างขึ้นซึ่งคาดว่าช่องเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนทำให้เนื้อไม้ที่มีเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสและลิกนินเป็นส่วนประกอบหลัก สูญเสียน้ำและสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายออกไปจึงแตกออกเป็นร่องลึก และรูพรุนขนาด 1-2 ไมครอน ยังคงอยู่และขยายขนาดกว้างขึ้น มีรูบางส่วนที่เกิดขึ้นใหม่ด้วย ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 600°C จากภาพถ่าย (3c) จะเห็นว่าจากการกระตุ้นด้วยสารเคมี $ZnCl_2$ ทำให้เกิดช่องว่างหรือรูขนาดเล็ก (1-5 ไมครอน) และรูขนาดกลาง (10-50 ไมครอน) ขึ้นจำนวนหนึ่งซึ่งอาจเกิดจากการที่รูพรุนขนาดเล็กยุบลงกลายเป็นช่องหรือหลุมที่ใหญ่ขึ้น ภาพถ่าย SEM ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 700°C (3d) จะเห็นว่ามีทั้งรอยแตกหรือช่องเล็กๆ (เล็กกว่า 1 ไมครอน) และรอยแตกขนาดกลาง (5-10 ไมครอน) ในขณะเดียวกันก็มีรูขนาดกลาง (10-50 ไมครอน) และยังคงมีรูพรุนขนาดเล็กเหมือนในเนื้อของต้นโสนแต่ก็มีรูพรุนขนาดกลางเพิ่มขึ้นจำนวนหนึ่ง

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้แสดงดัง Table 2 จากตารางจะเห็นว่าถ่านกัมมันต์จากโสนทั้งสองชนิดมีพื้นที่ผิวสูงกว่าถ่านอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่ากระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมีในที่นี่คือซิงค์คลอไรด์แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดรูพรุนหลายขนาดส่งผลให้วัสดุที่เตรียมได้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการ

ทดลองของ Mozammel และคณะ (2002) และ Nabais และคณะ (2008) ส่วนการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญอาจเป็นเพราะลักษณะของต้นโสนมีทั้งส่วนที่แข็งของเปลือกนอกและมีส่วนแกนที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำจึงทำให้วัสดุที่เตรียมได้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

สรุปผล

อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการเผาถ่านจากโสนคือที่ 400°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้ถ่านที่มีสีดำและมีปริมาณเถ้าเกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยถ่านที่เตรียมได้มีสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกับต้นโสนแห้งแต่มีช่องว่างระหว่างร่องเนื้อไม้กว้างขึ้นและยังคงมีรูพรุนขนาด 1-2 ไมครอน และมีการขยายขนาดรูพรุนที่กว้างขึ้น นอกจากนี้มีรูบางส่วนที่เกิดขึ้นใหม่ด้วยจากการกระตุ้นด้วยสารเคมี $ZnCl_2$ ทำให้เกิดช่องว่างหรือรูขนาดเล็ก (1-5 ไมครอน) และรูขนาดกลาง (10-50 ไมครอน) ขึ้นจำนวนหนึ่งซึ่งอาจเกิดจากการที่รูพรุนขนาดเล็กยุบลงกลายเป็นช่องหรือหลุมที่ใหญ่ขึ้น ทำให้ถ่านกัมมันต์มีปริมาณรูพรุนหรือช่องว่างมากกว่าถ่านถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นที่เกิดจากการเกิดรูและรูพรุนบนโครงสร้างของวัสดุเนื่องจากการใช้ความร้อนเผาไล่สารอื่นออกไปจนเหลือแต่โครงสร้างของคาร์บอนและการกระตุ้นด้วยสารเคมี (แช่แล้วเผาที่อุณหภูมิสูง) ช่วยทำให้เกิดรูมากขึ้นและช่วยปรับสภาพที่มีความจำเพาะบนผิวของถ่านกัมมันต์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่อนุมัติทุนเพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้องที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

ภควดี สุขอนันต์, 2553, การศึกษาสมบัติและคุณลักษณะของพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดที่เตรียมแบบ 1 ขั้น และ 2 ขั้น, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41: 285-289.

โสน, 2554, โสน: ผักพื้นบ้าน อาหารแบบไทยๆ, [online], Available: http://www.facebook.com/permalink.php?id=โสน: ผักฯ [13/ May/ 11].

Mozammel, H.M., Masahiro, O. and Bhattacharya, S.C., 2002, Activated Charcoal from Coconut Shell Using $ZnCl_2$ Activation, Biomass and Bioenergy, 22: 397-400.

Nabais, J.V., Carrott, P., Carrott, M.M.L.R., Luz, V. and Ortiz, A.L., 2008, Influence of Preparation Conditions in the Textural and Chemical Properties of Activated Carbons from a Novel Biomass Precursor: The Coffee Endocarp, Bioresource Technology, 99: 7224-7231.

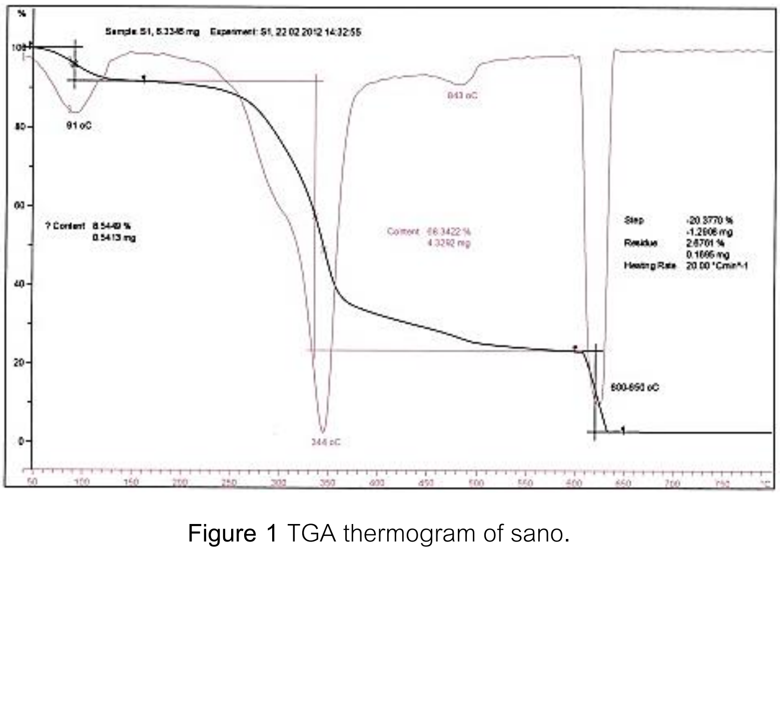
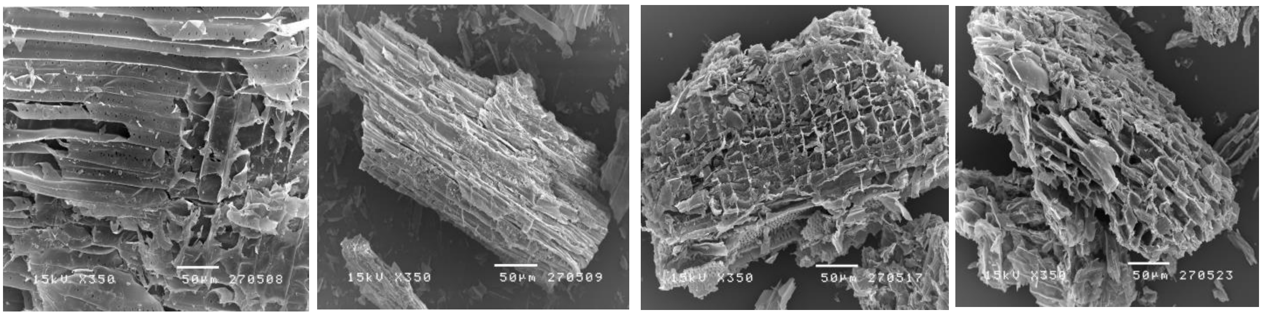


Figure 1 TGA thermogram of sano.

(a) (b) (c)

Figure 2 Images of (a) sano (b) pieces of dried sano and (c) sano charcoal.



(a) (b) (c) (d)

Figure 3 SEM micrographs of (a) sano (b) sano charcoal (c) sano activated carbon, activated at 600°C and (d) sano activated carbon, activated at 700°C.

Table 1 Char yield percent at 300, 350 and 400°C and various times.

pyrolysed time (hr)	pyrolysed temperature (°C)	yield (%) $\bar{X} \pm error$	result
3	300	25.00±0.00	black-brown char and no ash occurred
	350	9.38±3.12	black-brown char and no ash occurred
	400	7.35±0.55	blackish char and less ash occurred
4	400	11.39±1.97	black char and less ash occurred
5	400	6.85±0.24	black char and more ash occurred

Table 2 Surface area of sano char and activated carbons.

materials	surface area (m^2/g)	
	methylene blue, S_{MB}	BET, S_{BET}
sano char	58.26-67.97	104.87
sanoactivated carbon, activated at 600°C	611.69-815.59	816.15
sanoactivated carbon, activated at 700°C	611.69	517.08

ผลของการเตรียมขั้นต้นต่อสมบัติของเซลลูโลสผงจากกากมะพร้าวและการประยุกต์ใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท

Effect of Pretreatment on Properties of Cellulose Powder from Coconut Residue and the Application as Oil Reduction Substance in Doughnut

สิริมา ชินสาร[1] บงกช ธุระพันธ์[1] และ วารุณี พรมประดิษฐ์[1]
Chinnasarn, S.[1], Turapan, B.[1] and Prompradit, W.[1]

Abstract

This research was to study the effect of pretreatment on properties of cellulose powder from coconut residue and the application as oil reduction substance in doughnut during deep-fat frying. First step, the effect of 3 pretreatment methods (drying, grinding and water washing method) on chemical and physical properties of cellulose powder was investigated. Results revealed that the 3 pretreatment methods affected in cellulose content with significant difference ($p<0.05$). Cellulose contents were 95.21, 97.27 and 98.86% for drying, grinding and water washing method, respectively. But there was no significant difference on water retention capacity and fat retention capacity ($p\geq0.05$). Cellulose powder from the grinding method and water washing method had the highest L* value ($p<0.05$). For b* value, cellulose powder from water washing method had the lowest b* with significant difference ($p<0.05$). Second step, the effect of cellulose powder (0, 3 and 6% of all ingredients basis) on the reduction of oil uptake in doughnut was studied. Results demonstrated that doughnut added with 3% cellulose powder from the grinding method had the high b* value as 38.23. It also had firmness and springiness value as 450.30 and 50.57, respectively. The overall-liking score of this product was close to the score of control at the level of slightly like. Oil uptake of product could be reduced for 20.94%.

Keywords: cellulose powder, coconut residue, pretreatment method, oil absorption

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นต่อสมบัติของเซลลูโลสผงจากกากมะพร้าวและการประยุกต์ใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในโดนัทระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วม ขั้นแรก ศึกษาผลของวิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้น 3 วิธี ได้แก่ การอบแห้ง การบดเปียก และการล้างน้ำ ต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของเซลลูโลสผง พบว่า การเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นทั้ง 3 วิธี มีผลต่อปริมาณเซลลูโลสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 95.21 97.27 และ 98.86 สำหรับเซลลูโลสผงที่เตรียมด้วยวิธีการอบแห้ง การบดเปียก และการล้างน้ำ ตามลำดับ แต่เซลลูโลสผงทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ/($p\geq0.05$)/การเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการบดเปียก และการล้างน้ำ/ทำให้เซลลูโลสผงมีค่าความสว่าง/(L*)/สูงที่สุด /($p<0.05$) สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เซลลูโลสผงที่ได้จากวิธีการล้างน้ำมีค่า b* ต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ /($p<0.05$) /ขั้นที่สอง/ศึกษาผลของเซลลูโลสผง/(ร้อยละ/0/3/และ/6/ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด)/ต่อการลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท พบว่า/โดนัทที่เติมเซลลูโลส ผงจากการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการบดเปียก/ปริมาณร้อยละ/3/ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีค่า b* สูงเท่ากับ 38.23 ค่าความแน่นเนื้อและความสามารถในการคืนตัวเท่ากับ 450.30 และ 50.57 ตามลำดับ และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม โดยได้รับคะแนนในระดับชอบเล็กน้อย และสามารถลดการดูดซับน้ำมันในผลิต ภัณฑ์โดนัทยีสต์ได้ร้อยละ 20.94

คำสำคัญ: เซลลูโลสผง กากมะพร้าว วิธีการเตรียมขั้นต้น การดูดซับน้ำมัน

---

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

คำนำ

กากมะพร้าวที่เหลือจากการคั้นกะทิมีการใช้ประโยชน์อย่างจำกัด แต่จากงานวิจัยของ วิไลภรณ์ (2545) พบว่า กากมะพร้าวมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 86.73 โดยน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 8.26 โดยน้ำหนักแห้ง และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 78.47 โดยน้ำหนักแห้ง จากค่าปริมาณใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ ที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารพวกเซลลูโลส ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำกากมะพร้าวเหล่านี้มาสกัดเซลลูโลส และนำมาใช้ในการเป็นสารช่วยลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด ซึ่งนอกจากจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมยังส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค ทั้งการได้รับประโยชน์จากการบริโภคใยอาหาร และได้บริโภคผลิตภัณฑ์ทอดที่มีการดูดซับน้ำมันต่ำลง โดยจากงานวิจัยของพัชราภรณ์ (2550) พบว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นมีผลต่อคุณภาพและองค์ประกอบของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของวิธีการเตรียมกากมะพร้าวต่อสมบัติของเซลลูโลสผงและสมบัติในการเป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาวิธีการในการเตรียมวัตถุดิบ โดยแปรวิธีการเตรียมกากมะพร้าวเป็น 3 วิธี คือ 1) การอบแห้ง โดยนำกากมะพร้าวจากการคั้นกะทิ/1/กิโลกรัม/มาอบแห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ/60°C 2) การบดเปียก นำกากมะพร้าว/1/กิโลกรัม/มาปั่นกับน้ำในอัตราส่วนกากมะพร้าว: น้ำ/เท่ากับ 1:5/ด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 20 วินาที กรองแยกกากและบีบน้ำออก นำกากที่ได้ไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน/อุณหภูมิ/60°C / 23) การล้างน้ำ โดยนำกากมะพร้าว 1 กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดแบบแช่ด้วยน้ำครั้งละ/5,000/มิลลิลิตร/2/ครั้ง/ครั้งละ/20/วินาที และล้างด้วยน้ำร้อนครั้งละ/5,000/มิลลิลิตร/2/ครั้ง ครั้งละ/20/วินาที/บีบน้ำออกนำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ/60°C /ทุกตัวอย่างอบจนมีความชื้นร้อยละ/5±1/จากนั้นนำมาสกัดไขมันโดยใช้เฮกเซนด้วยวิธีเขย่า ใช้อัตราส่วนกากมะพร้าว : เฮกเซน เท่ากับ 1:5 สกัด 2 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C 6 ชั่วโมง นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช ได้เป็นใยอาหารสำหรับการเตรียมเซลลูโลสต่อไป

เตรียมเซลลูโลสโดยนำใยอาหารปริมาณ1751กรัม แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,500/มิลลิลิตร ความเข้มข้นร้อยละ/7/(w/v)/เป็นเวลา/12/ชั่วโมง/ควบคุมอุณหภูมิที่/60°C จากนั้นกรอง และล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ล้างด้วยเอทานอล/75/มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 60°C 61ชั่วโมง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช ได้เป็นเซลลูโลสผง วิเคราะห์คุณภาพด้าน ปริมาณเซลลูโลส (Food Chemical Codex method, 1996) ความสามารถในการอุ้มน้ำ 1และการอุ้มน้ำมัน (Ang และคณะ, 1990) และค่าสี ในระบบ L*, a* และ b* (ค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลือง)

ศึกษาผลของเซลลูโลสผงที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ ต่อการลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท โดยแปรปริมาณเซลลูโลสผงเป็นร้อยละ 0 3 และ 6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดนัทสูตรพื้นฐานประกอบด้วย แป้งขนมปัง แป้งเค้ก น้ำตาล เกลือ นมผง ผงฟู ยีสต์ผง ไข่ไก่ เนยขาว และน้ำ ร้อยละ 62.5 37.5 6.2 1.5 6.2 1.5 6.2 1.5 2.0 12.5 18.5 และ 50.0 ตามลำดับ ทอดโดนัทแบบน้ำมันท่วม อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน (AOAC, 2005) ค่าสี ค่า firmness และ springiness ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินความชอบด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบต่อสมบัติของเซลลูโลสผง ผลการวิเคราะห์คุณภาพ (Table 1) พบว่า วิธีการเตรียมขั้นต้นมีผลต่อปริมาณเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบในเซลลูโลสผงที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการล้างน้ำ ทำให้สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนและองค์ประกอบที่ละลายน้ำและไม่ทนความร้อน เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลอิสระบางส่วนได้มากกว่าการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการอบแห้งและการบดเปียก จึงทำให้กระบวนการสกัดเซลลูโลสด้วยสารละลายด่างเกิดปฏิกิริยาได้ดี และได้ร้อยละผลผลิตของเซลลูโลสสูง แต่วิธีการเตรียมขั้นต้นไม่มีผลต่อค่าการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน ($p\geq0.05$) เนื่องจากปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของใยอาหาร ได้แก่ อัตราส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Figuerola1และคณะ,12005) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลในขั้นตอนการสกัดใยอาหารรวม แต่ไม่มีผลต่อเซลลูโลสซึ่งมีองค์ประกอบเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเท่านั้น เซลลูโลสทั้ง 3 ตัวอย่างจึงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันไม่แตกต่างกัน

Table 2 พบว่า การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการอบแห้งเซลลูโลสผงมีค่าความสว่างน้อยที่สุด แต่มีค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด ($p<0.05$) เนื่องจากการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีนี้เป็นการใช้ความร้อนในการอบแห้งโดยวัตถุดิบไม่ผ่านการกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยการล้างน้ำเช่นเดียวกับวิธีการบดเปียกและการล้างน้ำ จึงทำให้เซลลูโลสผงที่สกัดได้มีสีเข้มกว่าตัวอย่างอื่นๆ

Table 3 พบว่า การเติมเซลลูโลสผงช่วยลดการดูดซับน้ำมันในโดนัทได้ เนื่องจากเซลลูโลสมีสมบัติในการดูดซับน้ำจึงสามารถช่วยอุ้มน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ขณะทอดได้ ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับเข้ามาแทนที่น้ำที่ระเหยไปในขณะทอดจึงลดลง โดยวิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นมีผลต่อการลดการดูดซับน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่ปริมาณเซลลูโลสผงที่ใช้มีผลต่อการดูดซับน้ำมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการเติมเซลลูโลสผงร้อยละ 3 สามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าร้อยละ 6 เนื่องจากการเติมเซลลูโลสในปริมาณมากเกินไปเซลลูโลสจะไปขัดขวางการเกิดโครงสร้างของกลูเตน ส่งผลให้โดนัทมีผิวไม่เรียบเนียนและเกิดรอยแตกในระหว่างการทอดน้ำมันจึงซึมผ่านรอยแตกนั้นเข้าไปในโดนัทได้มากกว่าการเติมเซลลูโลสในระดับร้อยละ 3 ที่โครงสร้างของกลูเตนเกิดได้อย่างสมบูรณ์ (Yongwook และคณะ, 2013) ซึ่งโครงสร้างของกลูเตนยังมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่าความสามารถในการคืนตัวของโดนัทด้วย โดยโดนัทที่เติมเซลลูโลสผงร้อยละ 6 มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าแต่มีค่าความสามารถในการคืนตัวต่ำกว่าการเติมร้อยละ 3 เพราะโครงสร้างที่ไม่สมบูรณ์ของกลูเตนทำให้โดนัทกักเก็บอากาศไว้ภายในเซลล์ได้น้อยจึงมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นแต่ความยืดหยุ่นลดลง

เมื่อนำโดนัทมาประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (Table 4) พบว่า โดนัทที่เติมเซลลูโลสผงที่เตรียมจากกากมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีบดเปียกในปริมาณร้อยละ 3 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด ในระดับชอบเล็กน้อย

สรุปผล

วิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นมีผลต่อสมบัติของเซลลูโลสผง โดยการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการล้างน้ำทำให้เซลลูโลสผงที่สกัดได้มีปริมาณเซลลูโลสสูงที่สุด แต่เมื่อนำมาใช้เป็นสารช่วยลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท พบว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นไม่มีผลต่อความสามารถในการลดการดูดซับน้ำมัน แต่ปริมาณของเซลลูโลสผงที่ใช้มีผลต่อการลดการดูดซับน้ำมัน โดยการเติมเซลลูโลสผงร้อยละ 3 ช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าการเติมร้อยละ 6 และโดนัทที่เติมเซลลูโลสผงจากการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการบดเปียกปริมาณร้อยละ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

พัชราภรณ์ วชิรศิริ, 2550, การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า, การค้นคว้าอิสระ, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย, 2545, การใช้กากมะพร้าวเพื่อผลิตเป็นเซลลูโลสผง, ปัญหาพิเศษ, ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Ang, J.F., Miller, W.B. and Dunha, K.M., 1990, Reduced of Fat in Donuts Containing a New Form of Powdered Cellulose, Presented at the Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, Anaheim, CA: Janes River.

AOAC., 2005, Official Method of Analysis (15th ed.): Inhouse method based, The Association of official Analysis Chemists.

Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estevez, A.M., Chiffelle, I. and Asenjo, F., 2005, Fibre Concentrates from Apple Pomace and Citrus Peel as Potential Fibre Sources for Food Enrichment, Food Chemistry, 9: 395-401.

Food chemical codex, 1996, Committee on Food Chemicals Codex, 4th ed, National academy press, Washington, D.C.

Yongwook, K., Yujeong, K., In Young, B., Hyeon Gyu, L., Hou, G.G. and Suyong, L., 2013, Utilization of Preharvest-dropped Apple Powder as An Oil Barrier for Instant Fried Noodles, LWT-Food Science and Technology, 53: 88-93.

Table 1 Cellulose content, water retention capacity (WRC) and fat retention capacity (FRC) of cellulose powder from 3 pretreatment methods.

Pretreatment method	Cellulose content (%)	WRC[ns]	FRC[ns]
drying	95.21 ± 0.34[c]	10.26 ± 0.84	3.87 ± 0.48
grinding	97.27 ± 0.85[b]	10.76 ± 1.43	3.60 ± 0.16
washing	98.86 ± 0.61[a]	10.46 ± 0.71	3.82 ± 0.24

[a,b] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p<0.05$). [ns] Not significant ($p \geq 0.05$).

Table 2 Color value of cellulose powder from 3 pretreatment methods.

Pretreatment method	L*	a*[ns]	b*
drying	86.26 ± 0.52[b]	0.69± 0.32	5.77± 0.38[a]
grinding	89.50 ± 1.36[a]	0.69 ± 0.15	5.30± 0.38[b]
washing	89.58 ± 1.83[a]	0.60 ± 0.12	4.32 ± 0.16[c]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$). [ns] Not significant ($p \geq 0.05$).

Table 3 Oil content, color value and texture value of cellulose added doughnut.

Pretreatment method	Oil content (% d.b.)	L*	a*	b*	Firmness (g)	Springiness (%)
control	28.69±0.14[a]	47.65±2.39[b]	13.96±0.90[c]	34.11±1.96[c]	92.51±3.71[g]	51.39±1.40[a]
drying 3%	22.93±0.02[d]	48.53±2.12[b]	15.46±1.48[ab]	34.83±2.67[bc]	397.17±8.56[e]	52.58±1.17[a]
drying 6%	25.39±0.16[bc]	48.83±3.59[b]	14.85±1.58[bc]	34.61±0.80[bc]	743.85±7.84[c]	45.89±1.79[c]
grinding 3%	22.68±0.37[d]	51.91±1.06[a]	16.43±0.43[a]	38.23±1.31[a]	450.30±10.66[d]	50.57±3.46[ab]
grinding 6%	25.52±0.11[b]	51.92±0.50[a]	16.32±1.09[a]	38.68±1.92[a]	853.77±6.93[a]	46.70±2.18[c]
washing 3%	22.99±0.08[d]	52.20±1.66[a]	15.05±1.22[bc]	35.15±3.02[bc]	365.91±8.06[f]	52.15±0.78[a]
washing 6%	24.78±0.26[c]	52.86±0.79[a]	14.70±1.04[bc]	36.66±2.37[ab]	825.49±5.85[b]	47.78±1.37[bc]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$).

Table 4 Liking scores for quality attributes of cellulose added doughnut.

Pretreatment method	Color	Flavor	Texture	Overall liking
control	7.47±1.36[a]	7.33±1.12[a]	7.63±0.61[a]	7.63±0.96[a]
drying 3%	5.90±1.32[bc]	5.90±1.16[cd]	5.50±1.48[c]	5.83±1.29[c]
drying 6%	5.43±1.61[cd]	5.53±1.22[d]	5.00±1.76[cd]	5.40±1.40[c]
grinding 3%	6.07±1.37[b]	6.70±1.24[b]	6.57±1.28[b]	6.47±0.97[b]
grinding 6%	6.43±1.10[b]	5.53±1.28[d]	4.90±1.40[d]	5.53±1.10[c]
washing 3%	5.97±1.59[bc]	6.40±0.89[bc]	6.53±1.01[b]	6.60±1.00[b]
washing 6%	5.30±1.39[d]	6.00±0.98[cd]	5.20±1.35[cd]	5.40±1.40[c]

[a,b,c]Difference letters in the same column indicated significant difference($p<0.05$).

การสกัดกรดฟีนอลิกจากกากรำข้าวด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค
Extraction of Phenolic Acids from Defatted Rice Brans Using Ultrasonication

ฉัตรทิพย์ กาศยปนันทน์[1] วจี ศรีสิทธิรักษ์[1] สร้อยเพชร บัวงาม[1] อภิญญา ชีวะพันธ์[2] และ สุภัทรา ลิลิตชาญ[1]
Kasayapanand, C.[1], Srisittiruk, W.[1], Buangam, S.[1], Cheewaphan, A.[2] and Lilitchan, S.[1]

Abstract
Defatted rice bran is a by-product from the production of rice bran oil. It is also the low-value agricultural waste. According to previous research found that defatted rice bran also contains various phenolic acids which are important phytochemical. Therefore, the objective of this research was to study the optimum conditions for the extraction of total phenolic acids from defatted rice bran using ultrasonication, increasing extraction efficiency, at various temperatures (room, 40, 50 °C) during a period of 60-120 min. The average moisture contents of 3 defatted rice bran samples were 9.89-10.39%. Total lipid contents were in the rage of 1.58-8.23% (by dry weight). This study was also determined the phenolic acid composition of defatted rice brans by using high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that the three major phenolic acids in defatted rice bran were ferulic, *p*-coumaric, and sinapic acids. From this study, it can be concluded that the optimum condition for extraction of total phenolic acids from defatted rice bran with ultrasonication is 50 °C for 120 min. The total phenolics of all extracts using Folin–Ciocalteu's assay was found to vary from 3.00 to 5.80 mg GAE/g. The antioxidant activity was determined by DPPH free radical-scavenging assay. Its antioxidant capacity was in the range of 88.89-91.09%.
Keywords: ultrasonication, phenolic acid, defatted rice bran, antioxidant

บทคัดย่อ
กากรำข้าวเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว รวมทั้งจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีมูลค่าต่ำ จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาพบว่ากากรำข้าวยังคงประกอบด้วยกรดฟีนอลิกชนิดต่างๆ ซึ่งจัดเป็นสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic acids) จากกากรำข้าว โดยใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค (Ultrasonication) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ (ห้อง, 40, 50 องศาเซลเซียส) ในช่วงระยะเวลา 60-120 นาที ผลการศึกษาจากตัวอย่างกากรำข้าว 3 ตัวอย่าง พบว่ากากรำข้าวมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 9.89-10.39 และปริมาณไขมันเฉลี่ยร้อยละ 1.58-8.23 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกในกากรำข้าวด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography: HPLC) พบว่ากรดฟีนอลิกหลักในกากรำข้าวมี 3 ชนิด ได้แก่ กรดเฟอรูลิก กรดพาราคูมาริก และกรดซินแนปปิก จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าสภาวะในการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมดจากกากรำข้าวด้วยการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที โดยพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau reagent อยู่ในช่วง 3.00 ถึง 5.80 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH พบอยู่ในช่วงร้อยละ 88.89 ถึง 91.09
คำสำคัญ: คลื่นอัลตร้าโซนิค กรดฟีนอลิก กากรำข้าว สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ
กากรำข้าวเป็นส่วนของรำที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว ที่ยังคงมีประโยชน์เนื่องจากอุดมไปด้วยใยอาหาร โปรตีน กรดไฟติก (phytic acid) อินโนสิทอล (inositol) วิตามินบี รวมไปถึง

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี ราชเทวี กทม. 10400
[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Rajchavithi Rd., Rajchathevee, Bangkok 10400
[2] ภาควิชาพยาธิวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช 681 ถนนสามเสน ดุสิต กรุงเทพฯ 10300
[2] Department of Clinical Pathology, Faculty of Medicine, Vajira Hospital, Navamindradhiraj University, 681 Samsen Rd., Dusit, Bangkok 10300

สารพฤษเคมี (phytochemicals) ต่างๆ เช่น โอไรซานอล (oryzanol) โทโคเฟอรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) และกรดฟีนอลิก (phenolic acid) เป็นต้น (Renuka และคณะ, 2007) จากการศึกษาที่ผ่านมาของอภิญญา (2555) พบว่ากรดฟีนอลิกหลักที่สำคัญในกากรำข้าว ได้แก่ กรดเฟอรูลิก กรดพาราคูมาริก และกรดซินแนปปิก ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ใช้เป็นสารกันหืนในการถนอมอาหาร สารต้านการกลายพันธุ์ สารช่วยชะลอวัย (anti-aging) ป้องกันแสงอัลตราไวโอเลต ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ลดการอักเสบ และลดระดับน้ำตาลในเลือด เป็นต้น จากประโยชน์ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นจึงมีการนำกรดฟีนอลิกมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (Murray และคณะ, 2008)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาวิธีการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic acid) จากกากรำข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค (ultrasonication) รวมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau reagent และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging

อุปกรณ์และวิธีการ

กากรำข้าวได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทน้ำมันบริโภคไทย จำกัด (DRB 1), บริษัทกสิกิจสิงห์ จำกัด (DRB 2) และ บริษัทน้ำมันรำข้าวสุรินทร์ จำกัด (DRB 3) สารมาตรฐานกรดฟีนอลิกจาก Fluka chemical (Buchs, Switerland) ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้เป็น analytical grade จาก Merck (Darmstadt, Germany) นำตัวอย่างกากรำข้าวมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh เป่าไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน และเก็บรักษากากรำข้าวในถุงพลาสติกที่แห้งและปิดสนิทไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและไขมันทั้งหมดของกากรำข้าวตามวิธี AOAC (2000) และสกัดกรดฟีนอลิกจากกากรำข้าวโดยใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค ตามวิธีของอภิญญา (2555) ร่วมกับ Santos และคณะ (2011) โดยใช้ตัวอย่างกากรำข้าว 1 กรัมด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 8 มิลลิลิตร สกัดโดยใช้ Ultrasonic bath ที่อุณหภูมิต่างๆ (30-50 องศาเซลเซียส) ในช่วงระยะเวลา 60-120 นาที จากนั้นนำมาปรับสภาวะของสารละลายให้ได้ค่า pH 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 โมลาร์ นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ดูดเฉพาะส่วนใสของสารละลายใสมาระเหยด้วยแก๊สไนโตรเจนจนแห้ง นำมาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกด้วย HPLC ด้วยคอลัมน์ C18 reversed-phase HPLC pump รุ่น Waters 510 UV-Detector โดย mobile phase ที่ใช้คือ 2% acetic acid ในน้ำต่อเมทานอลในอัตราส่วน 82:18 โดยควบคุมอัตราการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่เท่ากับ 0.8 มิลลิลิตร/นาที ใช้ระบบการแยกสารแบบ isocratic elution ตรวจวิเคราะห์ด้วย UV-spectrophotometry detector รุ่น Waters 2487 ที่ความยาวคลื่นที่ 280 และ 325 นาโนเมตร นำสารสกัดไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และหาฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ตามวิธีของ Alothman และคณะ (2009)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีของกากรำข้าว

จากการศึกษาหาความชื้นของกากรำข้าวทั้ง 3 บริษัท พบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 9.89-10.39 ของน้ำหนักแห้ง (Table 1) ซึ่งความชื้นของกากรำข้าวทั้ง 3 บริษัท มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน จากการศึกษาของกรกช (2540) พบว่าความชื้นในกากรำข้าวส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ของไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) ได้เป็นกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid)

จากการศึกษาพบว่ากากรำข้าวทั้ง 3 บริษัท มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 1.57-8.23 ของน้ำหนักแห้ง (Table 1) ปริมาณไขมันที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สภาวะที่ใช้ในการเพาะปลูก กระบวนการในการสกัดไขมัน และตัวทำละลายที่ใช้ในสกัดไขมัน เป็นต้น ปริมาณไขมันที่เหลือในกากรำข้าวอาจส่งผลต่อขั้นตอนการสกัดกรดฟีนอลิกจากกากรำข้าว เนื่องจากการไฮโดรไลซิสด้วยด่างจะได้เกลือของกรดไขมัน (soap) เป็นชั้นหนา นอกจากนี้ยังอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันส่งผลต่อการเสื่อมเสียของกากรำข้าวได้อีกด้วย และจากการศึกษาวิเคราะห์เอกลักษณ์กรดฟีนอลิกในกากรำข้าวด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงด้วย 2% กรดอะซิติกในน้ำปราศจากไอออนต่อเมทานอลในอัตราส่วน 82:18 โดยปริมาตรต่อปริมาตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 และ 325 นาโนเมตร พบว่ากากรำข้าวประกอบด้วยกรดฟีนอลิกที่สำคัญ 3 ชนิด คือ กรดพาราคูมาริก กรดเฟอรูลิก และกรดซินแนปปิก ดังแสดงใน

Figure 1 โดยพบกรดเฟอรูลิกในปริมาณมากที่สุด (1.61 มิลลิกรัมต่อกรัม) รองมาเป็นกรดพาราคูมาริกและกรดซินแนปปิก มีปริมาณ 0.24 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (อภิญญา, 2555)

2. ศึกษาการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมดในกากรำข้าวโดยใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดกรดฟีนอลิกในกากรำข้าวโดยใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิ ภาพการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ (ห้อง, 40, 50 องศาเซลเซียส) ในช่วงระยะเวลา 60-120 นาที พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น สามารถสกัดกรดฟีนอลิกได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Robbins (2003) แต่จากการศึกษาของ Fabian และคณะ (2010) พบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปส่งผลให้เกิด thermal degradation ทำให้โครงสร้างของกรดฟีนอลิกถูกทำลายและสลายออกไป ส่งผลให้ปริมาณกรดฟีนอลิกจะลดลง จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าสภาวะในการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมดจากกากรำข้าวด้วยการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที โดยพบปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้อยู่ในช่วง 6.10-6.73 มิลลิกรัมต่อกรัมของกากรำข้าว (Table 2) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของอภิญญา (2555)

นอกจากนี้ได้ศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารที่สกัดได้จากกากรำข้าวด้วยวิธี Folin-Ciocalteau reagent พบอยู่ในช่วง 3.00 ถึง 5.80 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH พบอยู่ในช่วงร้อยละ 88.89 ถึง 91.09 โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารที่สกัดได้จากกากรำข้าวแต่ละบริษัทเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงใน Table 3

สรุปผล

ผลจากการศึกษาพบว่า การสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic acids) จากกากรำข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ได้ปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.10 ถึง 6.73 มิลลิกรัมต่อกรัมของกากรำข้าว โดยกากรำข้าวทั้ง 3 ตัวอย่างพบกรดเฟอรูลิกในปริมาณมากที่สุด รองมาเป็นกรดพาราคูมาริกและกรดซินแนปปิก ซึ่งพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau reagent อยู่ในช่วง 3.00 ถึง 5.80 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH พบอยู่ในช่วงร้อยละ 88.89 ถึง 91.09

เอกสารอ้างอิง

กรกช ฮามสุโพธิ์, 2540, การทำงานของเอนไซม์ไลเปสในกากรำข้าวที่สกัดน้ำมันแล้ว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อภิญญา ชีวะพันธ์, 2555, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรดเฟอรูลิกจากกากรำข้าว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A., 2009, Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Selected Tropical Fruits from Malaysia: Extracted with Different Solvent, Food chemistry, 115: 785-788.

AOAC, 2000, Official methods of analysis (17^{th} ed.), Association of Analytical Chemists, Arlington.

Fabian, C., Tran-Thi, N.Y., Kasim, N.S. and Ju, Y., 2010, Release of Phenolic Acids from Defatted Rice Bran by Subcritical Water Treatment, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 2576-2581.

Murray, J.C., Burch, J.A., Streilein, R.D., Lannacchione, M.A., Hall, R.P. and Pinnell, S.R., 2008, A Tropical Antioxidant Solution Containing Vitamins C and E Stabilized by Ferulic Acid Provides Protection for Human Skin Against Damage Caused by Ultraviolet Irradiation, Journal of the American of Dermatology, 59: 418-425.

Renuka, D.R., Jayalekshmy, A. and Arumughan, C., 2007, Antioxidant Efficacy of Phytochemical Extracts from Defatted Rice Bran in the Bulk Oil System, Food Chemistry, 104: 658-664.

Robbins, R.J., 2003, Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 2866-2887.

Santos, M.D.R., de Paula Vitor, A., da Costa Carneiro, J., Paciullo, D.S.C., Matos, R.C. and Matos, M.A.C., 2011, Use of Ultrasound Bath in the Extraction and Quantification of Ester-Linked Phenolic Acids in Tropical Forages, American Journal of Analytical Chemistry, 2: 344-2351.

Table 1 Moisture content and total lipid content of different defatted rice bran extracts.

Sample	Moisture content (%)	Total lipid content
DRB 1	10.39 ± 0.06	8.23 ± 0.58
DRB 2	9.89 ± 0.10	2.89 ± 0.04
DRB 3	9.89 ± 0.09	1.58 ± 0.06

Mean ± standard deviation, (n = 3).

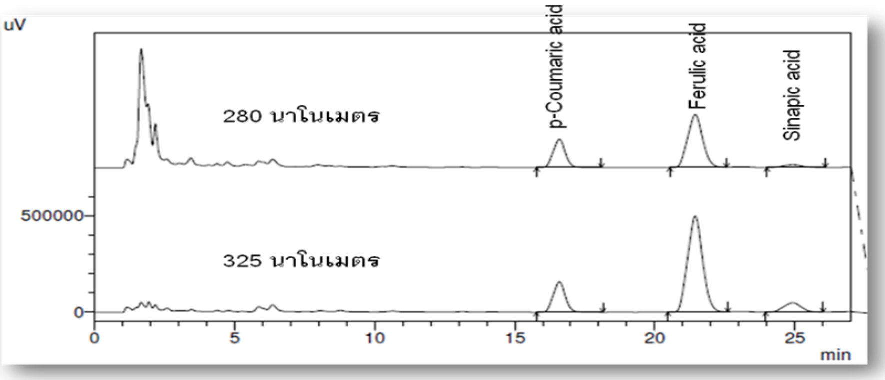


Figure 1 Chromatogram of phenolic acids from defatted rice bran extract.

Table 2 Total phenolic acids content (mg/g) of different defatted rice bran extracts using ultrasonication.

Sample	DRB 1			DRB 2			DRB 3		
Temperature (°C) / Time (min)	Room (25 -30)	40	50	Room (25 -30)	40	50	Room (25 -30)	40	50
60	4.54±0.18	5.28±0.28	5.42±0.29	4.51±0.31	5.78±0.96	6.73±0.71	4.76±0.23	5.50±0.38	6.01±0.09
90	4.66±0.10	5.32±0.17	5.47±0.34	5.21±0.12	5.85±0.25	6.78±0.12	5.01±0.24	5.60±0.21	6.07±0.05
120	5.29±0.15	5.46±0.16	6.10±0.28	5.49±0.35	6.04±0.04	6.84±0.12	5.20±0.15	6.23±0.11	6.34±0.10

Mean ± standard deviation, (n = 3).

Table 3 Total phenolic content (TPC) and antioxidant activity (DPPH assay) from different defatted rice bran extracts.

Sample	DPPH radical scavenging activity (% inhibition)	TPC (mg GAE/g)[1]
DRB 1	91.09 ± 3.32	5.80 ± 0.38
DRB 2	90.72 ± 1.12	4.55 ± 0.61
DRB 3	88.89 ± 2.87	3.00 ± 0.34

[1]Mean ± standard deviation, (n = 3).

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน

Determination of Nutritive Value of Kumquat and Development of Sweetened Mashed Kumquat Product

สิริมา ชินสาร[1] ชุติมน ศรีสุวรรณ[1] และ กัญญ์พิชญาน์ เรืองแจ่ม[1]

Chinnasarn, S.[1], Srisuwan, C.[1] and Reungjam, K.[1]

Abstract

This research was to determine nutritive value of kumquat and develop the sweetened mashed kumquat product. First step, nutritive value of kumquat fruit was assayed. Results showed that peel and residue of kumquat after juice separation contained 0.73% fat, 5.73% protein, 0.17% crude fiber and 84.25 g total dietary fiber/100 g dried sample. Kumquat juice contained 32.16 mg vitamin C/100 mg kumquat juice. Second step, effect of soaking temperature (80, 90 and 100°C) in salt solution on bitterness reduction of kumquat peel and residue was investigated. Results revealed that soaking in salt solution at 90°C for 5 minutes was an appropriated temperature for bitterness reduction. This condition could reduce limonin content in peel and residue of kumquat from 9.54 μg/1 g dried sample (control) to be 5.22 μg/1 g dried sample and obtained the lowest score of intensity attribute in term of bitterness ($p<0.05$). Final step, processing of sweetened mashed kumquat product was studied. The amount of main ingredients including peel and residue, kumquat juice and sugar were varied. 4 formulations of product were obtained from the mixture design. The optimum formulation contained 30% peel and residue, 15% juice and 55% sugar. The obtained product quality was improved by decreasing the amount of sugar to be 27.5% and adding 27.5% glucose syrup. Final product obtained the liking score in term of overall liking as moderate to very much level. L*, a*, b* and firmness value of the final product were 19.92, 2.99, 27.73 and 93.32 N, respectively.

Keywords: kumquat, nutritive value, product development

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน ขั้นแรก วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด พบว่า เปลือกและกากที่เหลือจากการคั้นน้ำมีไขมัน 0.73% โปรตีน 5.73% เส้นใยหยาบ 0.17% และใยอาหารรวม 84.25 g /100 g ตัวอย่างแห้ง น้ำส้มจี๊ดมีวิตามินซี 32.16 mg/ 100 mg kumquat juice ขั้นที่ 2 ศึกษาผลของอุณหภูมิ (80, 90 และ 100°C) ในการแช่สารละลายเกลือต่อการลดความขมของเปลือกและกากส้มจี๊ด พบว่า การแช่สารละลายเกลือที่ 90°C นาน 5 นาทีเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการลดความขม เนื่องจากสามารถลดปริมาณลิโมนินในเปลือกและกากส้มจี๊ดจาก 9.54 μg/1 g ตัวอย่างแห้ง (ตัวอย่างควบคุม) เป็น 5.22 μg/1 g ตัวอย่างแห้ง และยังได้รับคะแนนความเข้มของคุณลักษณะด้านความขมต่ำที่สุด ($p<0.05$) ขั้นสุดท้าย ศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน โดยแปรอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก ได้แก่ เปลือกและกากส้มจี๊ด น้ำส้มจี๊ด และน้ำตาลทราย วางแผนการทดลองแบบผสม ได้สูตรผลิตภัณฑ์ 4 สูตร พบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุดมีปริมาณส่วนผสมหลัก คือ เปลือกและกาก 30% น้ำส้ม 15% และน้ำตาลทราย 55% จากนั้น ทำการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์สูตรที่คัดเลือกได้โดยลดปริมาณน้ำตาลลงเป็น 27.5% และเติมกลูโคสไซรัป 27.5% ผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้รับคะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 19.92, 2.99, 27.73 และ 93.32 N ตามลำดับ

คำสำคัญ: ส้มจี๊ด คุณค่าทางโภชนาการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์

คำนำ

ส้มจี๊ดเป็นพืชในสกุลส้ม มีผลขนาดเล็กทรงกลมแป้นให้ผลดกตลอดปี มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus mitis blanco* ชาวบ้านในจังหวัดจันทบุรี นิยมปลูกส้มจี๊ดเพื่อใช้แทนมะนาวแต่ยังไม่มีการนำส้มจี๊ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131.

ผู้วิจัยจึงสนใจนำผลส้มจี๊ดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ส้มจี๊ดกวน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งที่มีค่า a_w ต่ำ มีอายุการเก็บนาน จึงสามารถจัดจำหน่ายในรูปของฝากของชุมชนได้ จากรายงานคุณค่าทางโภชนาการของผลส้มจี๊ด พบว่าน้ำส้มจี๊ดมีปริมาณวิตามินซี 31 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มจี๊ด 100 มิลลิกรัม (ชาคริต, 2547) แต่ยังไม่มีรายงานในส่วนของเปลือกหรือกากส้ม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลส้มจี๊ดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนโดยใช้วัตถุดิบจากส้มทั้งผล

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลส้มจี๊ดมาผ่าครึ่งผล แคะเมล็ดออก จากนั้นบีบเอาน้ำออกด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบใช้มือกด นำส่วนเปลือกและกากส้มมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ ใยอาหารรวม (AOAC, 1990) สำหรับส่วนของน้ำส้มจี๊ดนำมาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1990)

ศึกษาการลดความขมของเปลือกส้มจี๊ด โดยนำเปลือกและกากส้มจี๊ดปั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องปั่นของแห้ง แล้วแช่ในสารละลายเกลือ 3% เป็นเวลา 5 นาที โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เป็น 80 90 และ 100°C ภายหลังการแช่ในสารละลายเกลือล้างเปลือกและกากส้มจี๊ดด้วยการแช่น้ำเปล่า 5 นาที วางพักบนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน (วรรณี, 2545) และประเมินความเข้มของคุณลักษณะด้านความขม ด้วยวิธี scoring test (5 คะแนน หมายถึง ขมมาก และ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ขม) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน เลือกตัวอย่างที่มีปริมาณลิโมนินต่ำและได้รับคะแนนประเมินคุณลักษณะด้านความขมน้อยที่สุด สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

หาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน โดยดัดแปลงสูตรมาจากสูตรผลไม้กวนและแยมผิวส้ม แปรปริมาณส่วนผสมหลักโดยใช้ขอบเขตจากสูตรอ้างอิง ดังนี้ กากส้มจี๊ด 30-40% น้ำส้มจี๊ด 5-15% และน้ำตาล 55-65% วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ได้สูตรผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน 4 สูตร

การผลิตส้มจี๊ดกวน คือ เคี่ยวเปลือกและกากส้มจี๊ดด้วยไฟอ่อน เติมน้ำตาลทราย คนจนน้ำตาลละลาย เพิ่มไฟให้แรงขึ้นจนส่วนผสมเดือด เติมน้ำส้มจี๊ด เคี่ยวด้วยไฟอ่อนจนส่วนผสมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 70-75 องศาบริกซ์ พักให้เย็น ตักใส่กล่องพลาสติก และปิดฝาให้สนิท นำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนทั้ง 4 สูตร มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking Test โดยเรียงลำดับตัวอย่างตามความชอบมากที่สุด (ลำดับที่ 1) ไปหาชอบน้อยที่สุด (ลำดับที่ 4) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Friedman Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เลือกสูตรส้มจี๊ดกวน 1 สูตร จาก 4 สูตร ที่ได้ความชอบมากที่สุด (คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด) เป็นสูตรมาตรฐานผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน

พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน โดยการนำสูตรส้มจี๊ดกวนมาเปรียบเทียบเค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการ ประเมินผลด้าน ความเหนียว รสเปรี้ยว และรสหวาน ด้วยวิธี Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 25 คน จากนั้นปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนของค่าความเข้มของคุณลักษณะตัวอย่าง (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) หากค่า S/I ของคุณลักษณะใดๆ ไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (ไม่อยู่ในช่วง 0.8-1.2) ต้องมีการปรับปรุง นำส้มจี๊ดกวนสูตรที่เลือกได้หลังการพัฒนาสูตรแล้วไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด คุณลักษณะที่ทดสอบ คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วิเคราะห์ค่าสีในระบบ L*, a* และ b* และค่าความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ใช้หัววัด LKB ตัดตรงกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร รายงานผลเป็นค่าความแน่นเนื้อ

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลส้มจี๊ด แสดงดัง Table 1 จากนั้นศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่สารละลายเกลือต่อการลดความขมของเปลือกส้มจี๊ด ผลการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน และความเข้มของคุณลักษณะด้านความขม แสดงดัง Table 2 เมื่อทำการศึกษาหาสูตรมาตรฐานผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ Ranking test (Table 3) สามารถเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปพัฒนาต่อได้ คือ สูตรที่ 2 และเมื่อทำการเปรียบเทียบเค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการแล้ว (Table 4) พบว่า เค้าโครงลักษณะด้านความเหนียวไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงต้องปรับปรุง ดังนั้นจึงศึกษาปริมาณกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมโดยแปรปริมาณกลูโคสไซรัปที่ใช้ทดแทนน้ำตาลในสูตรเป็น 0 25 และ 50 %ของปริมาณน้ำตาลในสูตร จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้กลูโคสไซรัป 25% ของปริมาณน้ำตาลในสูตร ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะแห้ง ร่วน ไม่เกาะตัวกัน จึงคัดเลือกสูตรที่เติมกลูโคสไซรัป

50% ของปริมาณน้ำตาลในสูตรมาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงดัง Table 5

วิจารณ์ผล

Table 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด พบว่า เปลือกและกากส้มจี๊ดมีปริมาณใยอาหารรวมสูงถึง 84.25 g/100 g dried sample และน้ำส้มจี๊ดมีปริมาณวิตามินซี 32.16 mg/ 100 mg juice เมื่อนำเปลือกและกากส้มจี๊ดไปลดความขมในสารละลายเกลือ 3% พบว่า การแช่เปลือกและกากส้มจี๊ดในสารละลายเกลือที่อุณหภูมิสูงขึ้นสามารถช่วยลดปริมาณลิโมนินซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดรสขมลงได้ (Table 2) โดยปริมาณลิโมนินที่เหลืออยู่ในเปลือกและกากส้มจี๊ดภายหลังการแช่สารละลายเกลือที่ 90 และ 100°C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ค่าที่ได้น้อยกว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลที่ได้สอดคล้องกับคะแนนความเข้มของคุณลักษณะด้านความขมซึ่งเปลือกและกากส้มที่แช่สารละลายเกลืออุณหภูมิ 90 และ 100°C ได้รับคะแนนความเข้มของคุณลักษณะต่ำกว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 80°C เช่นกัน เนื่องจากการแช่สารละลายเกลือทำให้น้ำในเปลือกและกากส้มแพร่ออกมาสู่สารละลายภายนอกทำให้ลิโมนินบางส่วนเกิดการแพร่ออกมาพร้อมกับน้ำด้วย และการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ผนังเซลล์ของส้มจี๊ดอ่อนตัวลง สารลิโมนินจึงสามารถแพร่ออกมายังสารละลายเกลือภายนอกได้ง่ายขึ้น จากผลการทดลองดังกล่าว จึงเลือกตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 5 นาที สำหรับใช้ในการลดความขมในเปลือกและกากส้มต่อไป

Table 3 แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนสูตรที่ 2 ได้ค่าผลรวมของลำดับต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มากที่สุด ดังนั้น จึงเลือกผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ไปพัฒนาสูตรในขั้นต่อไป

จากผลการประเมินคุณลักษณะโดยวิธี RPT (Table 4) พบว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนสูตรที่ 2 มีความเข้มของคุณลักษณะด้านรสเปรี้ยว และรสหวานใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ (1.00) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนมีเค้าโครงลักษณะด้านรสเปรี้ยว และรสหวานอยู่ในช่วงการยอมรับ คือ 0.8-1.2 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะทั้ง 2 ด้านนี้ แต่ความเข้มของคุณลักษณะด้านความเหนียวมีค่าอยู่นอกช่วง 0.8-1.2 ถือว่าผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนมีเค้าโครงลักษณะด้านความเหนียวไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงต้องเพิ่มคุณลักษณะด้านความเหนียว โดยใช้กลูโคสไซรัปทดแทนปริมาณน้ำตาลในสูตรบางส่วน แปรปริมาณกลูโคสไซรัปที่ใช้ทดแทนเป็น 0 25 และ 50% ของปริมาณน้ำตาลในสูตร จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นพบว่า การใช้กลูโคสไซรัป 25% ของปริมาณน้ำตาลในสูตร ผลิตภัณฑ์ยังมีลักษณะแห้งร่วน จึงคัดเลือกเฉพาะการใช้กลูโคสไซรัป 50% ของปริมาณน้ำตาลในสูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (Table 5) พบว่า การใช้กลูโคสไซรัป 50% ของปริมาณน้ำตาลในสูตรทำให้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากการใช้กลูโคสไซรัปทดแทนน้ำตาลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นมันเงา เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มเกาะตัวกันมากขึ้น และช่วยปรับปรุงรสชาติให้มีรสเปรี้ยวอมหวาน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีลักษณะแห้ง ร่วน และหวานจัดเกินไป จากคะแนนการประเมินคุณลักษณะต่างๆ ดังกล่าว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนที่ใช้กลูโคสไซรัป 50% ของปริมาณน้ำตาลในสูตร ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยได้รับคะแนนในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี และเนื้อสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง 19.92±0.17 ค่าความเป็นสีแดง 2.99±0.21 ค่าความเป็นสีเหลือง 27.73±1.09 และ ค่าความแน่นเนื้อ 93.32±1.18 N

สรุปผล

ส้มจี๊ดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ส่วนของเปลือกส้มมีรสขมซึ่งเกิดจากสารลิโมนิน ซึ่งรสขมและสารลิโมนินสามารถกำจัดได้โดยการแช่เปลือกส้มในสารละลายเกลือ 3% ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 5 นาที เมื่อทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน สูตรผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวนที่คัดเลือกได้มีส่วนประกอบ คือ เปลือกและกากส้มจี๊ด 30% น้ำส้มจี๊ด 15% น้ำตาลทราย 27.5% และกลูโคสไซรัป 27.5% โดยผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

ชาคริต จุลกะเสวี, 2547, ส้มจี๊ดใช้แทนมะนาวก็ได้เป็นไม้ประดับก็ดี, วารสารไทย, 88-94.

วรรณี มาวิมล, 2545, การพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงและการประเมินอายุการเก็บรักษา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis of AOAC International (15th ed.), Verginia: AOAC International.

Table 1 Chemical composition of kumquat.

Fruit part	Composition	Quantity
Peel and residue	Fat (% d.b.)	0.73±0.08
	Protein (% d.b.)	5.73±0.10
	Crude fiber (% d.b.)	0.17±0.00
	Total dietary fiber (g /100 g dried sample)	84.25±0.40
Kumquat juice	Vitamin C (mg/ 100 mg juice)	32.16±0.03

Table 2 Limonin content and intensity rating of bitterness attribute of kumquat peel and residue.

Soaking temperature (°C)	Limonin content* (μg/1 g dried sample)	score of intensity attribute
80	7.74^{a}±0.15	3.13^{a}±0.64
90	5.22^{b}±0.19	2.06^{b}±0.59
100	5.10^{b}±0.85	2.00^{b}±0.75

[a,b] Difference letters in the same column indicated significant difference (p<0.05).

* Limonin content of unblanched kumquat peel and residue was 9.54 μg/1 g dried sample.

Table 3 Four formulae obtained from Mixture design and Ranking score.

Formulation	Percentage			Ranking score
	Peel and residue	Juice	Sugar	
1	40	5	55	69^{b}
2	30	15	55	44^{c}
3	30	5	65	87^{ab}
4	33	7	60	100^{a}

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference (p<0.05).

Table 4 The intensity rating of toughness, sourness and sweetness attributes of the formulation 2 using Ratio Profile Test (RPT).

Attributes	S (Sample)	I (Ideal)	Ratio of S/I
Toughness	2.83±1.40	4.76±1.58	0.62
Sourness	3.78±1.91	4.90±1.76	0.82
Sweetness	5.24±2.08	4.54±1.67	1.11

S = the intensity rating of sweetened mashed kumquat product from the 10 cm line scale.

I = the intensity rating of the ideal product.

Table 5 Effect of glucose syrup on sensory score of sweetened mashed kumquat (9-point hedonic scale).

Glucose syrup (% sugar basis)	Appearance	$Color^{ns}$	$Odor^{ns}$	Taste	Texture	Overall liking
0	6.03^{b}±1.52	6.47±1.36	6.80±1.32	6.97^{b}±1.16	6.17^{b}±1.23	6.70^{b}±1.21
50	7.07^{a}±1.38	6.97±1.54	6.47±1.10	7.63^{a}±1.12	7.50^{a}±0.09	7.87^{a}±1.00

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference (p<0.05).

[ns] Non significant difference (p≥0.05).

การแตกสลายของกรดไขมันในดอกกระดังงาจีนที่โตเต็มวัยหลายระยะ

Fatty Acid Degradation in Different Maturity Stages of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) Flower

สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] ชิดชนก พ่วงศิริ[1] และ อุทร ชิขุนทด[1]

Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Puangsiri, C.[1] and Chikhuntod, U.[1]

Abstract

Kradang Nga Chin [*Artabotrys hexapetalus* (L. f.) Bhandari] flower emits fragrant volatiles only in the evening. That attractive order is esters which derived from fatty acid-degradable alcohols. The purpose of this research was to investigate the degradable of linoleic acid and lipoxygenase (LOX) activity in various stages of Kradang Nga Chin flower. Five maturity stages of Kradang Nga Chin flower: dark green (DG), light green (LG), greenish yellow (GY), yellow (Y) and yellowish orange (YO) were analyzed for this fatty acids and LOX activities. The results illustrated that linoleic acid content slightly increased whereas LOX activity declined from DG to GY stage. Then, linoleic acid content decreased when petal color turned to yellow which was concomitant with the high LOX activity. This LOX activity in harvested yellow flower stage continuously increased to the highest peak two hours before flower fragrance while the light green flower stage showed low LOX activity after harvested. Thus, we can conclude that linoleic acid is degraded by LOX and further changed to hexyl alcohol as a substrate for ester synthesis in Kradang Nga Chin flower.

Keywords: *Artabotrys hexapetalus*, ester, fatty acid

บทคัดย่อ

ดอกกระดังงาจีน [*Artabotrys hexapetalus* (L. f.) Bhandari] จะปล่อยสารระเหยง่ายซึ่งมีกลิ่นหอมเฉพาะในเวลาเย็น กลิ่นหอมชวนดมดังกล่าวก็คือเอสเทอร์ที่สังเคราะห์มาจากแอลกอฮอล์ซึ่งเกิดจากการแตกสลายของกรดไขมัน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาการทำให้กรดลิโนเลอิกแตกสลายและกิจกรรมของเอนไซม์ลิพอกซิจิเนส (LOX) ในดอกกระดังงาจีนหลายระยะ ได้วิเคราะห์กรดไขมันดังกล่าวและกิจกรรมของ LOX จากดอกกระดังงาจีนที่โตเต็มวัย 5 ระยะคือ เขียวเข้ม (DG), เขียวอ่อน (LG), เขียวอมเหลือง (GY), เหลือง (Y) และเหลืองอมส้ม (YO) พบว่ากรดลิโนเลอิกค่อยๆ เพิ่มปริมาณขึ้นในขณะที่กิจกรรมของ LOX ลดลงจากระยะเขียวเข้มไปยังเขียวอมเหลือง หลังจากนั้นปริมาณกรดลิโนเลอิกจะลดลงเมื่อกลีบดอกเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมของ LOX ที่เพิ่มขึ้น กิจกรรมของ LOX ในดอกระยะสีเหลืองที่เก็บมามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนถึงจุดสูงสุดที่ 2 ชั่วโมง ก่อนดอกจะมีกลิ่นหอม ในขณะที่ดอกระยะเขียวอ่อนภายหลังการเก็บมีกิจกรรมของ LOX ต่ำ ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่ากรดลิโนเลอิกถูกทำให้แตกสลายโดย LOX แล้วถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นเฮกซิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เอสเทอร์ในดอกกระดังงาจีน

คำสำคัญ: กระดังงาจีน เอสเทอร์ กรดไขมัน

Introduction

Generally, flowers emit their aromatic volatiles during opening that is attractive to the pollinator such as insect. The duration time of flavor fragrance depends on plant species which was categorized into 3 groups: dawn to noon, noon to dusk and morning to dusk (Kasiolarn and Phuwiwat, 2009). *Artabotrys* is one of the largest genera of family Annonaceae, with about 70 species can be found in Asia and 14 species were recognized in Thailand. Kradang Nga Chin [*Artabotrys hexapetalus* (L. f.) Bhandari] is a scandent shrub. It is a well-known ornamental plant and widespread in many places throughout the country while the closely related species, Karawek (*Artabotrys siamensis*), is woody scandent and found in some localities of Thailand (Thongpairoj, 2008).

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

Kradang Nga Chin and Karawek had been classified as a noon to dusk fragrance flowers. They are not exactly called flower opening for fully mature stage because their petal color just only change from greenish yellow to yellow. This blooming behavior is similar to those ripening in several fruits. The main odor active component of Kradang Nga Chin and Karawek flowers are volatile esters that contribute from their corresponding alcohols and acids of the fatty acid degradation (Mahidol *et al*., 2005; Padungha *et al*., 2014). Therefore, the aim of this research was to investigate the degradable of linoleic acid and lipoxygenase (LOX) activity in various stages of Kradang Nga Chin flower.

Materials and Methods

Five developmental stages of Kradang Nga Chin flower: dark green (DG), light green (LG), greenish yellow (GY), yellow (Y) and yellowish orange (YO) were harvested from King Mongkut's University of Technology North Bangkok garden at 4 pm and brought to laboratory within 10 min. Fatty acid determination was done by gas chromatograph (GC) equipping flame ionization detector which slightly modified according to Kanchanamayoon and Kanenil (2007). Lipoxygenase (LOX) was extracted and its activity was measured by spectrophotometric method at 234 nm (Gokmen *et al*., 2007). For the degradation of fatty acid in detached flower, light green and yellow stages were harvested at 12 pm and LOX activity was assayed every 2 hours until 10 pm. Protein content in crude enzyme extract was spectrophotometrically measured at 595 nm with bovine albumin (BSA) as a standard (Bradford, 1976).

Results and Discussion

Kradang Nga Chin flower emits fragrant volatiles during 6-8 pm. The most of attractive orders were esters which contributed from several alcohols and acids from the degradation of fatty acid (Mahidol *et al*., 2005). Our results illustrated that linoleic acid content slightly increased whereas lipoxygenase (LOX) activity was declined from DG to GY stage (Figure 1A and 1B). However, linoleic acid content decreased when petal color turned to yellow which had the highest LOX activities. The LOX activity in harvested yellow flower stage also continuously increased to the peak two hours before flower fragrance whereas the light green flower stage showed low LOX activity after harvested (Figure 2). Thus, we can conclude that linoleic acid was degraded by LOX and further changed to alcohols and acids as a substrate for the biosynthesis of esters in Kradang Nga Chin flower according to the pathway in Figure 3.

Literature cited

Bradford, M.M., 1976, A Lipid and Sensitive Method for the Quantification of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein Dye Binding, Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

Gokmen, V., Serpen, A., Atli, A. and Koksel, H., 2007, A Practical Spectrophotometric Approach for the Determination of Lipoxygenase Activity of Durum Wheat, Cereal Chemistry, 84: 290-293.

Kanchanamayoon, W. and Kanenil, W., 2007, Determination of Some Fatty Acids in Local Plant Seeds, Chiang Mai Journal Science, 34: 249-252.

Kasiolarn, H. and Phuwiwat, V., 2009, Flower Opening and Fragrance of Some Aromatic Plants, Agricultural Science Journal, 40(3): 303-306.

Mahidol, C., Chimnoi, N., Chokchaichamnankit, D. and Techasakul, S., 2005, Identification of Volatile Constituents in *Artabotrys hexapetalus* Flowers Using Simple Headspace Solvent-Trapping Technique in Combination with Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Retention Indices, Acta Horticulturae, 677: 43-50.

Padungha, W., Noichinda, S., Bodhipadma, K., Jirapong, C. and Wongs-Aree, C., 2014, Evaluation of Ester Volatiles in Karawek (*Artabotrys siamensis*) Flower, Agricultural Science Journal, (In press).

Thongpairoj, U., 2008, Taxonomy and Molecular Phylogeny of *Artabotrys* R. Brown and Palynology of Tribe Unoneae (Annonaceae) in Thailand. PhD thesis, Chiang Mai University.

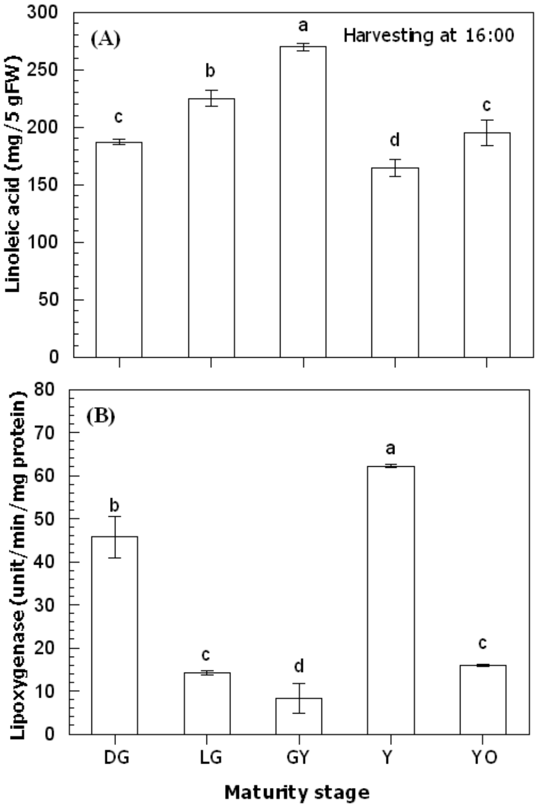


Figure 1 Changes in linoleic acid content (A) and lipoxygenase activity (B) in various maturity stages of Kradang Nga Chin flower: dark green (DG), light green (LG), greenish yellow (GY), yellow (Y) and yellowish orange (YO).

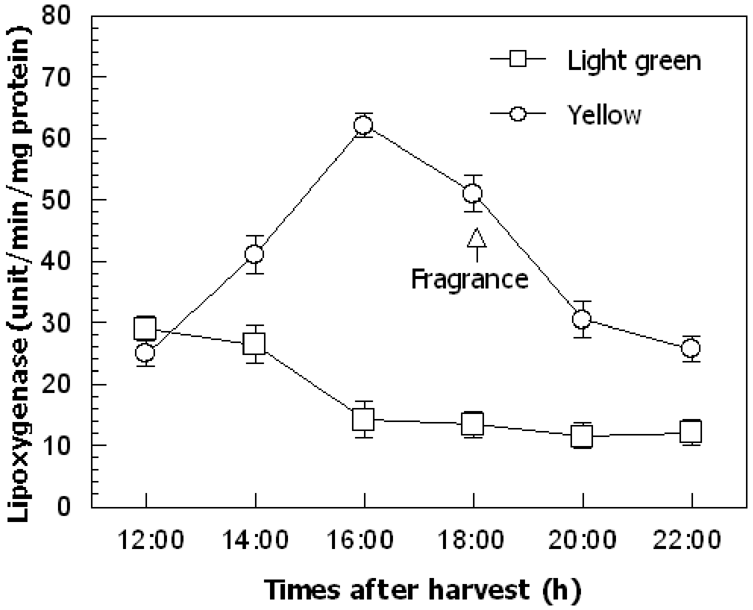


Figure 2 Changes in lipoxygenase activity of harvested light green and yellow stages of Kradang Nga Chin flower (Data were from 5 replications).

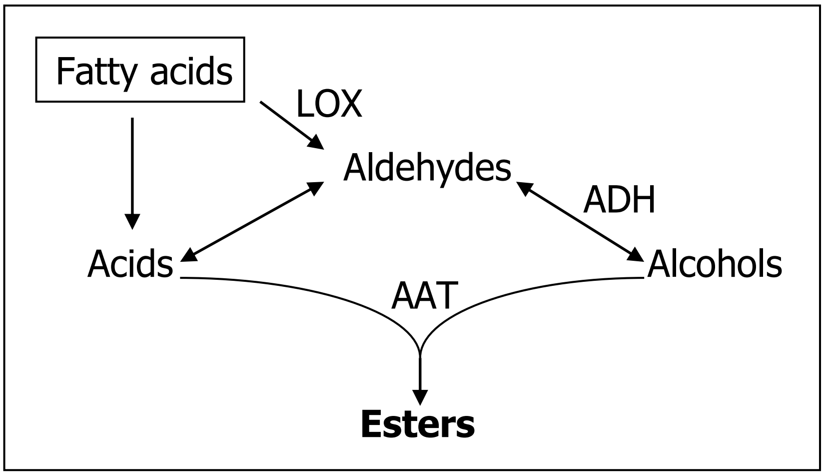


Figure 3 The pathways involved in the biosynthesis of volatile esters in Kradung Nga Chin flower (LOX = lipoxygenase, ADH = alcohol dehydrogenase, AAT = alcohol acetyltransferase).

ความหนาแน่นของการเลี้ยงไส้เดือนดินในหอคอยไส้เดือนดินเพื่อกำจัดเศษผักในครัวเรือน

Density of Earthworms in Earthworm Towers to Decompose Vegetable Waste

ตามใจ มนตรีวัฒน[1] สุทธิพงศ์ เปรื่องค้า[1] และ วิบูล เป็นสุข[1]

Montreewattana, T.[1], Pruangka, S.[1] and Pensuk, V.[1]

Abstract

Earthworms are considered good decomposers of vegetable waste. Vermicompost obtained from earthworms is the source of plant nutrients. In this study, a simple earthworm tower was constructed for convenient household use. The earthworm tower consisted of a 38x22 cm plastic bowl with a PVC pipe having that Ø 10.2 cm and 72 holes (0.5 cm diameter) upright at the center of the bowl. Soil was placed in the bowl and in the PVC pipe. Food waste was placed in the open end of the pipe allowing earth worms access through the holes in the side of the pipe. The experiment aimed to investigate the optimum number of earthworms needed in the earthworm tower to decompose kitchen waste. The treatments were the number of mature earthworms (*Eudrilus eugeniae*), i.e., 7, 14 or 28 introduced into each tower. A Completely Randomized Design was used with 3 replicates. For towers begun with 7, 14, and 28 earthworms, 167, 253 and 372 immature earthworms were found in 2ndmonth of the experiment, respectively. These differences were statistically significant. They revealed that mature earthworms could produce many immature earthworms. However, in 3rdmonth, the numbers of earthworms were 157, 188 and 182, respectively. These numbers were not significantly different implying that lack of food and space for growth was responsible for the decline. In months 5 and 6, the number of immature earthworms was [26, 39, 67] and [49, 36, 98], respectively. None of these numbers were significantly different. Regarding only mature earthworms, there were [25, 20, 24], [27, 32, 35] and [68, 69, 74] earthworms found in months 3, 5 and 6, respectively. These results indicated that different numbers of earthworms introduced at the beginning does not lead to different numbers of mature earthworms over time.

Keywords: *Eudrilus eugeniae*, food waste, kitchen waste, organic waste, vermicompost

บทคัดย่อ

ไส้เดือนดินมีความสามารถในการย่อยสลายเศษผักซึ่งเป็นขยะอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี และปุ๋ยหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนก็เป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช การทดลองครั้งนี้จึงได้สร้างหอคอยไส้เดือนดินอย่างง่ายให้สามารถดัดแปลงใช้ในครัวเรือนได้สะดวก ประกอบไปด้วยกะละมังพลาสติกขนาด 38 ซม. สูง 22 ซม. บรรจุดิน แล้วนำท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.2 ซม. สูง 35 ซม.ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. จำนวน 72 รู โดยรอบฝังไว้กลางกะละมังเพื่อใช้เป็นที่ใส่เศษผักตรงกลางและปล่อยให้ไส้เดือนดินสามารถเข้ามากินเศษผักได้ การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนไส้เดือนดินที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงในหอคอยไส้เดือนดินเพื่อการกำจัดเศษผักในครัวเรือน ทรีตเมนต์ประกอบด้วยการเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* จำนวน 7, 14 และ 28 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด ทำ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า ในเดือนที่ 2 ตรวจพบไส้เดือนดินขนาดเล็กจำนวน 167, 253 และ 372 ตัว ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินจำนวนมากกว่า สามารถผลิตไข่และฟักเป็นตัวได้มากกว่า แต่ในเดือนที่ 3 กลับพบว่าจำนวนไส้เดือนดินขนาดเล็กลดลง นับได้ 157, 188 และ 182 ตัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าจำนวนไส้เดือนดินที่มากเกินไป ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปเป็นตัวเต็มวัยได้ทั้งหมด ทั้งนี้ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านอาหารและพื้นที่ในการเจริญเติบโต ในเดือนที่ 5 และ 6 พบว่าจำนวนไส้เดือนขนาดเล็กมีการเปลี่ยนแปลงและมีจำนวนแตกต่างกันทางสถิติคือเท่ากับ [26, 39, 67] และ [49, 36, 98] ตัว ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่จำนวนไส้เดือนตัวเต็มวัย พบว่าในเดือนที่ 3, 5 และ 6 ของการทดลอง นับจำนวนไส้เดือนตัวเต็มวัยได้เท่ากับ [25, 20, 24], [27, 32, 35] และ [68, 69, 74] ตัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละเดือน แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินในจำนวนเริ่มต้นที่แตกต่างกันในสภาพหอคอยไส้เดือนดินนี้ ผลสุดท้ายจะได้จำนวนไส้เดือนดินตัวเต็มวัยที่ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: ขยะจากครัวเรือน ขยะจากอาหาร ขยะอินทรีย์ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

---

[1] สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Program in Agricultural Resource and Environmental Management, Graduate School, Udonthani Rajabhat University, Muang, Udonthani 41000

คำนำ

ปัจจุบันการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนเมืองเป็นปัญหาสำคัญของทุกชุมชนเมือง โดยเฉพาะเขตเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นทำให้มีพื้นที่ในการกำจัดขยะไม่เพียงพอต่อปริมาณขยะที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี จากปริมาณของขยะมูลฝอยในชุมชนเมืองทั้งหมด พบว่ามีขยะอินทรีย์มากถึงร้อยละ 64 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) และจากพฤติกรรมการทิ้งขยะในครัวเรือน ขยะอินทรีย์จะถูกทิ้งรวมกับขยะประเภทอื่นๆ อันเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ และแพร่กระจายของเชื้อโรค น้ำชะขยะไหลลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดน้ำเน่าเสียและเป็นที่น่ารังเกียจ ถ้าในแต่ละครัวเรือนช่วยกันกำจัดขยะอินทรีย์ด้วยตนเองได้ ปริมาณของขยะในชุมชนและปัญหาของมลพิษที่เกิดจากขยะอินทรีย์คงจะลดลงหรือหมดไป พร้อมทั้งเป็นการสร้างจิตสำนึกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนได้อีกด้วย

วิธีการกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือนด้วยตนเองมีหลากหลายวิธีการได้แก่ การฝังกลบ การทำปุ๋ยหมัก การทำปุ๋ยชีวภาพ และการกำจัดโดยใช้ไส้เดือนดิน ซึ่งในแต่ละวิธีจะมีเงื่อนไขในการจัดการแตกต่างกันออกไป เช่น การฝังกลบต้องใช้พื้นที่มาก และพื้นที่ที่จะใช้ควรเป็นพื้นดินเพื่อใช้ขุดฝังขยะ แต่ชุมชนเมืองส่วนใหญ่พื้นที่บ้านหรือในบริเวณบ้านไม่มีที่ที่เป็นพื้นดิน ถ้ามีก็น้อยมาก การทำปุ๋ยหมัก และปุ๋ยชีวภาพนอกจากใช้พื้นที่ในการจัดการค่อนข้างมากแล้ว ยังทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากกระบวนการหมักรบกวนเพื่อนบ้าน และใช้เวลานาน ส่วนการใช้ไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ ใช้พื้นที่ในการจัดการน้อย เวลาที่ใช้ย่อยขยะอินทรีย์สั้นกว่าวิธีอื่นๆ ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (อานัฐ, 2552) ปุ๋ยที่ได้จากมูลไส้เดือนก็มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (วุฒิชัย, 2554; นิจพร และคณะ, 2555; Mahmoud และ Ibrahim, 2012) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีกำจัดเศษผักในครัวเรือนโดยใช้หอคอยไส้เดือนดิน ที่เป็นรูปแบบการกำจัดขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ร่วมกับการปลูกผัก ไม่ใช้พื้นที่เพื่อใช้ในการจัดการขยะอินทรีย์มาก ระยะเวลาการย่อยขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินรวดเร็ว ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวใกล้เคียงกับการเลี้ยงไส้เดือนดินในภาชนะต่างๆ เช่น เลี้ยงในกะละมังพลาสติก กระถางพลาสติก ชั้นพลาสติก และวงบ่อซีเมนต์ เป็นต้น แต่มีข้อแตกต่างตรงที่การเลี้ยงในภาชนะอื่นๆ จะมีขั้นตอนการแยกมูลไส้เดือนดินเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้แก่ต้นพืช แต่การเลี้ยงไส้เดือนดินในหอคอยเราสามารถปลูกต้นไม้ร่วมกับการเลี้ยงไส้เดือนดินให้อยู่ในพื้นที่เดียวกันได้ เพื่อให้ต้นไม้ได้ใช้ประโยชน์จากมูลไส้เดือนดิน โดยไม่ต้องแยกออก เป็นการลดขั้นตอนการจัดการไม่ยุ่งยาก และซับซ้อน ซึ่งเป็นรูปแบบที่มุ่งเน้นการกำจัดขยะอินทรีย์อย่างพอเพียง ไม่เน้นการพาณิชย์ ประหยัดพื้นที่ เหมาะกับที่อยู่อาศัยที่มีพื้นที่น้อย โดยการรวมพื้นที่การเลี้ยงไส้เดือนดินและพื้นที่ปลูกผักไว้ด้วยกัน และผลผลิตที่ได้คือผักปลอดสารพิษไว้สำหรับบริโภคภายในครัวเรือน งานวิจัยในครั้งนี้จึงเน้นศึกษาการนำรูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินในหอคอยเพื่อกำจัดเศษผักในครัวเรือนร่วมกับการปลูกผัก โดยศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงไส้เดือนดินในหอคอยไส้เดือนดินเพื่อกำจัดเศษผักในครัวเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์โดยเลี้ยงในวัสดุดินผสมทีใช้ในการทดลองเพื่อให้เกิดความคุ้นเคย เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มทำการทดลอง แยกไส้เดือนออกจากดินนำมาล้างแล้วซับให้แห้งเพื่อให้ได้น้ำหนักเฉพาะตัวไส้เดือน แล้วนำไส้เดือนมาแยกเป็นตัวเพื่อให้ได้ตามปริมาณที่กำหนด คือ 7, 14 และ 28 ตัว เฉลี่ยความยาว 8.5–15.0 ซม.และน้ำหนักตัว 1.0–1.5 ก. ซึ่งเป็นไส้เดือนในช่วงวัยเจริญพันธุ์ จากนั้น ใช้ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.2 ซม. ยาว 35.0 ซม. เจาะรูรอบๆ ท่อจากปลายท่อด้านหนึ่งยาว 20.0 ซม. ขนาดของรูมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. โดยเว้นระยะห่างของรูประมาณ 2.0 ซม. รวมจำนวน 72 รู เพื่อเป็นช่องทางเข้าออกของไส้เดือนดินระหว่างหอคอยกับดินเลี้ยง (Kirstenmilkwood, 2010) ดินสำหรับเป็นพื้นเลี้ยงใช้ดินปลูกสำเร็จรูป ตราดินปุ๋ยหนองขอนกว้าง ซึ่งมีส่วนผสมของดินดำหนองขอนกว้าง ใบก้ามปู ปุ๋ยคอกแกลบดำ แกลบดิบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าว รำอ่อน กากน้ำตาลและสารอีเอ็ม ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน เพื่อกำจัดไส้เดือน และไข่ของไส้เดือน (สุมา, 2549) บดดินและผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ให้พร้อมใช้งาน ก่อนนำดินไปใส่ในหอคอยให้พรมน้ำคลุกเคล้าให้ดินมีความชื้นประมาณ 70–80% โดยผสมดิน 5 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน ส่วนการเตรียมภาชนะเลี้ยงไส้เดือน ใช้กะละมังพลาสติกที่ส่วนปากกะละมังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 38.0 ซม. ก้นกะละมัง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30.0 ซม. ความสูง 22.0 ซม. เจาะรูสูงจากก้นกะละมัง ประมาณ 0.3 ซม. แล้วใส่ท่อพีวีซีเพื่อเป็นที่ระบายน้ำ ใส่หินก่อสร้างขนาด 1.5–3.0 ซม. รองพื้นหนาประมาณ 1.5 ซม. วางทับด้วยตาข่ายพลาสติก แล้วเติมด้วยดินผสม สูงประมาณ 1.5 ซม. เกลี่ยให้สม่ำเสมอ วางหอคอยไส้เดือนดินในแนวตั้ง โดยให้ด้านที่เจาะรูอยู่ด้านล่าง โรยดินข้างๆ หอคอยไส้เดือนดินสูงเว้นจากขอบกะละมังประมาณ 4.5 ซม. หรือใส่ดิน 10 กก.ต่อหอคอย 1 ชุด แล้วใส่มูลวัวจำนวน 250 ก. ใส่ไส้เดือนดิน และใส่เศษผักลงใน

หอคอยตามลำดับ แล้วใช้ภาชนะปิดปากท่อ รดน้ำเพื่อให้ดินในกะละมังมีความชื้น ปริมาตร 1,000 มล. วางกะละมังบนถาดใส่น้ำเพื่อป้องกันมด การเตรียมเศษผักในครัวเรือนเพื่อใช้สำหรับการทดลอง ใช้เศษผักกาดจากตลาดเมืองทอง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี หั่นเศษผักกาดให้มีขนาดประมาณ 1x1 ซม. โดยใช้มีดหั่นหรือสับ ใส่ครั้งละ 100 ก.

วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรรมวิธี ได้แก่ การเลี้ยงไส้เดือนดินจำนวน 7, 14 และ 28 ตัว ในแต่ละหอคอย ทำ 3 ซ้ำ ใส่เศษผักกาดหั่นจำนวน 100 ก. แบบต่อเนื่อง (สัปดาห์ละ 2 ครั้ง) เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน นับจำนวนไส้เดือนดินขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ (ตัวเต็มวัย) และชั่งน้ำหนักไส้เดือนดินทุกๆ 1 เดือน วิเคราะห์ความความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ของข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า จำนวนไส้เดือนดินขนาดเล็กเริ่มมีความเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในเดือนที่ 2 โดยตรวจนับจำนวนได้ 167, 253 และ 372 ตัว ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการเริ่มต้นเลี้ยงไส้เดือนดินจำนวนมากกว่า สามารถผลิตไข่และฟักเป็นตัวได้มากกว่า แต่ในเดือนที่ 3 กลับพบว่าจำนวนไส้เดือนดินขนาดเล็กลดลง นับได้ 157, 188 และ 182 ตัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าจำนวนไส้เดือนดินที่มากเกินไป ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านอาหารและพื้นที่ในการเจริญเติบโต ส่วนในเดือนที่ 5 และ 6 พบว่า จำนวนไส้เดือนดินขนาดเล็กมีการเปลี่ยนแปลงลดจำนวนลงและมีจำนวนแตกต่างกันทางสถิติ คือเท่ากับ [26, 39, 67] และ [49, 36, 98] ตัว ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนจำนวนไส้เดือนดินเต็มวัย พบว่าในเดือนที่ 3, 5 และ 6 ของการทดลอง นับจำนวนไส้เดือนดินตัวเต็มวัยได้เท่ากับ [25, 20, 24], [27, 32, 35] และ [68, 69, 74] ตัว ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละเดือน แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินในจำนวนเริ่มต้นที่แตกต่างกันในสภาพหอคอยไส้เดือนดินนี้ ผลสุดท้ายไส้เดือนดินขนาดเล็ก จะรอดชีวิตและกลายเป็นไส้เดือนดินตัวเต็มวัยที่ไม่แตกต่างกัน

น้ำหนักรวมของไส้เดือนดินขนาดเล็กและตัวเต็มวัย พบว่าในเดือนที่ 3, 5 และ 6 ของการทดลอง ชั่งน้ำหนักไส้เดือนดินได้เท่ากับ [34, 29, 35], [32, 40, 49] และ [45, 45, 52] ตัว ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละเดือน สอดคล้องกับข้อมูลจำนวนไส้เดือนดินขนาดใหญ่เดือนที่ 3, 5 และ 6 แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินในพื้นที่จำกัด ผลสุดท้ายจะได้ทั้งจำนวนและขนาดไส้เดือนดินที่ไม่แตกต่างกัน ยิ่งประชากรหนาแน่นขึ้นขนาดตัวของไส้เดือนดินที่กำลังเจริญเติบโตก็จะเล็กตามสัดส่วนของพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงและปริมาณอาหารที่ได้รับอย่างจำกัด (วิทยา, 2541)

สรุปผล

การใช้จำนวนไส้เดือนดินเริ่มต้นเลี้ยงในหอคอยไส้เดือนดิน 7, 14 และ 28 ตัว ในช่วง 2 เดือนแรกไส้เดือนจะออกไข่และได้ตัวอ่อนจำนวนมาก แต่ตัวอ่อนจะพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยได้ไม่ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่ในการอยู่อาศัยที่จำกัด รวมทั้งปริมาณอาหารที่ให้อย่างจำกัด จึงพบว่าในเดือนต่อๆไปจึงมีจำนวนไส้เดือนตัวเต็มวัยที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นหากจะใช้หอคอยไส้เดือนดินลักษณะนี้เพื่อกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน จึงสามารถเลี้ยงไส้เดือนดินเริ่มต้นที่ 7 ตัว

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, 2553, การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร, คู่มือสำหรับผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [สืบค้น], http:// www.pcd.go.th [20/May/14].

นิจพร ณ พัทลุง, รัตนา ปลั่งกลาง และ อภิวัฒน์ ตมกลาง, 2555, คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินที่เก็บจากที่ต่างๆกันในจังหวัดนครราชสีมา, แก่นเกษตร, 40 (ฉบับพิเศษ): 366-372.

วุฒิชัย จันทรสมบัติ, 2554, ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพื่อปลูกข้าวโพดหวานในดินชุดบ้านไผ่, วารสารเกษตรพระวรุณ, 8(2): 99-106.

วิทยา ตรีโลเกศ, 2541, การศึกษานิเวศวิทยาของไส้เดือนดินที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน, ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16 หน้า.

สุมา หนูแก้ว, 2549, การศึกษาเปรียบเทียบและปริมาณของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ของไส้เดือนดินกำจัดขยะที่เป็นการค้าในระบบการผลิตพืช, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อานัฐ ตันโช, 2552, คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์, สำนักงานกองทุนสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 114 หน้า.

Kirstenmilkwood, 2010, How to Make a Worm tower [Online], Available: http://www.milkwood.net [July 10, 2011].

Mahmoud, E.K. and Ibrahim, M.M., 2012, Effect of Vermicompost and Its Mixtures with Water Treatment Residues on Soil Chemical Properties and Barley Growth, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(3): 431-440.

Table 1 Number of immature earthworms in earthworm tower observed within 6 months.

Treatments[1/]	Month						
	0	1	2	3	4[2/]	5	6
7	0.00	0.00 b	166.67 c	157.00	-	26.33 b	49.33 ab
14	0.00	0.00 b	253.33 b	188.00	-	38.67 b	35.67 b
28	0.00	43.00 a	371.67 a	182.00	-	66.67 a	97.67 a
F-test	-	**	**	ns	-	**	**
C.V. (%)	-	28.53	9.70	9.97	-	20.41	30.66

Note: [1/]Number of earthworms at the beginning, [2/]Data not available.

Means followed by a different letter within the same column are significantly different. ** P<0.01,

ns = not significant different (P>0.05).

Table 2 Number of mature earthworms in earthworm tower observed within 6 months.

Treatments[1/]	Month						
	0	1	2	3	4[2/]	5	6
7	7.00	7.00	7.00	25.00	-	27.33	67.67
14	14.00	14.00	14.00	20.00	-	31.67	68.67
28	28.00	28.00	27.00	24.00	-	35.00	74.00
F-test	-	-	-	ns	-	ns	ns
C.V. (%)	-	-	-	15.75	-	36.62	7.54

Note: [1/] Number of earthworms at the beginning, [2/]Data not available.

Table 3 Total weight of earthworms in earthworm tower observed within 6 months.

Treatments[1/]	Month						
	0	1	2	3	4[2/]	5	6
7	4.50	7.02 c	72.26 c	33.56	-	31.56	45.48
14	10.50	15.85 b	34.82 b	29.78	-	40.17	44.69
28	20.00	35.14 a	54.01 a	35.20	-	48.88	51.93
F-test	-	**	**	ns	-	ns	ns
C.V. (%)	-	9.51	6.29	12.23	-	21.47	10.01

Note: [1/]Number of earthworms at the beginning, [2/]Data not available.

Means followed by a different letter within the same column are significantly different. ** P<0.01,

ns = not significant different (P>0.05).

การประเมินเอสเทอร์ระเหยง่ายในดอกการเวก

Evaluation of Ester Volatiles in Karawek (*Artabotrys siamensis*) Flower

วณิชยา ผดุงฮะ[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] ชวนพิศ จิระพงษ์[2] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[3]

Padungha, W.[1], Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Jirapong, C.[2] and Wongs-Aree, C.[3]

Abstract

It is difficult to distinguish between Karawek (*Artabotrys siamensis* Miq.) and Kradang Nga Chin [*A. hexapetalus* (L. f.) Bhandari] flowers from morphological structure or smelling by human perception. Thus, the aim of this study was to identify aroma components in Karawek flower. The volatiles from yellow petal were analyzed by GC-MS. The results revealed that there were more than 20 ester constituents in Karawek flower's odor. The predominant ester components were ethyl hexanoate, ethyl isobutenoate, ethyl 2-methylbutanoate, 2-methylbutyl acetate, ethyl acetate, butyl butyrate, isobutyl hexanoate, propan-2-yl acetate, 2-methylbutyl isobutyrate and 2-methylbutyl 2-methylbutanoate while the little amount of esters were ethyl propanoate, ethyl 2-methyl-2-butenoate, isoamyl butanoate, propyl hexanoate and ethyl octanoate. Therefore, we proposed that the fruity-like aroma generating from Karawek flower was enzymatic biosynthesis esters.

Keywords: *Artabotrys siamensis*, ester, petal

บทคัดย่อ

เป็นการยากที่จะแยกความแตกต่างระหว่างดอกการะเวก (*Artabotrys siamensis* Miq.) และกระดังงาจีน [*A. hexapetalus* (L. f.) Bhandari] จากโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาหรือการได้กลิ่นด้วยการรับรู้ของมนุษย์ ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อจำแนกองค์ประกอบของกลิ่นในดอกการเวก สารระเหยง่ายจากกลีบดอกสีเหลืองถูกวิเคราะห์ด้วย GC-MS ผลการศึกษาพบว่าในกลิ่นของดอกการเวกมีเอสเทอร์มากกว่า 20 ชนิดเป็นองค์ประกอบ โดยมีเอสเทอร์ที่เด่นได้แก่ ethyl hexanoate, ethyl isobutenoate, ethyl 2-methylbutanoate, 2-methylbutyl acetate, ethyl acetate, butyl butyrate, isobutyl hexanoate, propan-2-yl acetate, 2-methylbutyl isobutyrate และ 2-methylbutyl 2-methylbutanoate ในขณะที่เอสเทอร์จำนวนเล็กน้อยที่พบคือ ethyl propanoate, ethyl 2-methyl-2-butenoate, isoamyl butanoate, propyl hexanoate และ ethyl octanoate ดังนั้นเราจึงเสนอว่ากลิ่นคล้ายผลไม้ซึ่งถูกสร้างโดยดอกการเวกเป็นเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นจากชีวสังเคราะห์ด้วยเอ็นไซม์

คำสำคัญ: ดอกการเวก เอสเทอร์ กลีบดอก

Introduction

Scent of the flower is one of the plant adaptations that play an essential role in the reproductive processes. Floral scent of many crops attracts insect and animal pollinators and has economic value in guaranteeing plant yield and quality. The emitting time of flavor differs depending on plant species. Most of daytime scent emission flowers are colorful while the nighttime flowers are less in color. Typically, volatiles emitted from the flowers are the mixture of many compounds (Pichersky and Dudareva, 2007). In Thailand, there are more than 264 species of Thai aromatic plants from 72 families and Karawek (*Artabotrys siamensis*

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800 Thailand

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ถ.บางนา-ตราด ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540

[2] Department Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samut Prakan 10540 Thailand

[3] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[3] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien Campus, Bangkok 10150 Thailand

Miq.) is one of 17 fragrant species in Annonaceae (Chatpaisarn *et al*., 2009). The mature blooming Karawek flower noticeably emits flavors from late afternoon to 8 pm.

Karawek is an endemic plant of Thailand. The genus of Karawek, *Artabotrys*, contains over 100 species of scandent shrubs and woody climbers dispersed largely in tropical and subtropical zones of the world, particularly tropical Africa and Eastern Asia (Tan and Wiart, 2014). Apart from producing unique and good aroma, flowers of Karawek were ethnomedicinally used as cardiotonic (Chuakul and Soonthornchareonnon, 2003).

Species that has closely related to Karawek is Kradang Nga Chin [*A. hexapetalus* (L. f.) Bhandari]. Morphological structure and smelling from flower of both Karawek and Kradang Nga Chin usually confuse our perception. Both of them have six petals that arrange in two whorls of three (Thongpairoj, 2008) and when floral color turns from greenish yellow to yellow, they produce fragrance that quite difficult to distinguish. Besides, scent of Karawek flower had never been studied so far. Accordingly, this research aimed to identify aroma components from Karawek flower.

Materials and Methods

Mature flower of Karawek with greenish yellow petal was harvested at 1 pm, transported to King Mongkut's University of Technology Thonburi laboratory and left until the petal turned to yellow color which producing the fragrance before placed into glass bottom (100 mL) and then closed with rubber cap. The StableFlex SPME fiber was inserted into bottom for 30 min. Afterward, the absorbed volatiles on SPME were investigated by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) Agilent 6850/HP 5975 equipped a fused silica capillary column (HP-5MS). The oven temperature was stepwise programmed from 50°C to 260°C. The spectra analysis was operated in the electron impact (EI) mode with an electron energy of 70 eV; mass range (m/z) 30-500 and EM voltage 3000 V. Volatile components were identified using the ChemStation program with NIST98 library.

Results and Discussion

The mature flower of Karawek emitted the flavors during 4-8 pm accompanying with the changing in its sepal color from greenish yellow to yellow. Sixteen ester volatile compounds were identified. Among them, 2-methyl propyl acetate, ethyl 2-methylbutanoate and ethyl acetate were predominated compounds (Figure 1) while the medium amount of ester components were 2-methylbutyl acetate, ethyl isobutanoate, butyl butyrate, ethyl hexanoate, ethyl propanoate and ethyl 2-methyl-2-butanoate. The fewer amounts of isoamyl butanoate, 2-methylbutylisobutyrate, propyl hexanoate, 2-methylbutyl 2-methylbutanoate, isobuyl hexanoate, ethyl benzoate and ethyl octanoate esters were also found. Normally, ester biosynthesis occurring during fruit ripening is enzymatic reaction. Alcohol acetyltransferase (AAT) obviously played an attention role of ester biosynthesis in several fruits such as banana (Harada *et al*., 1985), melon (Ueda *et al*., 1997) and strawberry (Noichinda *et al*., 1999). Besides, AAT also had an important role for ester formation in some flowers such as Rose (Shalit *et al*., 2003) and Gypsophila (Nimitkeatkai *et al*., 2006). In our preliminary study, we found that Karawek-AAT showed high activity during petal color altering from greenish yellow to yellow (data not shown). As a result, it was possible that the fruity-like aroma producing from Karawek flower was enzymatic biosynthesis esters. The strong fragrance of Karawek flower was ethyl esters which consisted of higher propanoate and butanoat than acetate. That was the reason why its odor character was similar to apple-like fruity flavor (Young *et al*., 1996). Moreover, the mature blooming Karawek flower also emitted flavors like the ripening of climacteric fruit. This was supported by the hypothesis that floral fragrances of Annonaceae flowers mimic fruit scents since aliphatic esters emitted by fruits had been identified as main constituents (Steenhuisen *et al*., 2010).

Literature cited

Chatpaisarn, A., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2009, Biodiversity of Thai Aromatic Plants, Agricultural Science Journal, 40(1)(Suppl.): 521-524.

Chuakul, W. and Soonthornchareonnon, N., 2003, Ethnomedical Uses of Thai Annonaceous Plant (1), Thai Journal of Phytopharmacy, 10(1): 25-32.

Harada, M., Ueda, Y. and Iwata, T., 1985, Purification of Some Properties of Alcohol Acetyltransferase from Banana Fruit, Plant Cell Physiology, 26: 1067-1074.

Nimitkeatkai, H., Ueda, Y., Inamoto, K. and Doi, M., 2006, Ester Formation and Substrate Specificity of Alcohol Acetyltransferase in Cut Flowers of Gypsophila (*Gypsophila paniculata* L.), Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 75: 148-153.

Noichinda, S., Ueda, Y., Imahori, Y. and Chachin, K., 1999, Thioester Production and Thioalcohal Specificity of Alcohol Acetyltransferase in Strawberry Fruit, Food Science and Technology Research, 5: 99-103.

Pichersky, E. and Dudareva, N., 2007, Scent Engineering: Toward the Goal of Controlling How Flowers Smell, Trends in Biotechnology, 25(3): 105-110.

Shalit, M., Guterman, I., Volpin, H., Bar, E., Tamari, T., Menda, N., Adam, Z., Zamir, D., Vainstein, A., Weiss, D., Pichersky, E. and Lewinsohn, E., 2003, Volatile Ester Formation in Roses, Identification of an Acetyl-Coenzyme A, Geraniol/Citronellol Acetyltransferase in Developing Rose Petals, Plant Physiology, 131: 1868-1876.

Steenhuisen, S.-L., Raguso, R.A., Jürgens, A. and Johnson, S.D., 2010, Variation in Scent Emission Among Foral Parts and Inflorescence Developmental Stages in Beetle-Pollinated *Protea* species (Proteaceae), South African Journal of Botany, 76: 779-787.

Tan, K.K. and Wiart, C., 2014, Botanical Descriptions, Ethnomedicinal and Non-medicinal Uses of the Genus *Artabotrys* R.Br., International Journal of Current Pharmaceutical Research, 6(1): 34-40.

Thongpairoj, U., 2008, Taxonomy and Molecular Phylogeny of *Artabotrys* R. Brown and Palynology of Tribe Unoneae (Annonaceae) in Thailand, PhD thesis, Chiang Mai University.

Ueda, Y., Fujishita, N. and Chachin, K., 1997, Presence of Alcohol Acetyltransferase in Melons (*Cucumis melo* L.), Postharvest Biology and Technology, 10: 121-126.

Young, H., Gilbert, J.M., Murray, S.H. and Ball, R.D., 1996, Causal Effects of Aroma Compounds on Royal Gala Apple Flavours, Journal of the Science of Food and Agriculture, 71: 329-336.

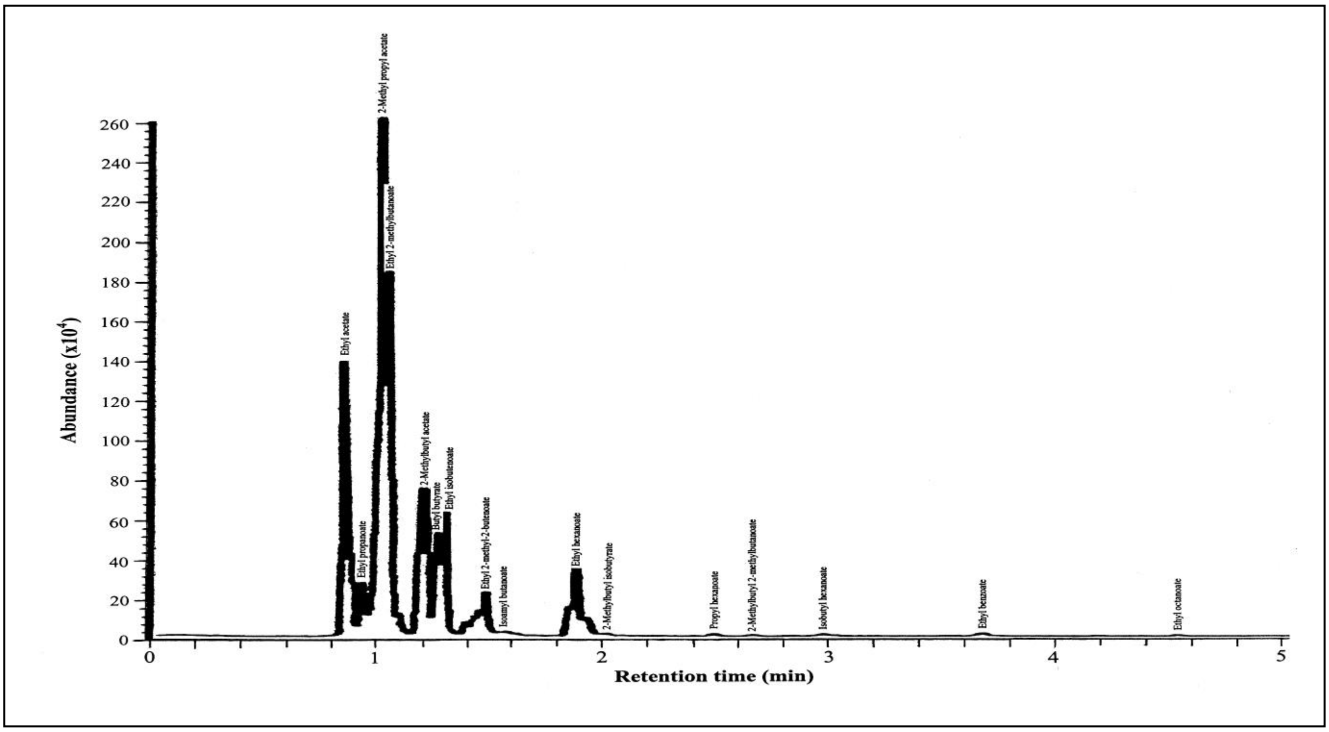


Figure 1 Chromatogram of Karawek flower volatiles identified by GC-MS.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 417-420 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 417-420 (2557)

ดัชนีความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวในรูปแบบการปลูกข้าวที่ใช้สารเคมีและอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

Index of Species Diversity of Natural Enemies of Rice Pest Insect in Chemical-Pattern and Organic Paddy Fields in the Upper Northern Area

รุ่งเกียรติ แก้วเพชร[1] ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล[1] ภาวัช วิจารัตน์[2] และ ศมาพร แสงยศ[3]
Kawpet, R.[1], Waranusantigul, P.[1], Wijarat, P.[2] and Saengyot, S.[3]

Abstract

A study on the diversity of natural enemies of rice pest insect found in organic and chemical-pattern paddy fields were carried out in Chiang Rai, Phayao and Chiang Mai provinces. Samples were collected and identificated, their population changes and calculated Shannon-Weiner diversity index. Fifty seven species of natural enemies were found associated with these rice insect pests. Their population changes and the species diversity were varied according to the rice plant developmental stages, especially from tillering to panicle initiation stage. The two organic and chemical-pattern paddy fields and/or different study areas not affect to the population changes and species diversity index of natural enemies of rice pest insect.
Keywords: index of species diversity, natural enemy of rice pests insect, rice pest insect, organic paddy fields

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว ในนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวที่ใช้สารเคมี ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย พะเยาและเชียงใหม่ โดยการเก็บตัวอย่าง จำแนกชนิด ศึกษาการขึ้นลงของประชากร รวมทั้งคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายของแชนนอน-ไวเนอร์ (Shannon-Wiener index) พบศัตรูธรรมชาติ 57 ชนิด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรและความหลากหลายทางชนิดผันแปรตามระยะการเจริญของต้นข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในระยะข้าวแตกกอจนถึงระยะข้าวตั้งท้อง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงประชากรและดัชนีความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวไม่ได้รับผลจากระบบปลูกทั้งสองแบบ และ/หรือ พื้นที่ศึกษาที่ต่างกัน
คำสำคัญ: ดัชนีความหลากหลาย ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว นาข้าวอินทรีย์ ภาคเหนือตอนบน

คำนำ

โดยทั่วไปในนาข้าวและพื้นที่ ที่มีการเพาะปลูกทางการเกษตรจะมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด รวมทั้งศัตรูธรรมชาติ (natural enemies) ซึ่งได้แก่ ตัวห้ำ (predators) ตัวเบียน (parasites) และเชื้อโรค (pathogen) ของแมลงศัตรูพืชชนิดต่างๆ ที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งที่มีประโยชน์คอยควบคุมปริมาณประชากรของแมลงศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับเศรษฐกิจ (Debach และ Rosen, 1991) แต่ทว่าสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์เหล่านี้อาจมีปริมาณลดลงในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ทำให้เสียสมดุลทางธรรมชาติของศัตรูธรรมชาติและแมลงศัตรูพืชเหล่านั้นดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวที่ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว รวมถึงเปรียบเทียบความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวในนาข้าวทั้ง 2 ระบบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการบริหารจัดการแมลงศัตรูข้าว โดยวิธีธรรมชาติซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการขับเคลื่อนการเกษตรสู่ความยั่งยืน

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 228-228/1-3 ถ.สิรินธร บางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700
[1] Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University 228-228/1-3 Sirinthorn Rd., Bangplad, Bangkok 10700
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
[2] Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University 65000
[3] สาขาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3] Plant protection program, Faculty of Agricultural Production, Mae Jo University Chiangmai 50290

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาดัชนีความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวในระบบการปลูกข้าวนาปี แบบอินทรีย์ และแบบใช้สารเคมีในปี 2555 ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย พะเยาและเชียงใหม่ โดยเลือกจุดสำรวจที่มีการปลูกข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 จังหวัดละ 5 จุดสำรวจ โดยทำการสำรวจประชากรของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวทั้ง 2 ระบบ ทุก 14 วัน ตั้งแต่ระยะกล้าจนถึงระยะที่ข้าวพร้อมเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยทำการสุ่มจำนวนประชากรแมลงโดยการใช้สวิงโฉบและนับจากกอข้าว หลังจากนั้นทำการจำแนกตามชนิดของศัตรูธรรมชาติ คือ แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน และเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคของแมลงศัตรูพืช จากนั้นคำนวณหาจำนวนเฉลี่ยของศัตรูธรรมชาติและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของจำนวนประชากรที่พบในแต่ละช่วงการเจริญของข้าว และวิเคราะห์ผลของระบบปลูก และการมีอิทธิพลร่วมระหว่างระบบปลูกและพื้นที่ปลูกต่อความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติ ตามวิธีของ Leclerg และคณะ (1966) และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติ ตามวิธีของ Price (1975) รวมทั้งคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity index) ตามวิธีของ Shanon และ Weiner (1949)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสำรวจชนิดและปริมาณของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว ในนาข้าวแบบใช้สารเคมีและแบบอินทรีย์ พบศัตรูธรรมชาติอย่างน้อย 57 ชนิด 7 อันดับ 25 วงศ์ โดยกลุ่มที่พบมากที่สุดคือแมงมุม (Araneae) พบจำนวน 21 ชนิด 8 วงศ์ รองลงมาคืออันดับ Hymenoptera ได้แก่ แตนเบียนชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังพบเชื้อราโรคแมลงอีก 4 ชนิด ที่มีความสำคัญในการเป็นศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว จากศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวบางชนิดที่พบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ตัวห้ำทั่วไป แมลงตัวเบียนชนิดต่างๆ และเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงชนิดต่างๆ (Table 1)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว ที่พิจารณาจากค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรรวม และการขึ้นลงของประชากร ในระบบข้าวที่ปลูกแบบใช้สารเคมีและแบบอินทรีย์ พบว่าระบบปลูกและพื้นที่ปลูกไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนประชากรของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวที่ศึกษา (Table 2) และจาก Figure 1 แสดงให้เห็นแนวโน้มการขึ้นลงของประชากรของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวที่เป็นไปตามหรือมีความสัมพันธ์กับอายุของต้นข้าว คือ เริ่มเพิ่มขึ้นตามอายุข้าวจากระยะต้นกล้า (seedling) จนถึงระยะแตกกอ และลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงข้าวให้ผลผลิต

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด โดยใช้ดัชนีแชนนอน-ไวเนอร์ (Shanon-Wiener index) ของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว จากการเก็บตัวอย่างศัตรูธรรมชาติ 2 วิธี คือ การใช้สวิงโฉบและการนับจำนวนแมลงจากกอข้าว พบว่า ค่าความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติจากวิธีการใช้สวิงโฉบและการนับจำนวนแมลงจากกอข้าว อยู่ที่ 0.7-0.15 และ 0.32-0.55 ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าค่าดัชนีความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวในนาข้าวแบบใช้สารเคมีและแบบอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกันตามนัยสำคัญทางสถิติ หรืออาจกล่าวได้ว่าระบบปลูกและสถานที่ปลูก ไม่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีความหลากหลายในนาข้าวที่ทำการศึกษา (Table 3) ซึ่งผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับบางรายงาน ที่ชี้ว่าในนาข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจะมีความมากของชนิด (species richness) สูงกว่านาข้าวที่ใช้สารเคมี (Way และHeong, 1994) เนื่องจากในการศึกษานี้คณะผู้วิจัยได้เน้นศึกษาเฉพาะศัตรูธรรมชาติที่มีความสอดคล้องกับแมลงศัตรูข้าวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเท่านั้น ดังนั้นผลจากการศึกษานี้จึงเป็นการค้นคว้าเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบางส่วนของชุมชนในนาข้าว หากแต่มิได้รวมถึงชุมชุนรวมของนาข้าวทั้งหมด จึงเป็นเหตุให้ผลการศึกษามีความแตกต่างจากรายงานข้างต้น

สรุปผล

จากการศึกษาความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว ในนาข้าวอินทรีย์ และนาข้าวที่ใช้สารเคมีในพื้นที่จังหวัด เชียงราย พะเยา และเชียงใหม่ ในระยะเวลา 1 ปี หรือตลอดฤดูปลูกข้าวนาปี พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 57 ชนิด โดยกลุ่มที่พบมากสุดคืออาร์โทรพอดส์ในกลุ่มแมงมุม (Araneae) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรและดัชนีความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเป็นไปตามอายุของต้นข้าว ในขณะที่ระบบปลูก ซึ่งได้แก่ ระบบปลูกข้าวแบบอินทรีย์ และระบบปลูกข้าวแบบใช้สารเคมี และพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรและความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Debach, P. and Rosen, D., 1991, Biological Control by Natural Enemies, Cambridge University Press, New York, 440 p.

Leclerg, E.L., Leonard, W.H. and Clark, A.G., 1966, Field Plot Technique, Burgess Publishing Company, Minnesota, 373 p.

Price, P.W., 1975, Insect Ecology, John Wiley & Sons, New York, 514 p.

Shannon, C.E. and Weiner, W., 1949, The Mathematical Theory of Communication, University Iiiinois Press, Illinois, 520 p.

Way, M.J. and Heong, K.L., 1994, The Role of Biodiversity in the Dynamics and Management of Insect Pests of Tropical Irrigated Rice-a Review, Bulletin of Entomological Research, 84: 567-587.

Table 1 Mean of some natural enemies population of rice insect pest in wet season rice fields in two paddy field patterns.

Natural enemies	Organic (sweep net) (n=20)		Chemical (sweep net) (n=20)		Organic (direct count) (n=100)		Chemical (direct count) (n=100)	
	Mean±SD	Rage	Mean±SD	Rage	Mean±SD	Rage	Mean±SD	Rage
Predators:								
Agriocnemis spp.	0.13±0.11	0.04-0.26	0.12±0.05	0.07-0.16	0.10±0.02	0.09-0.12	0.05±0.01	0.04-0.05
Neurothemis spp.	0.17±0.24	0.03-0.44	0.13±0.08	0.04-0.18	0.01±0.02	0.00-0.04	0.04±0.01	0.04-0.05
Micraspis discolor	0.79±0.46	0.27-1.10	0.71±0.20	0.52-0.92	0.00±0.00	0.00-0.01	0.01±0.00	0.01-0.01
Micraspis vincta	0.49±0.35	0.09-0.70	0.53±0.12	0.45-0.66	0.00±0.00	0.00-0.00	0.00±0.00	0.00-0.00
Neoscona jinghongensis	0.16±0.03	0.13-0.19	0.17±0.01	0.16-0.18	0.00±0.00	0.00-0.00	0.00±0.00	0.00-0.00
Argiope catenulata	0.16±0.05	0.10-0.19	0.17±0.01	0.16-0.18	0.00±0.00	0.00-0.00	0.00±0.00	0.00-0.00
Tetragnatha maxillosa	0.24±0.07	0.17-0.28	0.29±0.05	0.26-0.35	0.01±0.01	0.00-0.02	0.01±0.00	0.01-0.01
Thomisus stoliczka	0.04±0.07	0.00-0.13	0.03±0.02	0.02-0.05	0.00±0.00	0.00-0.01	0.00±0.00	0.00-0.01
Runcinia albostriata	0.12±0.03	0.10-0.15	0.10±0.03	0.08-0.13	0.00±0.00	0.00-0.01	0.01±0.01	0.01-0.02
Parasitoid:								
Temelucha philippinensis	0.01±0.01	0.00-0.03	0.00±0.00	0.00-0.00	0.01±0.01	0.00-0.02	0.00±0.00	0.00-0.00
Charops brachypterum	0.03±0.04	0.00-0.08	0.03±0.00	0.03-0.03	0.00±0.00	0.00-0.00	0.01±0.00	0.01-0.01
Cotesia angustibasis	0.13±0.09	0.02-0.18	0.23±0.04	0.18-0.27	0.00±0.00	0.00-0.01	0.00±0.00	0.00-0.00
Opius sp.	0.05±0.07	0.00-0.13	0.03±0.00	0.03-0.03	0.00±0.01	0.00-0.01	0.00±0.00	0.00-0.00
Pipunculus spp.	0.30±0.18	0.09-0.42	0.37±0.03	0.33-0.38	0.00±0.00	0.00-0.01	0.00±0.00	0.00-0.00
Argyrophylax nigrotibialis	0.14±0.06	0.07-0.18	0.19±0.02	0.18-0.21	0.03±0.02	0.02-0.05	0.11±0.01	0.10-0.11
Entomopathogenic fungi:								
Hirsutella citriformis	0.02±0.03	0.00-0.05	0.06±0.01	0.05-0.07	0.20±0.02	0.19-0.22	0.17±0.03	0.14-0.20
Conidiobolus sp.	0.01±0.01	0.00-0.00	0.01±0.00	0.01-0.02	0.12±0.02	0.11-0.15	0.00±0.00	0.00-0.01

Table 2 Mean of total natural enemies poppulation of rice insect pest in wet season rice field in chemical and organic paddy field Pattern, Chiang Rai, Phayao and Chiang Mai provinces.

Pattern / Provinces	Natural enemies	
	Sweep net (n=20)	Direct count (n=100)
	Mean±SD	Mean±SD
Organic paddy field:		
Chiang Rai	151.53±7.69	68.43±3.22
Phayao	109.27±2.91	129.30±12.11
Chiang Mai	165.00±4.05	80.97±9.35
Chemical paddy field:		
Chiang Rai	171.87±6.88	131.63±9.21
Phayao	142.40±3.48	114.53±6.65
Chiang Mai	151.37±5.11	123.10±9.30

Mean of sampling from 5 replications.

Table 3 Mean of diversity index of natural enemies of rice insect pest in wet season rice field in Chemical and Organic Paddy Fields Pattern, Chiang Rai, Phayao and Chiang Mai provinces.

Pattern / Provinces	Natural enemies	
	Sweep net (n=20)	Direct count (n=100)
	Mean±SD	Mean±SD
Organic paddy field:		
Chiang Rai	0.10±0.02	0.49±0.03
Phayao	0.07±0.01	0.32±0.08
Chiang Mai	0.09±0.03	0.43±0.08
Chemical paddy field:		
Chiang Rai	0.25±0.23	0.55±0.13
Phayao	0.19±0.00	0.52±0.01
Chiang Mai	0.15±0.00	0.47±0.01

Mean of Shannon-Wiener index from 5 replications.

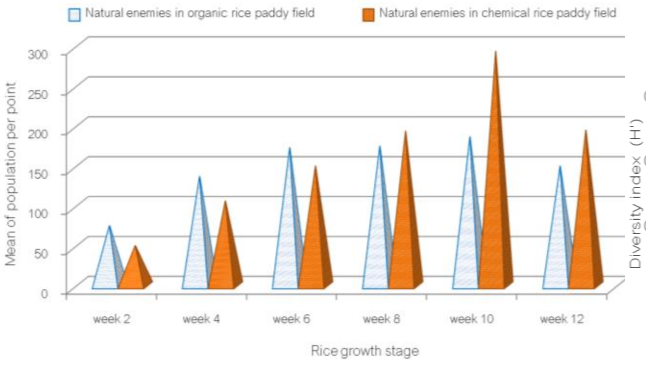


Figure 1 Population of natural enemies of rice insect pest in wet season rice field in Chemical and Organic Paddy Fields Pattern on rice growth stage.

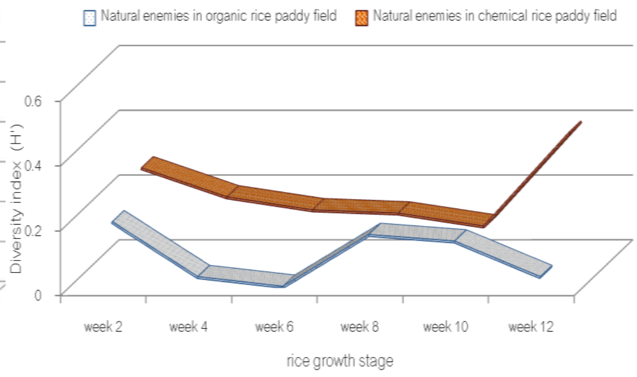


Figure 2 Dynamic of diversity index of natural enemies of rice insect pest in wet season rice field in Chemical and Organic Paddy Fields Pattern on rice growth stage.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 421-424 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 421-424 (2557)

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Biological Control in the Northern and Northeastern Regions

รุ่งเกียรติ แก้วเพชร[1] นาฏลดา อ่อนวิมล[1] ธีระพัศธ์ ศิลปสมบูรณ์[2] และ ศมาพร แสงยศ[3]

Kawpet, R.[1], Onvimol N.[1], Sinlaphasomboon, T.[2] and Saengyot, S.[3]

Abstract

This study was carried out in the northern and northeastern regions. Four provinces were chosen from each region, namely, Chiang Rai, Chiang Mai, Lamphun and Phayao in the north and Khon Kaen, Maha Sarakham, Kalasin and Mukdahan in the northeast. Surveys of the insect pests and the effectiveness of their natural enemies were made. Together with the survey was an interview using designed questionnaires and review of relevant literature and information from the farmers, local officials and agencies. The overall utilization of the natural enemies found in both regions, to be in accordance with the principles and practices of biological control by various agencies on research and implementation extended to the farmers were merely 20.0 and 21.6%, respectively. The types of biological control practices employed varied with the pest problems encountered in the regions. The extent of classical biological control practice was higher in the north than in the northeastern region: being 62.5 and 25.0%, respectively. It was also evident that there was no significant difference on the traditional knowledge which could be acceptable as being biological control practices between the farmers of both regions. It was found that 87.2% were the so-called para-biological control practice, while 8.42% were conservative biological control and 4.38% were augmentative biological control practices. There was no evidence of the traditional knowledge of classical biological control practice at all.

Keywords: biological control, northern region, northeastern region

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในสี่จังหวัดในแต่ละภาค คือ เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน และ พะเยา และ ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ และ มุกดาหาร โดยการสำรวจชนิดของแมลงศัตรูพืช และประสิทธิภาพของการควบคุมโดยศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชชนิดนั้นๆในพื้นที่ พร้อมกันไปกับการออกแบบสอบถาม และ สืบค้นข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการรณรงค์ เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร พบว่าในภาพรวม มีการนำศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืช ที่พบในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามธรรมชาติ มาใช้ประโยชน์เพียงภาคละ 20.0 และ 21.6% เท่านั้น ตามหลักของการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งดำเนินการโดยหน่วยงานทั้งในระดับการวิจัยและระดับปฏิบัติโดยตรงสู่เกษตรกร ส่วนรูปแบบของการดำเนินงานด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีมีความแตกต่างกันไปตามปัญหาที่พบในท้องที่ โดยในภาคเหนือมีการดำเนินงานด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบคลาสสิกสูงกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ 62.5 และ 25.0% ตามลำดับ และพบว่าภูมิปัญญาท้องถิ่นที่อาจสอดคล้องกับการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีได้ของเกษตรกรในทั้งสองภูมิภาค ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่า 87.2% เป็นแบบการควบคุมโดยชีววิธีเทียมหรือแบบร่วมสมัย 8.42% เป็นแบบการอนุรักษ์ และ 4.38% เป็นแบบการเพิ่มขยาย แต่ไม่พบภูมิปัญญาที่เข้าข่ายวิธีการควบคุมแบบคลาสสิค

คำสำคัญ: การควบคุมโดยชีววิธี ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 228-228/1-3 ถ.สิรินธร บางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700

[1] Faculty of Science and Technology,Suan Dusit Rajabhat University 228-228/1-3 Sirinthorn Rd., Bangplad, Bangkok 10700

[2] สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา 13000

[2] Program of Plant Science, Faculty of Agriculture Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Pranakornsri Ayuthaya 13000

[3] สาขาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3] Plant protection program, Faculty of Agricultural Production, Mae Jo University Chiangmai 50290

คำนำ

จากการบริหารจัดการศัตรูพืชในระบบการเกษตรประมาณอย่างน้อย 50 ปีที่ผ่านมา มีการใช้สารเคมีสังเคราะห์เป็นหลัก อีกทั้งมีการเพิ่มปริมาณและความรุนแรงของสารพิษมากขึ้นเป็นลำดับ ส่งผลให้ศัตรูพืชเกิดการดื้อยา และทำให้ศัตรูพืชบางชนิดที่ไม่เคยมีการระบาดมาก่อนระบาดกลายเป็นศัตรูพืชที่สำคัญ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ปัจจัยควบคุมตามธรรมชาติ เช่น แมลงศัตรูธรรมชาติ และเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ถูกทำลายด้วยสารเคมีสังเคราะห์ที่เกษตรกรใช้ (Wajnberg และคณะ, 2001) ปัจจุบันมนุษย์ได้ตระหนักถึงพิษภัยของการใช้สารเคมีสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นและได้หันกลับมาใช้ระบบเกษตรธรรมชาติมากขึ้น ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืช และเพื่อนำความรู้ทางด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีตามหลักวิชาการ มาปรับใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงทำการศึกษาชนิด ประสิทธิภาพ และบทบาทของศัตรูธรรมชาติ ทั้งส่วนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ และส่วนที่ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยการสำรวจชนิดและประเมินประสิทธิภาพของศัตรูธรรมชาติที่พบในระบบเกษตร โดยการสำรวจพื้นที่ และการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์ความสำคัญในแง่ต่างๆ เช่น เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของศัตรูธรรมชาติ รวมทั้งการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ภูมิปัญญาของเกษตรกรในการอนุรักษ์ และใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติ และวิธีการใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติโดยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกร เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากวิทยาการ และผลงานวิจัยด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีอย่างเหมาะสมตามสภาพและความจำเป็นของแต่ละพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินงานตั้งแต่ปี 2554 ในพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน และพะเยา และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ และมุกดาหาร โดยทำการศึกษาชนิดและปริมาณประชากรของศัตรูธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ ตัวห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรคของแมลงศัตรูพืช ที่พบอยู่ตามธรรมชาติ ด้วยวิธีการสำรวจ รวบรวม และประเมินผล โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ชนิดในภาคสนาม นำมาจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ และระบุประเภทการนำมาใช้ประโยชน์ และ สถานภาพปัจจุบันของศัตรูธรรมชาติที่พบจากข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งรวบรวมข้อมูล จากเอกสารอ้างอิง การส่งเสริมการผลิตและการวิจัย ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน องค์กรต่างๆ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และ กลุ่มเกษตรกร โดยการสัมภาษณ์ และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลทั้งด้านนิเวศวิทยา สังคม และเศรษฐกิจในพื้นที่ ที่มีการจัดการการเกษตรแบบยั่งยืน อันได้แก่ โครงการพระราชดำริฯ ในระบบเกษตรทฤษฎีใหม่ และพื้นที่ของกลุ่มความร่วมมือในระบบเกษตรยั่งยืน เพื่อนำผลไปปรับใช้และเผยแพร่เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์และบทบาทของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ณ ปัจจุบัน ในระบบเกษตรยั่งยืนในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาชนิด ปริมาณประชากร และประสิทธิภาพของศัตรูธรรมชาติ

จากการสำรวจชนิดและปริมาณประชากรของศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืชและเชื้อโรคของแมลงศัตรูพืช ในพื้นที่ภาคเหนือ พบแมลงศัตรูพืช 31 ชนิด ลงทำลายในสวนลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) ข้าว (*Oryza sativa* L.) และ พืชผักวงศ์กะหล่ำ (*Brassica* spp.) แต่ไม่พบว่าแมลงศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่งมีการระบาดอย่างหนักจนถึงระดับทำลายเศรษฐกิจในพื้นที่ดังกล่าว ในช่วงของการดำเนินการวิจัยและพบศัตรูธรรมชาติ 40 ชนิด ซึ่งจากจำนวนนี้มี 8 ชนิด หรือคิดเป็น 20% ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการควบคุมศัตรูพืชตามหลักวิชาการ โดยเป็นการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายและแบบอนุรักษ์ ได้แก่ มวนเพชฌฆาต มวนพิฆาต แมลงหางหนีบ เชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Metarhizium anisopliae* เชื้อแบคทีเรีย Bt. และ เชื้อไวรัส NPV และ โดยทั่วไปศัตรูธรรมชาติที่มีบทบาทในการควบคุมปริมาณประชากรของศัตรูพืชในพื้นที่ภาคเหนือ พบว่า 80% เป็นศัตรูธรรมชาติซึ่งมีอยู่แล้วในพื้นที่ โดยในจำนวนนี้ มีเพียง 8.1% เท่านั้น ที่มีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาในระดับพื้นฐานทางชีววิทยาหรือแนวทางการเพาะเลี้ยง เป็นต้น

ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในพื้นที่ศึกษา พบแมลงศัตรูพืช 37 ชนิด ลงทำลายข้าว มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*) อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) และข้าวโพด (*Zae mays* L.) โดยพบศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ 43 ชนิด ซึ่งสัดส่วนของศัตรูธรรมชาติที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ตามหลักทางวิชาการ ทั้งในรูปแบบการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีทั้งแบบ

เพิ่มขยายและแบบอนุรักษ์ มีแนวโน้มเดียวกับภาคเหนือ คือ คิดเป็น 21.6%

การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น

ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีของเกษตรกรในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเมื่อพิจารณาจากขอบเขตในการจำแนกเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่กำหนดโดยศูนย์กลางความรู้แห่งชาติ (2554) พบว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เข้าข่ายเป็นการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีของเกษตรกรในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในจุดที่ศึกษา 87.20 เปอร์เซ็นต์ เป็นการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการควบคุมศัตรูพืชที่ถือว่าเป็นการควบคุมโดยชีววิธีเทียม (Para-biological control) ที่มีการใช้เฉพาะศัตรูธรรมชาติที่ประกอบด้วย ตัวห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรคเท่านั้น 8.42 เปอร์เซ็นต์เป็นการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบอนุรักษ์ (Conservative biological control) และ อีก 4.38 เปอร์เซ็นต์ ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เข้าข่ายการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย (Augmentative biological control) แต่ไม่พบภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เข้าข่ายเป็นการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบคลาสสิค (Classical biological control) (Figure 1) และ การระบุที่มาของภูมิปัญญาท้องถิ่นเหล่านี้ พบว่า 98.50 เปอร์เซ็นต์ มาจากการบอกเล่าต่อจากผู้ที่ทราบวิธีการมาก่อน ทั้งนี้ในการนำศัตรูธรรมชาติเข้ามาปลดปล่อยในพื้นไร่นาของเกษตรกร 97.56 เปอร์เซ็นต์ มาจากการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานท้องถิ่น และ/หรือ จากการที่เกษตรกรได้ผ่านการอบรมจากหน่วยงาน หรือองค์การที่เข้ามาสนับสนุนการลดการใช้สารเคมีในพื้นที่ จึงไม่นับว่าเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกิดจากตัวเกษตรกรเอง

การจำแนกบทบาท วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและระดับความสำเร็จของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี

จากการรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของโครงการการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งลักษณะการดำเนินเกี่ยวกับการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ออกเป็นสองด้านใหญ่ๆ คือ ด้านการศึกษาค้นคว้า การวิจัยและการอบรมและด้านการส่งเสริมและเผยแพร่การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีสู่เกษตรกร ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างทั้งสองภาค เนื่องจากงานด้านดังกล่าวได้ดำเนินโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรมส่งเสริมการเกษตร ที่มีหน่วยงานย่อยประจำท้องที่ เพื่อตอบสนองนโยบายการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices - GAP) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) ประกอบกับการให้ความสนใจเข้ามามีส่วนร่วม ในการบริหารจัดการศัตรูพืชเพื่อลดการใช้สารเคมีเพื่อเข้าสู่การผลิตแบบยั่งยืน ซึ่งการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีเข้ามามีบทบาทอย่างมาก รวมทั้งองค์กรท้องถิ่น เช่น องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นของจังหวัดต่างๆ และ องค์กรเอกชนที่ตอบสนองกระแสการผลิตพืชปลอดสารพิษ ลดการใช้สารเคมี โดยมีการให้ความรู้และความเข้าใจ เกี่ยวกับศัตรูธรรมชาติ การเพาะเลี้ยง ตลอดจนการอนุรักษ์โดยการเปิดการฝึกอบรม แจกเอกสารวิชาการ แผ่นพับ และ ผ่านทางระบบออนไลน์ เป็นต้น

รูปแบบของงานด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในระดับวิจัยมีความแตกต่างกันไปตามปัญหาที่พบ กล่าวคือในเขตภาคเหนือการทำงานด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี 62.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นการควบคุมแบบคลาสสิค ซึ่งจากการสืบค้นข้อมูล และการสัมภาษณ์จากหน่วยงานชี้ว่า ปัญหาสำคัญของภาคเหนือคือ การระบาดของวัชพืชหลายชนิด และวัชพืชส่วนมากเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีงานการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบคลาสสิก คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รับคือ มีโครงการควบคุมไมยราบยักษ์โดยชีววิธีและโครงการควบคุมผักตบชวาโดยชีววิธี (Figure 2) เมื่อพิจารณาการประเมินระดับความสำเร็จตามที่ระบุไว้ใน DeBach และ Rosen (1991) ไม่พบรายงานถึงระดับความสำเร็จของโครงการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในแต่ละโครงการ ซึ่งคณะผู้วิจัยเห็นว่าในประเทศไทย ควรมีการจัดตั้งโครงการเพื่อการประเมินระดับความสำเร็จของโครงการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีบางโครงการ ที่มีการดำเนินงานมาตั้งแต่อดีตและมีข้อมูลเพียงพอสำหรับการประเมินผล เพื่อเป็นรายงานอ้างอิงที่เป็นรูปธรรม และจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการตัดสินใจ ในการลงทุนควบคุมศัตรูพืชชนิดนั้นๆ รวมถึงหากพบว่าโครงการใดประสบผลสำเร็จน้อยหรือเป็นเพียงบางส่วน ฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะได้มีการปรับปรุงแก้ไขและหาวิธีการควบคุมศัตรูพืชที่เหมาะสมมาใช้ประโยชน์ ต่อไป ส่วนระดับปฏิบัติซึ่งมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี คือ กรมส่งเสริมการเกษตร พบว่าไม่มีความแตกต่างของสัดส่วนงานการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบต่าง ๆ

สรุปผล

ในพื้นที่ภาคเหนือ พบแมลงศัตรูพืช 31 ชนิด และพบศัตรูธรรมชาติ 40 ชนิด ซึ่งจากจำนวนนี้มี 8 ชนิด หรือคิดเป็น 20% ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการควบคุมศัตรูพืชตามหลักวิชาการ ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบแมลงศัตรูพืช

37 ชนิด โดยพบศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ 43 ชนิด ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์ตามหลักทางวิชาการ 21.6% แต่อย่างไรก็ตาม ในด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีนั้น เชื่อว่าการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายซึ่งเทียบได้กับการใช้สารเคมี นั้นมีต้นทุนทางสังคมเป็นศูนย์ และในด้านการควบคุมศัตรูพืช การควบคุมโดยชีววิธี ไม่ว่าจะเป็นแบบอนุรักษ์ แบบคลาสสิค หรือแบบเพิ่มขยาย ในทางวิชาการนับว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือในทางเศรษฐศาสตร์ เป็นต้นทุนภายใน และสามารถพัฒนาได้ในแง่เศรษฐกิจ ดังนั้นต้นทุนในหลายด้านของวิธีการควบคุมโดยชีววิธี จึงนับให้เป็นศูนย์และให้เป็นวิธีการที่ให้ผลประโยชน์ต่อสังคมในระดับสูงสุด ดังนั้นการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีจึงสามารถใช้แทนวิธีการใช้สารเคมีได้ และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยวิจัยแห่งชาติและสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์กลางความรู้แห่งชาติ, ความหมายของภูมิปัญญาท้องถิ่น [สืบค้น], http://www.tkc.go.th/index.aspx?pageid=110& parent=0, [20/ January/ 09].

กรมส่งเสริมการเกษตร, ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร [สืบค้น], www.doae.go.th., [23/ October/ 10].

DeBach, P. and Rosen, D., 1991, Biological Control by Natural Enemies, Cambridge University Press, Cambridge, 440 p.

Wajnberg, E., Scott, J.K. and Quimby, P.C., 2001, Evaluating Indirect Ecological Effects of Biological Control, CABI Publishing, Wallingford, 261 p.

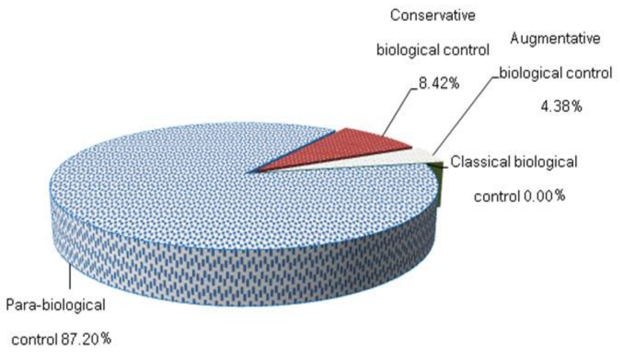


Figure 1 Percentage of biological control type in both northern and northeastern regions.

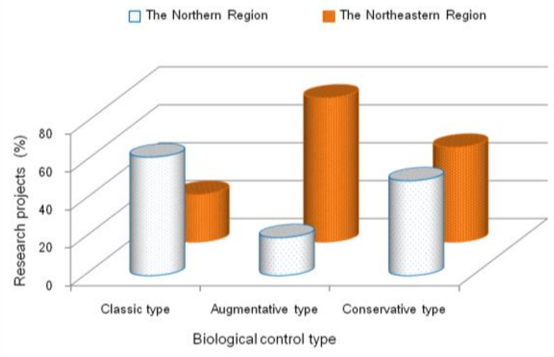


Figure 2 Percentage of research projects on biological control type compared between northern and northeastern regions.

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา

Farmer's Opinions on Soaking Cassava Cuttings in Chemical to Control Cassava Mealybug in Pleang Yao District, Chachoengsao Province

จุฬาภรณ์ นกสกุล[1] และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ[2]

Noksakul, C.[1] and Srisuwan, S.[2]

Abstract

The objective of this research is to study farmer's opinions on the soaking of cassava cuttings in chemicals for controling cassava mealybug. Information was collected by interviewing 193 farmers who have registered at the Pleang Yao District Agricultural Office, Chachoengsao Province to obtain chemicals to soak their 2555/56 crop. Results revealed that the majority of cassava growers were male (50.08%), with an average age of 50.03 years; that they had received an elementary level of education; that they possessed average experience of cassava planting of around 24.18 years; and that they were members of cassava farmers groups; that the average area for cassava plantation was 25.10 rais; that the number of laborers that was present in each average household was approximately 2.09 persons; and that the average income that was derived from cassava farming was around 7,819.99 baht/rai, whilst the average cost was 5,157.52 baht/rai. The majority of farmers acquired agricultural information from agricultural officials, meetings and from the television. The farmers demonstrated a high level of knowledge about cassava mealybug along with a substantial amount of general knowledge about soaking cassava cutting in chemicals. The results of the study also established that the farmers have a positive opinion with regard to soaking cassava cuttings in chemicals in order to control cassava mealybug. The farmers indicated that the problems which they experience in connection with this are concerned with the method of soaking.

Keywords: cassava mealybug, soaking cassava cuttings, chachoengsao province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์เพื่อป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง ประชากรจำนวน 193 ราย ที่มีรายชื่อลงทะเบียนรับสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ปีการเพาะปลูก 2555/56 จากสำนักงานเกษตรอำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรเป็นเพศชาย (ร้อยละ 50.8) จบการศึกษาระดับประถมศึกษาอายุเฉลี่ย 53.03 ปี ประสบการณ์ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 24.8 ปี ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 25.10 ไร่ แรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.09 คน รายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 7,819.99 บาท/ไร่ รายจ่ายที่ใช้ในการปลูกเฉลี่ย 5,157.52 บาท/ไร่ แหล่งรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังและการป้องกันกำจัดจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร การประชุม และ สื่อโทรทัศน์ เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังและการใช้สารเคมีป้องกัน และกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังอยู่ในระดับมาก เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอยู่ในระดับมาก ปัญหาของเกษตรกรเกี่ยวกับการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง คือ ปัญหาด้านวิธีการแช่ท่อนพันธุ์

คำสำคัญ: เพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

[1] กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Division of Plant Protection Promotion and Soil Fertilizer management, Department of Agricultural Extension, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty Of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

คำนำ

จังหวัดฉะเชิงเทราเป็นแหล่งผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคตะวันออก มีพื้นที่ปลูก 285,281 ไร่ คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 2,000 ล้านบาท/ปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2556) ประสบปัญหาการระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังในปี 2545 จำนวน 18,778 ไร่ (ศูนย์ประสานงานการจัดการศัตรูพืช, 2554) ซึ่งอำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 30,079 ไร่ มีพื้นที่ระบาดมากกว่า 10,000 ไร่ กรมส่งเสริมการเกษตรจึงได้จัดสรรงบประมาณเพื่อใช้ถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง และสนับสนุนสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้กับเกษตรกร เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังในระยะเริ่มต้นของการปลูก ซึ่งการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เริ่มมีการส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อจะได้ทราบข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลและสังคม ข้อมูลทางเศรษฐกิจ ความรู้และความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีช่อนท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ตลอดจนปัญหาการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกร ผลการศึกษาจะได้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ อีกทั้งยังใช้เป็นแนวทางในการเผยแพร่ความรู้ให้กับเกษตรกร และเป็นประโยชน์ต่อสำนักงานเกษตรอำเภอแปลงยาว เกษตรกร ผู้สนใจ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประกอบด้วย คำถามแบบปลายปิด (Closed Question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Question) โดยแบ่งเป็น 7 ตอน คือ ตอนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคลและสังคมของเกษตรกร ตอนที่ 2 ปัจจัยด้านเศรษฐกิจของเกษตรกร ตอนที่ 3 การเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกร ตอนที่ 4 ความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังของเกษตรกร ตอนที่ 5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกร ตอนที่ 6 ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ตอนที่ 7 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงเดือนมกราคม 2557 จำนวน 193 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum)

ผลการทดลอง

ปัจจัยส่วนบุคคลและสังคม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 50.8) มีอายุโดยเฉลี่ย 53.03 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 80.8) มีประสบการในการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 24.18 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง (ร้อยละ 78.8) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 25.10 ไร่ มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.09 คน เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 7,819.99 บาทต่อไร่ มีรายจ่ายจากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 5,157.52 บาทต่อไร่ การเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกรจากสื่อบุคคลมากที่สุด ได้แก่ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรของรัฐหรือเกษตรตำบล (ร้อยละ 88.1) จากสื่อกิจกรรมมากที่สุด ได้แก่ การประชุม (ร้อยละ 94.3) และจากสื่อมวลชนมากที่สุด ได้แก่ โทรทัศน์ (ร้อยละ 66.8) ความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 68.9) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับ มาก (ร้อยละ 53.9) ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์เฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.73) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการขอรับสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในระดับดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.71) ด้านการบริการและการส่งเสริมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.95) ด้านวิธีการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.54) และเกษตรกรมีความเห็นด้านประโยชน์ที่ได้รับเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.72) ปัญหาของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านวิธีการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมากที่สุด (ร้อยละ 25.9)

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการขอรับสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสนับสนุนสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเป็นนโยบายของกรมส่งเสริมการเกษตร ที่มีการกำหนดรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในการสนับสนุนสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้กับเกษตรกรไว้อย่างชัดเจน และเจ้าหน้าส่งเสริมการเกษตรของสำนักงานเกษตรอำเภอแปลงยาวมีความใส่ใจกับการปฏิบัติหน้าที่ให้เป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนด สถานที่ที่กำหนดให้เกษตรกรไปรับสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง อยู่ในชุมชนของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรเดินทางมารับได้สะดวก

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการบริการและการส่งเสริมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรของสำนักงานเกษตรอำเภอแปลงยาว ได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานในการสนับสนุนสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้กับเกษตรกร จนเกิดความเข้าใจเป็นอย่างดี ตลอดจนมีการวางแผนการให้บริการ และการส่งเสริมการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง และมีความเอาใจใส่กับการปฏิบัติงาน ทำให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อวิธีการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเป็นการเพิ่มขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลัง ทำให้การปลูกมันสำปะหลังเกิดความล่าช้า และถ้าหากเกษตรกรมีพื้นที่ปลูกเป็นจำนวนมาก และอยู่ไกลก็จะยิ่งทำให้การแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทำได้ยากขึ้น และอุปสรรคสำคัญคือ แรงงานที่ใช้ในการปลูก มันสำปะหลังเกือบทั้งหมดเป็นแรงงานจ้างเหมา ที่ไม่ต้องการเพิ่มขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพราะแรงงานจ้างเหมาเหล่านี้ได้ตกลงรับจ้างปลูกมันสำปะหลังไว้กับเกษตรกรรายอื่นๆ อีกหลายราย โดยได้ตกลงราคาและกำหนดเวลาการปลูกไว้ล่วงหน้าอย่างชัดเจนแล้ว เกษตรกรไม่ชินกับการสวมเครื่องป้องกันตัวจากสารเคมี เพราะจะทำให้ทำงานไม่สะดวก และเกิดความรู้สึกรำคาญเครื่องป้องกันเหล่านี้ในระหว่างปฏิบัติงาน และเกษตรกรยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของสารเคมีที่สามารถนำมาใช้แช่ท่อนพันธุ์ เพื่อป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังว่ามีเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ซึ่งการจะซื้อหรือจัดหามาใช้นั้นทำได้ยาก แต่ในความเป็นจริง กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพป้องกัน และกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังไว้ 3 ชนิด คือ ไทอะมีโทแซม 25%WG, อิมิดาโคลพริด 70%WG และไดโนทีฟูแรน 10%WP (สุเทพ และคณะ, 2553) ซึ่งสารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ จะมีชื่อการค้าที่แตกต่างกันหลายชื่อ ประกอบกับในพื้นที่อาจจะยังไม่มีแหล่งจำหน่ายสารเคมีเหล่านี้ที่เกษตรกรจะสามารถหาซื้อมาใช้ได้

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อประโยชน์ที่ได้รับเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้จากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ของสำนักงานเกษตรอำเภอแปลงยาวอยู่เป็นประจำ ทำให้สามารถจดจำและเข้าใจถึงผลดีที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติของเกษตรกรในการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง หรือศึกษาการปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังว่ามีการปฏิบัติอย่างไร เป็นไปตามคำแนะนำของทางราชการหรือไม่ และศึกษาแนวโน้มการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในอนาคตของเกษตรกร เพื่อนำผลการศึกษามาวางแผนการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อไป

สรุปผล

จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุโดยเฉลี่ย 53.03 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 24.18 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 25.10 ไร่ แรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.09 คน รายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 7,819.99 บาทต่อไร่รายจ่ายจากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 5,157.52 บาทต่อไร่ มีเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกรจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรการประชุม และสื่อโทรทัศน์ เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังและสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอยู่ในระดับมาก ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์เฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก 3 ด้าน คือ ด้านการขอรับสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ด้านการบริการและการส่งเสริม และด้านประโยชน์ที่ได้รับ เกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง 1 ด้าน คือ ด้านวิธีการแช่ ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ปัญหาของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านวิธีการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์ประสานงานการจัดการศัตรูพืช กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554, รายงานสถานการณ์การระบาดศัตรูพืช เพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง [สืบค้น], http://www.agriqua.doae.go.th, [25/ April/ 13].

สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2556, ข้อมูลการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2554/2555 [สืบค้น], http://www.chachoengsao.doae.go.th/(54-(55).pdf, [25/ April/ 13].

สุเทพ สหายา และคณะ, 2553, เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังและการป้องกันกำจัด [สืบค้น], http://www.doa.go.th/research/files /1798_2553.pdf, [25/ April/ 13].

ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* L. และมอดแป้ง *Tribolium castaneum* Hbst.

Effect of Gamma Ray and Electron Beam on the Adult Stage of Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* L. and Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* Hbst.

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] และ ทศพล แทนรินทร์[1]
Kongratarpon, T.[1], Limophasmanee, W.[1] and Tannarin, T.[1]

Abstract

Effects of gamma ray and electron beam on the adult stage of rice weevil, *Stitophilus oryzae* L. and red flour beetle, *Tribolium castaneum* Hbst. were studied. LD_{50} and LD_{99} of *S. oryzae* that had been irradiated with gamma ray were 489.68 and 984.63 Gy. While, LD_{50} and LD_{99} of *S. oryzae* irradiated with electron beam were 356.52 and 934 Gy respectively. An experiment on *T. castaneum* irradiated with gamma ray showed that LD_{50} and LD_{99} were 790.26 and 1593.54 Gy. LD_{50} and LD_{99} of *T. castaneum* irradiated with electron beam were 817.8 and 1692.8 Gy respectively. Adults of both insect species required a low dose of 25 Gy to prevent reproduction that irradiated with gamma ray and electron beam.

Keywords: *Stitophilus oryzae* L., *Tribolium castaneum* Hbst., gamma ray, electron beam

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* L. และ มอดแป้ง *Tribolium castanum* Hbst. พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาแก่ด้วงงวงข้าว *S oryzae* L. มีค่า LD_{50} และ LD_{99} เท่ากับ 489.68 และ 984.63 เกรย์ สำหรับค่า LD_{50} และ LD_{99} เมื่อฉายลำอิเล็กตรอนเท่ากับ 357.52 และ 934 เกรย์ ตามลำดับ มอดแป้ง *T. castanum* Hbst. เมื่อได้รับรังสีแกมมามีค่า LD_{50} และ LD_{99} เท่ากับ 790.26 และ 1593.54 เกรย์ ในขณะที่เมื่อฉายลำอิเล็กตรอนมีค่า LD_{50} และ LD_{99} เท่ากับ 817.8 และ 1692.8 ตามลำดับ ปริมาณรังสีต่ำสุด 25 เกรย์ สามารถยับยั้งการแพร่พันธุ์ของแมลงทั้งสองชนิดนี้ได้เมื่อฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน

คำสำคัญ: ด้วงงวงข้าว มอดแป้ง รังสีแกมมา ลำอิเล็กตรอน การแพร่พันธ์

คำนำ

แมลงศัตรูโรงเก็บเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตทางการเกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากการเก็บผลผลิตจำนวนมากในโกดังขนาดใหญ่ ทำให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อแพร่ขยายพันธุ์ของแมลง ทำให้มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยจะเข้าทำลาย ก่อความเสียหายแก่ผลผลิตประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมกำจัดแมลงในโรงเก็บ โดยการทำความสะอาดโรงเก็บ การลดความชื้น การควบคุมอุณหภูมิร้อนจัด เย็นจัด การตั้งกับดัก ช่วยลดประชากรแมลงลงได้บ้างแต่ยังต้องมีการใช้สารเคมีในรูปของเหลว ผง หรือสารรม ผลที่ตามมาคือ เกิดพิษตกค้างในผลิตผลและสภาพแวดล้อม และอื่นๆ เช่น สารรมที่นำมาใช้มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมมากคือ เมทิลโบรไมด์ (Methyl bromide) และ ฟอสฟีน (Phosphine) สารเมทิลโบรไมด์เป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศ ทำให้โลกร้อนขึ้น และแสงอุลตราไวโอเลตมากกว่าปกติ ดังนั้นจึงมีมาตรการลดการใช้ ยกเว้นการรมเพื่อการส่งออก แต่ต้องยกเลิกการใช้ภายในปี ค.ศ. 2015 ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้สารรมฟอสฟีนมากขึ้น สารรมทุกชนิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์ แม้มีความเข้มข้นน้อย (Shadia, 2011) รังสีแกมมาจากเครื่องฉายรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากโคบอลต์ 60 หรือซีเซียม 137 อิเล็กตรอนจากเครื่องเร่งอนุภาพอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์เป็นรังสีที่อนุญาตให้ใช้ฉายอาหารตามวัตถุประสงค์ของการถนอมอาหาร เช่น ลดเชื้อจุลินทรีย์ ยืดอายุการเก็บ กำจัดแมลงและลดการแพร่พันธุ์โดยไม่มีพิษตกค้าง โดยที่คุณภาพของผลผลิตไม่เปลี่ยนแปลง สามารถใช้ร่วมกับวิธีการอื่นได้ (Hallman, 2013) การวิจัยในครั้งนี้ได้นำการใช้รังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิด

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakon Nayok, 26120

จากโคบอลต์ 60 และเครื่องเร่งอนุภาพอิเล็กตรอนมาใช้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของรังสีจากแหล่งกำเนิดทั้งสองชนิดที่มีต่อแมลงศัตรูโรงเก็บที่สำคัญคือ มอดข้าวสารหรือด้วงงวงข้าว (Rice Weevil) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sitophilus oryzae* L. วงศ์ Cuculionidae อันดับ Coleoptera เป็น Primary pest ที่มักจะพบเห็นอยู่เสมอในผลผลิตเกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยว มีลักษณะเด่นคือส่วนหัวเรียวแหลมยาว กัดกินเมล็ดข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และเมล็ดธัญพืชอื่นๆ โดยที่ตัวเมียใช้ปากเจาะเข้าไปวางไข่ในเมล็ด ตัวอ่อนกัดกินและเจริญเติบโตในเมล็ดจนเป็นดักแด้ จะเจาะเมล็ดออกมาเมื่อเป็นตัวแก่ ดังนั้นเมล็ดข้าวที่ถูกทำลาย จึงเป็นรูและข้างในเป็นโพรง ใช้ประโยชน์ไม่ได้ เป็นแมลงที่แพร่กระจายทั่วโลก ชอบอากาศร้อนและอบอุ่น สามารถแพร่กระจายได้ไกลโดยการขนส่งหรือบินไประบาดตลอดปี และแมลงศัตรูโรงเก็บที่เป็น Secondary pest ได้แก่มอดแป้ง (Red Flour Beetle) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Tribolium castaneum* Hbst. วงศ์ Tenebrionidae อันดับ Coleoptera เป็นแมลงศัตรูโรงเก็บที่ไม่สามารถทำลายเมล็ดพืชให้ได้รับความเสียหายโดยตัวเองได้เหมือนมอดข้าวสาร (Rice Weevil) แต่มักจะเข้าทำลายซ้ำเติมภายหลังจากแมลงอื่น หรือเมื่อเมล็ดพืชได้รับความเสียหายจนเป็นรูหรือรอยแตกแล้ว และเป็นศัตรูที่สำคัญของแป้งและรำ เพราะสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ทำให้แป้งที่มันอาศัยกินอยู่เปลี่ยนสีและมีกลิ่นเหม็นซึ่งเกิดจากของเสียที่ขับถ่ายออกมา แม้จะเอาแป้งไปทำอาหารแล้วก็ยังมีกลิ่นติดอยู่ และเราจะพบมอดแป้งและตัวอ่อนปรากฏในแป้งแทบทุกชนิด เมล็ดธัญพืชทุกชนิด ถั่วชนิดต่างๆ เมล็ดพืชน้ำมัน เครื่องเทศ ผลไม้แห้ง หนังสัตว์ มีแพร่กระจายทั่วโลก แต่จะมีมากและระบาดในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ทำลายแป้งและเมล็ดพืชตลอดปี

อุปกรณ์และวิธีการ

การขยายพันธุ์แมลงที่ใช้ในการทดลองให้ได้จำนวนมาก

ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยารังสี กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นห้องเพาะเลี้ยงแมลง ควบคุมอุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70 เปอร์เซ็นต์ แยกตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าว (Rice Weevil) จากข้าวสารเก่า และมอดแป้ง (Red Flour Beetle) จากรำข้าวสาลีเก่า มาเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกซึ่งเจาะฝาติดตาข่ายไนล่อนขนาด 350 mesh เพื่อระบายอากาศ ใส่ส่วนผสมของข้าวสารและยีสต์โรงงานเบียร์สำหรับมอดแป้ง เพื่อให้ตัวเมียวางไข่และเป็นอาหารของตัวเต็มวัย เพาะเลี้ยงแมลงทั้ง 2 ชนิดให้ได้จำนวนมาก 5-6 ชั่วรุ่น จึงนำมาเตรียมงานทดลองฉายรังสี

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อด้วงงวงข้าวและมอดแป้ง

ฉายรังสีแกมมาโดยเครื่องฉายรังสีแกมมา ผลิตโดยบริษัท Power Plus System รุ่น Type 2 (ANSN43. 10) ซึ่งมีโคบอลต์-60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสี อัตราปริมาณรังสี 3.61-3.46 เกรย์ต่อนาที และฉายลำอิเล็กตรอนโดยเครื่องเร่งอนุภาพอิเล็กตรอน ผลิตโดยบริษัท Mevex Corporation รุ่น MB 20-12 S/N 021 ระดับพลังงาน 8 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ทำการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดแป้ง อายุ10 วัน ด้วยปริมาณรังสี 0, 25, 50, 75, 100,125, 150, 1000, 1250, 1500 และ 1750 เกรย์ ใน Vial ใส่อาหารเล็กน้อย ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบการตาย ความผิดปกติ ความพิการ การเติบโตข้ามระยะ ปรับค่าการตายแต่ละการทดลองโดย Abbott's formula และทำ Regression Analysis ใน Microsoft Excel โดยวิเคราะห์สมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร แทนค่าในสมการเพื่อให้ได้ค่า LD_{50} และ LD_{99}

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว อายุ 10 วัน แสดงโดย Table 1 และ Regression line การตายภายหลังฉายรังสี 10 วัน แสดงโดย Figure 1 และ Figure 2 ประเมินผลการตายของด้วงงวงข้าวจาก LD_{50} และ LD_{99} เปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนมีค่าใกล้เคียงกัน ติดตามการเติบโตข้ามระยะไม่พบการเจริญเติบโตของรุ่นลูกในทุกปริมาณรังสี สอดคล้องกับรายงานของ Tilton และคณะ (1966) กล่าวว่าปริมาณรังสีต่ำกว่าหรือเท่ากับ 132 เกรย์ เป็นปริมาณรังสีที่ป้องกันการแพร่พันธุ์ของด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัย สำหรับการศึกษาผลของรังสีในระยะตัวเต็มวัยของมอดแป้ง อายุประมาณ 10 วัน แสดงโดย Table 1 และ Regression line การตายภายหลังฉายรังสี 7 วัน แสดงโดย Figure 3 และ Figure 4 ประเมินผลการตายของมอดข้าวสารจาก LD_{50} และ LD_{99} เปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนมีค่าใกล้เคียงกัน ติดตามการเติบโตข้ามระยะไม่พบการเจริญเติบโตของรุ่นลูกในทุกปริมาณรังสีเช่นเดียวกับมอดข้าวสาร จากรายงานของ Gochangco และคณะ (2004) กล่าวถึงการใช้ปริมาณรังสี 160 เกรย์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ของตัวเต็มวัยมอดแป้งได้ อย่างไรก็ตามต้องดำเนินการศึกษาผลของรังสี

ในระยะไข่ หนอน และดักแด้ของด้วงงวงข้าวและมอดแป้งเพื่อหาระยะที่ทนทานต่อรังสีมากที่สุดสำหรับเป็นข้อมูลในการพิจารณาใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการควบคุมและกำจัดแมลงทั้งสองชนิดนี้ต่อไป

สรุปผล

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว *Sitophilus oryzae* L. ที่ LD_{50} และ LD_{99} เท่ากับ 489.68 และ 984.63 เกรย์ ตามลำดับ และผลการฉายลำอิเล็กตรอน เท่ากับ 357.52 และ 934 เกรย์ ตามลำดับ มอดแป้ง *Tribolium castaneum* Hbst. เมื่อฉายรังสีแกมมาในระยะตัวเต็มวัยมีค่า LD_{50} และ LD_{99} เท่ากับ 790.26 และ 1593.54 เกรย์ ตามลำดับ ในขณะที่ฉายลำอิเล็กตรอนมีค่า 817.8 และ 1692.8 ตามลำดับ โดยปริมาณรังสีต่ำสุด 25 เกรย์ สามารถยับยั้งการแพร่พันธุ์ของแมลงทั้งสองชนิดนี้ได้เมื่อฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์ฉายรังสีอัญมณีและคุณกนกพร บุญศิริชัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Gochangco, M.U., San Juan, E.M. and Lustre, A.O., 2004, Irradiation as an Alternative Treatment to Methyl Bromide Fordisinfestation of *Tribolium castaneum* in Stored Cacao. Irradiation as Phytosanitary Treatment of Food and Agricultural Commodities, IAEA, Vienna, 111-126 p.

Hallman, G.J., 2013, Control of Stored Product Pests by Ionizing Radiation, Journal of Stored Products Research, 52: 36-41.

Shadia, E. and El-Aziz, A., 2011, Control Strategies of Stored Product Pests, Journal of Entomology, 8(2): 101-122.

Tilton, E.W., Burkholder, W.E. and Cogburn, R.R., 1966, Effects of Gamma Radiation on *Rhyzopertha dominica, Sitophilus oryzae, Tribolium confusum,* and *Lasioderma serricorne*, Journal of Economic Entomology, 59: 1363-1368.

Table 1 Effects of gamma ray and electron beam on adults of Rice Weevil (*Sitophilus oryzae* L.) and Red Flour Beetle (*Tribolium castaneum* Hbst) observed on the 10^{th} and 7^{th} day after irradiation.

Name	LD_{50} (Gy)		LD_{99} (Gy)	
	Gamma ray	Electron beam	Gamma ray	Electron beam
Sitophilus oryzae L.	489.68	357.52	984.63	934
Tribolium castaneum Hbst.	790.26	817.8	1593.54	1692.8

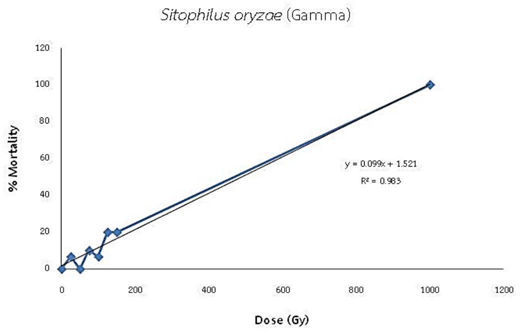


Figure 1 Effect of gamma ray on 10 days old adults, of Rice Weevil *(Sitophilus oryzae*) observed on 10th day after irradiation.

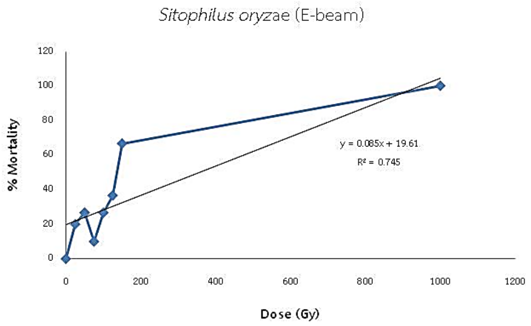


Figure 2 Effect of electron beam on 10 days old adults of Rice Weevil, *(Sitophilus oryzae*) observed on 10th day after irradiation.

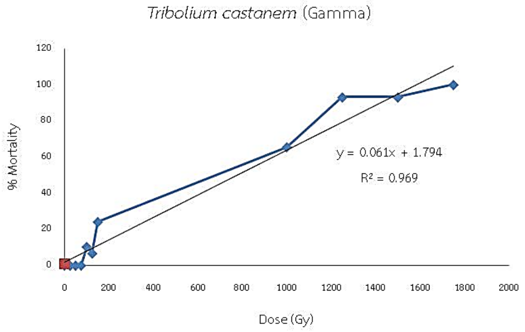


Figure 3 Effect of gamma ray on 10 days old adults of red flour beetle (*Tribolium cactanem)* observed on 7th day after irradiation.

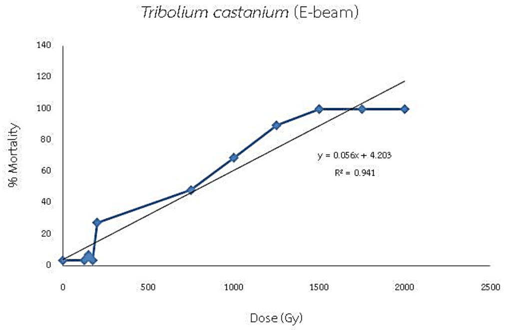


Figure 4 Effect of electron beam on 10 days old adults of red flour beetle (*Tribolium cactanem)* observed on 7th day after irradiation.

การศึกษาสภาวะการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวและแตงกวาด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน

Study on Conditions of Top-spray Fluidized Bed Coating Technique for Rice and Cucumber Seeds

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1] และ ชาลิณี สังขจร[1]

Photchanachai, S.[1] and Sungkajorn, C.[1]

Abstract

The appropriate coating process for particles using top-spray fluidized bed technique is markedly influenced by solution spray rate, spray time, time of drying after spraying, hot air velocity and etc. This study was to investigate the effect of coating conditions on the quality of paddy and cucumber seeds. The coating conditions used for paddy seed had a spray time = 20 min, time of drying after spraying = 5 min, 40°C hot air velocity = 2 m/s, and drying at 40˚C. The spray rate of 10 ppm chitosan solution mixed with food color was at 1.2 or 1.4 mL/min. In the case of cucumber seed, spray rate was 1.4 mL/min with variation of spray time of 15 and 20 min. Results showed that germination and germination index of paddy and cucumber seeds were not influenced by coating conditions and chitosan solution. However, the increase in the spray rate to 1.4 mL/min for 20 min improved the paddy seed appearance, and a spray rate at 1.4 mL/min for 15 min was suitable for cucumber seed.

Keywords: fluidized bed, spray rate, paddy seed, cucumber seed

บทคัดย่อ

กระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบวัสดุขนาดเล็กด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน เป็นผลจากอัตราการพ่น, ระยะเวลาการพ่น, ระยะเวลาของการอบแห้งหลังการพ่น และความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าห้องอบแห้ง เป็นต้น การศึกษานี้ต้องการทดสอบสภาวะการเคลือบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวและแตงกวา สภาวะซึ่งใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าว คือ ระยะเวลาการพ่น 20 นาที อบแห้งหลังจากการพ่นอีก 5 นาที ความเร็วของอากาศร้อน 40˚C ที่ไหลเข้า 2 เมตร/วินาที และอุณหภูมิห้องอบ 40˚C สารเคลือบที่ใช้คือ ละลายไคโตซาน 10 พีพีเอ็ม ผสมสีผสมอาหารที่พ่นออกจากหัวฉีดด้วยอัตรา 1.2 หรือ 1.4 มิลลิลิตร/นาที ส่วนเมล็ดพันธุ์แตงกวาใช้อัตราการพ่น 1.4 มิลลิลิตร/นาที แต่แปรผันระยะเวลาในการพ่นเป็น 15 และ 20 นาที จากผลการทดสอบ พบว่า สภาวะที่ใช้ทดสอบและสารละลายไคโตซานไม่มีผลต่อความงอกและดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ชนิด อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ข้าวที่พ่นสารเคลือบด้วยอัตรา 1.4 มิลลิลิตร/นาที นาน 20 นาที ปรับปรุงลักษณะปรากฏได้ดีกว่า แต่การพ่นสารเคลือบด้วยอัตรา 1.4 มิลลิลิตร/นาที เป็นเวลา 15 นาที เหมาะสำหรับเมล็ดพันธุ์แตงกวา

คำสำคัญ: ฟลูอิไดซ์เบด อัตราการพ่น เมล็ดพันธุ์ข้าว เมล็ดพันธุ์แตงกวา

บทนำ

การเคลือบเมล็ดพันธุ์มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะปรากฏของเมล็ดพันธุ์ เช่น การเติมสีในสารเคลือบเพื่อให้เกิดสีสันสวยงาม สะดุดตาจึงเป็นการส่งเสริมและเพิ่มปริมาณการจำหน่ายของผู้จำหน่ายเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากมีลักษณะที่ดึงดูดใจ ร่วมทั้งเป็นการสร้างการจดจำของผู้บริโภคกับผลิตภัณฑ์หรือเมล็ดพันธุ์นั้นๆ อีกทั้งยังก่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างเมล็ดที่ใช้บริโภคกับเมล็ดที่ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ ถ้าหากเติมแต่งสารประกอบบางชนิดในสารเคลือบจะทำให้เกิดเอกลักษณ์ซึ่งใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความเป็นเจ้าของของเมล็ดพันธุ์ และป้องกันการปลอมปนเมล็ดพันธุ์ได้อีกด้วย หรือการเติมสารป้องกันกำจัดเชื้อราในสารเคลือบ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราโรงเก็บรวมทั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ปนเปื้อนในดิน ด้วยเหตุนี้บริษัทผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์จึงนิยมเคลือบ/คลุกผิวเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ ซึ่งโดยทั่วไป บริษัทผลิต และจำหน่ายเมล็ดพันธุ์นิยมใช้เครื่องคลุก/เคลือบเมล็ดพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

การเคลือบผิวเมล็ดมีขั้นตอนการปฏิบัติที่คล้ายคลึงกัน แต่สำหรับ เทคนิคการเคลือบด้วยฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนซึ่งนำมาประยุกต์ใช้เคลือบผิวเมล็ดข้าวสารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลักษณะปรากฏ เช่นการเคลือบข้าวสารด้วยสารสกัดสมุนไพรไทย (กฤษฎา, 2549) หรือการใช้สมุนไพรผง ได้แก่ การใช้ผงชาเขียว พ่นออกจากหัวฉีดด้วยอัตรา 40 มิลลิลิตร/นาที อากาศที่ป้อนเข้าหัวฉีดมีแรงดัน 1.5 บาร์ พ่นสารเคลือบเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นอบแห้งต่ออีก 5 นาที ในขณะที่อากาศไหลเข้าห้องอบแห้งด้วยความเร็ว 3.2 เมตร/วินาที และมีอุณหภูมิ 55°C ทำให้สีผิวสม่ำเสมอดีที่สุด (อาคม และคณะ, 2552) และช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏได้ และเมื่อนำเทคนิคนี้มาทดลองเคลือบเมล็ดพันธุ์พริก โดยใช้สารละลายไคโตซานเป็นสารเคลือบพบว่า ทั้งลักษณะทางกายภาพ และคุณภาพด้านความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างจากเมล็ดชุดควบคุม แต่เนื่องจากการใช้สารละลายไคโตซานซึ่งมีสมบัติในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์มาเป็นสารเคลือบจึงทำให้ลดการเข้าทำลายของเชื้อรา สาเหตุโรคกุ้งแห้งที่เกิดจากเชื้อ *Collectotrichum* sp. ได้ดีกว่าการพ่นด้วยน้ำกลั่น และกรดอะซิติก (นกน้อย และคณะ, 2554) ดังนั้น การเคลือบผิวเมล็ดพันธุ์ ด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนจึงอาจจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ทั้งนี้ กระบวนการเคลือบผิวให้ได้คุณภาพที่ดี ทั้งในด้านความสม่ำเสมอของสารเคลือบที่ยึดเกาะอยู่บนเมล็ด และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ระหว่างการวางจำหน่าย และการเก็บรักษา จำเป็นต้องมีการทดสอบวิจัยสภาวะที่เหมาะในเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิด เพื่อให้ทราบรายละเอียดและป้องกันการสูญเสียของเมล็ดพันธุ์ในภายหลัง โดยปัจจัยต่างๆ ในขั้นตอนการเคลือบผิว เช่น สารที่นำมาใช้ เคลือบ ความร้อนภายในห้องเคลือบ และอัตราความเร็วลม เป็นต้น รวมทั้ง ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีรายงานน้อยมาก ผลงานวิจัยนี้จึงอาจจะเป็นประโยชน์ให้กับบริษัทผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ที่จะประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ผลิตได้เองในประเทศ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิต และลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเครื่องเคลือบเมล็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวซื้อจากร้านค้าในเขต อ.บางเลน จ.นครปฐม ส่วนแตงกวาซื้อจากร้านค้า บริเวณปากคลองตลาด กรุงเทพฯ จากนั้นนำสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มมาผสมกับสีผสมอาหาร สำหรับกระบวนการเคลือบใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน ดังรายละเอียดสภาวะการเคลือบใน Table 1 หลังจากเคลือบแล้วนำเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ชนิด มาสังเกตลักษณะปรากฏด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป และทดสอบความงอกตามวิธีการของ ISTA (2003) และความแข็งแรงด้วยวิธีวัดดัชนีการงอก

Table 1 Coating conditions of 10 ppm chitosan using top-spray fluidized bed technique for paddy and cucumber seeds

Seeds / Coating conditions	Paddy		Cucumber	
	Coating condition 1	Coating condition 2	Coating condition 1	Coating condition 2
Hot air velocity	2 m/s	2 m/s	2 m/s	2 m/s
Drying	40°C	40°C	40°C	40°C
Spray time	20 min	20 min	15 min	20 min
Spray rate	1.2 mL/min	1.4 mL/min	1.4 mL/min	1.4 mL/min

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาสภาวะการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวและแตงกวา ด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนโดยใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ผสมสีผสมอาหารเป็นสารเคลือบ สภาวะที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ พ่นสารละลายไคโตซานผสมสีผสมอาหาร ออกจากหัวฉีดด้วยอัตราต่างกัน 2 อัตราได้แก่ 1.2 มิลลิลิตร/นาที และ 1.4 มิลลิลิตร/นาที ส่วนสภาวะอื่นๆ ใช้เหมือนกันดังนี้ พ่นสารละลายนาน 20 นาที จากนั้นอบแห้งต่อไปอีก 5 นาที และอากาศอบแห้งที่อุณหภูมิ 40˚C ไหลเข้าห้องอบแห้งด้วยความเร็ว 2 เมตร/วินาที ซึ่งอัตราการพ่นทั้งสองไม่มีผลต่อความงอกและดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว (Table 1) แต่การพ่นสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มอัตราเร็ว 1.4 มิลลิลิตร/นาที ปรับปรุงลักษณะปรากฏของผิวเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ดีกว่าที่ความเร็ว 1.2 มิลลิลิตร/นาที (Figure 1)

ส่วนเมล็ดพันธุ์แตงกวา พ่นสารละลายไคโตซานความเร็ว 1.4 มิลลิลิตร/นาที นาน 20 นาที ปรับปรุงลักษณะปรากฏผลดีกว่า 15 นาที (Figure 2) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า สภาวะของการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชทั้ง 2 ชนิด ให้ผล

แตกต่างกันและแตกต่างจาก กฤษฎา (2549) ที่ใช้เทคนิคการเคลือบเดียวกัน ซึ่งพบว่าการเคลือบข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด คือ ขิง มะกรูด ตะไคร้ และกะเพรา ที่อุณหภูมิ 30˚C นาน 10 นาที เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการเคลือบ แต่การเคลือบข้าวสารด้วยสารละลายผงชาเขียวด้วยการพ่นสารละลาย 40 มิลลิลิตร/นาที พ่นนาน 10 นาที อบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 55˚C ด้วยความเร็วไหลเข้า 3.2 เมตร/วินาที และอบแห้งต่ออีก 5 นาที ทำให้สีผิวสม่ำเสมอดีที่สุด (อาคม และคณะ 2552) และขมิ้นชัน การพ่นสารละลาย 46 มิลลิลิตร/นาที พ่นนาน 12 นาที อบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 60˚C ด้วยความเร็วไหลเข้า 3.0 เมตร/วินาที ทำให้ข้าวเคลือบขมิ้นชันมีสีเข้มสุด (อาคม และคณะ, 2554) จะเห็นได้ว่าสภาวะการเคลือบทั้งที่เคยมีรายงานมาและในการทดลองนี้แตกต่างกัน ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิดเช่น ขนาด และผิวสัมผัส เป็นต้นแตกต่างกัน นอกจากนี้ ชนิดของสารที่นำมาใช้ในการเคลือบก็มีลักษณะจำเพาะที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นสภาวะการเคลือบจึงมีความเหมาะสมต่างกันไปด้วย เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอ และสีสันบนผิวเมล็ดด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป พบว่า ความสม่ำเสมอของสียังไม่เป็นที่พอใจทั้งในเมล็ดพันธุ์ข้าวและแตงกวา ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่า สภาวะการเคลือบยังไม่เหมาะสม ซึ่ง การปรับสภาวะการเคลือบใหม่ เช่น เพิ่มอัตราเร็วการพ่น หรือเพิ่มระยะเวลาในการเคลือบ เป็นต้น โดยเฉพาะในเมล็ดพันธุ์ข้าวอาจเติมสีให้มากกว่าเดิม นอกจากนี้สารละลายไคโตซานอาจเป็นวัสดุเคลือบเมล็ดที่ไม่ดีพอ การเติมสารในกลุ่ม plasticizer อาจจะทำให้การจับหรือยึดติดของไคโตซานกับผิวเมล็ดและมีความสม่ำเสมอของสารเคลือบดีขึ้นหรือการใช้สีสำเร็จรูปสำหรับการเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะน่าจะทำให้ลักษณะปรากฏที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามสีสำเร็จรูปมีราคาค่อนสูง เพราะนำเข้าจากต่างประเทศ

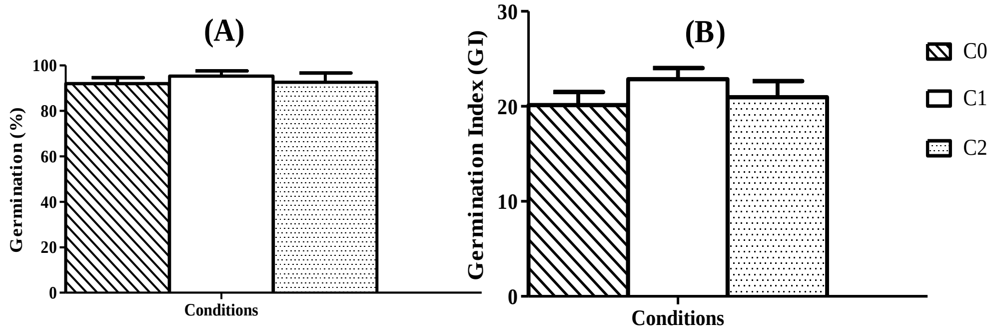


Figure 1 Germination (A) and Germination index (B) of non-coated and coated paddy seeds
C0 = Control
C1 = Spray time = 20 min, Hot air velocity = 2 m/s, Drying = 40˚C, Spray rate = 1.2 mL/min
C2 = Spray time = 20 min, Hot air velocity = 2 m/s, Drying = 40˚C, Spray rate = 1.4 mL/min

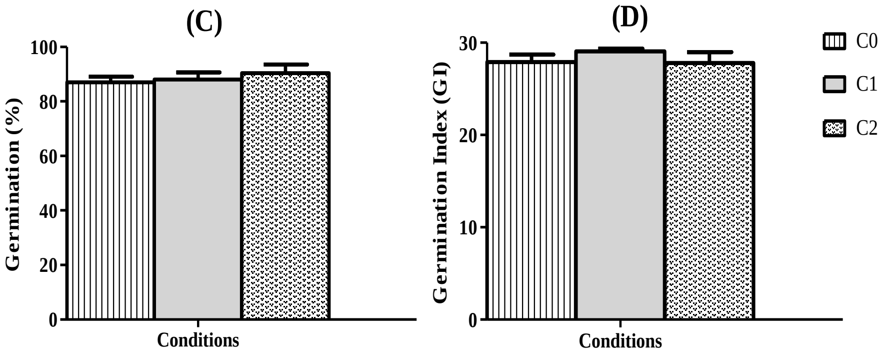


Figure 2 Germination (A) and Germination index (B) of non-coated and coated cucumber seeds
C0 = Control
C1 = Spray time = 15 min, Hot air velocity = 2 m/s, Drying = 40˚C, Spray rate = 1.4 mL/min
C2 = Spray time = 20 min, Hot air velocity = 2 m/s, Drying = 40˚C, Spray rate = 1.4 mL/min

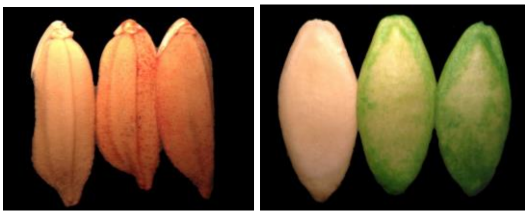


Figure 3 Non-coated and coated paddy and cucamber seeds appearance under stereomicroscope

C0 = Control

C1 = Spray time = 15 min, Hot air velocity = 2 m/s, Drying = 40°C, Spray rate = 1.4 mL/min

C2 = Spray time = 20 min, Hot air velocity = 2 m/s, Drying = 40°C, Spray rate = 1.4 mL/min

สรุปผล

สภาวะในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน คือ พ่นไคโตซานความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นอบแห้งต่อไปอีก 5 นาที อากาศไหลเข้าห้องแห้งด้วยความเร็ว 2 เมตร/วินาที อุณหภูมิ 40°C ด้วยอัตราเร็ว 1.4 มิลลิลิตร/นาที และเมล็ดพันธุ์แตงกวาพ่นไคโตซานนาน 1.5 นาทีด้วยอัตราเร็ว 1.4 มิลลิลิตร/นาที ไม่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรง แต่ความสม่ำเสมอของสียังไม่เป็นที่พอใจ

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา งามทับ, 2549, การพัฒนาการผลิตข้าวเคลือบกลิ่นรสสมุนไพรไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 135 หน้า

นกน้อย ชูคงคา สุลักษณ์ นามโชติ และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2554, ผลของไคโตซานที่ใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวลักษณะปรากฏและความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก, การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 10, หน้า 198.

อาคม ปะหลามานิต สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และดลฤดี ใจสุทธิ์, 2552, การใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นด้านบนเพื่อผลิตข้าวเคลือบชาเขียว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3)(พิเศษ): 277-280.

อาคม ปะหลามานิต สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และพัชรี ตั้งตระกูล, 2554, คุณภาพของข้าวเคลือบขมิ้นชันสกัดโดยเทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นด้านบน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 513-516.

ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองพร้อมบริโภค

Effect of Hot Water Dipping on Microbiological Quality of Fresh-cut 'Pan Srithong' Guava

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[2] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[3]

Poubol, J.[1], Techavuthiporn, C.[2] and Kanlayanarat, S.[3]

Abstract

This research was to determine the effect of hot water dipping on microbiological quality of fresh-cut 'Pan Srithong' guava. 'Pan-Srithong' guava fruit defected from diseases and insects was washed with 50 ppm chlorine solution. Fruit stem and bottom were cut and removed, then cut the piece into 2 cm^3 cubes. Cubes were dipped in hot water at 40, 50 and 60°C for 10 and 30 minutes. Then, water surface was removed. Cubes were packed in foam tray and wrapped with Polyvinyl chloride (PVC) film and stored in refrigerate at 10°C. Total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds of fresh-cut guava were enumerated every 2 days of storage. At the initial day of storage, total microbial, coliforms and lactic acid bacteria were about 1.3-1.8, 0.5-1.3 and 0.9-1.8 Log CFU/g, respectively, whereas funji was not detectable. When storage at 10°C, total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds of fresh-cut guava were increased during shelf life. At the end of storage (6^{th} day), fresh- cut guava had the total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds were about 4.3-4.7, 2.8-4.4, 3.2-4.7 and 1.2-1.6 Log CFU/g. Dipping in hot water at 50-60°C delayed microbial growth better than dipping in hot water at 40°C.

Keywords: fresh-cut guava, heat treatment, microorganisms

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฝรั่งแปรรูปพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง โดยนำผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่ปราศจากโรคและแมลง มาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm จากนั้นตัดแต่งส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก ตัดให้เป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำมาจุ่มลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นบรรจุลงในถาดโฟมหุ้มฟิล์มพลาสติกชนิด PVC แล้วเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด คลอโรฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในฝรั่งแปรรูปพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน จากการทดลองพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแลคติกเอซิดแบคทีเรีย อยู่ในช่วง 1.3-1.8, 0.5-1.3 และ 0.9-1.8 Log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่ตรวจไม่พบยีสต์และรา ภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 6) พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 4.3-4.7, 2.8-4.4, 3.2-4.7 และ 1.2-1.6 Log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค การให้ความร้อน จุลินทรีย์

คำนำ

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญได้แก่

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Division of Microbiology, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จ.สมุทรปราการ 10540

[2] Department of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samut Prakan 10540

[3] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[3] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

จังหวัดนครปฐม ราชบุรี และสมุทรสาคร เป็นพืชที่ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี โดยมีผลผลิตประมาณ 170 ผล/ต้น/ไร่ และมีพันธุ์ที่ได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกได้แก่ พันธุ์กลมสาลี่ และพันธุ์แป้นสีทอง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ส่วนใหญ่การผลิตฝรั่งเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ โดยจำหน่ายในรูปของผลสดและแปรรูปเป็นผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค จึงนับว่าฝรั่งเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย แต่เนื่องจากการส่งออกผลฝรั่งไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศยังประสบปัญหาในด้านคุณภาพ เช่น ขนาด รูปทรง ตำหนิ การสุก และการเน่าเสีย ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายของผลฝรั่ง จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการส่งเสริมให้มีการแปรรูปฝรั่งสดเพื่อให้พร้อมสำหรับการบริโภคและส่งออก แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปฝรั่งพร้อมบริโภคต้องผ่านขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การคัดขนาด การล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การตัด การหั่นให้เป็นชิ้น และการบรรจุหีบห่อ ซึ่งขั้นตอนในการแปรรูปต่าง ๆ อาจก่อให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ เช่น การสูญเสียน้ำ การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด รวมถึงการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการลดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังกล่าวสามารถทำได้โดยการใช้ความร้อนซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ใช้สารเคมี ทำได้ง่าย และมีต้นทุนไม่สูงมากนัก

การใช้ความร้อน (heat treatment) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมโรคและแมลงภายหลังการเก็บเกี่ยว (Lurie, 1997; 1998) ซึ่งการใช้ความร้อนสามารถทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ ภายในผลิตผลเกิดได้เร็วขึ้น ทำให้เอนไซม์ในปฏิกิริยาต่างๆ เกิดการสูญเสียสภาพ และไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ (จริงแท้, 2538) ส่วนใหญ่วิธีการให้ความร้อนจะใช้มากในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปอาหาร โดยมีหลายวิธี เช่น การจุ่มและการสเปรย์ด้วยน้ำร้อน (hot water) การใช้ไอน้ำร้อน (vapor heat) และการใช้อากาศร้อน (forced hot air) ซึ่งวิธีการต่าง ๆ มีข้อจำกัดในการใช้กับผลิตผลที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล อุณหภูมิ ระยะเวลา และลำดับขั้นตอนในการให้ความร้อน มีรายงานว่าการใช้อากาศร้อนทำให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำโดยเฉพาะกับผลิตผลสดตัดแต่งพร้อมบริโภค มีรายงานว่าการจุ่มผลิตผลลงในน้ำร้อนเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยความร้อนจากน้ำสามารถสัมผัสโดยตรงกับตัวผลิตผล ทำให้ใช้ระยะเวลาในการจุ่มสั้น โดยปกติผักและผลไม้สามารถทนต่อน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที (Barkai-Golan และ Phillips, 1991) มีรายงานว่าการจุ่มผักตัดแต่งพร้อมบริโภคในน้ำร้อนพบว่าสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (Arroqui และคณะ, 2003) โดยลดเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม mesophilic ได้มากกว่า 3 log CFU/g และสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของ Enterobacteriaceae ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารในผักสลัดได้ประมาณ 1 log CFU/g (Gartner และคณะ, 1997) นอกจากนี้การจุ่มผลิตผลลงในน้ำร้อนยังสามารถช่วยควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคภายหลังการเก็บเกี่ยว (Lurie, 1997) อีกทั้งยังช่วยรักษาคุณภาพสีของผลสตรอเบอร์รี่ (Moreno และคณะ, 2000) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการจุ่มผลิตผลลงในน้ำร้อนจะสามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในฝรั่งแปรรูปพร้อมบริโภคได้ดีนั้น จะต้องศึกษาถึงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการใช้ความร้อนในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการจุ่มฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปและการให้ความร้อนกับฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่ได้จากสวนในจังหวัดนครปฐม ซึ่งมีน้ำหนักต่อผลประมาณ 300-350 กรัม คัดเลือกผลที่มีขนาดเท่าๆ กัน ผลปราศจากโรคและแมลง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำประปาเพื่อกำจัดฝุ่นละอองออก แล้วล้างทำความสะอาดต่อด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm จากนั้นตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก แล้วหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยมีขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำชิ้นฝรั่งมาจุ่มลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นบรรจุฝรั่งลงในถาดโฟมขนาด 110x130x15 มิลลิเมตร ถาดละประมาณ 100 กรัม แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด polyvinyl chloride (PVC) หนา 13 ไมครอนเมตร เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในฝรั่งแปรรูปพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน

2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค

ชั่งฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคหนัก 10 กรัม ใส่ลงในถุง Stomacher ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นตีผสมตัวอย่างฝรั่งในสารละลาย peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) (Poubol และคณะ, 2013) จากนั้นทำ dilution plate count สำหรับเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา โดยดูดสารละลายฝรั่งปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany), Deoxycholate agar (HiMedia

Laboratories; Mumbai, India), de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Darmstadt, Germany) และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) ตามลำดับ จากนั้นเกลี่ยสารละลายฝรั่งให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วงอที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แล้วบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA, Deoxycholate agar และ MRS บ่มที่อุณหภูมิ 35+2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48+3 ชั่วโมง สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่พบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ หาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้และรายงานผลเป็น Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการให้ความร้อนต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา

ภายหลังจากที่จุ่มฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแลคติกเอซิดแบคทีเรีย อยู่ในช่วง 1.3-1.8, 0.5-1.3 และ 0.9-1.8 Log CFU/g ตามลำดับ (Figure 1A-C) ในขณะที่ตรวจไม่พบยีสต์และรา (Figure 1D) โดยการจุ่มฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถช่วยลดปริมาณโคลิฟอร์มและแลคติกเอซิดแบคทีเรียได้ดีกว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (Figure 1B-C) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดภายหลังจากที่จุ่มชิ้นฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคลงในน้ำร้อน พบว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 30 นาที มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1A)

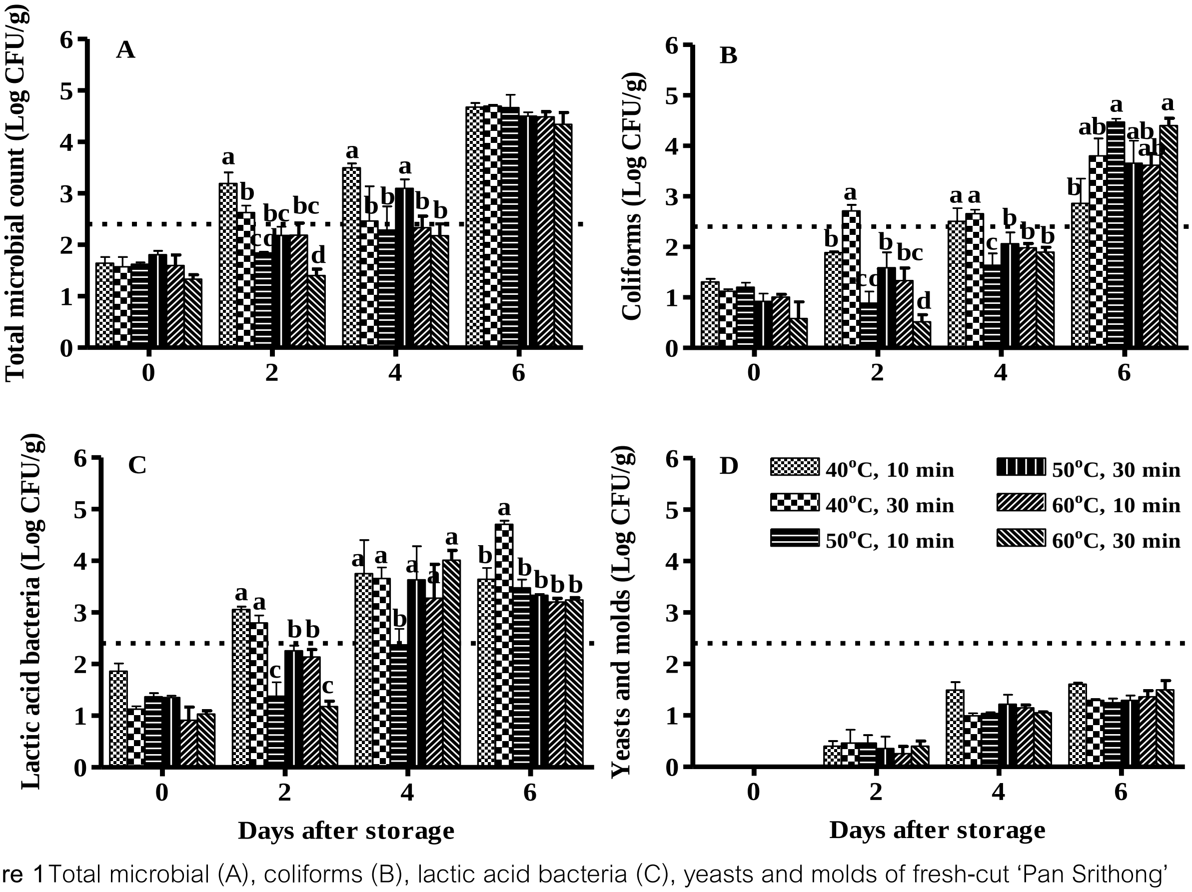


Figure 1 Total microbial (A), coliforms (B), lactic acid bacteria (C), yeasts and molds of fresh-cut 'Pan Srithong' guava dipped in hot water at 40, 50 and 60°C for 10 and 30 minutes. Guava cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, and then stored at 10°C for 6 days. Dotted line represents that microbial counts were below the detection level.

เมื่อเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาพบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราได้ดีกว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที (Figure 1A,B,D) โดยมีปริมาณจุลินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การจุ่มในน้ำร้อนช่วยชะลอการเจริญของแลคติกเอซิดแบคทีเรียได้ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา (Figure 1C) เมื่อเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นเวลา 6 วัน พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 4.3-4.7, 2.8-4.4, 3.2-4.7 และ 1.2-1.6 Log CFU/g ตามลำดับ จากการตรวจวัดจุลินทรีย์ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองที่จุ่มในน้ำร้อน พบว่าให้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มเดียวกับที่ตรวจวัดได้ในฝรั่งพันธุ์กิมจูพร้อมบริโภค โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาค่อนข้างต่ำ และตรวจไม่พบยีสต์และราเช่นเดียวกัน แต่ภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (Poubol และคณะ, 2013) สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชิ้นฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง พบว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ฝรั่งมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าการจุ่มชิ้นฝรั่งลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่ตรวจพบในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูที่จุ่มชิ้นฝรั่งลงในน้ำร้อนภายหลังการแปรรูป (Poubol และคณะ, 2013) และฝรั่งพันธุ์กิมจูและพันธุ์แป้นสีทองที่ผ่านการจุ่มฝรั่งทั้งผลลงในน้ำร้อนก่อนการแปรรูปเป็นชิ้นฝรั่งพร้อมบริโภค (ชัยรัตน์ และคณะ, 2553)

สรุปผล

การจุ่มฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ไม่ขึ้นกับระยะเวลาในการจุ่ม โดยการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ช่วยลดการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีกว่าการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี (ศสวท) คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2556

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, มปป, ฝรั่ง, [สืบค้น], http://www.doae.go.th/library/html/putsetakit/farang.pdf [23/ June/ 2013)

จริงแท้ ศิริพานิช, 2538, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, จังหวัดนครปฐม, 369 หน้า.

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2553, ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพของฝรั่งพร้อมบริโภค (พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(1): 421-424.

Arroqui, C., Lopez, A., Esnoz, A. and Virseda, M.P., 2003, Mathematical Model of Heat Transfer and Enzyme Inactivation in an Integrated Blancher Cooler, Journal of Food Engineering, 58: 215-225.

Barkai-Golan, R. and Phillips, D.J., 1991, Postharvest Heat Treatment of Fresh Fruits and Vegetables for Decay Control, Plant Diseases, 75: 1085-1089.

Gartner, U., Mayer-Miebach, E. and Spiess, W.E.L., 1997, Controlling the Microbial Load on Ready-to-use Sliced Salads by Low-temperature Blanching, In Jowitt, R. (Ed.). Engineering and food at ICEF 7 (pp. J41-J42), Sheffield: Sheffield Academic Press.

Lurie, S., 1997, Postharvest Heat Treatment of Horticultural Crops, Horticultural Reviews, 22: 91-183.

Lurie, S., 1998, Postharvest Heat Treatments, Postharvest Biology and Technology, 14: 257-269.

Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I. and Serra, J.A., 2000, Effect of Blanching/Osmotic Dehydration Combined Methods on Quality and Stability of Minimally Processed Strawberries, Food Research International, 33: 609-616.

Poubol, J., Techavuthiporn, C. and Kanlayanarat, S., 2013, Microbiology and Quality of Fresh-cut ‘Kimju’ Guava Treated with Hot Water, Acta Horticulturae, 973:135-138.

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของกะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก

Microbiological Quality of Fresh-cut Cauliflower Dipped in Fumaric Acid Solution

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] พรลดา จอมเมือง[1] และ พริมา พิริยางกูร[2]

Poubol, J.[1], Jommuaeng, P.[1] and Phiriyangkul, P.[2]

Abstract

Microbiological quality (total bacteria, coliforms, yeasts and molds) of fresh-cut cauliflower was determined for the effect of fumaric acid. Fresh-cut cauliflowers were dipped in 0 (control), 0.5, 1 and 2% fumaric acid solution for 3 min. They were packaged in polypropylene plastic bags and stored at 8°C. The growth of total bacteria, coliforms, yeasts and molds were determined during storage. At the initial day of storage, fresh-cut cauliflower dipped in 0% fumaric acid had total bacteria, coliforms, yeasts and molds of 5.1, 0 and 4.5 Log CFU/g, respectively. Whereas, fresh-cut cauliflower dipped in fumaric acid solution (0.5, 1 and 2%) had total bacteria, coliforms, yeasts and molds were in a range of 4.4-4.9, 0 and 4.5-4.7 Log CFU/g, respectively. Fumaric acid reduced about 0.5 Log CFU/g of total bacteria count with significant different ($p \leq 0.05$), whereas it did not reduce yeasts and molds at the initial day of storage. At the 4th days of storage, fresh-cut cauliflower dipped in 0% fumaric acid had total bacteria, coliforms, yeasts and molds of 5.3, 3.7 and 4.5 Log CFU/g, respectively. Whereas, fresh-cut cauliflower dipped in fumaric acid solution (0.5, 1 and 2%) had total bacteria, coliforms, yeasts and molds were in a range of 4.9-5.3, 3.7-4.3 and 3.9-4.5 Log CFU/g, respectively. Fumaric acid reduced total bacteria and yeasts and molds counts of fresh-cut cauliflower to about 0.3 and 0.6 Log CFU/g, respectively. The use of fumaric acid could not inhibit coliforms growth as compared to control.

Keywords: fresh-cut cauliflower, fumaric acid, microorganisms

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกรดฟูมาริกต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยา (แบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา) ของกะหล่ำดอกตัดแต่ง โดยนำกะหล่ำดอกตัดแต่งไปจุ่มลงในสารละลายกรดฟูมาริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1 และ 2 เป็นเวลานาน 3 นาที จากนั้นบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส โดยตรวจวัดการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ตลอดอายุการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษากะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา เท่ากับ 5.1, 0 และ 4.5 Log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่กะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก (ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 2) มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 4.4-4.9, 0 และ 4.5-4.7 Log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งการใช้กรดฟูมาริกสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้ประมาณ 0.5 Log CFU/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ไม่สามารถลดปริมาณยีสต์และราได้ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่ากะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา เท่ากับ 5.2, 3.7 และ 4.5 Log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่กะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก (ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 2) มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 4.9-5.3, 3.7-4.3 และ 3.9-4.5 Log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งการใช้กรดฟูมาริกสามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา ได้ประมาณ 0.3 และ 0.6 Log CFU/g ตามลำดับ โดยการใช้กรดฟูมาริกไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: กะหล่ำดอกตัดแต่ง กรดฟูมาริก จุลินทรีย์

---

[1] **สาขาวิชาจุลชีววิทยา สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**

[1] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] **สาขาวิชาชีวเคมี สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**

[2] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

กะหล่ำดอก (*Brassica oleracea* L. var. Botrytis) เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของแคลเซียม วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ และเส้นใย ดังนั้นผู้บริโภคจึงนิยมนำกะหล่ำดอกมาประกอบอาหารหลายชนิด โดยทั่วไปกะหล่ำดอกจะเกิดอาการเหลืองภายหลังการเก็บเกี่ยวใน 2-3 วัน อีกทั้งยังเกิดโรคเน่าเละ (soft rot) ซึ่งมีสาเหตุมาจากแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* นอกจากนี้ยังพบว่ากะหล่ำดอกมีจุดสีน้ำตาลเข้มจนถึงจุดสีดำเกิดขึ้นเป็นหย่อมๆ ส่งผลให้กะหล่ำดอกมีคุณภาพไม่ดี ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและส่งผลเสียต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค กรดฟูมาริกเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ในปี 2543 กระทรวงสาธารณสุข ได้ออกประกาศฉบับที่ 213 อนุญาตให้ใช้กรดฟูมาริกในอาหารประเภทแยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม ปัจจุบันมีรายงานการใช้กรดฟูมาริกในผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเนื้อสัตว์และอาหารทะเล (Furukawa, 2011) และยังใช้ในการล้างผัก เช่น lettuce (Izumi, 2007), alfalfa, clover sprouts (Kim และคณะ, 2009) ใบโหระพา (บุษกร และคณะ, 2555) บร็อคโคลี (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2556) นอกจากนี้ยังใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น แตงกวาดอง (Perez-Diaz, 2011) ซึ่งพบว่าการใช้กรดฟูมาริกสามารถช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักได้ แต่ยังไม่มีรายงานการใช้กรดฟูมาริกในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ในกะหล่ำดอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการใช้กรดฟูมาริกต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของกะหล่ำดอกตัดแต่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกกับกะหล่ำดอกตัดแต่ง

คัดเลือกกะหล่ำดอกที่ได้จากตลาดสดในจังหวัดนครปฐม ซึ่งปราศจากตำหนิ หนอน แมลง และโรค ตัดแต่งส่วนของใบออกจนได้กลุ่มกะหล่ำดอก จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำประปาและผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วใช้มีดปอกผลไม้ตัดออกเป็นช่อเล็กๆ นำกะหล่ำดอกตัดแต่งที่ได้น้ำหนักประมาณ 100 กรัม ไปจุ่มลงในสารเคลือบกรดฟูมาริก “KEEP LONG FC” (บริษัท Ueno Fine Chemical Industry (THAILAND) จำกัด, ประเทศไทย) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 2 เป็นเวลา 3 นาที โดยเปรียบเทียบกับการจุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ปล่อยทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แล้วบรรจุกะหล่ำดอกตัดแต่งลงในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) ขนาดกว้าง 12 x ยาว 18 เซนติเมตร ปิดปากถุงให้สนิทด้วยเครื่องปิดผนึก (Sealer รุ่น SFM-Two on one, ประเทศไทย) แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจวัดผลการทดลองทุกๆ 2 วัน

2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในกะหล่ำดอกตัดแต่ง

ชั่งกะหล่ำดอกตัดแต่งหนัก 25 กรัม ใส่ลงในถุง Stomacher ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเติม peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นด้วยเครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) นาน 1 นาที (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2556) แล้วนำสารละลายกะหล่ำดอกมาทำ serial dilution เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) สำหรับตรวจหาแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) อาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue Agar (EMB) สำหรับตรวจหาโคลิฟอร์ม (coliforms) และอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) (Himedia Laboratories Pvt. Ltd., India) สำหรับตรวจหายีสต์และรา (yeasts and molds) (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2555) โดยดูดสารละลายกะหล่ำดอกปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วงอที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35+2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48+3 ชั่วโมง สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA และ EMB ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่พบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ หาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้และรายงานผลเป็น Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan’s multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกต่อการลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา

กะหล่ำดอกตัดแต่งมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.4-5.1 Log CFU/g ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยกะหล่ำดอกตัดแต่งในชุดควบคุมมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือกะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารเคลือบกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, และ 2 ตามลำดับ (Figure 1) การใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกสามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดได้ประมาณ 0.5 Log CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่จุ่มในสารเคลือบฟูมาริก ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบ

กรดฟูมาริกที่ความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 มีค่า pH เท่ากับ 5.40, 5.39 และ 5.37 ตามลำดับ ซึ่งมีความเป็นกรดจึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย ดังนั้นจึงสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ภายหลังจากที่มีการจุ่มสารเคลือบกรดฟูมาริก ภายหลังการเก็บรักษากะหล่ำดอกตัดแต่งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดลดลงในวันที่ 2 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 หลังจากนั้นลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.8-4.7 Log CFU/g ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในกะหล่ำดอกตัดแต่ง

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาตรวจไม่พบโคลิฟอร์มในกะหล่ำดอกตัดแต่งในชุดการทดลอง (Figure 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างกะหล่ำดอกตัดแต่งที่นำมาสุ่มตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ ไม่มีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มจึงทำให้ตรวจไม่พบโคลิฟอร์มในตัวอย่างดังกล่าว หรืออาจเนื่องมาจากตัวอย่างกะหล่ำดอกตัดแต่งมีโคลิฟอร์มปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นเมื่อผ่านการจุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) หรือจุ่มในสารเคลือบกรดฟูมาริกจึงทำให้โคลิฟอร์มที่ติดอยู่บนกะหล่ำดอกตัดแต่งหลุดออก จึงตรวจไม่พบโคลิฟอร์มในตัวอย่างดังกล่าว หรืออาจเนื่องมาจากเซลล์ของโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนในกะหล่ำดอกตัดแต่ง ได้รับความเสียหายทางกลอันเนื่องมาจากการจุ่มลงในน้ำกลั่นหรือจุ่มในสารเคลือบกรดฟูมาริกทำให้เซลล์มีสภาพอ่อนแอจึงไม่สามารถฟื้นสภาพของเซลล์และทำให้เซลล์ตายได้ ภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ตรวจพบโคลิฟอร์มเฉพาะในกะหล่ำดอกตัดแต่งที่จุ่มในสารเคลือบกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมีปริมาณโคลิฟอร์มเท่ากับ 4.1 Log CFU/g และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าตรวจพบโคลิฟอร์มในกะหล่ำดอกตัดแต่งในทุกชุดการทดลอง โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา มีปริมาณโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 4.7-5.2 Log CFU/g ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

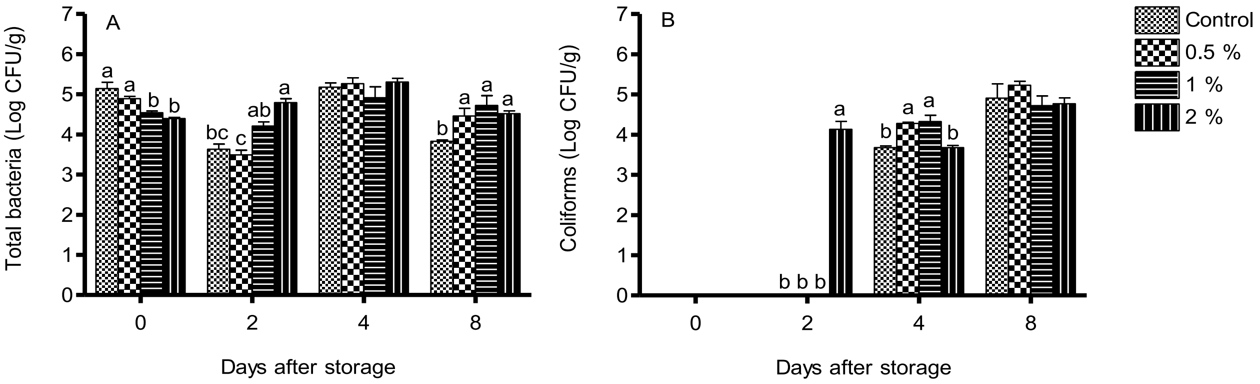


Figure 1 Total bacterial count (A) and coliforms (B) of fresh-cut cauliflower dipped in fumaric acid coating solutions at 0, 0.5, 1 and 2% packaged in polypropylene plastic bags and stored at 8°C for 8 days.

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษากะหล่ำดอกตัดแต่งมีปริมาณยีสต์และราอยู่ในช่วง 4.2-5.1 Log CFU/g และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่ากะหล่ำดอกตัดแต่งมีปริมาณยีสต์และราลดลงเล็กน้อย (Figure 3) โดยมีปริมาณยีสต์และราอยู่ในช่วง 3.4-4.7 Log CFU/g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยีสต์และราเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ต้องการก๊าซออกซิเจน (aerobic microorganism) เพื่อใช้ในกระบวนการ metabolism ต่างๆ เช่น การหายใจและการเจริญเติบโต ซึ่งในระหว่างที่เก็บรักษากะหล่ำดอกตัดแต่งในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน กะหล่ำดอกยังมีการหายใจอยู่จึงมีการใช้ก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ภายในถุงพลาสติกไปในการหายใจ ทำให้เป็นการแย่งการใช้ก๊าซออกซิเจนของยีสต์และรา อีกทั้งกะหล่ำดอกยังมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจ ดังนั้นเมื่อเก็บรักษากะหล่ำดอกตัดแต่งไว้นานขึ้น จึงทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุลดลงและเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ทำให้สภาพบรรยากาศภายในถุงพลาสติกเปลี่ยนจาก aerobe ไปเป็น anaerobe ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์และรา และเมื่อเก็บรักษากะหล่ำดอกเป็นเวลา 8 วัน พบว่ากะหล่ำดอกมีปริมาณยีสต์และราเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยมีปริมาณยีสต์และราอยู่ในช่วง 5.1-5.5 Log CFU /g แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

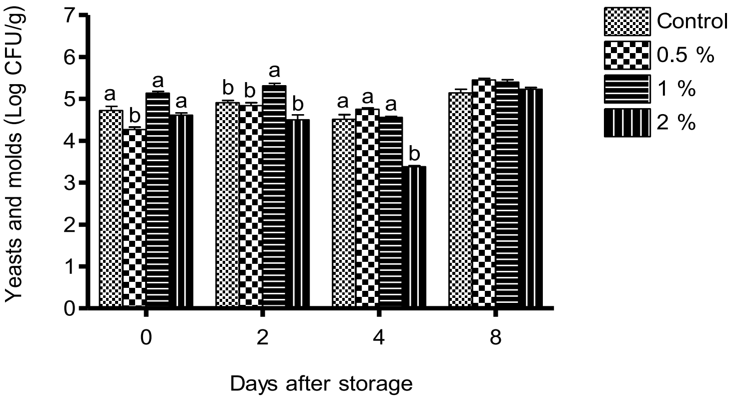


Figure 3 Yeast and molds count of fresh-cut cauliflower dipped in fumaric acid coating solutions at 0, 0.5, 1 and 2% packaged in polypropylene plastic bags and stored at 8°C for 8 days.

สรุปผล

การจุ่มกะหล่ำดอกตัดแต่งในสารเคลือบกรดฟูมาริก สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้ภายหลังจากที่มีการจุ่มสาร และสามารถลดจำนวนยีสต์และราที่ปนเปื้อนในกะหล่ำดอกตัดแต่งได้ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท Ueno Fine Chemical Industry (THAILAND) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กรดฟูมาริก “KEEP LONG FC” เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี (ศสวท) คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2556

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2543, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท, 14 หน้า.

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล บุญจิรา เกียวสัมพันธ์ และพริมา พิริยางกูร, 2556, ผลของการใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(3): 314-317.

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล ศิริพร สุทธิพัฒนางกูร และพริมา พิริยางกูร, 2555, ผลของการฉายคลื่นไมโครเวฟต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในถั่วลิสงป่น, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3): 641-644.

บุษกร ทองใบ ประณต พันธ์โคกกรวด และบุษญา พัตรา, 2555, ผลของกรดฟูมาริกและคลื่นเสียงความถี่สูงต่อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในโหระพา, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3): 633-636.

Furukawa, Y., 2011, Application of pH Adjuster “KEEP LONG”. UENO FINE CHEMICALS INDUSTRY (THAILAND), LTD, Accessed on www.ueno-fc.co.jp/seminar2011/data/shiryo_furukawa.pdf.

Izumi, H., 2007, Current Status of the Fresh-cut Produce Industry and Sanitizing Technologies in Japan, Acta Horticulturae, 746: 45-52.

Kim, Y., Kim, M. and Song, K.B., 2009, Combined Treatment of Fumaric acid with Aqueous Chloride Dioxide or UV-C Irradiation to Inactivate Escherichia coli O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Listeria monocytogenes* Inoculated on Alfalfa and Clover Sprouts, LWT-Food Science and Technology, 42: 1654-1658.

Perez-Diaz, I.M., 2011, Preservation of Acidified Cucumbers with a Combination of Fumaric acid and Cinnamaldehyde that Target Lactic acid Bacteria and Yeasts, Journal of Food Science, 76: M473-M477.

การโคลนยีน การหาลำดับเบส และการแสดงออกของเอนไซม์เซลลูเลสชนิดใหม่จากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

Gene Cloning, Sequencing and Expression of a Novel Cellulase from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

ศุภเชษฐ์ แซ่ตั้ง[1] รัตติยา แววนุกูล[2] ภัทรา ผาสอน[2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] อะกิฮิโกะ โคสุกิ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Saetung, S.[1], Waeonukul, R.[2], Tachaapaikoon, C.[2], Pason, P.[2], Kosugi, A.[3] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Paenibacillus curdlanolyticus B-6*,* facultatively anaerobic bacterium, produces xylanolytic-cellulolytic multienzyme complexes under aerobic conditions. So far, only xylanase genes from *P. curdlanolyticus* B-6 were cloned and characterized. This is the first time, a cellulase gene was investigated using shotgun cloning method. A chromosomal genomic DNA library of circa 7,000 clones was constructed, and subsequently screened for cellulose hydrolysing activities on a CMC agar medium. Only one clone was selected based on large clearance zones on CMC agar plates. Following nucleotide sequencing, translational analysis and homology searches, a cellulase gene, *cel5A*, consists of 2,271 nucleotides encoding a protein of 756 amino acids with a predicted molecular mass of 84 kDa. The cellulase Cel5A is the multidomain enzyme comprising 4 domains in the following order: a family 5 catalytic domain of glycosyl hydrolases (cellulase), a family 11 carbohydrate-binding module (CBM), a fibronectin type 3 domain and a family 3 CBM, which is structurally novel among the characterized cellulases of GH family 5. Furthermore, Cel5A has the highest identity (49%) to Cel5D from *Clostridium cellulolyticum* among the characterized cellulases. Therefore, these results indicated that the Cel5A is a novel multidomain cellulase from *P. curdlanolyticus B-6*.

Keywords: cellulase, glycosyl hydrolases family 5, modular protein, *paenibacillus curdlanolyticus* B-6

บทคัดย่อ

เชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ สามารถผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนในกลุ่มไซลาโนไลติก-เซลลูโลไลติก ภายใต้สภาวะที่มีอากาศ จนถึงปัจจุบันมีแต่เพียงรายงานการศึกษายีนไซลาเนสจากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เท่านั้น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษายีนเซลลูเลสครั้งแรกด้วยวิธี shotgun cloning โดยการสร้าง Genomic DNA library ได้ประมาณ 7,000 โคลน จากนั้นทำการคัดเลือกหาโคโลนีที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสบนอาหารแข็งที่มี CMC เป็นสับสเตรท พบว่ามีแค่เพียง 1 โคโลนีที่สามารถแสดงบริเวณใสขนาดใหญ่เกิดขึ้นรอบโคโลนี จากการตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์ การวิเคราะห์การถอดรหัสโปรตีน และการเปรียบเทียบความเหมือนในฐานข้อมูล พบว่าเป็นยีนเซลลูเลส (*cel5A*) ประกอบด้วย 2,271 นิวคลีโอไทด์ ถอดรหัสโปรตีน 756 กรดอะมิโน ทำนายน้ำหนักโมเลกุลได้ประมาณ 84 กิโลดาลตัน โดย Cel5A เป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วย 4 โดเมนหลัก ตามลำดับดังนี้ catalytic domain ของ ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (เซลลูเลส) carbohydrate-binding module (CBM) แฟมมิลี่ 11 fibronectin type 3 และ CBM แฟมมิลี่ 3 และพบว่าเป็นเอนไซม์ที่มีโครงสร้างรูปแบบใหม่ในกลุ่มของเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 นอกจากนี้ Cel5A มีความคล้ายคลึงกับเอนไซม์เซลลูเลส Cel5D จากเชื้อ *Clostridium cellulolyticum* มากที่สุด (49 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า Cel5A จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เป็นเอนไซม์เซลลูเลสชนิดหลายโดเมนรูปแบบใหม่

คำสำคัญ: เซลลูเลส ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 โปรตีนชนิดหลายโดเมน *Paenibacillus curdlanolyticus* B

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

บทนำ

เอนไซม์เชิงซ้อน (Multienzyme complex) หรือ เซลลูโลโซม (cellulosome) เป็นกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ เกิดจากการอยู่ร่วมกันของเอนไซม์หน่วยย่อยหลายชนิด ทั้งในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติกเอนไซม์ มีประสิทธิภาพสูงมากในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลส โดยส่วนใหญ่เซลลูโลโซมถูกผลิตขึ้นจากจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ (Bayer และคณะ, 2004; Doi และ Kosugi, 2004) เช่น *Clostridium thermocellum C. cellulovorans C. josui* และ *C. cellulolyticum* อย่างไรก็ตามจากการศึกษาจากห้องปฏิบัติการเอนไซม์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พบว่า *P. curdlanolyticus* B-6 เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ คัดแยกได้จากถังหมักก๊าซชีวภาพที่มีเปลือกสับปะรดเป็นวัตถุดิบ สามารถผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนในกลุ่มไซลาโนไลติก-เซลลูโลไลติกรูปแบบใหม่ ภายใต้สภาวะที่มีอากาศ (Pason และคณะ, 2006; Waeonukul และคณะ, 2009b) ซึ่งมีรูปแบบและคุณสมบัติที่แตกต่างจากเอนไซม์เชิงซ้อนที่เคยมีรายงานมา ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่เจริญภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ ดังนั้นได้มีการโคลนยีนเอนไซม์ต่างๆ จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เพื่อศึกษาบทบาท หน้าที่ และคุณสมบัติต่างๆ ของเอนไซม์ แต่จนถึงปัจจุบันมีแต่เพียงรายงานการศึกษายีนไซลาเนสจากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เท่านั้น (Pason และคณะ, 2010 Sakka และคณะ, 2011; Sermsathanasadi และคณะ, 2014; Sudo และคณะ, 2010; Waeonukul และคณะ, 2009a) งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษายีนเซลลูเลสครั้งแรกด้วยวิธี shotgun cloning เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของเอนไซม์ และการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการสกัดโครโมโซมจากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 ด้วยวิธีฟีนอล/โครโมฟอร์ม จากนั้นทำการสร้าง Genomic DNA library โดยทำการตัดโครโมโซมแบบไม่สมบูรณ์ (Partial digestion) ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin*dIII เพื่อคัดเลือกสภาวะที่ได้ชิ้นดีเอ็นเอขนาด 4 ถึง 10 กิโลเบส ตรวจสอบผลการตัดโดยอะกาโรสเจลอิเลคโตรโฟรีซิส และทำการสกัดแยกโครโมโซมออกจากเจล จากนั้นทำการสร้างพลาสมิดลูกผสมโดยนำชิ้นส่วนโครโมโซมมาเชื่อมเข้ากับพลาสมิด pUC19 ที่ตัดด้วย *Hin*dIII เช่นกัน โดยใช้เอนไซม์ T4 DNA ligase และทำการย้ายเข้าสู่เซลล์ *E. Coli* DH5α โดยวิธี Heat shock ตามวิธีของ Sambrook และคณะ (1989) และนำไปเกลี่ยบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ Luria Bertani (LB) ที่เติมยาปฏิชีวนะแอมพิซิลิน จากนั้นทำการคัดเลือกหาโคโลนีที่มียีนเซลลูเลสโดยเทวุ้นที่มี carboxymethylcellulose (CMC) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ลงบนโคโลนีที่เจริญบนวุ้นอาหาร LB บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำการคัดเลือกโคโลนีที่สามารถในการย่อย CMC ได้ โดยตรวจสอบจากบริเวณใสที่เกิดขึ้นรอบโคโลนีด้วยการย้อม congo red ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำโคโลนีที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเหลว LB ที่มียาปฏิชีวนะแอมพิซิลิน ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นทำการเก็บเซลล์เพื่อมาทำการสกัดพลาสมิด ตรวจสอบขนาดของชิ้นยีนเซลลูเลสด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin*dIII ตรวจสอบหาลำดับนิวคลีโอไทด์ และนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov/)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสร้าง Genomic DNA library มากกว่า 7,000 โคลน เพื่อค้นหายีนเซลลูเลสจากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 พบว่ามีแค่เพียง 1 โคโลนีที่สามารถย่อยเซลลูโลสบนวุ้นที่มี CMC เป็นสับสเตรท และแสดงบริเวณใสขนาดใหญ่รอบโคโลนีเมื่อย้อมด้วย congo red (Figure 1) จากนั้นนำโคโลนีที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเหลว LB ที่มียาปฏิชีวนะแอมพิซิลิน ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมงแล้วทำการเก็บเซลล์เพื่อมาทำการสกัดพลาสมิด และตรวจสอบขนาดของชิ้นยีนเซลลูเลส ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin*dIII พบว่าชิ้นยีนมีขนาดประมาณ 4 กิโลเบส เมื่อตรวจสอบผลด้วยอะกาโรสเจลอิเล็คโตโฟรีซีส (Figure 2)

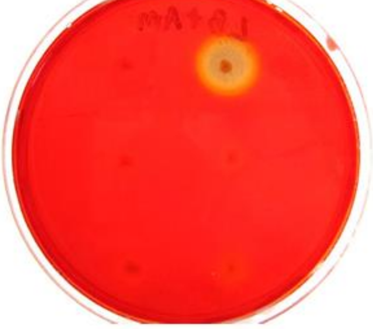


Figure 1 Screening for halo colonies on CMC plate

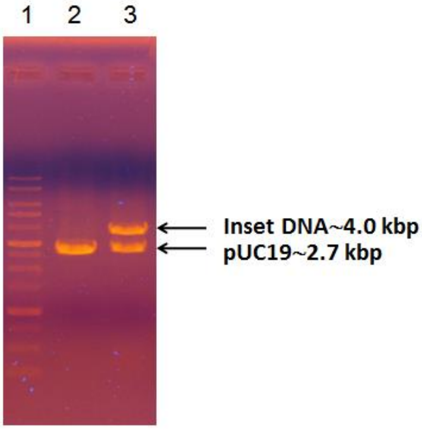


Figure 2 Agarose gel electrophoresis of pUC19 plasmid containing cellulase gene digested with *Hin*dIII
Lane 1: Standard marker
Lane 2: pUC19 plasmid digested with *Hin*dIII; Lane 3 pUC19 plasmid containing cellulase gene digested with *Hin*dIII

จากการตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์ วิเคราะห์การถอดรหัสโปรตีน และการเปรียบเทียบความเหมือนในฐานข้อมูล NCBI พบว่า เป็นยีนเซลลูเลส (โดยให้ชื่อว่า *cel5A*) ประกอบด้วย 2,271 นิวคลีโอไทด์ ถอดรหัสโปรตีน 756 กรดอะมิโน ทำนายน้ำหนักโมเลกุลได้ประมาณ 84 กิโลดาลตัน โดยเซลลูเลส Cel5A เป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วย 4 โดเมนหลัก ตามลำดับดังนี้ catalytic domain ของ ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (เซลลูเลส) carbohydrate-binding module (CBM) แฟมมิลี่ 11 fibronectin type 3 และ CBM แฟมมิลี่ 3 (แสดงดัง Figure 3) และพบว่าเป็นเอนไซม์ที่มีโครงสร้างรูปแบบใหม่ในกลุ่มของเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 นอกจากนี้ Cel5A มีความคล้ายคลึงกับเอนไซม์เซลลูเลส Cel5D จากเชื้อ *Clostridium cellulolyticum* มากที่สุด (เพียง 49 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า Cel5A จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เป็นเอนไซม์เซลลูเลสชนิดหลายโดเมนรูปแบบใหม่

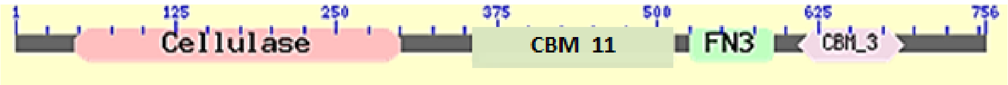


Figure 3 Modular structure of cellulase Cel5A from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

สรุปผล

จากการศึกษาการโคลนยีนเซลลูเลสจากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B6 ด้วยวิธี shotgun cloning พบว่ายีนเซลลูเลส *cel5A* ประกอบด้วย 2,271 นิวคลีโอไทด์ ถอดรหัสโปรตีน 756 กรดอะมิโน ทำนายน้ำหนักโมเลกุลได้ประมาณ 84 กิโลดาลตัน โดย เซลลูเลส Cel5A เป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วย 4 โดเมนหลัก ตามลำดับดังนี้ catalytic domain ของ ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (เซลลูเลส) carbohydrate-binding module (CBM) แฟมมิลี่ 11 fibronectin type 3 และ CBM แฟมมิลี่ 3 และพบว่าเป็นเอนไซม์ที่มีโครงสร้างรูปแบบใหม่ในกลุ่มของเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 นอกจากนี้ Cel5A มีความคล้ายคลึงกับเอนไซม์เซลลูเลส Cel5D จากเชื้อ *Clostridium cellulolyticum* มากที่สุด (เพียง 49 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า Cel5A จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 เป็นเอนไซม์เซลลูเลสชนิดหลายโดเมนรูปแบบใหม่

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และเงินอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2555-2556

เอกสารอ้างอิง

Bayer, E.A., Belaich, J.P., Shoham, Y. and Lamed, R., 2004, The Cellulosomes: Multienzyme Machines for Degradation of Plant Cell Wall Polysaccharides, Annual Review of Microbiology, 58: 521-554.

Doi, R.H. and Kosugi, A., 2004, Cellulosomes: Plant-cell-wall-degrading Enzyme Complexes, Nature Reviews Microbiology*,* 2: 541-551.

Pason, P., Kosugi, A., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C., Ratanakhanokchai, K., Arai, T., Murata, Y., Nakajima, J. and Mori, Y., 2010, Purification and Characterization of A Multienzyme Complex Produced by *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6. Application, Microbiological Biotechnology, 85: 573-580.

Pason, P., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 xylanolytic-Cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72: 2483-2490.

Sakka, M., Higashi, Y., Kimura, T., Ratanakhanokchai, K. and Sakka, K., 2011, Characterization of *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 Xyn10D, A Xylanase that Contains A Family 3 Carbohydrate-binding Module, Applied and Environmental Microbiology, 77: 4260-4263.

Sambrook, J., Fritsch, E.F., and Maniatis, T., 1989, Molecular Cloning: A laboratory Manual, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.

Sermsathanaswadi, J., Pianwanit, S., Pason, P., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C., Ratanakhanokchai, K., Septiningrum, K. and Kosugi, A., 2014, The C-terminal Region of Xylanase Domain in Xyn11A from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 Plays An Important Role in Structural Stability Application, Microbiological Biotechnology, 1-11.

Sudo, M., Sakka, M., Kimura,T., Ratanakhanokchai, K. and Sakka, K., 2010, Characterization of *Paenibacillus curdlanolyticus* Intracellular Xylanase Xyn10B Encoded by the *xyn10B* Gene, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 74: 2358-2360.

Waeonukul, R., Pason, P., Kyu, K.L., Sakka, K., Kosugi, A., Mori, Y. and Ratanakhanokchai, K., 2009, Cloning, Sequencing, and Expression of the Gene Encoding A Multidomain endo-β-1,4-xylanase from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6, and Characterization of the Recombinant Enzyme, Journal of Microbiology and Biotechnology, 19: 277-285.

Waeonukul, R., Kyu, K.L., Sakka, K. and Ratanakhanokchai, K., 2009, Isolation and Characterization of a Multienzyme Complex (cellulosome) of the *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 Grown on Avicel under Aerobic Conditions, Journal of Bioscience and Bioengineering, 107: 610-614.

อิทธิพลของสาร Paclobutrazol ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณลูทีน และ การเจริญเติบโตของดาวเรือง

Effect of Paclobutrazol on Antioxidant Activity, Lutein and the Growth of Marigold (*Tagetes erecta* L.)

ภัทรพร ศรีวราพันธุ์[1] เบญญา มะโนชัย[1] และ บัญชา ชิณศรี[2]
Sriwarapan, P.[1], Manochai, B.[1] and Chinnasri, B.[2]

Abstract

Marigold contains numerous bioactive compounds such as lutein, an antioxidant found in marigold flowers and thought to provide benefits to eye health, in which α-terthienyl, a compound widely recognized for its nematicidal effects and abundantly present in marigold tissues especially in the roots. Therefore, it is hypothesized that the increase in marigold root growth could promote the nematicidal efficiency. Paclobutrazol is an interesting substance for marigold cultivation as it does not only control plant size but also increase root growth. The aim of this study was to investigate the effect of the application of paclobutrazol on lutein content, antioxidant activity, and the growth of marigold 'Babuda'. Marigold plants at 21 days old were firstly drenched, and subsequently every two weeks, with 50 ml of 0, 50, 100, 150, or 200 ppm of paclobutrazol solutions. The results showed that paclobutrazol reduced plant heights and promoted root growths ($p<0.01$) but did not cause any effect to flower productivity (size, weight and yield), antioxidant activity, chlorophyll a, total chlorophyll and carotenoid. However, lutein contents and chlorophyll b values were inversely affected by paclobutrazol concentration ($p<0.01$). The highest lutein yield, 416.56 mg/plant, was obtained at the concentration of 100 ppm paclobutrazol ($p<0.01$). This result indicated that paclobutrazol at 100 ppm could be used in marigold cultivation to control plant size, promote root growth and heighten lutein yield.

Keywords: marigold, lutein, plant growth retardant, antioxidant

บทคัดย่อ

ดาวเรืองมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากมายเช่น สารลูทีนในดอกดาวเรืองซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีผลต่อดวงตา สาร α-terthienyl เป็นสารที่ใช้กำจัดไส้เดือนฝอยซึ่งพบในเนื้อเยื่อโดยทั่วไปโดยเฉพาะในส่วนราก ดังนั้นหากดาวเรืองมีรากที่ยาวขึ้นน่าจะช่วยเสริมประสิทธิภาพในการกำจัดไส้เดือนฝอย สารพาโคลบิวทราซอลเป็นสารที่น่าสนใจสำหรับนำมาใช้ในการปลูกดาวเรืองในพื้นที่ที่มีไส้เดือนฝอยระบาด เพราะนอกจากจะช่วยควบคุมขนาดของพืชแล้ว ยังมีรายงานว่าช่วยเพิ่มความยาวรากได้อีกด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์การทดลองนี้คือ ศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราซอลต่อปริมาณลูทีน สารต้านอนุมูลอิสระ และการเจริญเติบโตของดาวเรือง โดยทำการทดลองให้สารที่ความเข้มข้น 0 50 100 และ 200 ppm รดสารปริมาณ 50 มล ให้แก่ต้นดาวเรืองอายุ 21 วัน 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ผลการทดลองพบว่า สารพาโคลบิวทราซอลสามารถลดความสูงและส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ($p<0.01$) โดยไม่มีผลต่อผลผลิตดอก (ขนาด น้ำหนัก และผลผลิตโดยรวม) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ ส่วนปริมาณลูทีนในดอกและคลอโรฟิลล์บี พบว่าลดลงแปรผันกับความเข้มข้น ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามปริมาณลูทีนพบว่าที่ความเข้มข้น 100 ppm ให้ปริมาณสูงสุดคือ 416.25 มก/ต้น ($p<0.01$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สามารถใช้สารพาโคลบิวทราซอล ความเข้มข้น 100 ppm ในการผลิตดาวเรืองเพื่อควบคุมความสูงและเพิ่มการเจริญของรากและทำให้มีปริมาณลูทีนสูงที่สุด

คำสำคัญ: ดาวเรือง ลูทีน สารชะลอการเจริญเติบโต สารต้านอนุมูลอิสระ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900
[2] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

คำนำ

ดาวเรืองมีสารสำคัญกลุ่มแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ปริมาณมากและส่วนใหญ่เป็นสารประกอบลูทีน (Lutein) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันความเสื่อมของจอประสาทตา นอกจากนี้บริเวณส่วนรากมีสารสำคัญคือแอลฟ่าเทอร์เธียนิล (alpha-terthienyl) (Uhlenbroek และ Bijloo, 1958) ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพสามารถควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยที่ก่อให้เกิดความเสียหายให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี (Steiner, 1941) รายงานว่า *Tagetes erecta* และ *Tagetes patula* มีฤทธิ์ต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.) ทำให้ไส้เดือนฝอยไม่สามารถเจริญเติบโตครบตามวัฏจักรชีวิตได้ จะเห็นได้ว่าในบริเวณรากของดาวเรืองมีสารสำคัญที่มีผลต่อไส้เดือนฝอยศัตรูพืช หากดาวเรืองมีความยาวรากเพิ่มขึ้น จึงน่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไส้เดือนฝอยได้ดีขึ้น ซึ่งมีรายงานว่าสารชะลอการเจริญเติบโตสามารถเพิ่มความยาวของรากพืชได้ โดย Jaleel และคณะ (2008) ใช้สาร Triadimefon ซึ่งเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตในกลุ่ม triazole (Buchenauer และ Röhner, 1981) ความเข้มข้น 15 mgL^{-1} กับต้นแพงพวยสองสายพันธุ์พบว่าต้นแพงพวยที่ได้รับสาร Triadimefon มีความยาวรากและรงควัตถุภายในดอกเพิ่มขึ้นและขนาดของต้นมีความกะทัดรัด ในประเทศไทยมีสารพาโคลบิว ทราซอลจำหน่ายเชิงการค้า โดยใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตไม้กระถางประดับเพื่อให้มีทรงพุ่มสวยงามและการเร่งดอกไม้ผลบางชนิดเช่นลิ้นจี่ มะม่วง ทำให้มีช่อดอกมากขึ้นและการออกก่อนฤดูกาลปกติ (พีระเดช, 2529) และเป็นสารอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับสาร Triadimefon จึงคาดว่าน่าจะสามารถเพิ่มความยาวรากของต้นดาวเรืองได้ อย่างไรก็ตามในการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตจะต้องศึกษาประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชและสารสำคัญในดอกดาวเรืองหากต้องการผลิตเพื่อนำไปใช้ในอาหารเสริม การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารพาโคลบิวทราซอลต่อการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณลูทีน และการเจริญเติบโตดาวเรือง

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดดาวเรืองพันธุ์บาบูด้าในถาดหลุม ใช้วัสดุเพาะคือ พีทมอส จากนั้นนำเมล็ดเพาะลงในถาดหลุม รดน้ำให้ชุ่มหลังจากเพาะ เมื่อเมล็ดเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าอายุประมาณ 10 วัน ทำการย้ายต้นกล้าลงกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว กระถางละ 1 ต้น รดน้ำให้ชุ่ม แล้ววางไว้ในโรงเรือน หลังจากเพาะเมล็ดประมาณ 21 วันดาวเรืองจะมีใบจริง 4 คู่ ทำการเด็ดยอดเพื่อให้แตกกิ่งข้าง จากนั้นเตรียมสารพาโคลบิวทราซอลที่มีสารออกฤทธิ์ 15% คำนวณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์และปริมาตรตามวิธีการของ Bañon และคณะ (2002) ให้ได้ความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0, 50, 100, 150 และ 200 ppm ในปริมาตร 50 มิลลิลิตรทุกระดับความเข้มข้น รดต้นดาวเรืองอายุที่อายุ 21 วัน ด้วยสารพาโคลบิวทราซอลทุก 2 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 5 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ บันทึกการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์ เมื่อต้นอายุครบ 49 วัน นำไปวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging activity ตามวิธีการของ Predner และคณะ (2008) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมดและแคโรทีนอยด์ และปริมาณสารลูทีน ด้วยเครื่อง HPLC ตามวิธีการของ Piccaglia และคณะ (1997) เปรียบเทียบกับสารละลายลูทีนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารพาโคลบิวทราซอลมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง โดยต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราซอลจะมีความสูงต้นแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารและทำให้ต้นดาวเรืองมีความยาวรากเพิ่มมากขึ้นแปรผันตามความเข้มข้นของสาร ($p<0.05$) โดยที่ความเข้มข้น 200 ppm ทำให้ดาวเรืองต้นเตี้ยที่สุดเท่ากับ 49.2 cm แต่มีความยาวรากมากที่สุดคือ 21.6 cm (Figure1) แต่ไม่มีผลต่อจำนวนดอก ขนาดดอก และผลิตโดยรวม (Table 1) ซึ่งการที่ความสูงของลำต้นลดลงเกิดจากสารพาโคลบิวทราซอลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่ม Triazole มีกลไกการทำงานขัดขวางการสังเคราะห์สารจิบเบอเรลลินที่มีหน้าที่ยืดตัวของเซลล์ (นพดล, 2537) ในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินมีสารตั้งต้นคือ mevalonate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นตัวเดียวกันกับไซโตไคนินและรงควัตถุในการสังเคราะห์แสง คือ คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ (Arteca, 1995) เมื่อสาร พาโคลบิวทราซอล ไปยับยั้งเอนไซม์ที่สังเคราะห์สารจิบเบอเรลลิน จึงไม่เกิดการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ทำให้สารตั้งต้นใช้ไปเป็นสารตั้งต้นสารชนิดอื่นๆ เช่น สังเคราะห์ไซโตไคนินและแคโรทีนอยด์ แต่จากการทดลองพบว่าบริเวณรากนั้นมีการเจริญเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณลูทีนในดอกและรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงลดลงเมื่อได้รับสารพาโคลบิวทราซอล แสดงให้เห็นว่า ดาวเรืองเมื่อได้รับสารพาโคลบิวทราซอลจะเปลี่ยนไปเป็นไซโตไคนินมากกว่าสารตัวอื่นส่งผลให้บริเวณส่วนรากมีการเจริญเติบโต เพิ่มขึ้นมากกว่าบริเวณส่วนเหนือดิน

สารพาโคลบิวทราซอลไม่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของดอกและราก (Table 1) และไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์ในใบ (Table 2) แต่มีผลทำให้ดาวเรืองมีปริมาณลูทีนลดลง ($p<0.05$) เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารป้องกันไม่ให้พืชเกิดสภาวะเครียด (สมพร, 2549) จึงทำให้ปริมาณสารสำคัญต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามปริมาณลูทีนและคลอโรฟิลล์บี มีปริมาณลดลงตามความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์เกิดได้ไม่เต็มที่ สารตั้งต้นถูกดึงไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ไซโตไคนิน ในบริเวณส่วนราก จึงทำให้ปริมาณลูทีนที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณน้อย สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์นั้น ไม่มีความแตกต่างมากนัก แตกต่างจากรายงานของ ธริตา (2554) ที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลพ่นทาง ใบแก่ต้นดาวเรือง ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล แต่ผลจากการทดลองปริมาณคลอโรฟิลล์บี มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการพ่นทางใบ สารพาโคลบิวทราซอลสัมผัสกับใบโดยตรง และสารเข้าไปชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในใบ แตกต่างกับการรดลงดินซึ่งสารพาโคลบิวทราโซลพัฒนาการเจริญเติบโตของรากมากกว่า โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้เพื่อกระตุ้นให้มีปริมาณรากมากโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญ

สรุปผล

สารพาโคลบิวทราซอลทำให้ความสูงต้นดาวเรืองลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่กลับส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ไม่ส่งผลต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของดอก รวมทั้งสารสำคัญอื่นๆ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราซอลที่ความเข้มข้น 100 ppm ส่งผลให้ปริมาณลูทีนและคลอโรฟิลล์ บี มีปริมาณลดลง แต่ให้ปริมาณสารลูทีนสูงสุดคือ 416.25 มก/ต้น

เอกสารอ้างอิง

ธริตา ธนูธรรมทัศน์, 2554, ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในดาวเรืองพันธุ์ซอฟเวอเรนสีทอง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์, 2537, ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ, 124 หน้า.

พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, หจก. ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สมพร ณ นคร, 2549, เอกสารคำสอนวิชา:สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, พิมพ์ครั้งที่ 3, ร้านเสริมนาค, นครศรีธรรมราช.

Arteca, R.N., 1995, Plant growth substances: principles and applications, Chapman & Hall, New York, 332 p.

Bañón, S., González, A., Cano, E.A., Franco, J.A. and Fernández, J.A., 2002, Growth, Development and Colour Response of Potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to Paclobutrazol Treatment, Scientia Horticulturae, 94: 371-377.

Buchenauer, H. and Röhner, E., 1981, Effect of Triadimefon and Tridimenol on Growth of Various Plant Species as Well as on Gibberellin Content and Sterol Metabolism in Shoots of Barley Seedlings, Pesticide Biochemistry and Physiology, 15: 58-70.

Jaleel, C.A., Gopi, R. and Panneerselvam, R., 2008, Growth and Photosynthetic Pigments Responses of Two Varieties of *Catharanthus roseus* to Triadimefon Treatment, Comptes Rendus Biologies, 331: 272-277.

Piccaglia, R., Marotti, M. and Grandi, S., 1998, Lutein and Lutein Ester Content in Different Types of *Tagetes patula* and *T. erecta*., Journal Industrial Crops and Products, 8: 45–51.

Predner, D., Hsieh, P.Ch., Lai, P.Y. and Charles, A.L., 2008, Evaluation of Drying Methods on Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Carotenoid Contents of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*(L.) Lam.) var. Tai nong 73, Journal International Cooperation, 3(2): 73-86.

Uhlenbroek, J.H. and Bijloo, J.D., 1958, Investigations on Nematicides.I. Isolation and Structure of a Nematicidal Principle Occurring in *Tagetes* Roots, Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas-Journal of the Royal Netherlands Chemical Society, 77: 1004–1009.

Steiner, G., 1941, Nematode Parasitic on and Associated with Roots of Marigolds (*Tagetes* hybrids), Proceeding of the Biological Society of Washington, Washington D.C., p. 31-34.

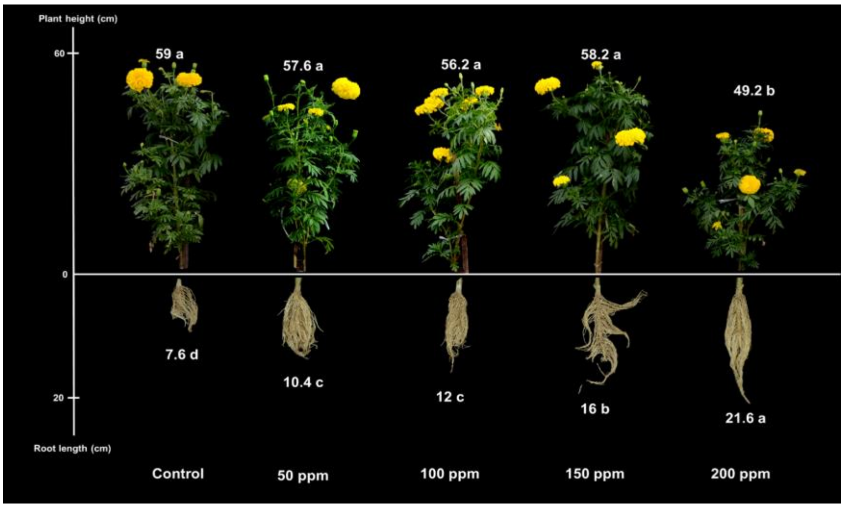


Figure 1 Plant height and root length of marigold grown under different paclobutrazol concentration.

Table 1 Effect of paclobutrazol on flower size, flower weight, flower per plant, % DPPH scavenging activity and lutein content of marigold.

Paclobutrazol (ppm)	Flower size (cm)	Flower weight (g)	Flower/plant (flowers)	% DPPH Scavenging Activity Flower	% DPPH Scavenging Activity Root	Lutein (mg/100g)
0	7.6	13.90	34.6	50.77	16.06	88.16a
50	8.0	14.68	34.6	49.40	19.80	66.68ab
100	8.0	15.44	34.6	46.84	20.35	74.75bc
150	8.0	13.67	33.8	46.00	17.87	51.42bc
200	7.9	13.55	33	49.71	16.53	57.68c
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*
C.V.(%)	5.86	19.67	21.36	11.3	26.3	20.4

* Mean in the same column followed by same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT (Duncan' New Multiple Range Test.)

ns = not significant

Table 2 Effect of paclobutrazol on Chlorophyll a, Chlorophyll b, total Chlorophyll and Carotenoid contents of marigold leaves.

Paclobutrazol (ppm)	Chlorophyll a (µg/gfw)	Chlorophyll b (µg/gfw)	Total Chlorophyll (µg/gfw)	Carotenoid (µg/gfw)
0	58.46	31.53b	89.99	12.34
50	67.70	38.83a	106.53	7.46
100	60.95	35.21ab	96.61	8.62
150	64.72	34.52ab	99.24	11.59
200	59.38	35.57ab	94.95	6.51
F-test	ns	*	ns	ns
C.V.(%)	14.56	13.49	13.61	21.55

* Mean in the same column followed by same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT (Duncan' New Multiple Range Test.)

ns = not significant

ผลของการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก

Effect of Substitution of Wheat Flour by Soymilk Meal on Butter Cake Quality

สุภาวิณี แสนทวีสุข[1] และ มาลีน่า สันเต๊ะ[1]

Saentaweesuk, S.[1] and Santea, M.[1]

Abstract

This research was aimed to study the effect of substitution of wheat flour by soymilk meal (0, 20, 30, 40 and 50 %, flour basis) on butter cake quality. Physical properties and sensory attributes of batter and butter cake were determined. The results showed that the rising levels of soymilk meal replacement gave a significant decrese in the specific volume and increase in viscosity of batter. Texture analysis displayed that hardness of baked sample was tended to increase when the amount of soymilk meal in butter cake increased, while springiness had no significantly difference. For color parameters, lightness (L*) of baked samples apparently decreased, whereas the increasing of redness (a*) and yellowness (b*) were observed. Sensory evaluation using 9-point hedonic scales illustrated that the optimal substitution of soymilk meal was 30%. All liking scores for color, odor, taste, texture and overall acceptance were 7.32, 7.55, 7.40, 7.05 and 7.50 respectively. The 30% soymilk meal butter cake contained higher protein, carbohydrate, fat, crude fiber and ash than the control butter cake.

Keywords: soy Milk meal, wheat flour, butter cake

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กที่ระดับร้อยละ 0, 20, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง) ประเมินคุณภาพของบัตเตอร์เค้กโดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะของแบตเตอร์และบัตเตอร์เค้กลดลง ส่วนความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างที่ผ่านการอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่น ไม่ต่างกันในทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าค่าความสว่าง (L*) ของตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับร้อยละ 30 โดยมีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.32, 7.55, 7.40, 7.05 และ 7.50 คะแนน ตามลำดับ และพบว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 30 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้าสูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุม

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง แป้งสาลี บัตเตอร์เค้ก

คำนำ

ถั่วเหลือง (soyabean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max (L.) merrill* เป็นพืชที่จัดอยู่ในระหว่างพืชตระกูลถั่ว (legumes) และน้ำมัน (oilseeds) (สมชาย, 2535) ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 40 ไขมันประมาณร้อยละ 20 (Wolf, 1972) ซึ่งถือเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญจากพืช นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยเกลือแร่และวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และโปแตสเซียม ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย มีการนำถั่วเหลืองมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืช ประมาณร้อยละ 70 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้นอกจากจะได้น้ำมันถั่วเหลืองเพื่อใช้บริโภค และใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง อาทิ สีทาบ้าน ปลาทูน่ากระป๋อง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำถั่วเหลืองไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ประมาณร้อยละ 30 ได้แก่ การผลิตอาหารสัตว์ และการแปรรูปอาหารเช่น แป้งถั่ว

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Division of Food Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranahon Si Ayutthaya 13000

เหลือง น้ำนมถั่งเหลือง เต้าหู้ ฟองเต้าหู้ ถั่วเหลืองงอก ซีอิ้ว เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ และถั่วเน่า เป็นต้น (สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2556) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าการนำถั่วเหลืองมาแปรรูปมีจำนวนเพิ่มขึ้นทั้งในภาคเอกชน และในครัวเรือน ทำให้เกิดของเสียที่ได้จากการแยกน้ำนมถั่วเหลืองออก เรียกว่า กากถั่วเหลืองหรือโอคารา ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ โดยกากถั่วเหลืองจะมีความชื้นร้อยละ76-80 โปรตีนร้อยละ 3.5-4.0 เมื่อเป็นของแห้งจะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 23.6-24.0 และไขมันร้อยละ 8.2-15.2 นอกจากนี้ยังพบว่าในกากถั่วเหลืองยังประกอบไปด้วยเส้นใยอาหารทั้งประเภทละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ รวมทั้งสารประกอบพฤกษเคมี เช่น ไอโซฟลาโวน ซาโปนิน และมีโปรตีนที่จำเป็น ซึ่งปริมาณของกากถั่วเหลืองที่ได้มีปริมาณสูง เป็นปัญหาในการกำจัด โรงงานอุตสาหกรรมจึงนิยมอบแห้งกากถั่วเหลืองเพื่อขายเป็นอาหารสัตว์ (ยุพร, 2548)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบได้รับความนิยมแก่ผู้บริโภคโดยเฉพาะขนมอบประเภทเค้ก เป็นอาหารที่มีรสหวานและผ่านกระบวนการอบ นิยมรับประทานเป็นของหวาน ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แป้งสาลี โดยแป้งสาลีจะมีโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบสำคัญทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามข้าวสาลีที่ปลูกในประเทศไทยนั้นยังคงมีปริมาณผลผลิตต่ำ และคุณภาพไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตขนมอบ ดังนั้นจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีมูลค่าสูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วย ในงานวิจัยนี้จึงได้มีความสนใจนำกากถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์ในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภท เค้กเนยหรือบัตเตอร์เค้ก เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าแป้งสาลี อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยเพิ่มมูลค่าและลดของเสียที่เกิดจากการแปรรูปถั่วเหลืองอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกากถั่วเหลืองโดยนำกากถั่วเหลืองมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบลมร้อนหรือจนมีความชื้นร้อยละ 7 โดยน้ำหนักแห้ง นำกากถั่วเหลืองมาลดขนาดด้วยการบด จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อน บรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน (PE) ผนึกปากถุงด้วยความร้อนเพื่อป้องกันความชื้นและการเกิดกลิ่นหืน

ส่วนผสมของบัตเตอร์เค้กประกอบด้วย แป้งเค้ก เนยสด น้ำตาลทรายป่น ไข่ไก่ เกลือ นมข้นจืด กลิ่นวนิลลา เอสพี และผงฟู สำหรับวิธีการทำบัตเตอร์เค้กเริ่มจากร่อนแป้ง น้ำตาลทรายละเอียด เกลือ ผงฟู เข้าด้วยกัน พักไว้ นำไข่ไก่ นมข้นจืด กลิ่นวานิลลา เอสพี เนย และส่วนผสมที่ร่อนเตรียมไว้มาตีรวมกันด้วยความเร็วต่ำ 1 นาที จากนั้นตีส่วนผสมด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 5 นาที ทาเนยขาวในพิมพ์ กรุกระดาษไขให้ทั่วพิมพ์เค้ก เทเค้กลงไปเกลี่ยหน้าให้เนียน เคาะเค้กเบาๆ 2-3 ครั้ง นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 30 นาที

ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลือง โดยการใช้การกากถั่วเหลืองต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 0:100, 20:80, 30:70, 40:60 และ 50:50 วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) วิเคราะห์คุณภาพกายภาพของบัตเตอร์เค้ก ได้แก่ วัดความหนืดของแบตเตอร์ด้วยเครื่อง Viscometer โดยใช้หัววัด R-6 และ R-7 ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที วัดปริมาตรจำเพาะของแบตเตอร์ (Specific Volume) (AOAC, 2000) วัดปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก (Specific Volume) ด้วยวิธี Rapeseed Displacement โดยใช้การแทนที่ด้วยเมล็ดงา (AOAC, 2000) วัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser/TA.XT.Plus) โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) และค่าการคืนตัว (Springiness) (ดัดแปลงจากวิธีของ Gómez และคณะ, 2007) โดยใช้หัววัดชนิด Cylindrical probe ขนาด 25 มม. วัดค่าสี L*, a*,b* (Hunter lab / Miniscan XE Plus) และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของ ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scales โดยใช้ผู้ทดสอบ 40 คน ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม นำสูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงที่สุดมาวิเคราะห์ Proximate analysis (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต) ตามวิธี AOAC, (2000) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดของแบตเตอร์เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะในกากถั่วเหลืองมีใยอาหารซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) ซึ่งเกิดการสร้าง พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bonding) กับน้ำ จึงทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ส่งผลทำให้ค่าความหนืดของแบตเตอร์เพิ่มขึ้น และส่งผลให้มีปริมาตรจำเพาะลดของแบตเตอร์และบัตเตอร์เค้กลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลืองทำให้โปรตีนกลูเต็นซึ่งมีสมบัติในการดูดซับน้ำในส่วนผสมลดลง และทำให้ความคงตัวของอิมัลชัน และความสามารถในการกักเก็บอากาศลดลง (อุทัยวรรณและสุนทรี, 2533) (Table 1)

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (P≤0.05) ในขณะที่ค่าการคืนตัวไม่ต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้เมื่อเติมกากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณกลูเตนในผลิตภัณฑ์ลดลง ผลิตภัณฑ์จึงมีความยืดหยุ่นน้อย เนื่องจากกลูเตนมีลักษณะเหนียว และยืดหยุ่นได้ กลูเตนจะเป็นตัวเก็บก๊าซ ทำให้เกิดโครงร่างของผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อน (จิตธนา และ อรอนงค์, 2539) จึงส่งผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อมีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับสูงขึ้น (Table 1)

การวิเคราะห์ค่าสีพบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง (P≤0.05) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น (P≤0.05) (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีสีคล้ำกว่าแป้งสาลี และในขั้นตอนการอบเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (maillard reaction) ในผลิตภัณฑ์ บัตเตอร์เค้ก ซึ่งมีสาเหตุมาจากถั่วเหลืองมีโมโนแซคคาไรด์ เช่น กลูโคส ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม รีดิวซิ่งซูการ์ (Reducing Sugar) เป็นองค์ประกอบ ส่งผลให้บัตเตอร์เค้กจากกากถั่วเหลืองมีสีคล้ำกว่าบัตเตอร์เค้กสูตรควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกอร (2555)

จากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ลดลง (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของกากถั่วเหลืองที่มากขึ้น ส่งผลทำให้เนื้อของบัตเตอร์เค้กเกิดการร่วนซุย และมีกลิ่นของถั่วเหลืองมากขึ้น และจากการทดลองพบว่าปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วเหลืองได้สูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 30 โดยคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ที่ 7.32, 7.55, 7.40, 7.05 และ 7.50 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อนำบัตเตอร์เค้กสูตรดังกล่าวมาวิเคราะห์ Proximate analysis พบว่า โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้า มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุม (Table 4)

Table 1 Viscosity, specific volume of batter and Texture profile of butter cake as affected by different substitution levels of soymilk meal

Soymilk Meal (%)	Viscosity (cP)	Specific Volume of Batter (g/cm^3)	Specific Volume of Butter Cake (cm^3/g)	Hardness	Springiness
0	8614.33^e ± 0.14	1.40^a ± 0.00	3.56^a ± 0.00	2.55^e ± 0.09	0.86^a ± 0.03
20	16435.50^d ± 0.24	1.34^b ± 0.00	3.51^b ± 0.00	2.89^d ± 0.01	0.83^{ab} ± 0.08
30	21702.67^c ± 0.47	1.29^c ± 0.00	3.52^b ± 0.00	3.61^c ± 0.09	0.78^{ab} ± 0.08
40	33215.00^b ± 0.46	1.24^d ± 0.00	3.45^c ± 0.00	4.64^b ± 0.03	0.79^{ab} ± 0.09
50	40132.84^a ± 1.18	1.04^e ± 0.00	3.42^d ± 0.01	6.21^a ± 0.24	0.76^b ± 0.07

$^{a,b,c,..}$Means in the same column with difference letters are significantly difference (p≤0.05).

Table 2 Color values (L*,a*,b*) of butter cake as affected by different substitution levels of soymilk meal

Soymilk Meal (%)	L*	a*	b*
0	84.58^a ± 0.25	2.85^d ± 0.40	32.44^c ± 0.31
20	81.78^b ± 0.45	3.85^c ± 0.18	35.83^b ± 0.16
30	81.33^{bc} ± 0.10	4.36^{cb} ± 0.10	36.07^{ba} ± 0.18
40	80.68^c ± 0.86	4.77^{ba} ± 0.40	36.95^{ba} ± 1.03
50	80. 55^c ± 0.42	5.12^a ± 0.49	37.14^a ± 0.76

$^{a,b,c,..}$Means in the same column with difference letters are significantly difference (p≤0.05).

Table 3 Sensory scores of butter cake as affected by different substitution levels of soymilk meal

Soymilk Meal (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	8.05^a ± 0.74	7.65^a ± 1.05	7.90^a ± 0.84	8.07^a ± 0.94	8.32^a ± 0.79
20	7.37^b ± 0.95	7.42^{ab} ± 1.17	7.52^a ± 0.87	7.30^b ± 1.15	7.67^b ± 0.85
30	7.32^b ± 0.97	7.55^{ab} ± 1.21	7.40^a ± 1.15	7.05^{bc} ± 1.35	7.50^{bc} ± 0.96
40	7.05^b ± 0.98	6.97^b ± 1.40	6.87^b ± 1.20	6.62^c ± 1.37	7.15^c ± 1.07
50	6.57^c ± 1.12	6.37^c ± 1.62	6.25^c ± 1.46	5.92^d ± 1.30	6.55^d ± 0.95

$^{a,b,c,...}$Means is the same column with difference letters are significantly difference (p≤0.05)

Table 4 Quality of butter cake

Soymilk Meal (% d.b.)	Protein	Carbohydrate	Fat	Fiber	Ash
0 (Control)	7.73 ^{b} ± 0.00	40.01 ^{a} ± 0.13	26.25 ^{b} ± 0.11	0.08 ^{b} ± 0.00	1.61 ^{b} ± 0.01
30	8.96 ^{a} ± 0.02	35.36 ^{b} ± 0.19	27.79 ^{a} ± 0.13	2.30 ^{a} ± 0.21	1.90 ^{a} ± 0.03

$^{a,b,c,..}$Means in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การเพิ่มปริมาณกากถั่วเหลืองในส่วนผสมมีผลต่อปริมาตรจำเพาะ ความหนืด ความแข็ง การคืนตัว และค่าสีของบัตเตอร์เค้ก ทำให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ลดลง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณกากถั่วเหลืองเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กสามารถทดแทนได้สูงถึงร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กนกอร พันตะชนะ, 2555, การใช้กากถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มคุณค่าอาหารโภชนาการในเค้กผลไม้, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 46 หน้า.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2539, เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 224 หน้า.

ยุพร พืชกมุทร, 2548, การผลิตขนมทองม้วนจากกากถั่วเหลืองที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง, การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 7 เรื่องเทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก, ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค, กรุงเทพมหานคร, 22-24 มิถุนายน.

สมชาย ประภาวัต, 2535, ผลิตภัณฑ์อาหารถั่วเหลืองที่เหมาะสม, วารสารอาหาร, 13(3): 160-163.

สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2556, นโยบายและมาตรการการนำเข้ากากถั่วเหลืองปี 2554, วารสารธุรกิจอาหารสัตว์ (139): 26-46.

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และสุนทรี สุวรรณสิชณน์, 2553, ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 8 หน้า

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA., U.S.A

Wolf, W.J., 1972, What is Soy Protein: Food Technology, Norhern Utilization Research and Development Division, 44 p.

Gomez, E.J., Montero, P., Gimenez, B. and Gomez-Guillen, M.C., 2007, Effect of Functional Edible Films and High Pressure Processing on Microbial and Oxidative Spoilage in Cold Smoked Sardine (*Sardine pilchardus*), Food Chemistry, 105: 511-520.

การเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และก๊าซชีวภาพต่อการจัดระยะปลูกหญ้าเขตร้อน 7 พันธุ์

Growth Biomass and Biogas Production of Seven Tropical Grasses under Different Crop Spacing

ประณต มณีอินทร์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] นพ ตัณมุขยกุล[1] จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1]

Mani-in, P.[1], Thobunluepop, P.[1], Tonmukayakul, N.[1], ChangKaewmanee, J.[1], Muangpan, J.[1] and Pongtip, A.[1]

Abstract

This study was aimed to evaluate crop growth, biomass and biogas production of seven tropical grasses under different crop spacing. Split-plot in randomized complete block design was conducted with 3 replications. Main-plot, crop spacing were 50x50, 75x75, 100x100 and 150x150 cm. Sub - plot, tropical grasses were Pak-chong 1 (PC1), Taiwan A148 (TA148), King nepier (King), Bana, Mott, Muak-lek (ML), and Mombaza (MZ). The result showed that net assimilation rate (NAR) was significant different while MZ, ML, and Mott showed the lowest NAR. Moreover, crop growth rate (CGR) and leaf area index (LAI) highest under 50x50 cm^2 of crop spacing, which was significantly different from other crop spacing. Interaction between grasses and crop spacing showed significant difference of biomass yield. Mott showed the highest biomass yield (87 tonn ha^{-1} $year^{-1}$) when grown under 50x50 cm crop spacing. Additionally, Bana and King could produce the highest biogas yield. On the other hand, Bana provided the highest biomethane yield. However, area-specific biogas and biomethane yield significant difference by grasses, crop spacing and their interaction. Area-specific biogas provided highest by Mott that grown under 50x50 cm (8,938 m^3 ha^{-1} $year^{-1}$)

Keywords: biogas, crop spacing, tropical grass, gas composition

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และก๊าซชีวภาพต่อระยะปลูกหญ้าเขตร้อน 7 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Split-plot in RCBD โดยมีปัจจัยหลักคือ ระยะปลูกประกอบด้วย 50x50, 75x75, 100x100 และ 150x150 cm.ปัจจัยรองคือ พันธุ์หญ้า ประกอบด้วยพันธุ์ ปากช่อง1, บาน่า,คิงเนเปียร์, ไตหวัน เอ148, ม๊อท, ,ม๊วกเหล็กและกินนีบอมมาซ่าจากการทดลองพบว่า พันธุ์กินนีมอมบาซ่า, ม๊วกเหล็กและ ม๊อทเนเปียร์ มีประสิทธิการสังเคราะห์แสงใบ(NAR) น้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามที่ภายใต้การจัดการระยะปลูกที่ 50x50 cm.มีอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (CGR) และ อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก (LAI) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้ากับการจัดการระยะปลูกพบว่าที่ระยะปลูก 50x50 กับ พันธุ์ม็อทเนเปียร์ ให้ผลิตชีวมวลสูงสุดที่ 87 tonn ha^{-1} $year^{-1}$ นอกจากนี้หญ้าพันธุ์บาน่า และคิงเนเปียร์ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพ และหญ้าพันธุ์บาน่าให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่และ ก๊าซมีเทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งพันธุ์หญ้า การจัดการระยะปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้ากับการจัดการระยะปลูก ทั้งนี้ผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดที่ระยะปลูก 50x50 cm.กับ หญ้าพันธุ์ม็อทเนเปียร์8,938 m^3 ha^{-1} $year^{-1}$

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ การจัดการระยะปลูก หญ้าเขตร้อน องค์ประกอบก๊าซ

Introduction

Tropical grass in Thailand can to develop for yield biomass and biogas by crop spacing and grass varieties. Weerask *et al.*, (1999) found that Mott varieties gave biomass yield than more king nepier and Bana verities. For tropical grass, cell wall contains cellulose, hemicellulose and lignin. Cellulose and hemicelluloses were digestable in renewable energy process although lignin was not digestable. Therefore, energy could be produced from tropical grasses by digestibility process. Biogas can be produced by anaerobic

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

digestion using anaerobic bacteria for digesting of biodegradable materials such as manure, plant materials, and crops. Thus, the experiment was aimed of evaluate crop growth, biomass and biogas production of seven tropical grasses under different crop spacing.

Materials and Methods

The experimental was split-plot conducted by using randomized complete block design with 3 replications. Main plot was 4 crop spacing with 50 X 50, 75 X 75, 100 X 100 and 150X150 cm^2. Sub plot was 7 tropical grasses with pack-chong1 napier, Bana napier, King napier, Tiwan A148 napier, Mott mapier, Mulklek napier and Guinnemombaza varieties. A tropical grass was applied NH^3 rate at 90 $kg^{-1}rai^{-1}year^{-1}$and cutted at 120 day after first cut. Then the grass samples were mashed into 1cm. practical size. The data collections were plant height, dry wright, and growth analysis (LAI, CGR, NAR).

The biogas was produced from 7 tropical grasses in digestion from bacteria. The digestion process consisted of 4 stages which started by 2 days of hydrolysis, 13 days of acido and actogenesis and 30 day of methanogenesis stage. The condition of digester was mono digestion at 40 degree Celsius at retention time 30 days. Then, biogas was analysis by gas analyzer (MODEL.Z92P PLYSOURCE.CO.LTD). The data collections were biomass yield, and biogas yield and their composition (methane and carbon dioxide percentage).

Results

Moreover, Mott dwarf napier produced highest of biomass yield of 7234 kg rai^{-1} $year^{-1}$. Mott dwarf produced the highest Crop growth rate (CGR) and Lift area index (LAI). Additionally, the correlation between biomass yield, LAI and CGR. Showed that biomass yield was positively correlated with both LAI and CGR. However, the result showed CGR was more correlated with biomass yield as compared to LAI. Crop spacing of 50 x 50 cm. produced highest of biomass (10248 kg rai^{-1} $year^{-1}$). Crop spacing at 50 x 50 resulted highest CGR and LAI. However, NAR was not significantly different among crop spacing (Table 1).

Table 1 Biomass yield, CGR, LAI, and NAR production to 4 crop spacing

Crop spacing (cm.)	CGR ($kg^2m^2day^{-1}$)	LAI	NAR ($kg^2m^2day^{-1}$)	Dry matter (Kg rai^{-1} $year^{-1}$)
50x50	0.0190a	0.0229a	1.0613	10248a
75x75	0.0107b	0.0071b	1.1762	5235b
100x100	0.0096b	0.0099b	1.1597	4429c
150x150	0.0066b	0.0097b	1.0943	3057d

Bana grass resulted the highest feedstock-specific biogas and methane yield production. However, its potential was not significantly different from Pank-chong 1 and King napier. Additionally, Mott dwarf produced the highest area-specific biogas yield of 470.17 m^3 rai^{-1} $year^{-1}$. However, it was not statistically different from Bana varieties 437.07 m^3 rai^{-1} $year^{-1}$. Addition to higher biogas yield, Bana grass also produced area-specific the highest methane yield of 249.24 m^3 rai^{-1} $year^{-1}$(Table 1).

Table 1 Feedstock specific and Area-specific of biogas and methane production from 7 tropical grasses

Grass tropical Varieties	Feedstock-specific biogas yield (m^3 ton^{-1}_{ODM})	Feedstock-specific methane yield (m3 ton^{-1}_{ODM})	Area-specific biogas yield (m^3 rai^{-1} $year^{-1}$)	Area-specific methane yield (m^3 rai^{-1} $year^{-1}$)
Kinnee	48.562bc	15.183e	231.56c	78.53d
Mulk-lek	39.975c	16.162e	251.76c	118.67cd
Mott	49.003bc	20.024de	470.17a	171.88bc
Pank-chong	63.529ab	38.152ab	380.27ab	214.32ab
Bana	75.252a	45.406a	437.07ab	249.24a
king nepier	68.422a	34.852bc	375.33ab	183.11b
Tiwan A148	57.294abc	26.655cd	336.02bc	158.92bc

ODM= organic dry meter

In them, crop spacing was not significantly different production of feedstock specific biogas. However, crop spacing of 50 x 50, 75 x 75 and 100 x 100 cm result the highest feedstock-specific methane of 31.54, 30.00 and 30.42 m^3 ton^{-1}_{ODM} respectively. Additionally, crop spacing of 50 x 50 cm. result the highest area-specific biogas and methane of 721.05 and 326.3 m^3 $rai^{-1}year^{-1}$,respectively (Table 2).

Table 2 Feedstock specific and Area-specific of biogas and methane production from tropical grasses grown under 4 crop spacing

Crop spacing (cm.)	Feedstock-specfic biogas yield (m^3 ton^{-1}_{ODM})	Feedstock-specfic Methane yield (m3 ton^{-1}_{ODM})	Area-specific biogas yield (m^3 ha^{-1} $year^{-1}$)	Area-specific methane yield (m^3 rai^{-1} $year^{-1}$)
50x50	69.32 a	31.54 a	721.05 a	326.30 a
75x75	63.96 a	30.00 a	347.04 b	172.71 b
100x100	57.69 a	30.42 a	251.24 bc	127.95 b
150x150	38.74 a	20.26 b	99.04 c	044.27 c

Discussion

The experimental the results show that Bana grass had the highest potential of biogas and methane production (2732 and 1558 m^3 ha^{-1} $year^{-1}$) respectively. Because, Bana grass produced high potential of area-specific biogas and methane yield. But, Germany were produces methane gas from Meadow-fesue grass and Ryegrass grasses at 2601 and 2014 m^3 ha^{-1} $year^{-1}$(Mahnert *et al*., 2002) (Table 3). However, the comparison between Bana grass in Thailand and Meadow-fesue grass in Germany was differently because of Meadow-fesue grass produces height yield biomass and potential for produce bio-methane. So, Grass in Thailand can be increase yield biomass and potential for produce bio-methane by optimum cutting interval and improve new grass.

Table 3 Comparison methane area-specific yield between tropical grass in Thailand and grass energy in Germany

Grass varieties	Area-specific biogas yield (m^3 ha^{-1} $year^{-1}$)	Area-specific methane yield(m^3 ha^{-1} $year^{-1}$)	Reference
Mott	2,939	1,074	-
Pank-chong1	2,377	1,340	-
Bana	2,732	1,558	-
king nepier	2,346	1,144	-
Timoty	n.r.	1,360	(Mahnert *et al*., 2002)
Meadow fesue	n.r.	2,621	(Mahnert *et al*., 2002)
Ryegrass	n.r.	2,041	(Amon *et al*., 2007)

Summary

Bana grasses at crop spacing of 50x50 produce a height biomass yield. Thus, biomass yield can be forestalled by CGR and LAI. Bana grasses at crop spacing 50 x 50 cm. has a good potential for biogas production, because it gave high biogas and methane yield.

Acknowledgement

The authors thank Nation Science and Technology Development Agency (NSTDA) for research financial supported.

Literature Cited

Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmuller, A., Hopfner-Sixt, K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Potsch, E., Wagentristl, H., Schreiner M. and Zollitsch, W., 2007, Methane Production through Anaerobic Digestion of Various Energy Crops Grown in Sustainable Crop Rotations, Bioresource Technology, 98: 3204-3212.

Prochnow, A., Heiermann, M., Plochl, M., Linke, B., Idler, C., Amon, T. and Hodds, P.J., 2009, Bioenergy from Permanent Grassland–A Review: 1.Biogas, Bioresource Technology, 100:4931-4944.

Sollenberger, L.E., Prine, G.M., Ocumpaugh, W.R., Hanna, W.W., Jones, C.S., Schank JR., S.C. and Kalmbacher, R.S., 1989, Registration of Mott Dwarf Elephant Grass, Crop Science, 29: 827-828.

การตอบสนองทางด้านสรีรวิทยา ผลผลิตชีวมวล และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวมวลของหญ้าเขตร้อนภายใต้สภาพการจัดการธาตุไนโตรเจน

The Responsibility of Physiology Biomass Yield and Biogas Productivity of Tropical Grasses Under Difference of Nitrogen Management

คมกฤช ธัญวชิรวิทย์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] และ นพ ตันมุขยกุล[1]
Thanyavachirawit, K.[1], Thobunluepop, P.[1] and Tonmukayakul, N.[1]

Abstract

The experiment was aimed to evaluate the physiological response, biomass yield and biogas productivity of tropical grasses under different nitrogen application. The experiment was designed a Split - plot in Randomized Completely Block with three replications. Main - plot was four Napier grass cultivars; Bana (BN), Pakchong 1 (PC1), Muak-lek (ML) and Mott (MT). Sub - plot was four levels of nitrogen application rate (0, 281.25, 562.5 and 937.5 kg of NH_4^+ ha^{-1} $year^{-1}$). The grasses were harvested every 30 days which was then used for biogas production. The result found that leaf area, leaf area index, stems per bunch, and leaf – stem ratio were not significantly different among all treatments. BN cultivar provided the highest crop growth rate (CGR) (0.91×10^{-2} g. cm^2). Moreover, nitrogen at 937.5 kg of NH_4^+ ha^{-1} $year^{-1}$ increased CGR of all cultivars. PC1 applied with 937.5 kg NH_4^+ ha^{-1} $year^{-1}$ of nitrogen fertilizer produced the highest of biomass yield (52.23 tons DM ha^{-1} $year^{-1}$). Interestingly, all tropical grass cultivars treated with 937.5 Kg of NH_4^+ ha^{-1} $year^{-1}$ could produce high biogas yield (7,909.2 m^3 ha^{-1} $year^{-1}$). Finally, the application of nitrogen fertilizer at 562.5 and 937.5 Kg of NH_4^+ ha^{-1} $year^{-1}$ of all tropical grass cultivars produced high methane yield (2,731.8 and 2,578.0 m^3 ha^{-1} $year^{-1}$, respectively).

Keywords: biomass, grass, nitrogen, biogas

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยา ผลผลิตชีวมวล และผลิตภาพก๊าซชีวภาพจากหญ้าเขตร้อน 4 พันธุ์ ภายใต้การจัดการอัตราธาตุไนโตรเจน โดยวางแผนการทดลองแบบ Split - plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดยปัจจัยหลัก คือ หญ้าเนเปียร์ 4 พันธุ์ (บานา ปากช่อง 1 มวกเหล็ก และม็อท) ปัจจัยรอง คือ อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (0, 281.25, 562.5 และ 937.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี) โดยทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตหญ้าทุก 30 วัน และนำเข้าสู่กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการศึกษา พบว่า ค่าพื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนใบต่อต้นของหญ้าเขตร้อนภายใต้ระดับไนโตรเจนต่างๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ พันธุ์บานาม่มีอัตราการเติบโตต่ำสุด ($P<0.05$) (0.91×10^{-2} กรัม เซนติเมตร^2) ในขณะที่การใช้ธาตุไนโตรเจนในอัตรา 937.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี เพิ่มอัตราการเติบโตของหญ้าเขตร้อนได้มากที่สุด ในขณะที่จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนใบต่อต้นระหว่างพันธุ์ และอัตราธาตุไนโตรเจนต่างๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 937.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปีให้ผลผลิตชีวมวลแห้งสูงสุด 52.23 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี หญ้าทุกพันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 937.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงสุด (7,909.2 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี) แต่ที่ปุ๋ยไนโตรเจน 562.5 และ 937.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้สูงสุด (2,731.8 และ 2,578.0 ลูกบาศก์เมตรเมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ)

คำสำคัญ: ชีวมวล หญ้า ไนโตรเจน ก๊าซชีวภาพ

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

คำนำ

ปัจจุบันก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนหนึ่ง ที่ภาครัฐมีนโยบายในการสงเสริมการผลิตเพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ใช้อยู่เดิม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, 2555) โดยก๊าซชีวภาพเกิดจากการเปลี่ยนชีวมวลภายใต้กระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะประกอบด้วยก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหลัก (Vita, 2012) พืชตระกูลหญ้าเป็นแหล่งวัสดุชีวมวลที่มีศักยภาพเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลดังกล่าว เนื่องจากพืชกลุ่มนี้มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง สามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งในหนึ่งรอบการปลูก นอกจากนั้นพันธุ์หญ้า และการจัดการไนโตรเจนยังมีผลต่อการให้ผลผลิตชีวมวลของหญ้าด้วย (สายัณห์, 2547) อีกทั้งการจัดการการผลิตที่เหมาะสมยังมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของผลผลิตชีวมวล และผลผลิต และคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการอัตราไนโตรเจนที่มีศึกษาการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยา ผลผลิตชีวมวล และผลิตภาพก๊าซชีวภาพจากหญ้าเขตร้อน 4 พันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Split - plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์หญ้าเนเปียร์ 4 พันธุ์ (บานา ปากช่อง 1 มวกเหล็ก และม็อท) ปัจจัยรองการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (ปุ๋ยยูเรีย; 46-0-0) ในอัตราต่างๆ ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 281.25, 562.5 และ 937.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี ปลูกต้นกล้า อายุ 21 วัน ในแปลงทดลองย่อย (plot) ขนาด 9 ตารางเมตร ระยะปลูก 75 × 75 เซนติเมตร จำนวน 16 ต้นต่อแปลง โดยยกขอบแปลงสูง 35 เซนติเมตร และมีระยะห่างระหว่างแปลง 75 เซนติเมตร ให้น้ำโดยระบบน้ำหยด ใส่ปุ๋ยรองพื้น (สูตร 15-15-15) จำนวน 187.5 กิโลกรัมธาตุ ต่อเฮกตาร์ต่อปี โดยแบ่งใส่ทุกๆ 2 เดือน ทำการตัดหญ้าครั้งแรกหลังปลูก 45 วัน เพื่อเริ่มการทดลอง หลังจากนั้นตัดหญ้าทุกๆ 30 วัน จำนวน 12 ครั้ง และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามอัตราที่กำหนดในรูปปุ๋ยยูเรีย โดยแบ่งใส่ทุกครั้งหลังการตัด โดยใส่ครั้งแรกหลังการตัดเพื่อเริ่มการทดลอง บันทึกผลผลิต และสุ่มตัวอย่างหญ้าหลังจากเริ่มการทดลอง ทุกๆ 30 วัน เพื่อบันทึกลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช เช่น จำนวนต้นต่อกอ จำนวนใบต่อต้น ความสูงต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักผลผลิตสด น้ำหนักชีวมวลแห้ง จากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร นำเข้าสู่กระบวนการหมักย่อยเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้หญ้าและเชื้อจุรินทรีย์ในอัตรา 1:6 ภายใต้สภาวะไร้อากาศ บันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพ และก๊าซมีเทน เป็นเวลา 30 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษา อัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate) หญ้าพันธุ์บาน่ามีอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ต่ำที่สุด แต่ผลผลิตชีวมวล (biomass yield) ไม่แตกต่างกับพันธุ์อื่น ยกเว้นหญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีผลผลิตสูงที่สุด (Table 1) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวแตกต่างกับการศึกษาในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาของ Rengsirikul (2013) ที่พบว่าหญ้าพันธุ์บาน่าให้ผลผลิตชีวมวลสูงกว่า พันธุ์มวกเหล็ก และพันธุ์ม็อท และพบว่าพันธุ์ม็อทให้ผลผลิตก๊าซมีเทนได้สูงกว่าพันธุ์อื่น (79.90 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) อย่างไรก็ตามพันธุ์ปากช่อง 1 มีแนวโน้มให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อพื้นที่สูง ส่วนผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อตัน และ ก๊าซมีเทนต่อเฮกตาร์ต่อปี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Influence of cultivars on biomass yield, crop growth rate (CGR) and biogas productivity

cultivars	biomass yield (tons DM ha^{-1} $year^{-1}$)	CGR (10^{-2} g. cm^2)	biogas yield (m^3 $tons^{-1}$)	methane yield (m^3 $tons^{-1}$)	biogas yield (m^3 ha^{-1} $year^{-1}$)	methane yield (m^3 ha^{-1} $year^{-1}$)
Bana	32.19b	0.91b	198.33a	72.38b	6373.75ab	2269.00ab
Pakchong 1	37.49a	1.33a	190.64a	69.76b	7117.50a	2588.30a
Muak-lek	27.75b	1.09a	184.33a	68.59b	5545.00b	2227.60ab
Mott	29.25b	1.43a	195.18a	79.90a	5380.00b	2010.00b
LSD 0.05	*	*	ns	*	*	ns
CV%	16.65	24.53	10.74	9.81	20.04	21.10

a, b, c Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Influence of nitrogen application rate on biomass yield, crop growth rate (CGR) and biogas productivity

nitrogen application rate (NH_4^+ ha^{-1} year^{-1})	biomass yield (tons DM ha^{-1} year^{-1})	CGR (10^{-2} g. cm^2)	biogas yield (m^3 tons^{-1})	methane yield (m^3 tons^{-1})	biogas yield (m^3 ha^{-1} year^{-1})	methane yield (m^3 ha^{-1} year^{-1})
0	23.85d	1.24b	189.80a	69.49b	4513.13c	1647.88c
281.25	27.45c	1.32ab	193.22a	76.25b	5441.25c	2137.25b
562.50	32.57b	1.09b	199.74a	84.73a	6552.50b	2731.81a
937.50	42.81a	1.63a	185.72a	60.15c	7909.38a	2578.00a
LSD 0.05	*	*	ns	*	*	*
CV%	12.37	30.43	14.21	12.05	20.25	19.10

a, b, c Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Influence of cultivars and nitrogen application rate on biomass yield and biogas productivity

cultivars	nitrogen application rate (NH_4^+ ha^{-1} year^{-1})	biomass yield (tons DM ha^{-1} year^{-1})	biogas yield (m^3 tons^{-1})	methane yield (m^3 tons^{-1})	biogas yield (m^3 ha^{-1} year^{-1})	methane yield (m^3 ha^{-1} year^{-1})
Bana	0	20.44i	210ab	88.37bc	4338.13efg	1825.44def
	281.25	30.19efg	196.86abc	74.81cde	6105.00bcde	2320.00cd
	562.50	39.63bc	202.75abc	73.01def	8048.13ab	2898.19abc
	937.50	38.50bcd	183.72bcd	53.32hi	7003.13bcd	2032.38d
Pakchong 1	0	30.94def	164.7cd	59.85fgh	5123.75defg	1862.06de
	281.25	34.52bcde	213.33ab	81.78bcd	7383.13abd	2830.19abc
	562.50	32.27cdef	206.27abc	75.93cde	6671.25bcd	2455.75bcd
	937.50	52.23a	178.23bcd	61.49efgh	9290.63a	3205.31ab
Muak-lek	0	18.54i	172.94bcd	57.59gh	3193.13g	1063.38f
	281.25	22.06hi	149.35d	54.06hi	3376.25fg	1222.25ef
	562.50	29.23efg	182.88bcd	79.43cd	5455.63cdef	2351.06cd
	937.50	41.17b	232.16a	83.3bcd	9494.38a	3403.44a
Mott	0	23.04ghi	211.57ab	72.14defg	5398.13cdef	1840.69def
	281.25	25.48fghi	213.33ab	94.37b	4899.38defg	2176.50cd
	562.50	29.15efgh	207.06abc	110.57a	6034.38bcde	3222.31ab
	937.50	39.33bc	148.76d	42.5i	5848.13cde	1670.88def
LSD 0.05		*	*	*	*	*
CV%		12.37	14.21	12.05	20.25	19.10

a, b, c Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

และจาก Table 2 พบว่าอัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตชีวมวล ของหญ้าที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี สูงสุด สอดคล้องกับการทดลองของ Norsuwan และคณะ (2014) พบว่าระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตชีวมวลเพิ่มมากขึ้น โดยระดับไนโตรเจนอัตรา 300 และ 240 มีผลผลิตสูงกว่า ที่ 0 และ 120 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี จากการทดลองอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ของหญ้ามีแนวโน้นสูงขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี และพบว่าผลผลิตก๊าซมีเทนสูงสุดที่ระดับปุ๋ย 562.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี (84.73 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) ที่ระดับปุ๋ย 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด (7,909.38

ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี) อย่างไรก็ตามผลผลิตก๊าซมีเทนที่ระดับปุ๋ย 562.50 และ 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี สูงสุด โดยมีผลผลิตก๊าซมีเทน 2,731.81 และ 2,578.00 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ

จากการทดลองหญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี ให้ผลผลิตชีวมวลสูงสุดถึง 52.23 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตก๊าซมีเทนต่อตันของหญ้าพันธุ์ม๊อทที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 562.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี จะให้ผลผลิตสูงสุด (110.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) และผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อตัน ก๊าซชีวภาพต่อเฮกตาร์ต่อปี และก๊าซมีเทนต่อเฮกตาร์ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3)

สรุปผล

หญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 มีผลผลิตชีวมวลสูงสุด แต่หญ้าพันธุ์ม๊อทจะให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อตันสูงสุด และหญ้าพันธุ์บาน่ามีการเจริญเติบโตน้อยกว่าพันธุ์อื่น ระดับไนโตรเจนที่ 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี ให้ผลผลิตชีวมวล และผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อเฮกตาร์ต่อปี สูงสุด หญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 937.50 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี ให้ผลผลิตชีวมวลสูงสุด หญ้าพันธุ์ม๊อทที่ได้รับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระดับ 562.5 กิโลกรัม NH_4^+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี สามารถผลิตก๊าซมีเทนต่อตันได้สูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการวิจัยนี้ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการสำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์สำหรับงานวิจัย ให้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555, สถิติพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) 2555, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Rengsirikul K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S., 2013, Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napiergrass (Pennisetum purpureum Schumach.) Harvested 3-Monthly in Central Thailand, Journal of Sustainable Bioenergy System, 3: 107-112

Norsuwan, T., Marohn, C. and Jintrawet A., 2014, Effects of Irrigation Treatments and Nitrogen Applications on Napier Grass Planted in Dry Season as Energy Crop at Chiang Mai Province, Khon Kaen Agriculture Journal, 2: 42.

Vita, T., Venslauskas, K., Navickas, K., Zuperka, V., Dabkevicius, Z. and Kadziuliene, Z., 2012, The Biomass and Biogas Productivity of Perennial Grasses, Agriculture, 99: 17–22.

ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำข้าวเหนียวดำหมัก

Effect of Lactic Acid Bacteria on the Antioxidant Properties of Fermented Black Glutinous Rice Solution

กัญญาณี ศรีโพธิ์[1] ตรี อินดรารินี เวียยันโทโร[1] และ อภิรักษ์ เพียรมงคล[1]

Sripo, K.[1], Wirjantoro, T.I.[1] and Phianmongkhol, A.[1]

Abstract

Black glutinous rice solution was fermented by different species of lactic acid bacteria to understand the activity of the bacteria on the antioxidant properties of the rice solution. Four species of lactic acid bacteria, including *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* at a level of 5.0 cfu/ml, were individually inoculated into the rice solution, either with or without rice particles, and incubated at 41$\pm$1°C until the solution reached to a pH value of 4.5 or below. Analyses of the fermented black glutinous rice solution showed that the rice solution with rice particles (no filtration) had higher phenolic compounds than those of the filtered solution, irrespectively to the types of lactic acid bacteria. The addition of *Lb. bulgaricus* in the black glutinous rice solution with rice particles produced the highest anthocyanin and phenolic compounds with a significant lower phytic acid compared to the control rice solution (no addition of lactic acid bacteria). The highest 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity was determined in the rice solution incubated with *Lb. acidophilus* and *Lb. casei* ($p<0.05$). Finding from this study clearly indicated that each lactic acid bacterium generated a particular effect on the antioxidant properties of the black glutinous rice solution.

Keywords: black glutinous rice, lactic acid bacteria, antioxidant properties, fermentation

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวดำถูกนำมาทำให้เป็นน้ำข้าวเหนียวดำโดยผ่านการปั่นเมล็ดข้าวแล้วนำไปต้ม หลังจากนั้นทำการกรองและไม่กรองด้วยวิธีปลอดเชื้อ หมักด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกต่างสายพันธุ์ ประกอบด้วย *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ที่ระดับ 5.0 cfu/ml และบ่มที่อุณหภูมิ 41$\pm$1°C จนกระทั่ง pH อยู่ที่ระดับ 4.5 หรือต่ำกว่า พบว่าน้ำข้าวเหนียวดำหลังการหมักโดยไม่ผ่านกรรมวิธีกรองนั้นให้ระดับสารประกอบฟีโนลิคที่มากกว่าน้ำข้าวเหนียวดำหลังการหมักโดยผ่านกรรมวิธีกรอง โดยไม่คำนึงถึงสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก การเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lb. bulgaricus* ในน้ำข้าวเหนียวดำโดยไม่ผ่านกรรมวิธีการกรองจะให้ปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีโนลิคสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และกรดไฟติกต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) จะพบได้สูงในกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกสายพันธุ์ *Lb. acidophilus* และ *Lb. casei* ($p\leq0.05$) จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกแต่ละสายพันธุ์มีผลต่อคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของน้ำข้าวเหนียวดำหมัก

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำหมัก แบคทีเรียกรดแลคติก คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ การหมัก

คำนำ

ข้าวเหนียวดำมีคุณค่าทางโภชนาการกว่าข้าวขาวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และแหล่งที่ปลูก (Suzuki และคณะ, 2004) รงควัตถุที่สำคัญของข้าวเหนียวดำประกอบด้วยสารแอนโทไซยานิน ได้แก่ cyanidin 3-glucoside และ peonidin 3-glucoside พบมากบริเวณผิวของเมล็ด (Ryu และคณะ, 1998) สารแอนโทไซยานินมีประสิทธิภาพสูงในการลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายของมนุษย์ (Lee และคณะ, 2008) peonidin 3-glucoside และ cyanidin 3-glucoside เป็นสารสำคัญที่ช่วยยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Chen และคณะ, 2006) อีกทั้งสารประกอบฟีโนลิคเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (Ryu และคณะ, 1998)

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50100

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro – Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100 Thailand

แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกจัดเป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive bacteria) รูปร่างท่อนเดี่ยวหรือต่อกันเป็นสายสั้น ไม่สร้างสปอร์ (non-spore forming) ไม่เคลื่อนที่ (non-motile) ถูกใช้ในอุตสาหกรรมการหมักอย่างกว้างขวาง (Li และคณะ, 2012; Asurmendi และคณะ, 2014) การเติมแบคทีเรียกรดแลคติกลงในผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อจุลินทรีย์อื่นๆ โดยการสร้างกรด สารยับยั้ง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เอทานอล ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อยับยั้งแบคทีเรียตัวอื่น (Ghanbari และคณะ, 2013; Asurmendi และคณะ, 2014; Oliveira และคณะ, 2014) และเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยมีงานวิจัยของจุลินทรีย์เกี่ยวกับการทำงานทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น ต้านอนุมูลอิสระและริ้วรอย (Li และคณะ, 2012) นอกจากนี้ ยังพบว่า *Lactobacillus plantarum* C88 ที่แยกได้จากการผลิตภัณฑ์อาหารหมักแบบดั้งเดิมของประเทศจีน มีสมบัติในการต่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระสูง Marazza และคณะ (2012) พบว่านมถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักด้วย *Lactobacillus rhamnosus* CRL981 ที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำข้าวเหนียวดำหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

บดเมล็ดข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L. indica) ให้เป็นผง ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh (595 µm). จากนั้นแช่ข้าวในน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1:5 (v/v) แล้วต้มที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 30 นาทีใน water bath แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกนำมากรองด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะไม่นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง (ในสารละลายมีเมล็ดข้าว)

ใช้แบคทีเรียกรดแลคติก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ใช้ Man Rogosa Sharpe (MRS) agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ lactobacill ในขณะที่ *Streptococcus* ใช้ M-17 agar ใช้ loop เขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเพื่อนำมาบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ M-17 ในสภาวะใช้ออกซิเจน (aerobically) ที่ 37±1°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ M-17 ที่ได้จากการบ่มมาปั่นเหวี่ยง (centrifugation) 8,000 rpm ที่ 4°C เป็นเวลา 10 นาที (Hermle, United States) แล้วล้าง 2 ครั้งด้วย Maximum Recovery Diluent (Oxoid, England) จากนั้นถ่ายใส่ในขวดที่มีน้ำข้าวเหนียวดำที่เตรียมไว้แล้วปริมาตร 100 ml โดยจำนวนเชื้อเริ่มต้นอยู่ที่ 5.0 log cfu/ml. (ภายในสภาวะที่ไม่มีการควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติกระหว่างการเก็บ) แล้วบ่มน้ำข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิ 41±1°C เป็นเวลา 16–24 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำข้าวเหนียวดำหมัก ดังนี้ ปริมาณแอนโทไซยานิน (anthocyanin contents) ดัดแปลงจาก Sompong และคณะ (2011) ปริมาณฟีนอลทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu คำนวณปริมาณ total phenolic compounds เทียบจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid (Tananuwong และ Tewaruth, 2010) วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activities) ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2- picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging method และคำนวณ %DPPH radical scavenging activity (Aruoma และคณะ, 1997) และวิเคราะห์ปริมาณกรดไฟติก (phytic acid) โดยใช้ colorimetric method (Kong และ Lee, 2010) วางแผนการทดลองแบบ factorial in randomized complete block design ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำข้าวเหนียวดำหมักมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.43-4.53 (ไม่แสดงข้อมูล) ค่า pH เหล่านี้ต่ำกว่าน้ำข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สูตรควบคุม) ที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.90-6.10 จากการตรวจหาแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกที่เหลือรอดหลังการหมัก พบว่าแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น 8.0-9.0 log cycles (ไม่แสดงข้อมูล) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำข้าวเหนียวดำสูตรควบคุมพบที่ 3.63-5.03 log cfu/ml.

ปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำข้าวเหนียวดำหมัก พบว่าเมื่อหมักร่วมกับเชื้อ *Lb. casei*, *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ *Lb. acidophilus* ($p \leq 0.05$) ที่มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสายพันธุ์ของ bifidobacteria และ lactobacilli มี β-glucosidase activity ที่สามารถลด anthocyanin glycosides ซึ่งจะทำให้มีปริมาณของแอนโทไซยานินสูงขึ้น (Ávilla และคณะ, 2009) ดังนั้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกในน้ำข้าวเหนียวดำหมักส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าว (antioxidant properties) (Table 1) น้ำข้าวเหนียวดำหมักที่ไม่ผ่านการกรองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิค (phenolic content) สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำข้าวเหนียวดำหมักที่ผ่านการกรอง แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลลิค

อาจไม่ละลายในสารละลาย (solution) ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของสายพันธุ์แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก พบว่าน้ำข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการกรองและหมักด้วย *Lb. bulgaricus* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิคสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการหมักด้วย *Lb. acidophilus*, *Lb. casei* และ *S. thermophilus*. Zhao และ Shah (2014) พบว่าความสามารถในการลด isoflavone glycoside ในนมถั่วเหลืองก็ขึ้นอยู่กับความสามารถของแบคทีเรียในการผลิต β-glucosidase และ β-galactosidase นอกจากนี้พวกเขายังพบความสามารถสูงสุดในการลด isoflavone glycoside ในนมถั่วเหลืองที่มีและไม่มีสารสกัดจากชาโดยใช้แบคทีเรีย *Lb. acidophilus*, *Lb. paracasei*, *Lb. bulgaricus* และ *S. thermophilus* พบความแตกต่างกันเป็นผลมาจาก substrates ที่ต่างกันที่ใช้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มาศึกษา

การตรวจหา DPPH radical scavenging activity ในน้ำข้าวเหนียวดำหมักแสดงให้เห็นชัดเจนว่าน้ำข้าวเหนียวดำหมักกับ *Lb. acidophilus* และ *Lb. casei* มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับน้ำข้าวเหนียวดำหมักกับแบคทีเรียชนิดอื่นๆ (Table 1) การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ankolekar และคณะ (2012) พวกเขาพบว่าค่า DPPH radical scavenging activity ของน้ำผลไม้ลูกแพร์ที่หมักด้วย *Lb. acidophilus* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง สำหรับปริมาณกรดไฟติก (phytic acid) ในน้ำข้าวเหนียวดำหมัก พบว่าการหมักกับแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับน้ำข้าวเหนียวดำสูตรควบคุม (Table 1) โดยปริมาณกรดไฟติกที่ลดลงต่ำสุดพบในน้ำข้าวเหนียวดำที่หมักกับ *S. thermophilus* การศึกษานี้สอดคล้องกับกับรายงานของ Raghavendra และ Halami (2009) พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 40 สายพันธุ์ สามารถย่อยสลาย (degrading ability) ไฟเตต (phytate) ในทางจุลชีววิทยาได้

Table 1 Antioxidant properties of black glutinous rice solution fermented by lactic acid bacteria at 41 ± 1°C

Lactic acid bacteria	Filtration methods	Anthocyanin content (mg/g)	Phenolic content (µg GAE*/ml)	DPPH (% inhibition)	Phytic acid content (µg PAE**/g)
Control***	Filtration	19.12 ± 1.01^{Eb}	81.69 ± 5.46^{Db}	53.80 ± 3.45^{Ens}	31.33 ± 3.35^{Ans}
	No Filtration	21.48 ± 0.03^{CDEa}	100.69 ± 0.69^{Aa}	56.33 ± 2.83^{DEns}	34.50 ± 2.74^{Ans}
Lb. acidophilus	Filtration	19.55 ± 2.81^{DEns}	85.94 ± 3.21^{BCDns}	66.15 ± 1.37^{ABb}	24.70 ± 1.79^{Bns}
	No Filtration	21.81 ± 0.68^{BCDEns}	89.68 ± 3.53^{BCns}	70.48 ± 1.65^{Aa}	22.76 ± 4.55^{BCDns}
Lb. casei	Filtration	24.73 ± 1.68^{ABCns}	88.40 ± 4.83^{BCDns}	68.14 ± 2.02^{Ans}	24.97 ± 3.39^{Bns}
	No Filtration	23.06 ± 0.60^{BCDns}	92.37 ± 2.94^{Bns}	70.17 ± 0.20^{Ans}	19.08 ± 4.94^{CDEns}
Lb. bulgaricus	Filtration	23.85 ± 0.78^{ABCb}	82.03 ± 3.26^{Db}	59.72 ± 1.81^{CDb}	19.70 ± 1.12^{BCDEns}
	No Filtration	27.64 ± 0.50^{Aa}	103.71 ± 4.03^{Aa}	62.17 ± 4.93^{BCa}	17.29 ± 2.02^{DEns}
S. thermophilus	Filtration	24.40 ± 3.68^{ABCns}	83.93 ± 4.76^{CDb}	55.80 ± 2.00^{DEns}	16.17 ± 0.97^{Ens}
	No Filtration	25.64 ± 3.98^{ABns}	91.92 ± 2.80^{Ba}	55.69 ± 3.10^{DEns}	18.42 ± 3.17^{DEns}

Data was mean ± standard deviation from three replicate experiments.

$^{A-B}$ Different letters within a column indicated significantly different treatment at $p \leq 0.05$.

$^{a-b}$ Different letters within filtration methods indicated significantly different treatment at $p \leq 0.05$.

^{ns} Not significantly different.

*GAE: Gallic acid equivalents.

**PAE: Phytic acid equivalents.

*** Control: no addition of lactic acid bacteria was carried out.

สรุปผล

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการหมักน้ำข้าวเหนียวดำที่ใช้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกต่างสายพันธุ์กันให้คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่เหมาะสมในการหมักน้ำข้าวเหนียวดำสามารถปรับปรุงคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

Ankolekar, C., Pinto, M., Greene, D. and Shetty, K., 2012, In vitro Bioassay Based Screening of Antihyperglycemia and Antihypertensive Activities of *Lactobacillus acidophilus* Fermented Pear Juice, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 13: 221-230.

Aruoma, O.I., Halliwel, B. and Williamson, G., 1997, In vitro Methods for Characterizing Potential Prooxidant and Antioxidant Actions of Nonnutritive Substance in Plant Foods. In Aruoma, O.I. and Cuppett, S.L. (eds), Antioxidant Methodology, AOCS press, 173-204.

Asurmendi, P., Pascual, L., Dalcero, A. and Barberis, L., 2014, Incidence of Lactic Acid Bacteria and *Aspergillus flavus* in Brewer's Grains and Evaluation of Potential Antifungal Activity of These Bacteria, Journal of Stored Products Research, 56: 33-37.

Ávilla, M., Hidalgo, M., Sánchez-Moreno, C, Pelaez, C., Requena, T. and de Pascual-Teresa, S., 2009, Bioconversion of Anthocyanin Glycosides by Bifidobacteria and *Lactobacillus*. Food Research International, 42: 1453-1461.

Chen, P.N., Kuo, W.H., Chiang, C.L., Chiou, H.L., Hsieh, Y.S. and Chu, S.C., 2006, Black Rice Anthocyanins Inhibit Cancer Cells Invasion via Repressions of MMPs and u-PA expression, Chemico-Biological Interactions, 163(3): 218–229.

Ghanbari, M., Jami, M., Domig, K.J. and Kneifel, W., 2013, Seafood Biopreservation by Lactic Acid Bacteria – A Review, LWT – Food Science and Technology, 54: 315-324.

Kachouri, F. and Hamdi, M., 2006, Use *Lactobacillus plantarum* in Olive Oil Process and Improvement of Phenolic Compounds Content, Journal of Food Engineering, 77: 746-752.

Kong, S. and Lee, J., 2010, Antioxidants in Milling Fractions of Black Rice Cultivars, Food Chemistry, 120: 278–281.

Lee, J.C., Kim, J.D., Hsieh, F.H. and Eun, J.B., 2008, Production of Black Rice Cake Using Ground Black Rice and Medium-grain Brown Rice, International Journal of Food Science and Technology, 43(6): 1078–1082.

Li, S., Zhao, Y., Zhang, L., Zhang, X., Huang, L., Li, D., Niu, C., Yang, Z. and Wang, Q., 2012, Antioxidant Activity of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated from Traditional Chinese Fermented Foods, Food Chemistry, 135: 1914-1919.

Marazza, J.A., Nazareno, M.A., de Giori, G.S. and Garro, M.S., 2012, Enhancement of the Antioxidant Capacity of Soymilk by Fermentation with *Lactobacillus rhamnosus,* Journal of Functional Foods, 4: 594-601.

Oliveira, P.M., Zannini, E. and Arendt, E.K., 2014, Cereal Fungal Infection, Mycotoxins, and Lactic Acid Bacteria Mediated Bioprotection: From Crop Farming to Cereal Products, Food Microbiology, 37: 78-95.

Raghavendra, P. and Halami, P.M., 2009, Screening, Selection and Characterization of Phytic Acid Degrading Lactic Acid Bacteria from Chicken Intestine, International Journal of Food Microbiology, 133: 129–134.

Ryu, S.N., Park, S.Z. and Ho, C.T., 1998, High Performance Liquid Chromatographic Determination of Anthocyanin Pigments in Some Varieties of Black Rice, Journal of Food and Drug Analysis, 6(4): 729–736.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger, M.G. and Berghofer, E., 2011, Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Journal of Food chemistry, 124: 132-140.

Suzuki, M., Kimura, T., Yamagishi, K., Shinmoto, H. and Yamaki, K., 2004, Comparison of Mineral Contents in 8 Cultivars of Pigmented Brown Rice, Nippon ShokuhinKagaku KogakuKaishi, 51(8): 424–427.

Tananuwong, K. and Tewaruth, W., 2010, Extraction and Application of Antioxidants from Black Glutinous Rice, LWT - Food Science and Technology, 43: 476–481.

Zhao, D. and Shah, N.P., 2014, Effect of Tea Extract on Lactic Acid Bacterial Growth, Their Cell Surface Characteristics and Isoflavone Bioconversion During Soymilk Fermentation, Food Research International, 62: 877-885.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 469-472 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 469-472 (2557)

ผลของการนึ่งต่อสารกาบาและสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของข้าวฮางและข้าวฮางงอกสีดำ
Effect of Steaming on GABA and Physicochemical Properties of Non-germinated and Germinated Black Hang Rice

อรัญญา พรหมกูล[1] พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์[1] และ เกรียงไกร พัทยากร[1]
Prommakool, A.[1], Tinchan, P.[1] and Phattayakorn, K.[1]

Abstract

Hang rice product originated Northeast of Thailand. The traditional Hang rice process consists of soaking, steaming, drying and dehusking without polishing. Currently, the process includes rice germination with enhanced GABA compound (γ-aminobutyric acid). Hang rice is a high nutritional value rice product. The steaming process can reduce broken grain and inactivate enzymes, but it decreases GABA content due to heat loss. The objective of this research was to investigate the effect of steaming time on GABA and physicochemical properties of Black Hang rice. Non-germinated and germinated Hang rice were produced from two varieties of black rice (Hawmnin and Niaw Dam). The steaming time of Hang rice process was studied at steaming water temperature for 30, 60 and 90 min. GABA content, degree of gelatinization and pasting properties were investigated and compared to brown rice (control). Results indicated that longer steaming time exhibiting the less amount of detectable GABA in Hang rice. Germinated Hawmnin Hang rice had higher GABA than Niaw Dam Hang rice. An increased time of steaming significantly increased the degree of gelatinization of black Hang rice ($p<0.05$). Germinated black Hang rice had greater degree of gelatinization than non-germinated Hang rice. Germinated and non-geminated Hang rice of Hawmnin had significantly lower viscosity than brown rice ($p<0.05$) while Niaw Dam Hang rice had significantly higher viscosity than brown rice ($p<0.05$).

Keywords: Hang rice, steaming, GABA, physicochemical properties

บทคัดย่อ

ข้าวฮาง (ข้าวนึ่ง) เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีต้นกำเนิดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย กระบวนการผลิตข้าวฮางแบบดั้งเดิมประกอบด้วยขั้นตอน การแช่ การนึ่ง การทำแห้ง และการกะเทาะเปลือกโดยไม่ผ่านการขัดสี ปัจจุบันนิยมเพิ่มกระบวนการงอกในการผลิตข้าวฮางเพื่อเพิ่มปริมาณสารกาบา (กรดแกมมาแอมิโนบิวทิริก) ทำให้ได้ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แม้ว่ากระบวนการนึ่งสามารถช่วยลดการแตกหักของเมล็ดข้าวและยับยั้งเอนไซม์ แต่อาจส่งผลทำให้ปริมาณสารกาบาลดลงเนื่องการสูญเสียจากความร้อน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการนึ่ง ต่อปริมาณสารกาบา และสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของข้าวฮางพันธุ์สีดำ โดยการเตรียมข้าวฮางและข้าวฮางงอกจากข้าวพันธุ์สีดำ 2 พันธุ์ ได้แก่หอมนิลและเหนียวดำ ระยะเวลาในการนึ่งข้าวฮางที่ศึกษาคือ 30 60 และ 90 นาที ที่อุณหภูมิน้ำเดือด จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา ระดับการเกิดเจล และสมบัติทางความหนืดของข้าวฮางและข้าวฮางงอกเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการนึ่งนานขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณกาบาที่สามารถตรวจได้ในข้าวฮางมีปริมาณเล็กน้อย ข้าวฮางงอกที่ผลิตจากข้าวหอมนิลมีปริมาณกาบาสูงกว่าข้าวฮางงอกจากข้าวหนียวดำ การเพิ่มเวลาในการนึ่งส่งผลทำให้ระดับของการเกิดเจลของข้าวฮางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ข้าวฮางงอกมีระดับการเกิดเจลเฉลี่ยสูงกว่าข้าวฮาง ข้าวฮางและข้าวฮางงอกที่ผลิตจากข้าวหอมนิลมีความหนืดต่ำกว่าข้าวกล้อง ($p<0.05$) ขณะที่ข้าวฮางที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำมีค่าความหนืดสูงกว่าข้าวกล้อง ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวฮาง การนึ่ง กาบา สมบัติเชิงกายภาพและเคมี

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เมือง สกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000

คำนำ

ข้าวฮาง (ข้าวนึ่ง) เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีต้นกำเนิดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย กระบวนการผลิตข้าวฮางแบบดั้งเดิมประกอบด้วยขั้นตอน การแช่ การนึ่ง การทำแห้ง และการกะเทาะเปลือกโดยไม่ผ่านการขัดสี ปัจจุบันนิยมเพิ่มกระบวนการงอกในการผลิตข้าวฮางเพื่อเพิ่มปริมาณสารกาบา (γ-aminobytyric acid, GABA) ทำให้ได้ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง กาบาเป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการดีคาร์บอกซี (decarboxy) ของกรดกลูตามิก มีประโยชน์ในแง่สุขภาพโดยป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ช่วยลดความดันโลหิตของมนุษย์ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Komatsuzaki และคณะ, 2007) แม้ว่ากระบวนการนึ่งสามารถช่วยลดการแตกหักของเมล็ดข้าวและยับยั้งเอนไซม์ แต่อาจส่งผลต่อปริมาณสารกาบาที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถสลายตัวได้เมื่อได้รับความร้อน

ข้าวสีดำ (*Oryza sativa* L.) เป็นพันธุ์ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวทั่วไป เนื่องจากมีโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่สูงกว่า Sompong และคณะ (2011) รายงานว่าข้าวสีดำเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน เนื่องจากมีสารแอนโธไซยานินส์และสารประกอบฟีนอลสูงเหมาะสำหรับนำไปผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้แอนโธไซยานินส์ยังสามารถลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดของมนุษย์ได้ (Lee และคณะ, 2008)

กระบวนการนึ่งข้าวฮางเป็นการให้ความร้อนชื้นส่งผลทำให้เกิดเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้ง โครงสร้างของเม็ดแป้งเปลี่ยนจากโครงสร้างผลึกเป็นโครงสร้างแบบอสัณฐาน หรือโครงสร้างที่ไม่แน่นอน นอกจากนี้กระบวนการนึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ เช่น เอนไซม์ไลเปส และไลพอกซีจีเนส ช่วยลดการเกิดกลิ่นหืนของข้าวระหว่างการเก็บรักษา (Rao และ Juliano, 1970) ข้าวฮางดูดน้ำและเจลาทีไนซ์ได้ยากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้อง มีสาหตุมาจากช่องว่างระหว่างเม็ดสตาร์ชที่หายไประหว่างการเกิดเจลาติไนซ์ในขั้นตอนการนึ่ง ดังนั้นกระบวนการนึ่งข้าวฮางจึงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฮาง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการนึ่ง ต่อปริมาณสารกาบา ของข้าวฮางงอกพันธุ์สีดำ และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของข้าวฮาง ข้าวฮางงอก และข้าวกล้องของข้าวพันธุ์สีดำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างข้าวฮางและข้าวฮางงอก

ทำการเตรียมข้าวฮางและข้าวฮางงอกจากข้าวสีดำ 2 พันธุ์ คือ หอมนิลและเหนียวดำ ขั้นตอนการผลิตข้าวฮางเริ่มจาก แช่ข้าวเปลือกในน้ำอุณหภูมิ 27±5 องศาเซลเซส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง (สำหรับข้าว ฮางงอก) นำไปนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 30 60 และ 90 นาที จากนั้นนำไปทำแห้งและกะเทาะเปลือกก่อนนำไปวิเคราะห์บดตัวอย่างและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 500 ไมครอน

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา

วิเคราะห์ปริมาณกาบาด้วยเครื่อง HPLC ตามวิธีของ Ohtsubo และคณะ (2005)

3. การวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาติไนซ์

วิเคราะห์ระดับของการเกิดเจล ตามวิธีของ Birch และ Priestley (1973)

4. การวัดสมบัติทางความหนืด

วัดสมบัติทางความหนืด ด้วยเครื่อง Rheometer (Model Physica MCR 51, Anton Paar, Germany) ใช้หัววัดแป้ง ST24/2D-2V-2V (serial no.5179, Anton Paar, Germany) วิเคราะห์ผลความหนืดโดยใช้โปรแกรม Rheoplus (version 3.10, Anton Paar, Germany)

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สารกาบา

เมื่อระยะเวลาการนึ่งนานขึ้นปริมาณของสารกาบาในข้าวฮางงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลงอย่างนัยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) ดังแสดงใน Figure 1 พบว่าข้าวหอมนิลมีปริมาณสารกาบามากกว่าข้าวเหนียวดำ และข้าวฮางงอกจากข้าวเหนียวดำที่นึ่งด้วยระยะเวลา 90 นาที ตรวจไม่พบสารกาบา โดยปกติแล้วกาบาจะไม่สลายตัวที่อุณหภูมิต่ำ

กว่า 100 องศาเซลเซียส (Komatsuzaki และคณะ, 2007) ดังนั้นการที่กาบาลดลงเมื่อระยะเวลานึ่งนานขึ้น เนื่องจากกาบาเป็นสารที่ละลายง่ายในน้ำ อาจส่งผลทำให้ละลายออกไปกับน้ำในระหว่างการนึ่ง

2. ระดับการเกิดเจลาติไนซ์

เมื่อระยะเวลาการนึ่งนานขึ้นทำให้ระดับการเกิดเจลาติไนซ์สูงขึ้น ดังแสดงใน Figure 2 ซึ่งเกิดจากการสุกของเม็ดแป้งที่เพิ่มมากขึ้น ยิ่งระยะ เวลาในการนึ่งนานทำให้เม็ดแป้งได้รับความร้อนมากขึ้นทำให้เกิดการสุกมากยิ่งขึ้น ทำให้ระดับการเกิดเจลาติไนซ์สูงขึ้น Sawasdisevi และคณะ (2010) รายงานว่าเมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิของการนึ่งในข้าวนึ่งสูงขึ้นยิ่งทำให้ระดับการเกิดเจลาติไนซ์สูงขึ้น และยังพบว่าในข้าวฮางงอกมีระดับการเกิดเจลาติไนซ์เฉลี่ยสูงกว่าข้าวฮางที่ไม่ผ่านการงอก สอดคล้องกับงานวิจัยของ WU และคณะ (2013) ที่พบว่าระยะเวลาในการงอกในช่วง 1-2 วันในข้าวกล้องงอกมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดลดลง และลดเวลาในการเกิดให้ข้าวสุก เนื่องจากในกระบวนการงอกมีเอนไซม์อะไมเลสย่อยแป้ง เอนไซม์ไลเปสย่อยไขมัน ส่งผลทำให้เกิดเจลาติไนซ์ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับไม่งอก

3. สมบัติทางความหนืด

ความหนืดของข้าวฮางและข้าวฮางงอกเปรียบเทียบกับข้าวกล้อง (Figure 3) พบว่ากระบวนการผลิตข้าวฮางมีผลต่อค่าความหนืดของข้าวฮางหอมนิลและข้าวฮางเหนียวดำ โดยที่ข้าวฮางและข้าวฮางงอกที่ผลิตจากข้าวหอมนิลมีความหนืดต่ำกว่าข้าวกล้อง ($p<0.05$) ขณะที่ข้าวฮางที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำมีค่าความหนืดสูงกว่าข้าวกล้อง ($p<0.05$) ข้าวหอมนิลจัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ขณะที่ข้าวเหนียวดำจัดเป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ (อะไมโลเพคตินสูง) เมื่อแปรรูปเป็นข้าวฮางแล้วทำให้ได้มีลักษณะความหนืดแตกต่างกัน ในข้าวฮางหอมนิลที่ผ่านการเจลาทีไนซ์ในขั้นตอนการนึ่งแล้วนำมาผ่านการให้ความร้อนอีกครั้งเพื่อลดความชื้นให้ต่ำลงเหลือประมาณ 12-13% ระหว่างการทำแห้ง สตาร์ชเกิดการเรียงตัวเป็นโครงสร้างผลึกมากขึ้น เกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ทั้งในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำและสูง (Himmelsbach และคณะ, 2008) ส่งผลทำให้ดูดน้ำและเกิดเจลาติไนซ์ได้ยากขึ้นทำให้ความหนืดน้อยกว่าข้าวกล้อง ในขณะที่ข้าวเหนียวดำให้ผลตรงกันข้าม อาจเกิดเนื่องจากอะไมโลเพคตินเกิดรีโทรเกรเดชันได้ช้ากว่าอะไมโลส ส่งผลต่อค่าความหนืดดังกล่าว

สรุปผล

เมื่อระยะเวลาการนึ่งนานขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณกาบา ในข้าวฮางงอกหอมนิลและเหนียวดำลดลง ในขณะที่ระดับการเกิดเจลาติไนซ์สูงขึ้น ข้าวฮางและข้าวฮางงอกที่ผลิตจากข้าวหอมนิลมีความหนืดต่ำกว่าข้าวกล้อง ขณะที่ข้าวฮางที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำมีค่าความหนืดสูงกว่าข้าวกล้อง จากผลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฮาง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร และคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร สำหรับการสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Birch, G.G. and Priestley, R.J., 1973, Degree of Gelatinization of Cooked Rice, Die Starke, 25(3): 98-101.

Himmelsbach, D.S., Manful, J.T. and Coker, R.D., 2008, Changes in Rice with Variable Temperature Parboiling: Thermal and spectroscopic assessment, Cereal Chemistry, 85(3): 384-390.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T., 2007, Effect of Soaking and Gaseous Treatment on GABA Content in Germinated Brown Rice, Journal of Food Engineering, 78(2): 556-560.

Lee, J.C., Kim, J.D., Hsieh, F.H. and Eun, J.B., 2008, Production of Black Rice Cake Using Ground Black Rice and Medium-grain Brown Rice, International Journal of Food Science and Technology, 43(6): 1078–1082.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T., 2005, Bio-functional Components in the Processed Pre-germinated Brown Rice by a Twin-screw Extruder, Journal of Food Composition Analysis, 18(4): 303-316.

Rao, S.N.R. and Juliano, B.O., 1970, Effect of Parboiling on Some Physicochemical Properties of Rice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 18(2): 289-294.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G. and Berghofer, E., 2011, Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Food Chemistry, 124(1): 132–140.

Swasdisevi, T., Sriariyakula W., Tia W. and Soponronnarit, S., 2010, Effect of Pre-steaming on Production of Partially-parboiled Rice Using Hot-air Fluidization Technique, Journal of Food Engineering, 96(3): 455-462.

Wu, F., Chen, H., Yang, N., Wang, J., Duan, X., Jin, Z. and Xu, X., 2013, Effect of Germination Time on Physicochemical Properties of Brown Rice Flour and Starch from Different Rice Cultivars, Journal of Cereal Science, 58(2): 263-271.

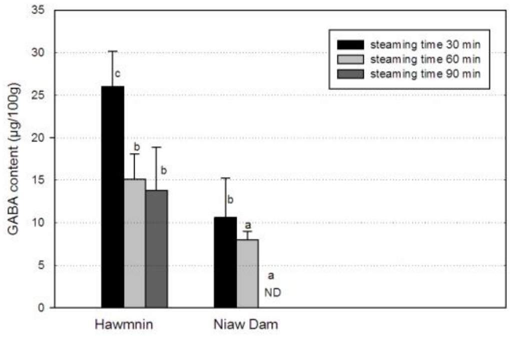


Figure 1 Effect of steaming time on GABA content of germinated black Hang rice, Different letters above bar graph correspond to 5% significant difference. (ND=Not detectable)

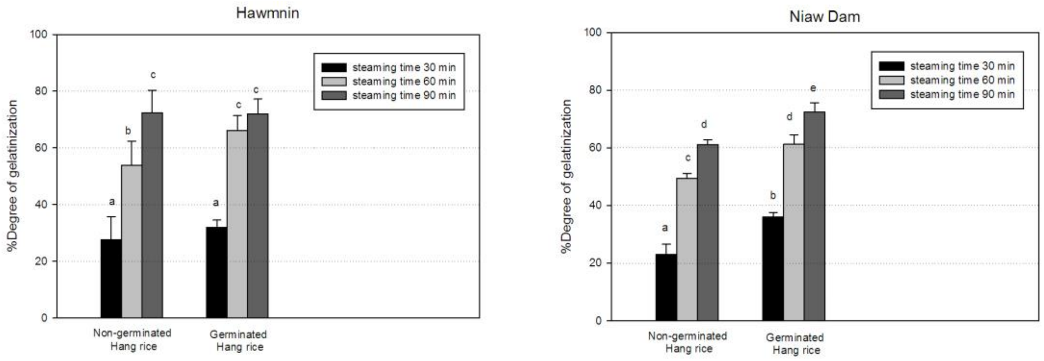


Figure 2 Effect of steaming time on degree of gelatinization of non-germinated and germinated black Hang rice. Different letters above bar graph correspond to 5% significant difference.

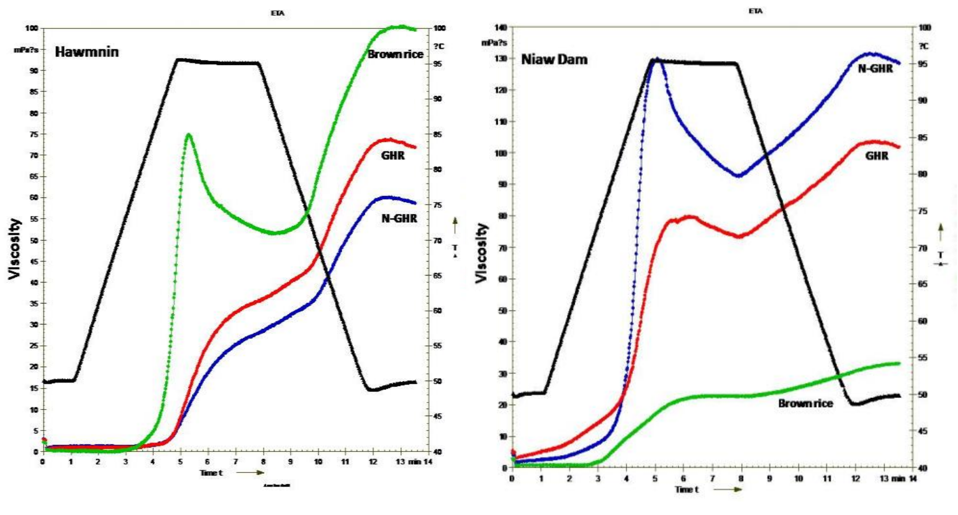


Figure 3 Pasting profiles of brown rice, non-germinated black Hang rice (N-GHR) and germinated black Hang rice (GHR).

การเตรียมไฮโดรไลเสทจากเปลือกส่วนผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่ (*Musa* (AA group)) โดยใช้กรดเจือจางเพื่อการผลิตเอทานอล

Hydrolysate Preparation from Banana (Kluai Khai; *Musa* (AA group)) Peel and Pseudostem using Dilute Acid for Ethanol Production

สุวิชญา รอดกำเหนิด[1] **และ ปริณดา มโนรัตน์**[2]
Rodkamnerd, S.[1] and Manorut, P.[2]

Abstract

Banana (Kluai Khai; *Musa* (AA group)) peel and pseudostem are agricultural wastes in Thailand. As renewable lignocellulosic materials, their bioconversion may allow both obtaining a value-added product, for fuel ethanol. The chemical composition of banana peel and pseudostem consisted of α - cellulose were 3.97 and 42.30%, respectively. The aim of this study was to investigate the conditions for hydrolysate preparation from banana peel and pseudostem using dilute acid for ethanol production. The result of prehydrolysis of raw materials soaking with sulfuric acid 1, 2 and 3% w/v) for 24 hours and steamed pressure at 15 psi, 120°C for 30 minutes. It was found that the amount of glucose obtained from hydrolysis 1, 3 and 5% w/v sulfusic acid in the hydrolysate of banana pseudostem higher than banana peel ($p \leq 0.05$). The amount of glucose in the hydrolysate from the pseudostem of the banana are hydrolysis with a sulfuric acid 1, 3 and 5% w/v were 8.11, 7.83 and 8.04 g/l, The optimum condition for pseudostem of banana was hydrolysis used 1% sulfuric acid for 24 hours and steaming at 15 psi at a temperature of 120°C for 30 minutes.

Keywords: banana (Kluai Khai; *Musa* (AA group)), ethanol, lignocellulose, hydrolysis

บทคัดย่อ

เปลือกส่วนผลและลำต้นเทียมของกล้วยไข่ (Kluai Khai; *Musa* (AA group) เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งวัสดุกลุ่มลิกโนเซลลูโลสิกนี้สามารถทำการเพิ่มมูลค่าได้โดยใช้ผลิตเป็นเอทานอลด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกส่วนผลและลำต้นเทียมของกล้วยไข่มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสร้อยละ 3.97 และ 42.30 ตามลำดับ วัตถุประสงค์การศึกษานี้คือศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทจากเปลือกส่วนผลและลำต้นเทียมของกล้วยไข่ด้วยกรดเจือจางเพื่อผลิตเอทานอล จากผลการไฮโดรไลซิสวัตถุดิบโดยแช่ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 1, 2 และ 3 % w/v เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการไฮโดรไลซิสที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในไฮโดรไลเสทจากลำต้นเทียมสูงกว่าเปลือกของผลกล้วยไข่อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสในไฮโดรไลเสทจากลำต้นเทียมของกล้วยไข่ที่ไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 1, 3 และ 5% w/v เท่ากับ 8.11, 7.83 และ 8.04 กรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสำหรับไฮโดรไลซิสลำต้นเทียมกล้วยไข่คือใช้การไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 1% w/v เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้การนึ่งที่ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

คำสำคัญ: กล้วยไข่ เอทานอล ลิกโนเซลลูโลส ไฮโดรไลซิส

คำนำ

กล้วยไข่ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกกันมากในจังหวัดกำแพงเพชร และมีการปลูกทั่วไปทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นกล้วยที่มีรสชาติดี ใช้ในเทศกาลสารทไทย ผลกินสด เป็นเครื่องเคียงของข้าวเม่าและกระยาสารท ทำกล้วย

[1] **โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร 62000**
[1] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet 62000
[2] **โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร 62000**
[2] Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet 62000

เชื่อม ข้าวเม่าทอด กล้วยบวดชี ปัจจุบันกล้วยไข่เป็นผลไม้ส่งออกไปยังประเทศสิงคโปร์ ญี่ปุ่น ฮ่องกง และจีน (เบญจมาศ, 2538; เกียรติศักดิ์, 2549) ดังนั้นจึงควรนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากการปลูกกล้วยไข่ เช่น เปลือกและหยวกกล้วยมาใช้ประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร และส่งเสริมให้มีการนำความหลากหลายทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจัดเป็นลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งเซลลูโลสมีองค์ประกอบหลัก คือ น้ำตาลกลูโคส โดยน้ำตาลกลูโคสสามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอลได้ (Datar และคณะ, 2007; พรเทพ, 2547) การแยกองค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในกระบวนการอุตสาหกรรมนั้นนิยมใช้การไฮโดรไลซ์ด้วยกรดเจือจางให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยประสิทธิภาพการแยกองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสขึ้นอยู่กับสภาวะในการไฮโดรไลซิส เช่น ชนิดและความเข้มข้นของกรด เวลาและอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบกับกรด เป็นต้น

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและหยวกของกล้วยไข่ และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทเปลือกของผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่ด้วยกรดซัลฟูริก เพื่อใช้ในการผลิตเอทานอล

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. เปลือกของผลกล้วยไข่ที่การสุกระยะ 8 (สุกจัดเปลือกมีจุดสีดำ) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคและแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ปลูกภายในจังหวัดกำแพงเพชร

2. ลำต้นเทียมกล้วยไข่ที่ปลูกภายในจังหวัดกำแพงเพชร ที่เกษตรกรตัดทิ้งหลังจากต้นกล้วยมีการออกเครือแล้ว

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

ลดขนาดเปลือกของผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่เป็นชิ้นประมาณ 1 นิ้ว นำมาตากแดด บดและร่อนผ่าน ตะแกรงขนาดรู 40 เมช (mesh) แต่ไม่ผ่านตะแกรงขนาดรู 60 เมช ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น แอลฟาเซลลูโลส ปริมาณโฮโลเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน สารแทรก และเถ้า ตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI (2000-2001)

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทเปลือกของผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่

นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ คือ เปลือกของผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่ที่มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว มาแช่สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1, 3 และ 5 ร้อยละโดยปริมาตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อสารละลายกรดซัลฟูริก คือ 1: 10) นำตัวอย่างที่แช่สารละลายกรดซัลฟูริกมาไฮโดรไลซ์ต่อด้วย หม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไฮโดรไลเสทที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส และไซโลส โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซิสเปลือกของผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่โดยใช้โปรแกรม SPPP version 17 (Statistics Package for the Social Sciences version 17)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

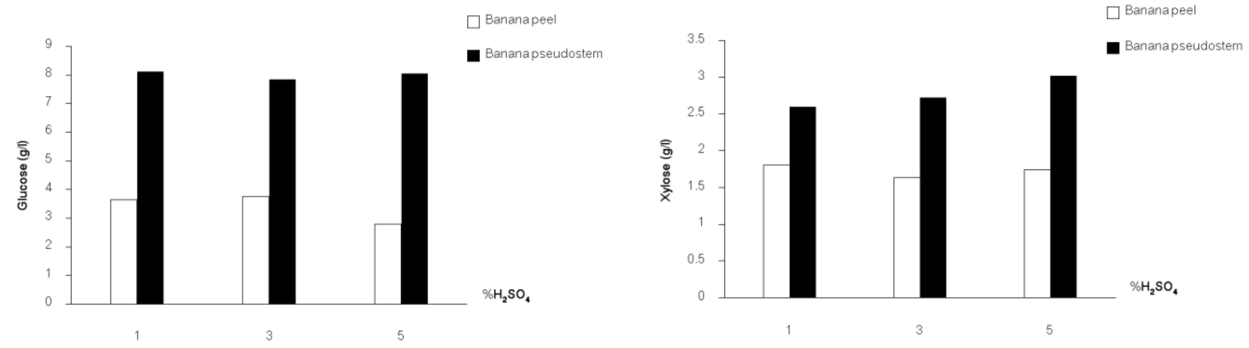
พบว่าองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น แอลฟาเซลลูโลส โฮโลเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเถ้า ในลำต้นเทียมกล้วยไข่มีปริมาณสูงกว่าเปลือกของผลกล้วยไข่ ส่วนลิกนินและสารแทรกในเปลือกของผลกล้วยไข่มีปริมาณมากกว่าลำต้นเทียมกล้วยไข่ โดยปริมาณร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) ของแอลฟาเซลลูโลส โฮโลเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสในลำต้นเทียมกล้วยไข่เท่ากับ 42.30, 76.93 และ 34.63 ตามลำดับ ดัง Table 1 Sun และ Cheng (2005) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพืชตระกูลหญ้า (Bermudagrass) พบว่ามีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 32.4, 25.1 และ 20.3 (% น้ำหนักแห้ง) ซึ่งเซลลูโลสสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส แอลกอฮอล์ และการผลิต Single cell protein (SCP) เป็นต้น (พิชญา, 2549)

Table 1 Chemical compositions of banana peel and pseudostem on dry matter.

Component	Composition (%, w/w)	
	Peel	Pseudostem
Moisture	6.22	6.78
α - Cellulose	39.70	42.30
Holocellulose	74.09	76.93
Hemicellulose	34.39	34.63
Lignin	21.80	19.63
Extractives	8.70	5.20
Ash	8.12	8.64

Table 2 Glucose and xylose contents in hydrolysate of Banana peel and pseudostem hydrolyzed with dilute acid.

Raw material	%H_2SO_4	contents (g/l)	
		glucose	xylose
Banana peel	1	3.65±0.18[b]	1.80±0.12[c]
	3	3.75±0.14[b]	1.63±0.35[c]
	5	2.80±0.11[c]	1.74±0.12[c]
Banana pseudostem	1	8.11±0.68[a]	2.60±0.11[b]
	3	7.83±0.63[a]	2.73±0.10[ab]
	5	8.04±0.16[a]	3.02±0.24[a]



(a) glucose (b) xylose

Figure 1 Effect of acid concentration on the hydrolysis of corn cob hemicelluloses. (a) glucose (b) xylose

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทเปลือกของผลและลำต้นเทียมกล้วยไข่

พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในไฮโดรไลเสทจากลำต้นเทียมกล้วยไข่มีปริมาณมากกว่าไฮโดรไลเสทจากเปลือกของผลกล้วยไข่ ดัง Figure 1(a) ซึ่งปริมาณน้ำตาลกลูโคสในไฮโดรไลเสทจากลำต้นเทียมกล้วยไข่ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 เท่ากับ 8.11, 7.83 และ 8.04 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณน้ำตาลกลูโคสในไฮโดรไลเสทเปลือกของผลกล้วยไข่ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 เท่ากับ 3.65, 3.75 และ 2.80 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยไฮโดรไลเสทเปลือกของผลกล้วยไข่ที่ใช้สารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p≤0.05$) กับไฮโดรไลเสทที่ใช้สารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 3 ดัง Table 2

ปริมาณน้ำตาลไซโลสในไฮโดรไลเสทลำต้นเทียมของกล้วยไข่มีปริมาณมากกว่าไฮโดรไลเสทเปลือกของผลกล้วยไข่ ดัง Figure 1(b) ซึ่งปริมาณน้ำตาลไซโลสในไฮโดรไลเสทลำต้นเทียมกล้วยไข่ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกที่

ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 เท่ากับ 2.60, 2.73 และ 3.02 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยน้ำตาลไซโลสในไฮโดรไลเสทลำต้นเทียมกล้วยไข่ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีปริมาณสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณน้ำตาลไซโลสในไฮโดรไลเสทเปลือกผลกล้วยไข่ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 เท่ากับ 1.80, 1.63 และ 1.74 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดัง Table 2 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลายกรดซัลฟูริกส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในไฮโดรไลเสทเปลือกของผลกล้วยไข่ลดลง เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเกิดการไฮโดรไลซิสเป็น 5-ไฮดรอกซีเมทธิลเฟอร์ฟูรอล กรดฟอร์มิก กรดลิวลินิค และสารอื่นๆ (Laopaiboon และคณะ, 2010) โดยสารดังกล่าวจะส่งผลยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอล (Arslan และ Eken-Saraçoğlu, 2010) ภานุ และคณะ (2553) ได้นำไฮโดรไลเสทของกิ่งสบู่ดำมาแช่สารละลายกรดซัลฟูริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 (w/v) ก่อนนำไปนึ่งที่ความดันไอน้ำ 121 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ คือ 15, 30, 45 และ 60 นาที พบว่าปริมาณน้ำตาลไซโลสจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลายกรดซัลฟูริกและระยะเวลา

สรุปผล

ไฮโดรไลเสทของลำต้นเทียมกล้วยไข่ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโลสสูงซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเอทานอลสำหรับเป็นพลังงานทางเลือกอย่างยิ่ง อีกทั้งปริมาณการเหลือทิ้งของลำต้นเทียมยังสูงกว่าส่วนเปลือกของผลกล้วยไข่อีกด้วย จึงมีแนวโน้มในการนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่า โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการไฮโดรไลซิสลำต้นเทียมกล้วยไข่ คือ สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคส 8.11 กรัมต่อลิตร เนื่องจากให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูง และใช้ปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกน้อยกว่าสภาวะอื่นทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบบำรุงการศึกษาประจำปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เอกสารอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ ตั้งเจริญสุทธิชัย, 2549, “กล้วยไข่” ผลไม้อนาคตไกลในตลาดจีน, เคหะการเกษตร, 30(5): 99-102.

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2538, กล้วย, กรุงเทพ, หน้า 62-63.

พรเทพ ถนนแก้ว, 2547, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวาน โดย *Saccharomyces cerevisiae*, คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิชญา ภูมิภัทร, 2549, การศึกษากระบวนการผลิตไฮโดรไลเสทจากการระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำสำหรับการหมักไซลิทอล, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาณุ ส้มเกลี้ยง, สาวิตรี จันทรานุรักษ์ วิทยา ปั้นสุวรรณ และพิลาณี ไวถนอมสัตย์, 2553, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทกิ่งสบู่ดำโดยเทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำเพื่อผลิตไซลิทอล, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ, 248-253.

Arslan, Y. and Eken-Saraçoğlu, N., 2010, Effects of Pretreatment Methods for Hazelnut Shell Hydrolysate Fermentation with *Pichia stipitis* to ethanol, Bioresource Technology, 101: 8664-70.

Datar, R., Huang, J., Maness, P.C., Mohaghagheghi, A., Czernik, S. and Chornet, E., 2007, Hydrogen Production from the Fermentation of Corn Stover Biomass Pretreated with a Steam-explosion Process, Hydrogen Energy, 32: 932-939.

Laopaiboon, P., Thani, A., Leelavatcharamas, V. and Laopaiboon, L., 2010, Acid Hydrolysis of Sugarcane Bagasse for Lactic Acid Production, Bioresource Technology, 101: 1036-1043.

Sun, Y. and Cheng, J., 2005, Dilute Acid Pretreatment of Rye Straw and Bermudagrass for Ethanol Production, Bioresource Technology, 96: 1599–1606.

TAPPI, 2000-2001, Method for Determination of Alpha-, Beta-, Gramma-cellulose in Pulp, Technical Association of Pulp and Paper Industry.

ภาวะที่เหมาะสมต่อสมบัติของโฟมและอิมัลชั่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลนโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

Optimization of Foaming and Emulsion Properties of Jellyfish Protein Hydrolysate by Bromelain Hydrolysis Using Response Surface Methodology (RSM)

สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง[1] พิสิฐ วงศ์สง่าศรี[2] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]
Silaprueng, S.[1], Wongsa-ngasri, P.[2] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

The research was aimed to use Response Surface Methodology for optimization of jellyfish protein hydrolysate production. Two factors were varied: enzyme bromelain concentration at three levels (5, 10 and 15% w/w) and hydrolysis time at four levels (3, 6, 12 and 18 h). The enzyme concentration (X_1) and hydrolysis time (X_2) had quadratic effects on the foaming capacity (FC) and emulsion capacity (EC). The best explanatory model equation for FC and EC were carried out. A three-dimensional plot on the model showed that increase enzyme concentration and hydrolysis time increase in FC but decrease in EC. The optimum condition for maximal FC by RSM was at 15% enzyme concentration with 12 h and the use of same enzyme concentration for 3 h gave the highest EC. According to the model, the predicted maximum capacities of foaming and emulsion were 52.20 and 33.15%

Keywords: bromelain, jellyfish, protein hydrolysate, foaming, emulsion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลนด้วยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ ความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15% (โดยน้ำหนัก) และระยะเวลาในการย่อย 4 ระดับ ได้แก่ 3, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน (X_1) และระยะเวลาในการย่อย (X_2) มีผลต่อร้อยละการเกิดโฟมและร้อยละการเกิดอิมัลชั่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนเป็นลักษณะกำลังสอง และแสดงค่าความสัมพันธ์ในรูปของสมการทำนายค่า โดยนำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟแบบสามมิติ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเกิดโฟมเพิ่มขึ้นแต่ร้อยละการเกิดอิมัลชั่นลดลง ภาวะที่เหมาะสมในการเกิดโฟมสูงสุดคือความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน 15% ระยะเวลาในการย่อยสลาย 12 ชั่วโมง ส่วนร้อยละการเกิดอิมัลชั่นสูงสุดคือความเข้มข้นของเอนไซม์เดียวกัน ระยะเวลาการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง โดยค่าที่ทำนายได้ต่อร้อยละการเกิดโฟมและอิมัลชั่นสูงสุดเท่ากับ 52.20 และ 33.15

คำสำคัญ: โบรมิเลน แมงกะพรุน โปรตีนไฮโดรไลเซท สมบัติการเกิดโฟม อิมัลชั่น

คำนำ

ปัจจุบันได้มีการนำเอนไซม์มาใช้ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท โดยใช้เอนไซม์จากพืช ได้แก่ เอนไซม์โบรมิเลน เอนไซม์ปาเปน ส่วนเอนไซม์จากสัตว์ ได้แก่ เอนไซม์เปปซิน และเอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ เอนไซม์ฟลาโวไซม์ เป็นต้น เมื่อเอนไซม์มีการย่อยสลายโปรตีนให้มีขนาดเล็กลง สามารถเกิดสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่การเกิดโฟม การเกิดอิมัลชั่น เป็นต้น เมื่อเอนไซม์มีการย่อยสลายโปรตีนให้มีขนาดเล็กลง สามารถเกิดสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่การเกิดโฟม

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ. พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ10800
[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800
[2] กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[2] Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives

การเกิดอิมัลชั่น (Kristinsson และ Rasco, 2000) สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Naqash และ Nazeer, 2013) เป็นต้น โดยมีรายงานสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสัตว์ เช่น ปลาข้างเหลือง (Klompong และคณะ, 2007) และ Oyster (Chen และคณะ, 2013) และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืช เช่น ถั่วเหลือง (Tsumura และคณะ, 2005) โปรตีนไอโซเลตจากข้าว (ภัทราวรรณ, 2555) เป็นต้น งานวิจัยนี้จะใช้วัตถุดิบคือแมงกะพรุนสายพันธุ์ลอดช่องส่วนร่มอบแห้ง โดยโปรตีนจากแมงกะพรุนส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนคอลลาเจน (collagen) ประกอบด้วยกรดอะมิโน คือ glycine hydroxyproline และ hydroxyllysine (วิเชียร, 2547) แมงกะพรุนยังมีคุณสมบัติทางด้านการแพทย์ เช่น สมานแผล รักษาอาการไขข้ออักเสบ (Hsieh และคณะ, 2001) และเป็นอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ (Thumthanaruk และ Wichaiwongwat, 2007)

Gbogouri และคณะ (2004) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษปลาแซลมอลโดยใช้เอนไซม์ Alcalase 2.4L พบว่า protein recovery อยู่ในช่วง 47-70% ในสภาวะที่ DH สูงจะพบสายเพปไทด์สายสั้นและโปรตีนไฮโดรไลเซทมีการละลายที่สูง แต่คุณสมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการดูดซับไขมันจะเกิดคุณสมบัติได้ดีที่ DH ต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมผงแมงกะพรุนและและภาวะการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลน

นำแมงกะพรุนสายพันธุ์ลอดช่องดองเกลือมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ตามวิธีของอิสรี (2552) อบแห้งด้วย Try dryer ที่อุณหภูมิ 45°C แมงกะพรุนที่ผ่านการอบแห้งบดให้ละเอียดนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เก็บใส่ถุงพลาสติกแล้วนำไปเก็บไว้ใน Desicator ที่มีซิลิกาเจล เพื่อใช้ในการทดลอง การเตรียมไฮโดรไลเซทโดยนำผงแมงกะพรุนอบแห้งผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 25 (w/v) ทำการปรับอุณหภูมิที่ 50°C เป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับพีเอชเท่ากับ 6 เติมเอนไซม์โบรมิเลน (activity 2,683 GDU/g) วางแผนการทดลองแบบ 3×4 factorial in completely randomized design (CRD) โดยแปรปริมาณของเอนไซม์โบรมิเลน 5,10 และ 15 (%w/w) และระยะเวลาการย่อยสลาย 3,6,12 และ 18 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 15 นาที นำไปเซนตริฟิวก์ที่ 9500 g ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนใสไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซท (eb-JPH) ได้แก่ การเกิดโฟม การเกิดอิมัลชั่น เป็นต้น

วิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นอิมัลชั่น (Pearce และ Kinsella, 2008) ทดลองโดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองจำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุน 30 มิลลิลิตรด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ความเร็วรอบ 20,000×g ระยะเวลา 1 นาที centrifuge ที่ 9,500 rpm อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส คำนวณร้อยละการเกิดอิมัลชั่น จากสมการ Emulsion capacity (%) = (ปริมาตรสารละลายอิมัลชัน/ ปริมาตรสารละลายทั้งหมด) × 100

วิเคราะห์คุณสมบัติการเกิดโฟม (Klompong และคณะ, 2007) ใช้ตัวอย่างโปรตีนไฮโดรไลเซทจำนวน 20 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่อง Homogenizer ความเร็วรอบ 16,000 rpm 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เทสารละลายที่ผ่านการปั่นลงกระบอกตวง วัดปริมาตรโฟมที่เกิดขึ้น ปริมาตรโฟมคำนวณได้จากสมการ ดังนี้ Foaming capacity (%) = (ปริมาตรหลังจากเป็นโฟม (ml)-ปริมาตรก่อนเป็นโฟม (ml))/ ปริมาตรก่อนเป็นโฟม (ml)× 100

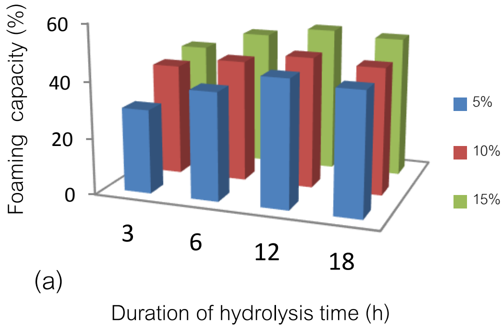
2. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าของการเกิดโฟมและอิมัลชั่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16 และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน และ ระยะเวลาในการย่อยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อันดับสอง (second order model) โดยมีสมการดังนี้ $Z=b_0+b_1X+b_2Y+b_3XY+b_4X^2+b_5Y^2$ ค่า Y คือค่าคุณภาพที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ การเกิดโฟมและอิมัลชั่น ค่า b คือค่าคงที่ $b_1,b_2,b_3…b_5$ คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร และ X คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน และ Y คือ ระยะเวลาในการย่อย วิเคราะห์หาภาวะที่เหมาะสมของการเกิดโฟมและอิมัลชั่นโดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface methodology)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ร้อยละการเกิดโฟมและอิมัลชั่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลน

ปริมาณเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดโฟมและอิมัลชั่น ร้อยละการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชั่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทมีค่าเท่ากับ 29.83-51.66 และ 27.50-33.33 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อยจะมีปริมาณโฟมเกิดได้มากขึ้นแต่ปริมาณการเกิดอิมัลชั่นลดลง (Figure 1)



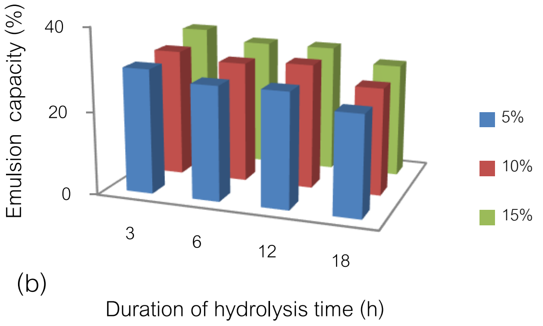


Figure 1 %Foaming capacity (a) and %Emulsion capacity (b) of jellyfish protein hydrolysate hydrolysis by enzyme bromelain

2. ผลการวิเคราะห์สมการทำนายโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนองของการเกิดโฟมและอิมัลชั่น

ผลของสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน และระยะเวลาการย่อยสลายต่อการเกิดโฟมและอิมัลชั่น เพื่อทำนายร้อยละการเกิดโฟมและอิมัลชั่น รูปแบบสมการแสดงใน Table 2

Table 2 Regression coefficients (R^2) and predictive regression model for foaming and emulsion capacity

Dependent variable (Z)	Predictive regression model	R^2
Foaming capacity (%)	Z=21.838+0.834X+2.712Y-0.102YY	0.894
Emulsion capacity (%)	Z=23.546+0.308X+0.680Y+0.198XY-0.025XX-0.038YY	0.894

Z=Foaming capacity or emulsion capacity (%), X=Enzyme concentration, Y= hydrolysis time

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน (X_1)และระยะเวลาในการย่อย (X_2) ที่มีผลต่อร้อยละการเกิดโฟมและอิมัลชั่น พบว่า อิทธิพลของปัจจัยความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลนและระยะเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อร้อยละการเกิดโฟมและร้อยละการเกิดอิมัลชั่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนเป็นลักษณะกำลังสอง นำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟแบบสามมิติ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเกิดโฟมเพิ่มขึ้นแต่ร้อยละการเกิดอิมัลชั่นลดลง ภาวะที่เหมาะสมในการเกิดโฟมและอิมัลชั่นสูงสุด คือ ความเข้มข้นเอนไซม์โบรมิเลน 15% ระยะเวลา12 ชั่วโมง ส่วนแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของร้อยละการเกิดโฟมและร้อยละการเกิดอิมัลชั่นโดยมีค่า Regression coefficients (R^2) เท่ากับ 0.894 มีค่าที่ทำนายได้ของการเกิดโฟมและอิมัลชั่น เท่ากับ 52.20% และ 33.15% (Figure2) จากนั้นเพื่อเป็นการยืนยันการทดลองโดยใช้ค่าสภาวะที่เหมาะสมสูงสุดมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายผล พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนายโดยพิจารณาจากค่าอคติ (bias) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 5 (Table 3)

Table 3 Predicted and observed values of foaming and emulsion capacity

Dependent variable	Observed	Predicted	Bias (%)
Foaming capacity (%)	51.60	52.20	1.14
Emulsion capacity (%)	33.30	33.15	0.45

Bias (%)= [(Predicted value-Observed value)/Predicted value)]×100

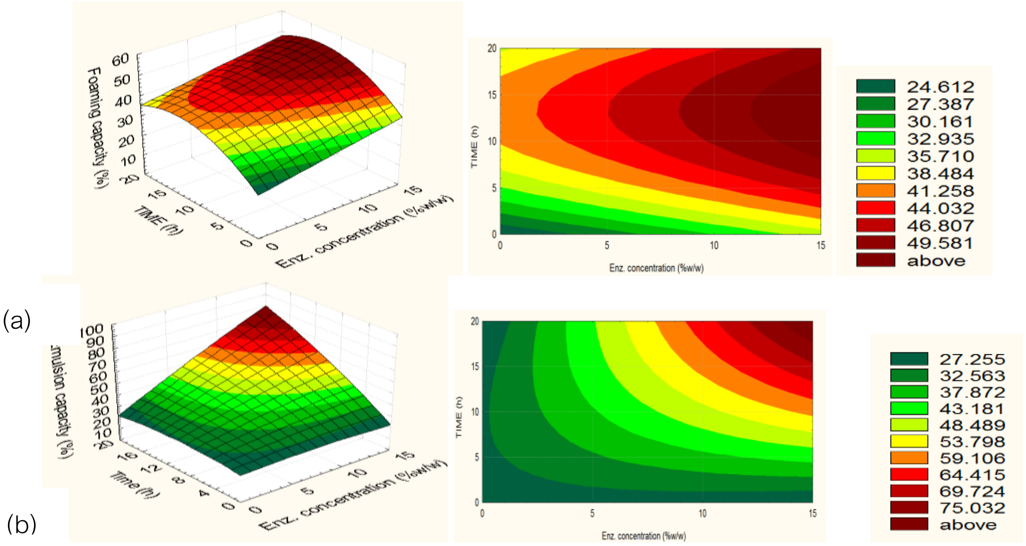


Figure 2 The contour plot and response surface plot of %foaming capacity (a) and %emulsion capacity (b)

สรุปผล

ภาวะที่เหมาะสมต่อร้อยละการเกิดโฟมและอิมัลชั่นที่ได้จากการค่าทำนายของเทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองมีค่าเท่ากับ 52.20 และ 33.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เอื้อเฟื้อเงินสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณ บริษัทมหาชัย ซีฟู้ดส์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบแมงกะพรุนสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ภัทราวรรณ มหาสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2555, ศักยภาพของโปรตีนไอโซเลตข้าวเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นรสด้วยกระบวนการให้ความร้อน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2)(พิเศษ): 609-612.

วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2547, แมงกะพรุนอาหารใหม่สำหรับประเทศตะวันตก, วารสารอาหาร, 34(3): 225-228.

อิสรี กล่อมแฟง, 2552, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแมงกะพรุนสกัดเข้มข้น, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Chen, D., Liu, Z., Huang, W., Zhao, Y., Dong, S. and Zeng, M., 2013, Purification and Characterisation of a Zinc-Binding Peptide from Oyster Protein Hydrolysate, Functional Foods, 5(2): 689-697.

Gbogouri, G.A., Linder, M., Fanni, J. and Parmentier, M., 2004, Influence of Hydrolysis Degree on the Functional Properties of Salmon Byproducts Hydrolysates, Food Science, 69(8): 615-622.

Hsieh, Y.-H.P., Leong, F.-M. and Rudloe, J., 2001, Jellyfish as Food, Hydrobiologia, 451(1-3): 11-17.

Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F., 2007, Antioxidative Activity and Functional Properties of Protein Hydrolysate of Yellow Stripe Trevally (*Selaroides leptolepis*) as Influenced by the Degree of Hydrolysis and Enzyme Type, Food Chemistry, 102(4): 1317-1327.

Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000, Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40(1): 43–81.

Naqash, S.Y. and Nazeer, R.A., 2013, Antioxidant and Functional Properties of Protein Hydrolysates from Pink Perch (*Nemipterus japonicus*) Muscle, Food Science Technology, 50(5): 972-978.

Pearce, K.N. and Kinsella, J.E., 2008, Emulsifying Properties of Proteins: Evaluation of a Turbidimetric Technique, Agricultural and Food Chemistry, 26(3): 716-723.

Tsumura, K., Saito, T., Tsugea, K., Ashida, H., Kugimiya, W. and Inouye, K., 2005, Functional Properties of Soy Protein Hydrolysates Obtained by Selective Proteolysis, LWT - Food Science and Technology, 38(3): 255–261.

อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ต่อการตอบสนองเชิงสรีรวิทยาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว

Nitrogen Rate and Cultivars on Physiology and Seed Quality of Quinoa

ปริญญา การสมเจตน์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] นพ ตัณมุขยกุล[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[2] ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง[1]
พีรพล แก้วสุวรรณ[1] ภาสกร ฟุ้งฟู[1] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์[3,4] และ IvánMatus T.[5]
Kansomjet, P.[1], Thobunluepop, P.[1], Tonmukayakul, N.[1], Boonkorkaew, P.[2], Junhaeng, P.[1],
Kaewsuwan, P.[1], Fungfoo, P.[1], Pipattanawong, N.[3,4] and IvánMatus, T.[5]

Abstract

The aim of this study was to evaluated nitrogen application rate and quinoa cultivars on physiological response and seed qualities. The experimental design was split plot in Randomized Complete Block Design with 4 replications. Main plot was quinoa cultivars (Moradas and Verdes). Sup plot was nitrogen application rate (0, 37.5, 75 and 125 kg.N.ha^{-1}. The results showed that nitrogen application rate of 125 kg.N.ha^{-1} significantly increased plant dry weight (4.86 g.plant^{-1}), and leaf area index (0.26). Additionally, both quinoa cultivars highly significantly responded to nitrogen application rate at 125 kg.N.ha^{-1} which was increased the highest yield. Seed germination, seed weight of 1000 seeds and mean emergence time were also the highest at this nitrogen application rate. Therefore, it could be concluded that the nitrogen application rate for 125 kg.N.ha^{-1}, and quinoa cv. Moradas had high responded to that the nitrogen rate for increased physiological growth and seed quality.

Keywords: nitrogen, growth, seed quality, quinoa

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และพันธุ์ควินัวต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ควินัว คือ Moradasและ Verdes ปัจจัยรอง คือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ 0, 37.5, 75 และ 125 kg.N.ha^{-1} ผลการทดลอง พบว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ 125 kg.N.ha^{-1} มีผลทำให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้นพืช (4.86 g.plant^{-1}) และดัชนีพื้นที่ใบ (0.26) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ควินัวทั้งสองพันธุ์ตอบสนองสูงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน 125 kg.N.ha^{-1} ซึ่งความงอกเมล็ดพันธุ์ น้ำหนัก 1000 เมล็ด และค่าเวลางอกเฉลี่ยสูงสุด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงอาจสรุปได้ว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกควินัวทั้งสองพันธุ์ คือ 125 kg.N.ha^{-1} และควินัวพันธุ์ Moradas ตอบสนองสูงต่ออัตราไนโตรเจนเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ:ไนโตรเจน การเจริญเติบโต คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ควินัว

คำนำ

ควินัวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chenopodium quinoawilld* เป็นพืชพื้นเมืองในเขตเทือกเขาแอนดิ ในทวีปอเมริกาใต้ และทำการเพาะปลูกมากว่า 3-4 พันปีแล้ว ปัจจุบันมีการให้ความสนใจในพื้นที่อื่นๆ เช่น อเมริกา ยุโรป และเอเชีย Quinoa ยังได้รับเลือกจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organisation (FAO)) ให้เป็น

---

[1] **ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[3] **ศูนย์นานาชาติสิรินธรเพื่อการวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[3] Princess Sirindhorn International Center for Research, Development and Technology Transfer, Kasetsart University, Bangkok 10900
[4] **มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50200**
[4] Royal Project Foundation, Chiangmai, Thailand 50200
[5] **สถาบันแหล่งพันธุกรรมแห่งชาติชิลี สาธารณรัฐชิลี**
[5] The National Genetic Resource, Republic of Chile

พืชเป้าหมายสำหรับความมั่นคงทางอาหารในศตวรรษ เนื่องจากเมล็ดของควินัวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิดและมีโปรตีนปริมาณมากถึง 16 – 24% ซึ่งสูงกว่าธัญพืชอื่นๆ ถึง 2 เท่า (Shams, 2011)

ธาตุอาหารมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ มีรายงานจาก Erley และคณะ (2005) รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 80 และ 120 Kg.N.ha^{-1} มีน้ำหนักผลผลิตเมล็ดควินัวสูงที่สุดที่ 3083 และ 3495 Kg.ha^{-1} ตามลำดับ และ Pospisil และคณะ (2006) รายงานว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 50 และ 100 Kg.N.ha^{-1}มีน้ำหนักผลผลิตของพืชกลุ่ม amaranthus สูงที่สุดที่ 1434 และ 1525 Kg.ha^{-1}อีกทั้งยังมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงที่สุดอีกด้วยที่ 0.747 และ 0.750 กรัมตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ระดับปุ๋ยที่ใช้ในการเพิ่มผลลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังจากการเก็บเกี่ยวนั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างแน่ชัดในประเทศไทย จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และพันธุ์ควินัวต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา และคุณภาพเมล็ดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ split plot in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ควินัว คือ Moradas และ Verdes ปัจจัยรอง คือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ 0, 37.5, 75 และ 125 kg.N.ha^{-1} ทำการศึกษาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม ตำบลนาทราย อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึง เดือนกุมภาพันธุ์ พ.ศ. 2557 ทำการปลูกควินัวทั้ง 2 พันธุ์ที่ระยะปลูก 15x50 เซนติเมตร ในแปลงขนาด 3.75 ตารางเมตร ให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ โดยในแต่แปลงจะให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราที่เท่ากันคือ 37.5 Kg.ha^{-1} โดยบันทึกน้ำหนักแห้งของต้น พื้นที่ใบ และค่าวิเคราะห์การเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาน้ำหนักผลผลิตต่อต้น น้ำหนัก 1000 เมล็ด และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดังนี้เปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีการงอก (Germination Index; GI) ตามวิธีการของ ISTA (2014) ค่าเวลางอกเฉลี่ย (Mean emergence time; MET) คำนวณค่าเวลางอกเฉลี่ยตามสูตรของ Demir และคณะ (2008) จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ $P<0.05$ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SX version 8 (Analytical Software, USA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาดัง Table 1 และ 2 พบว่า ค่าวิเคราะห์การเจริญเติบโตในช่วง 30 วันแรกของการเจริญเติบโตของพืชเป็น vegetative growth (LAI, LAR และ SLA) สูงตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้น ในขณะที่ค่า NAR สูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 125 kg N. ha^{-1}ซึ่งแสดงถึงพืชมีอัตราการสะสมอาหารตามอัตราปุ๋ยที่ใช้ และช่วงเวลา 60 วันหลังปลูก พบว่า ค่าน้ำหนักแห้งและ LAI สูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 125 kg N.ha^{-1} ในขณะที่ค่า NAR มากที่สุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0 kg N.ha^{-1} อาจเนื่องมาจากการสร้างการเจริญทางลำต้นและใบในช่วงแรกที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนสูง และทำให้เกิดการบดบังแสงกันระหว่างใบพืช ในขณะที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0 kg N.ha^{-1} มีการสร้างการเจริญทางลำต้นและใบต่ำ จึงมีใบโปร่งไม่เกิดการบดบังแสง ค่า NAR จึงสูงในช่วง 60 วันหลังการปลูก

จาก Table 3 พบว่าการให้ปุ๋ยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 75 และ 125 Kg.N.ha^{-1} สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดควินัวสูงสุด และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 125 Kg.N.ha^{-1} มีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงสุดและซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Erley และคณะ (2005) ที่รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 80 และ 120Kg.N.ha^{-1} มีน้ำหนักผลผลิตเมล็ดควินัวสูงที่สุด และ Pospisil และคณะ (2006) รายงานว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 50 และ 100 Kg.N.ha^{-1} มีน้ำหนักผลผลิตของพืช amaranthus สูงที่สุด เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับพืช เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต (เฉลิมพล , 2542) เมื่อพิจารณาด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มีค่าดัชนีการงอกสูงที่สุดนั้นเป็นเพราะประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบพืชมีค่าสูง ดัง Table 2 ส่งผลให้มีอาหารสะสมในเมล็ดมาก

จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยา (Figure 1) ภาพที่ a พบว่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) เพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีใบมากขึ้น (LAR) เนื่องจากเมื่อมีดัชนีพื้นที่ใบมากซึ่งหมายถึงการปกคลุมของใบในหน่วยพื้นที่มากจะทำให้ใบมีการกระจายตัวในต้นพืชมากขึ้น จากภาพที่ b พบว่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (NAR) ต่ำลง เนื่องจากพืชมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดการบดบังแสงกันระหว่างใบมากขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบพืชจึงต่ำลง จากภาพที่ c พบว่า เมื่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (NAR) เพิ่มมากขึ้นแต่ทำให้ผลผลิตเมล็ดต่อต้นลดลง เนื่องจากเมล็ดของพืชต้องการสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของใบ แต่ทั้งนี้พืชมีใบมากประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงจะต่ำลง

เพราะเกิดบดบังแสงกันระหว่างใบมากขึ้นทำให้ใบที่ถูกบดบังแสงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้แต่ยังต้องการสารอาหารเพื่อใช้ในการหายใจ จึงทำให้สารอาหารที่สังเคราะห์ได้จะถูกขนส่งไปยังใบที่ถูกบดบังแสง จึงส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตมีค่าต่ำลง

Table 1 Effect of cultivars and nitrogen for 30 dayson dry matter yield, Leaf Area Index (LAI), Leaf Area Ratio (LAR), Leaf Weight Ratio (LWR), Specific Leaf Area (SLA), and Net Assimilation Rate (NAR)

Treatment	dry matter yield (grams.plant^{-1})	LAI	LAR ($cm^2.g^{-1}$)	LWR	SLA ($cm^2.g^{-1}$)	NAR ($g.cm^{2-1}$)
cultivars						
Moradas	0.7897^{a}	0.1671^{a}	104.41^{a}	0.3504^{a}	291.91^{a}	0.0102^{a}
Verdes	0.5628^{b}	0.1292^{a}	109.51^{a}	0.3871^{a}	182.16^{a}	0.0094^{a}
nitrogen rate (kg.N.ha^{-1})						
0	0.5417^{b}	0.1283^{b}	105.04^{b}	0.3721^{a}	284.04^{b}	0.0097^{ab}
37.5	0.7531^{a}	0.1526a^{b}	124.53^{a}	0.3763^{a}	317.39^{a}	0.0086^{b}
75	0.7152a^{b}	0.1693^{a}	100.95^{b}	0.3600^{a}	280.58^{b}	0.0101^{ab}
125	0.6950^{ab}	0.1424^{ab}	97.32^{b}	0.3668^{a}	266.12^{b}	0.0108^{a}

a,b Mean in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Effect of cultivars and nitrogen for 60 dayson dry matter yield, Leaf Area Index (LAI), Leaf Area Ratio (LAR), Leaf Weight Ratio (LWR), Specific Leaf Area (SLA), and Net Assimilation Rate (NAR)

Treatment	dry matter yield (grams.plant^{-1})	LAI	LAR ($cm^2.g^{-1}$)	LWR	SLA ($cm^2.g^{-1}$)	NAR ($g.cm^{2-1}$)
cultivars						
Moradas	3.3934^{a}	0.1522^{a}	16.705^{b}	0.1164^{a}	144.59^{b}	0.0942^{a}
Verdes	3.2732^{a}	0.1966^{a}	29.506^{a}	0.2021^{a}	186.75^{a}	0.0404^{a}
nitrogen rate (kg.N.ha^{-1})						
0	2.6773^{b}	0.1068^{b}	22.291^{a}	0.2158^{a}	160.28^{a}	0.0923^{a}
37.5	2.6145^{b}	0.1568^{b}	25.015^{a}	0.1437^{a}	169.31^{a}	0.0641^{ab}
75	3.1789^{ab}	0.1697^{b}	23.913^{a}	0.1399^{a}	163.99^{a}	0.0524^{b}
125	4.8626^{a}	0.2644^{a}	21.203^{a}	0.1377^{a}	169.09^{a}	0.0604^{ab}

a,b Mean in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 3 Effect of cultivars, nitrogen ratesand harvesting times on yield, 1000 seed weight, percent germination, Germination Index (GI) and Mean Emergence Time (MET)

Treatment	yield (grams/plant)	1000 seed weight (grams)	germination (%)	GI	MET (days)
Cultivars					
Moradas	2.8304^{a}	3.0125^{a}	89.117^{a}	7.3637^{a}	3.0344^{a}
Verdes	2.9810^{a}	2.7733^{b}	87.471^{a}	7.1703^{a}	3.0688^{a}
nitrogen rate (kg.N.ha^{-1})					
0	2.1725^{b}	2.7598^{c}	90.484^{a}	7.4825^{a}	3.0306^{a}
37.5	2.4502^{b}	2.9036^{b}	87.328^{a}	7.1862^{ab}	3.0549^{a}
75	3.3171^{a}	2.9172^{b}	88.547^{a}	7.2630^{ab}	3.0646^{a}
125	3.6828^{a}	2.9909^{a}	86.818^{a}	7.1364^{b}	3.0564^{a}

a,b Mean in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

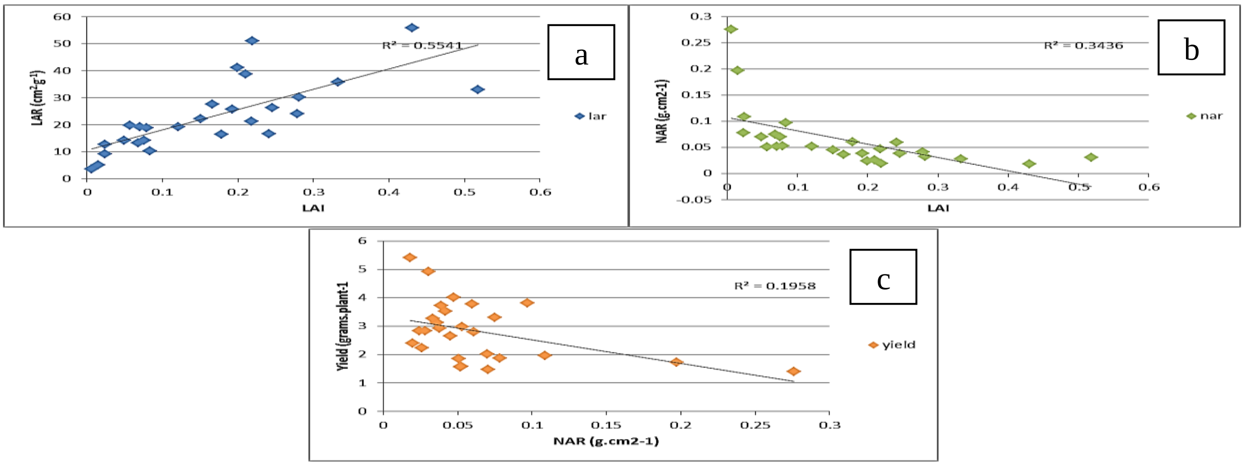


Figure 1 Correlation of LAI on LAR, (a) and NAR, (b), and correlation of NAR on yield, (c)

สรุปผล

อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกควินัวทั้งสองพันธุ์ คือ 125 kg.N.ha^{-1} และควินัวพันธุ์ Moradas ตอบสนองสูงต่ออัตราไนโตรเจนเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ The National Genetic Resource, Republic of Chile เป็นอย่างยิ่งที่อนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ควินัวเพื่อการศึกษาทดลอง ขอขอบคุณโครงการหลวงที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการปลูกตลอดจนการดูแลรักษา และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่อุปกรณ์สำหรับการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมพล แซมเพชร, 2542, สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่, โครงการตำรา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 276 หน้า.

Demir, I., Ermis, S., Mavi, K. and Matthews, S., 2008, Mean Germination Time of Pepper Seed Lots (*Capsicum annuum* L.) Predicts Size and Uniformity of Seedlings in Germination Tests and Transplant Modules, Seed Science and Technology, 36: 21-30.

ErleyGunda, S.A., Kaul, H.P., Kruse, M. and Aufhammer, W., 2005, Yield and Nitrogen Utilization Efficiency of the Pseudocereals Amaranth, Quinoa and Buckwheat under Differing Nitrogen Fertilization, European Journal of Agronomy, 22: 95-100.

International Seed Testing Association (ISTA), 2014, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology, The International Seed Testing Association, Bassersdof, Switzerland, 540 pp.

Pospisil, A., Pospisil, M., Varga, B. and Svecnjak, Z., 2006, Grain Yield and Protein Concentration of Two Amaranth Species (*Amaranthus* spp.) as Influenced by the Nitrogen Fertilization, European Journal of Agronomy, 25: 250-253.

Shams, S., 2011, Combat Degradation in Rain Fed Areas by Introducing New Drought Tolerant Crops in Egypt, International Journal of Water Resources and Arid Environment, 1(5): 318-325.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 485-488 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 485-488 (2557)

ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานีด้วยรังสีอินฟราเรดต่อเชื้อราโรงเก็บและสารอะฟลาท็อกซิน บี1

Effects of Infrared Ray Drying of Paddy cv. Thai Pathum Thani Fragrant Rice on Storage Molds and Aflatoxin B1

นฤมล เสือแดง[1] พิราวรรณ บุญเสริม[1] เนตรนภิส เขียวขำ[1] สมศิริ แสงโชติ[1] จักรมาส เลาหวณิช[2] และ ละมุล วิเศษ[2]

Sueadang, N.[1], Boonserm, P.[1], Khewkhom, N.[1], Sangchote, S.[1], Laohavanich, J.[2] and Wiset, L.[2]

Abstract

Paddy grain cv.Thai Pathum Thani Fragrant Rice from Sriprajan district, SuphanBuri province were dried by Infrared ray to IR obtain grain temperatures at 55, 65 and 75°C for 1 min. The initial moisture content was reduced from 16.4 to 14%wet basis after drying at 55°C. Paddy was inoculated with spore suspension of storage molds as *Aspergillus flavus, A. flavus* (TISTR3041), *A. parasiticus* and *Penicillium* sp. before heated with infrared ray. The result showed a decrease infection as temperature was increased of drying these grains. Then IR drying of paddy grain temperature of 70°Cfor 1 min was studied (un-inoculation). One kg of treated paddy and brown rice were stored in polyethylene bags at Room temperature or 4 months. Seven fungi were found from paddy and brown rice including *A. candidus, A. flavus, A. niger, A. ochraceus, A. parasiticus, A. terreus* and *Penicillium* sp. The predominant was *A. flavus* and *Penicillium* sp. *Penicillium* sp. infection on brown rice decreased after IR compared with control at first month and continually decreased in 2, 3 and 4 months of storage. Sampling of these treated brown rice was examined for aflatoxin B1 contamination by using direct competitive ELISA. Aflatoxin B1 was detected in low level at 4.9 and 3.2 ppb after storage in 1 and 2 months, respectively. That value was lower than untreated one and not higher than level of aflatoxin B1 limitation at 20 ppb.

Keywords: Infrared ray, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., Thai Phathum Thani fragrant rice

บทคัดย่อ

การอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุม อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ด้วยรังสีอินฟราเรด (IR) ที่ระดับอุณหภูมิความร้อนวัดที่เมล็ดข้าว 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 16.4 มาตรฐานเปียก หลังจากอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความชื้นเหลือร้อยละ 14 มาตรฐานเปียกเมื่อปลูกเชื้อบนข้าวเปลือกด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อราโรงเก็บได้แก่ *A. flavus* และ *A. flavus* (TISTR3041) *A. parasiticus* และ *Penicillium* sp. ก่อนการอบแห้งตรวจวัดเชื้อราบนเมล็ดข้าวด้วยวิธี blotter พบว่ามีปริมาณของเชื้อราที่ตรวจพบลดลงหลังจากอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน จากนั้นจึงศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วย IR ที่ระดับอุณหภูมิความร้อนวัดที่เมล็ดข้าว 70 องศาเซลเซียสนาน 1 นาที (โดยไม่ปลูกเชื้อ) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในรูปของข้าวเปลือกและข้าวกล้องในถุงโพลิเอทิลีน บรรจุถุงละ 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 4 เดือน จากการทดลองตรวจพบเชื้อรา 7 ชนิด ทั้งเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ได้แก่เชื้อรา *A. candidus A.flavus A. niger A. ochraceus A. parasiticus A. terreus* และ *Penicillium* sp. ส่วนใหญ่พบเชื้อรา *A. flavus* และ *Penicillium* sp. การอบแห้งด้วยIR ยังไม่แสดงผลที่ชัดเจนในการควบคุมเชื้อราโรงเก็บของข้าวเปลือกเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นน้อย แต่พบว่าเมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณเชื้อรา *Penicillium* sp. ที่ปนเปื้อนลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในเดือนแรกและลดลงเมื่อเก็บรักษา 2 3 และ 4 เดือน เมื่อสุ่มตรวจสารอะฟลาท็อกซิน B1 ในข้าวกล้อง ด้วยวิธี direct competitive ELISA พบปริมาณสารอะฟลาท็อกซินในปริมาณต่ำ คือ 4.9 และ 3.2 ppb เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าในชุดควบคุมและไม่เกินค่ามาตรฐาน 20 ppb

คำสำคัญ: รังสีอินฟราเรด *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. ข้าวพันธุ์หอมปทุม

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตลาดยาว แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Ladyao Sub-District, ChatuchakDistrict, Bangkok 10900

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย มหาสารคาม 44150

[2] Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Khamriang Sub-District, Kantarawichi District, Mahasarakham 44150

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การส่งออกข้าวของไทย ปี 2556 นำรายได้เข้าสู่ประเทศมากกว่า 1.3 แสนล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของเมล็ดข้าว คือความชื้นของเมล็ดหากเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายจะทำให้เชื้อราโรงเก็บเข้าทำลายเมล็ด ได้แก่ *Aspergillus*s pp. และ *Penicillium*s pp. ก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านคุณภาพและทางด้านเศรษฐกิจเชื้อราโรงเก็บหลายชนิดพบว่าสามารถสร้างสารพิษจากเชื้อราที่มีอันตรายต่อคนและสัตว์เช่นสารพิษอะฟลาท็อกซิน ที่สร้างจากเชื้อรา *Aspergillus flavus* (กัญจนา, 2538) โดยทั่วไปเกษตรกรจะลดความชื้นเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีตากลาน ซึ่งวิธีนี้ใช้เวลานาน 2-3 วันขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งใช้เวลานานและมีข้อจำกัดในการทำงานในฤดูฝนจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องอบแห้งในการลดความชื้นข้าวเพื่อรักษาคุณภาพของเมล็ดข้าว (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2555) ซึ่งการอบแห้งข้าวเปลือกมีหลายวิธีแต่ในงานวิจัยนี้จะใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดในการอบแห้งข้าวเปลือก โดยอาศัยหลักการถ่ายโอนความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการลดความชื้นข้าวเปลือก เนื่องจากให้ความร้อนเร็วสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ สะดวกในการเคลื่อนย้าย และติดตั้งง่าย (Laohavanich และ Wongpichet, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดในการควบคุมเชื้อราโรงเก็บและการสร้างสารอะฟลาท็อกซินบี1

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาผลของรังสีอินฟราเรดที่ระดับอุณหภูมิข้าวเปลือก 55 65 และ 75 องศาเซลเซียสต่อการเจริญของเชื้อราในโรงเก็บบนเมล็ดข้าวเปลือก

สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุม 200 กรัม ด้วยเครื่อง Boernerdivider จากตัวอย่างข้าว 20 กิโลกรัม ฆ่าเชื้อบริเวณผิวเมล็ดข้าวเปลือกด้วยคลอรอกซ์ร้อยละ 5 จากนั้นปลูกเชื้อราด้วยสารแขวนลอยสปอร์ ได้แก่เชื้อรา *Aspergillus flavus A. flavus* (TISTR 3041) *A. parasiticus* และ *Penicillium* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และนำเข้าเครื่องฉายรังสีอินฟราเรดโดยฉายรังสีอินฟราเรดที่ระดับอุณหภูมิที่วัดบนเมล็ดข้าว 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ตรวจสอบเชื้อราที่เจริญบนเมล็ดข้าวเปลือกด้วยวิธี Blotter

2. ศึกษาผลกระทบของรังสีอินฟราเรดต่อการเจริญของเชื้อราในโรงเก็บ

นำเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมมาฉายรังสีอินฟราเรดที่ระดับอุณหภูมิที่เมล็ดข้าว 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นแบ่งข้าวเปลือกที่ผ่านการฉายรังสีมาสีเป็นข้าวกล้อง การเก็บรักษาเป็น 2 แบบ คือข้าวเปลือกและข้าวกล้อง โดยบรรจุใส่ถุงซิปล็อคโพลีเอทิลีน ถุงละ 1 กิโลกรัมเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนในสภาพบรรยากาศปกติ สุ่มตัวอย่างตรวจหาชนิดและปริมาณของเชื้อราในโรงเก็บบนเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องทุกเดือนด้วยวิธี blotter

3. ศึกษาผลของรังสีอินฟราเรดต่อสารอะฟลาท็อกซิน บี 1 ในเมล็ดข้าวกล้อง

สกัดสารพิษจากข้าวกล้องโดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้อง 200 กรัม ปั่นละเอียด สุ่มตัวอย่างจำนวน 20 กรัม เติมเมทานอล 70% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ตั้งไว้ให้ตัวอย่างตกตะกอน แล้วเทส่วนใสกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ได้ความเข้มข้น 1:5 เจือจางสารสกัดเป็น 1:20 เท่า ด้วยสารละลาย washing buffer (0.01MPBS-T) ก่อนนำไปวิเคราะห์ให้เจือจางตัวอย่างอีกในอัตราส่วน 1:3 วิเคราะห์อะฟลาท็อกซินโดยใช้เทคนิค ELISAใช้ชุดเครื่องมือตรวจสอบสารอะฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร (อมรา, 2557) ขั้นตอนนี้ดำเนินการที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตรกรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อปลูกเชื้อราในโรงเก็บ 4 ชนิด ได้แก่ *A. flavus* และ *A. flavus* สายพันธุ์ TISTR 3041 *A. parasiticus* และ *Penicillium* sp. บนเมล็ดข้าวเปลือกแล้วอบแห้งด้วยIR ที่ระดับอุณหภูมิความร้อนที่เมล็ดข้าว 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 16.4 มาตรฐานเปียก และหลังจากอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความชื้นเหลือร้อยละ 14 มาตรฐานเปียก ตรวจพบปริมาณของเชื้อราทุกชนิดลดลงหลังการอบแห้งด้วยIR ทุกระดับอุณหภูมิเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 1) การอบแห้งข้าวเปลือกที่ระดับอุณหภูมิที่เมล็ดข้าว 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตรวจพบเชื้อรา *A. flavus* และ *Penicillum* sp. บนเมล็ดข้าวเปลือกทุกเดือนของการเก็บรักษา และไม่พบผลการควบคุมเชื้อราโรงเก็บเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน (Table 2) อาจเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นน้อย เมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณเชื้อรา *Penicillium* sp.มากเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกซึ่งโดยปกติจะพบเชื้อราที่ข้าว

กล้องมากกว่าข้าวเปลือกจากผลการทดลองอาจวิเคราะห์ได้ว่ามีการปนเปื้อนมาจากการสีข้าว โดยปริมาณเชื้อราของข้าวกล้องที่ผ่านการอบแห้งด้วยIR ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ส่วนเชื้อรา *A. flavus* ตรวจพบบนข้าวกล้องที่อบแห้งด้วยIR ในปริมาณร้อยละ 0.5 ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน แต่ในเดือนที่ 4 ตรวจพบในปริมาณสูงกว่าชุดควบคุม (Table 3) ในงานวิจัยของ อัศวิน (2547) ทำการเก็บรักษาข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 บรรจุ 2 กิโลกรัม ในถุงพลาสติกปิดผนึกสนิท ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจพบเชื้อรา *A. flavus* บนเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาเก็บรักษา 3.5-5 เดือน ไม่เกินร้อยละ 0.5 เช่นเดียวกัน ซึ่งต่ำกว่าในชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุถุง เมื่อสุ่มตรวจอะฟลาท็อกซิน บี1 ในข้าวกล้อง พบปริมาณอะฟลาท็อกซินในปริมาณต่ำ คือ 4.9 และ 3.2 ppb เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งไม่เกินมาตรฐาน 20 ppb ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

Table 1 Seed infection of inoculated paddy seedby 4 storage fungi after infrared ray drying.

Storage fungi	Seed infection (%)				
	Un-inoculated	Un-treated	IR 55°C	IR 65°C	IR 75°C
Aspergillus flavus	0d	36.75a	18.5b	15.5bc	11.25c
*A. flavus*TISTR 3041	0c	24.25a	12.5b	20.25a	22.5a
A. parasiticus	0d	80.25a	71.25b	49.75c	51.5c
Penicillium sp.	0d	99.5a	99a	80b	49.25c

1/ Mean values within row followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) by DMRT

Table 2 Percent of storage fungi on paddy afterinfrared drying at 70 °C at 1 min and stored for 4 months.

Month	Treatment	*Aspergilluscandidus*	*A. flavus*	*A. niger*	*A. ochraceus*	*A. parasiticus*	*A. terreus*	*Penicillium sp.*
0	Control	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns
	IR	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns
1	Control	0ns	2ns	0ns	0ns	0ns	0ns	1ns
	IR	0ns	1.5ns	0ns	0ns	0ns	0ns	1.25ns
2	Control	0ns	0.25b	0ns	0ns	0ns	0b	0.25b
	IR	0ns	3.75a	0ns	0ns	0ns	1.75a	8.25a
3	Control	0ns	2ns	0ns	0ns	0.5ns	3.25a	1.5ns
	IR	0ns	2.75ns	0ns	0ns	0ns	0b	1ns
4	Control	0ns	5.5b	0.25b	0ns	0b	0.25b	0.75b
	IR	0.25ns	9.25a	2a	0ns	0.75a	2.75a	6.25a

1/ Mean values within row followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) by DMRT

Table 3 Percent of storage fungi on husk rice at stored for 4 months.

Month	Treatment	*Aspergillus candidus*	*A. flavus*	*A. niger*	*A. ochraceus*	*A. parasiticus*	*A. terreus*	*Penicillium sp.*
0	Control	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns
	IR	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns
1	Control	0ns	3.25ns	0ns	0ns	0ns	0ns	97.25a
	IR	0ns	5.25ns	0ns	0ns	0ns	0ns	76b
2	Control	0ns	1ns	0ns	0ns	1.5a	0ns	71.5a
	IR	0ns	1.25ns	0ns	0ns	0.75b	0.25ns	59.5b
3	Control	0ns	1.75a	0.5ns	0ns	1ns	0b	51.75a
	IR	0ns	0.5b	0.25ns	0ns	1.6ns	0.75a	31.25b
4	Control	0b	2.75b	2ns	1a	0.5b	0.5b	1.75a
	IR	1.75a	66.5a	1ns	0b	21.75a	16.75	0.25b

1/ Mean values within row followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) by DMRT

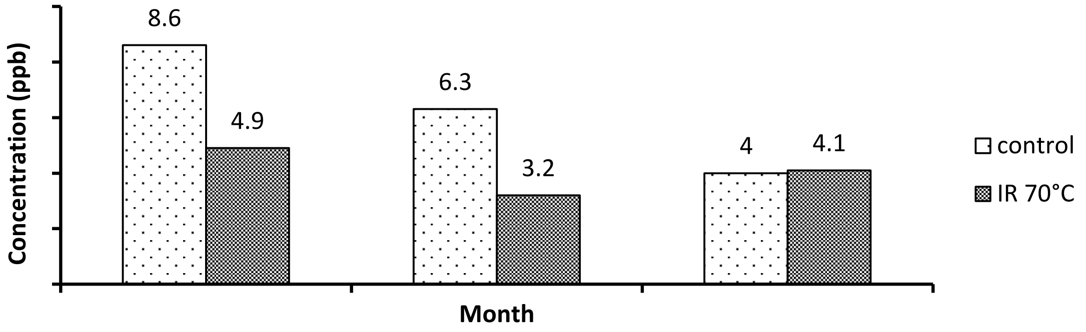


Figure 1 Concentration aflatoxin of husk rice

สรุปผล

การอบแห้งด้วยIR ที่ระดับอุณหภูมิความร้อนที่เมล็ดข้าว 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที สามารถควบคุมเชื้อราโรงเก็บ ได้แก่ *A. flavus* และ *A. Flavus* สายพันธุ์ TISTR 3041 *A. parasiticus* และ *Penicillium* sp. ที่ปลูกเชื้อบนเมล็ดข้าวเปลือกได้ การอบแห้งด้วยIR ที่ระดับอุณหภูมิความร้อนที่เมล็ดข้าว 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ยังไม่แสดงผลที่ชัดเจนในการควบคุมเชื้อราโรงเก็บที่ปนเปื้อนบนเมล็ดข้าวเปลือก เมื่อสุ่มตรวจอะฟลาท็อกซินB1 ในข้าวกล้อง พบปริมาณสารอะฟลาท็อกซินต่ำกว่าในชุดควบคุมและไม่เกินค่ามาตรฐาน 20 ppb

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ดร. อมรา ชินภูติ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตรกรรมวิชาการเกษตรที่ให้คำปรึกษาในการตรวจวิเคราะห์อะฟลาทอกซิน บี1

เอกสารอ้างอิง

กัญจนา พุทธสมัย, 2538, โรคเมล็ดพันธุ์และเชื้อราในโรงเก็บ, กลุ่มงานวิจัยโรคพืชและผลิตผลเกษตร กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร, 2557, ระบบแสดงข้อมูลด้านสถิติ นำเข้า-ส่งออกสินค้าที่สำคัญ, สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [สืบค้น], http://www.oae.go.th/ oae_report/export_import/export_result.php [01/ February/ 14].

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2555, องค์ความรู้เรื่องข้าว วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวข้าว. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/rkb/postharvest/index. php-file=content. php&id =3.htm [01/ February/ 14].

อมรา ชินภูติ, 2557, ชุดเครื่องมือตรวจสอบสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร [สืบค้น], http://www.doa.go.th/pprdo/index.php/research/10-elisa [01/ February/ 14].

อัศวิน เนตรถนอมศักดิ์. 2547. เชื้อราในโรงเก็บและสารพิษในข้าวกล้องภายใต้การเก็บรักษาที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 48 หน้า.

Laohavanich, J. and Wongpichet, S., 2009, Drying Characteristics and Milling Quality Aspects of Paddy Dired with Gas-Fired Infrared, Journal of Food Process Engineering, 32(3): 442-461.

เครื่องอบแห้งและกะเทาะหมาก

Betel Nut Cracker and Dryer Machine

นฤบดี ศรีสังข์[1] กิตติชัย ชูสิง[1] วศิน สมกาญจนา[1] และ อภิสิทธิ์ ศรีไสยเพร็ช[1]

Srisang, N.[1], Chusing, K.[1], Somkanjana, W.[1] and Srisipet, A.[1]

Abstract

Currently, moisture content of betel nut (BN) is generally decreased by sun drying method. This method will help to separate the shell and kernel of BN but it spend more time and is difficultly to control the quality. Therefore, this research aims to create a betel nut cracker and dryer machine (BNCDM) for studying the BN drying kinetic by infrared ray and the effect of drying temperature on crack the BN shell by the machine. The performance of BNCDM estimated from the amount of BN that were crack by the machine, aspects of BN kernel such as color and the fracture percentage of BN kernel. The initial moisture and final moisture content of BN were 170% dried basis and 12-15% dried basis, respectively. The drying temperatures in experiment were 130, 135 and 140°C. Experimental results showed that the moisture content of BN decreased with the increase of drying temperature. BNCDM operated at 135 and 140°C spent the shortest drying time at 4 hours. The highest BN shell crack percentage was 75% and the lowest BN kernel fracture percentage was 15% at 130°C drying temperature. On the other hand, the lowest BN shell crack percentage was 60% and the highest BN kernel fracture percentage was 25% at 140°C. Colors of BN kernel in every experimental drying temperature were insignificantly different with sun drying.

Keywords: betel nut, dryer machine, cracker machine, infrared

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการลดความชื้นของหมากทำโดยวิธีการตากแดด ซึ่งการอบแห้งวิธีนี้จะช่วยในการแยกเปลือกและเนื้อของหมาก แต่การอบแห้งใช้เวลานานและยากต่อการควบคุมคุณภาพ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสร้างเครื่องอบแห้งและกะเทาะหมาก เพื่อศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งหมากด้วยรังสีอินฟาเรด และศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการกะเทาะเปลือกหมากด้วยเครื่อง โดยสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและกะเทาะหมากประเมินจาก จำนวนหมากที่สามารถกะเทาะได้ด้วยเครื่อง และลักษณะของเนื้อหมาก เช่นสีและเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเนื้อหมาก ปริมาณความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของหมากมีค่าเท่ากับ 170% มาตรฐานแห้งและ 12-15% มาตรฐานแห้งตามลำดับ อุณหภูมิอบแห้งในการทดลอง คือ 130 135 และ 140°C ผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นของหมากลดลงกับอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิอบแห้ง 135 และ 140°C ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุดที่ 4 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกหมากสูงสุดมีค่า 75% และเปอร์เซ็นต์เนื้อหมากแตกต่ำสุดมีค่า 15% ที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ในทางตรงกันข้ามเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกหมากต่ำสุดมีค่า 60% และเปอร์เซ็นต์เนื้อหมากแตกสูงสุดมีค่า 25% ที่อุณหภูมิอบแห้ง 140°C สีของเนื้อหมากในทุกอุณหภูมิอบแห้งที่ทำการทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการตากแดด

คำสำคัญ: หมาก เครื่องอบแห้ง เครื่องกะเทาะ อินฟาเรด

คำนำ

หมากเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีการส่งออกหมากเป็นจำนวน 27,612 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 708 ล้านบาท แหล่งปลูกหมากที่สำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ โดยปลูกมากที่สุดที่จังหวัดชุมพร หมากใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมสี ฟอกหนัง และ ยารักษาโรค หมากหลังการเก็บเกี่ยวถูกนำมาใช้ทั้งในรูปของหมากสดและหมากแห้ง ในการทำหมากสดเป็นหมากแห้ง หมากจะถูกนำมาตากแดดทั้งผลจนกระทั่งความชื้นของหมากลดลงเหลือ 12-15% มาตรฐานแห้ง (ใช้เวลาประมาณ 4-5 วัน) จากนั้นจึงผ่าหมากและแยกเนื้อหมาก

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160

[1] Department of Mechanical Engineering, KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

ออกจากเปลือก ซึ่งวิธีดังกล่าวใช้เวลาอบแห้งที่ยาวนาน และควบคุมคุณภาพของหมากได้ยาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสร้างเครื่องอบแห้งและกะเทาะหมาก เพื่อศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งหมากด้วยรังสีอินฟาเรด และศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการกะเทาะเปลือกหมากด้วยเครื่อง สมรรถนะของเครื่องอบแห้งและกะเทาะหมากประเมินจากจำนวนหมากที่สามารถกะเทาะได้ด้วยเครื่อง และคุณภาพของหมากพิจารณาในเรื่องของสี และเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเนื้อหมากหลังการกะเทาะ

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองใช้หมากสงสดที่เก็บเกี่ยวในจังหวัดชุมพร (หมากสง คือ หมากที่แก่จัด ผลมีสีเหลืองอมส้ม) ดังแสดงใน Figure 1a หมากสงที่เก็บเกี่ยวจากต้นถูกนำมาคัดขนาด โดยเลือกหมากที่มีขนาดของผลอยู่ในช่วง 2.5-4 cm นำหมากมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่าความชื้นเริ่มต้นก่อนอบแห้ง จากนั้นนำหมากมาจัดวางบนถาด ถาดละ 10 ลูก จำนวน 2 ถาด และนำถาดเข้าเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรด ขนาด 0.60 × 0.55 × 0.65 m^3 ดังแสดงด้วยหมายเลข 1 ใน Figure 1b ชุดกำเนิดรังสีอินฟาเรดประกอบด้วย แท่งรังสีอินฟาเรด ขนาด 1,000 W จำนวน 3 แท่ง ติดตั้งบริเวณด้านหลังของตู้อบ ดังแสดงด้วยหมายเลข 2 ใน Figure 1b หมากถูกอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 135 และ 140°C ตามเวลาที่กำหนด จากนั้นนำหมากมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่าความชื้นหลังอบแห้ง ซึ่งความชื้นสุดท้ายของหมากที่ต้องการอยู่ในช่วง 12-15% มาตรฐานแห้ง หมากหลังอบแห้งนำมากะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะดังแสดงด้วยหมายเลข 3 ใน Figure 1b เครื่องกะเทาะถูกขับด้วยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 1,200-1,800 รอบต่อนาที หมากถูกใส่เข้าเครื่องกะเทาะทางด้านบน จากนั้นด้วยการหมุนของล้อยางดังแสดงด้วยหมายเลข 4 ใน Figure 1b หมากจะถูกบดอัดกับตะแกรงดังแสดงด้วยหมายเลข 5 ใน Figure 1b การหมุนของล้อยางทำให้เกิดแรงเสียดทานในการเฉือนเปลือก และทำให้กะลาแตก แต่เนื้อหมากที่อยู่ภายในมีความแข็งแรงกว่ากะลามาก จึงทำให้เนื้อหมากหลุดจากเปลือกได้ (Jarimopas และคณะ, 2009)

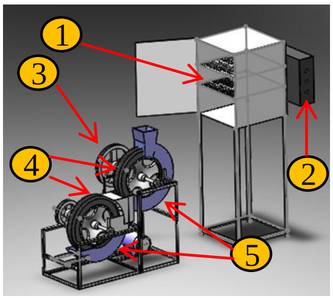
(a) (b) 

Figure 1 (a) Ripe betel nut and (b) Betel nut cracker and dryer machine (number 1= infrared dryer, number 2 = infrared source set, number 3 = betel nut cracker, number 4 = tire and number 5 = sieve)

จลนศาสตร์ของการอบแห้งหมากได้จากการวัดค่าความชื้นของหมากที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาการอบแห้ง สมรรถนะของเครื่องอบแห้งและกะเทาะหมากประเมินจากเปอร์เซ็นต์ของหมากที่กะเทาะได้สำเร็จ (เนื้อหมากหลุดจากเปลือก), เปอร์เซ็นต์ของหมากแตก (เนื้อหมากหลุดจากเปลือก แต่เหลือเนื้อหมากน้อยกว่า 1 ใน 4 ส่วน) และเปอร์เซ็นต์ของหมากที่กะเทาะไม่สำเร็จ (เนื้อหมากไม่หลุดจากเปลือก) สีของเนื้อหมากหลังการอบแห้งและกะเทาะตรวจด้วยเครื่องวัดสี และนำไปเปรียบเทียบกับสีของเนื้อหมากจากวิธีการตากแดด ซึ่งเป็นสีของเนื้อหมากที่ยอมรับในท้องตลาด ผลการทดลองทั้งหมดได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการทดลอง

Figure 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของหมากกับเวลาการอบแห้ง พบว่า ความชื้นเริ่มต้นของหมากมีค่าอยู่ในช่วงเท่ากับ 169-171% มาตรฐานแห้ง ปริมาณความชื้นหมากลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 ชั่วโมงแรก จากนั้นปริมาณความชื้นของหมากลดลงตามเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น โดยความชื้นสุดท้ายที่ต้องการมีค่าอยู่ในช่วง 12-15% มาตรฐานแห้ง อัตราการอบแห้งหมากเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ใช้เวลาอบแห้งนานที่สุด 6 ชั่วโมง ในขณะที่อุณหภูมิอบแห้ง 135 และ 140°C ใช้เวลาอบแห้งใกล้เคียงกันที่ประมาณ 4 ชั่วโมง

Figure 3 แสดงเนื้อหมากและเปลือกหมากที่ได้จากการกะเทาะหลังจากการอบแห้งที่อุณหภูมิการทดลองต่างๆ สำหรับหมากที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 135 และ 140°C เปลือกหมาก (ดังแสดงใน Figure 3b และ 3c) และเนื้อหมากบริเวณเนื้อ

ด้านในมีสีน้ำตาลเข้ม ในทุกๆ อุณหภูมิที่ทำการทดลอง เนื้อหมากที่กะเทาะสำเร็จจะมีเม็ดค่อนข้างสมบูรณ์เป็นเม็ดกลมแบน (ดังแสดงใน Figure 3a 3b และ 3c) และมีเนื้อหมากบางส่วนที่เกิดการแตก (ดังแสดงใน Figure 3a 3b และ 3c) ซึ่งผลของการกะเทาะแสดงด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกหมากสำเร็จ เปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกหมากไม่สำเร็จ และเปอร์เซ็นต์การแตกของเนื้อหมาก ดังแสดงใน Table 1

จาก Table 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลกระทบต่อการกะเทาะเปลือกหมาก โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C มีค่าเปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกหมากสำเร็จสูงสุดเท่ากับ 75% และมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งที่ 135 และ 140°C ซึ่งมีค่า 65 และ 60% ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ค่าเปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกหมากไม่สำเร็จที่อุณหภูมิ 130°C มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการอบแห้งที่ 135 และ 140°C นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เนื้อหมากที่กะเทาะได้มีการแตกหักเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 140°C มีค่าเปอร์เซ็นต์การแตกของเนื้อหมากสูงสุดเท่ากับ 25% และมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการอบแห้งที่ 130 และ 135°C ซึ่งมีค่า 15 และ 19% ตามลำดับ

Table 2 แสดงสีของเนื้อหมากหลังการอบแห้งและกะเทาะที่อุณหภูมิ 130 135 และ 140°C เปรียบเทียบกับสีของเนื้อหมากจากวิธีการตากแดด สีของเนื้อหมากมีแนวโน้มที่จะเข้มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้นดังแสดงด้วยค่าความสว่าง (L*) ที่ลดลง สีของเนื้อหมากหลังการอบแห้งในทุกๆอุณหภูมิที่ทำการทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และสีของเนื้อหมากที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดมีแนวโน้มของสีที่ค่อนข้างเข้มกว่าสีของเนื้อหมากที่ได้จากการตากแดด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

วิจารณ์ผล

การอบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับหมากได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนให้กับผิวหมากโดยตรง และสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อหมากช่วยให้ความชื้นภายในเนื้อหมากได้รับความร้อนและแพร่ออกมาที่ผิว ดังจะเห็นได้จากในทุกช่วงอุณหภูมิการทดลอง หมากมีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก เนื่องจากหมากมีปริมาณความชื้นที่สูงในตอนเริ่มต้น ทำให้การถ่ายเทความชื้นจากภายในไปยังผิวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาอบแห้งนานขึ้น ความชื้นที่ผิวหมากและภายในของเนื้อหมากลดต่ำลง ทำให้อัตราการถ่ายเทความชื้นจากภายในออกไปสู่ผิวหมากลดลง หมากจึงมีการลดลงของความชื้นที่ช้าลง (Tirawanichakul และคณะ, 2012) และเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการอบแห้งหมากเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิ (Saniso และคณะ, 2012) เปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกหมากสำเร็จมีค่าที่ค่อนข้างสูงและเปอร์เซ็นต์เม็ดหมากแตกมีค่าที่ต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Jarimopas และคณะ (2009) ซึ่งนำหมากมาตากแดดจนมีความชื้นเหลือ 6.3% มาตรฐานแห้ง จากนั้นนำมากะเทาะด้วยเครื่อง ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกหมากสำเร็จ 64.4% และเปอร์เซ็นต์เม็ดหมากแตก 15.2% แสดงให้เห็นถึงความชื้นของหมากที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากอุณหภูมิของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดที่สูงมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบ (Tirawanichakul และคณะ, 2013)

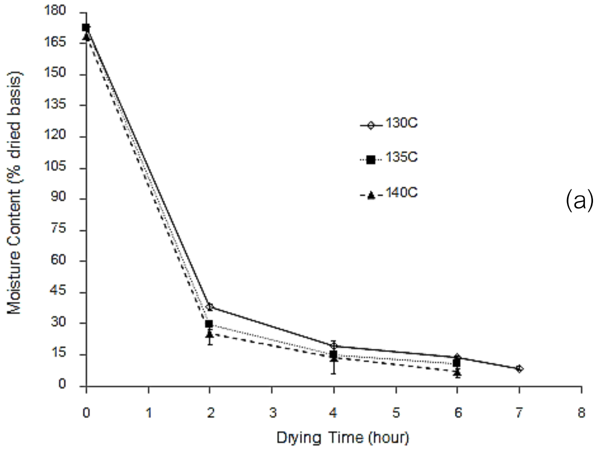


Figure 2 Drying kinetic of betel nut at drying temperature of 130 135 and 140°C.

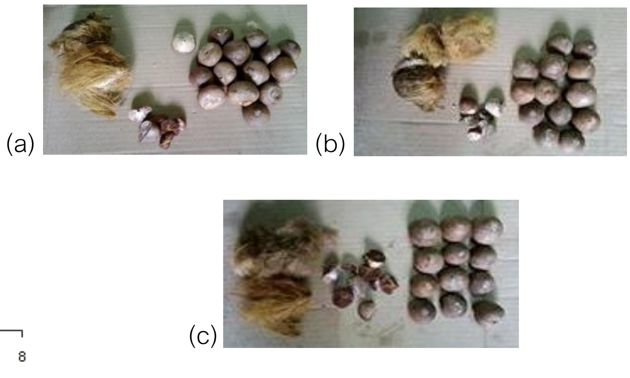


Figure 3 Betel nut after through cracker and dryer machine at drying temperature of (a) 130°C (b) 135°C and (c) 140°C.

Table 1 Crack percentage of betel nut at drying temperature of 130 135 and 140°C.

Sample	Successful crack percentage of betel nut shell (%)	Fracture percentage of betel nut kernel	Unsuccessful crack percentage of betel nut shell (%)
130°C (6 hour)	75 ± 1a	15 ± 2a	10 ± 1a
135°C (4 hour)	65 ± 2b	19 ± 1b	15 ± 1b
140°C (4 hour)	60 ± 2c	25 ± 1c	14 ± 1b

[a, b, c] mean with different scripts in the same column are significantly different (p≤0.05).

Table 2 Colors of betel nut kernel after drying through cracker and dryer machine.

Sample	Color		
	L*	C*	h*
130°C (6 hour)	59.82 ± 0.35a	12.48 ± 7.67a	61.15 ± 5.57a
135°C (4 hour)	55.84 ± 7.48a	10.80 ± 4.48a	56.57 ± 0.67a
140°C (4 hour)	50.78 ± 6.20a	12.02 ± 0.95a	50.93 ± 5.40a
Sun drying (32-40 hour)	69.15 ± 10.10a	17.38 ± 6.38a	67.00 ± 13.29a

[a, b] mean with different scripts in the same column are significantly different (p≤0.05).

Tirawanichakul และคณะ (2012) ได้รายงานถึงสีของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยด้านอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้นมากกว่าที่จะเป็นผลจากปัจจัยด้านแหล่งกำเนิดของความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง อย่างไรก็ตามคุณภาพด้านสีของเนื้อหมากหลังการอบแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกอุณหภูมิการทดลอง และไม่แตกต่างกับสีของเนื้อหมากในท้องตลาดที่ได้จากวิธีการตากแดด ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากมีเปลือกหมากป้องกันไม่ให้เนื้อหมากไม่ได้รับความร้อนจากรังสีโดยตรง ทำให้สีของเนื้อหมากไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

สรุปผล

การอบแห้งหมากด้วยรังสีอินฟาเรดควรอบที่อุณหภูมิ 130°C แม้จะใช้เวลาอบแห้งนาน แต่เมื่อนำไปกะเทาะจะให้เปอร์เซ็นต์ของการกะเทาะเปลือกที่สูง มีการแตกหักของเนื้อหมากที่น้อย และคุณภาพด้านสีเป็นที่ยอมรับในท้องตลาด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ที่สนับสนุนทุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Jarimopas, N., Niamhom, S. and Terdwongworakul, A., 2009, Development and Testing of a Husking Machine for Dry Betel Nut (*Areca catechu* Linn.), Biosystems Engineering, 102: 83-89.

Saniso, E., Saudi, F. and Hanafee, R., 2012, Moisture Diffusivity Coefficient Specific Energy Consumption and Specific Moisture Extraction Rate of Betel Nut Drying Using Combined Thermal Energy, Burapha Science Journal, 17: 142-149.

Tirawanichakul, S., Lamaepae, S. and Tirawanichakul, Y., 2012, Combined Infrared/microwave and Hot Air Drying for Jackfruit: Kinetics, Quality and Sensory Analysis, Burapha Science Journal, 17: 117-129.

Tirawanichakul, S., Chanchiew, S. and Tirawanichakul, Y., 2013, Pennywort Drying Using Infrared: Drying Kinetics, Energy Consumption and Quality Aspect, KKU Research Journal, 18: 311-324.

ผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวผง

Effect of Spray Drying Conditions on Antioxidant Capacity of Coconut Sugar Powder

คณิตนันท์ เอซัน[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] สุภาภรณ์ เลขวัต[2] และ รัฐกรณ์ จำนงค์ผล[1]
A-sun, K.[1], Thumthanaruk, B.[1], Lekhavat, S.[2] and Jumnongpon, R.[1]

Abstract

The aim of this research was to study effect of spray drying conditions on antioxidant capacity of coconut sugar powder. Raw coconut sugar was firstly heated at 100°C for 30 minutes to obtain pasteurized coconut sugar. The feed solution was prepared by mixing pasteurized coconut sugar with maltodextrin DE 9-12 at ratio 90:10 80:20 and 70:30, and then was spray dried at inlet temperature of 120, 150 and 180°C, respectively. Feed rate was controlled at 4-5-7.5 ml/min. Total phenolic content and antioxidant capacity (DPPH assay) of pasteurized coconut sugar, feed solution and coconut sugar powder were evaluated. The results showed that total phenolic content and %radical scavenging of coconut sugar powder decreased significantly with an increase in maltodextrin content and inlet air temperature. To obtain high antioxidant capacity of coconut sugar powder, It is seemed that the ratio of pasteurized coconut sugar/maltodextrin at 90:10 which was spray dried at inlet temperature of 120° C provided the highest total phenolic content and antioxidant capacity.

Keywords: antioxidant, coconut sugar, spray drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวผง ในขั้นแรกน้ำตาลมะพร้าวจากต้นมะพร้าวจะถูกนำมาเคี่ยวให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีเพื่อพาสเจอไรซ์ จากนั้นนำไปอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยเตรียมสารละลายป้อนจากน้ำตาลมะพร้าวผสมกับมอลโตเดกซ์ตริน (DE 9-12) ที่อัตราส่วน 90:10 80:20 และ 70:30 และแปรอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 150 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กำหนดอัตราการป้อนสาร 4.5-7.5 มิลลิลิตร/นาที วิเคราะห์ปริมาณฟีโนลิคทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และของน้ำตาลมะพร้าวผงที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย เปรียบเทียบกับวัตถุดิบเริ่มต้นและสารละลายป้อนที่ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินระดับต่างๆ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟีโนลิคทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงเมื่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้น โดยน้ำตาลมะพร้าวผงที่มีอัตราส่วนน้ำตาลมะพร้าวต่อมอลโตเดกซ์ตริน 90:10 และอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 120 องศาเซลเซียส มีปริมาณฟีโนลิคและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ น้ำตาลมะพร้าว การอบแห้งแบบพ่นฝอย

คำนำ

น้ำตาลมะพร้าวได้จากส่วนของจั่นหรือช่อดอกของต้นมะพร้าว แต่เดิมมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวในครัวเรือนก่อนการใช้น้ำตาลทรายที่ผลิตจากอ้อยในปัจจุบัน ด้วยน้ำตาลที่ได้จากต้นมะพร้าวมีกลิ่นรสที่ดี น้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณแร่ธาตุสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายแดง นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่าน้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดในบรรดาน้ำตาลที่ได้จากพืช (ศิริพร, 2519) และสารในกลุ่มฟีโนลิคซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (ณัฏฐ์จิรัชยา, 2549) โดยในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่มี

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ สาย แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat Sai1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800
[2] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[2] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

ประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น ซึ่งอาหารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมีและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวและผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีโนลิคของน้ำตาลมะพร้าวผง

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างน้ำตาลมะพร้าวได้จากสวนมะพร้าว ต.ปลายโพงพาง อ.อัมพวา จ.สมุทรสาคร ผ่านการเคี่ยวที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเศษไม้ เศษแมลงหรือเศษฝุ่นที่อาจหลงเหลืออยู่ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของน้ำตาลมะพร้าวผง ได้แก่ ลักษณะปรากฏด้วยการตรวจพินิจ ค่าความหนืด ค่าสี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า (AOAC, 2000) ปริมาณวิตามินซี ค่าพีเอช %กรด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) ปริมาณสารฟีโนลิคและค่า EC_{50} (ปริมาณของสารที่ใช้ยับยั้งอนุมูลอิสระลง 50%)

การอบแห้งแบบพ่นฝอยน้ำตาลมะพร้าว โดยแปรอัตราส่วนน้ำตาลมะพร้าวต่อมอลโตเดกซ์ตรินที่ 90:10 80:20 และ 70:30 ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi mini spray dry รุ่น B-290) แปรอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 150 และ 180 องศาเซลเซียส กำหนดอัตราการป้อนสารที่ 4.5-7.5 มิลลิลิตร/นาที กำหนด flow control ที่ 0.23 บาร์ และ aspirator rate 32 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง เมื่อได้เป็นน้ำตาลมะพร้าวผงนำมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เก็บในโถดูดความชื้น

การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำตาลมะพร้าวผง โดยวิเคราะห์ปริมาณสารฟีโนลิคทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Wong และ Chye, 2009) ของวัตถุดิบเริ่มต้น สารละลายป้อน และน้ำตาลมะพร้าวผง เปรียบเทียบปริมาณสารฟีโนลิคทั้งหมดและความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH ของแต่ละสภาวะ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการตรวจพินิจลักษณะภายนอกเบื้องต้นน้ำตาลมะพร้าวที่นำมาวิจัย พบว่ามีสีเหลืองอ่อน กลิ่นหอม รสชาติหวาน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 19±1 องศาบริกซ์ ค่าสีและค่าความหนืดดังแสดงใน Table 1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวดังแสดงใน Table 2 และ Table 3 ซึ่งน้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณวิตามินซี 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งแย้งกับงานวิจัยของ ศิริพร (2519) ที่พบว่าน้ำตาลมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนมีปริมาณวิตามินซี 12-21 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสูญสลายของวิตามินซีระหว่างกระบวนการเคี่ยวให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง

จากการทดลองพบว่าปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่สูงขึ้นมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณของน้ำตาลมะพร้าวในสารละลายป้อนลดลง ซึ่งคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระมาจากสารประกอบในกลุ่มฟีโนลิคที่มีอยู่ในน้ำตาลมะพร้าว โดยได้จากไม้พะยอมในขั้นตอนการรองรับน้ำตาลเพื่อป้องกันการบูดของน้ำตาล แต่เมื่อพิจารณาอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าระดับที่เดียวกัน ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่สูงขึ้นส่งผลต่อร้อยละการสูญเสียของสารฟีโนลิคที่ลดลงโดยเปรียบเทียบระหว่างสารละลายป้อนและน้ำตาลมะพร้าวผงดังแสดงใน Table 6 เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินมีความสามารถในการปกป้องสารชีวภาพจากกการสลายตัวจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง อากาศ และอุณหภูมิ เป็นต้น และพบว่าเมื่อน้ำตาลมะพร้าวผงผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณสารฟีโนลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวผงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 4 และ Table 5 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสารดังกล่าวในวัตถุดิบเริ่มต้นและสารละลายป้อน เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงทำให้สารฟีโนลิคเกิดการสลายตัวซึ่งสอดคล้องกับงานของ ศรันย์ และคณะ (2556) รายงานว่าสารฟีโนลิคสลายตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยในการทดลองนี้สภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อัตราส่วนน้ำตาลมะพร้าวต่อมอลโตเดกซ์ตรินที่ 90:10 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารฟีโนลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

สรุปผล

ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีผลต่อปริมาณสารฟีโนลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำตาลมะพร้าวผง โดยสภาวะอัตราส่วนน้ำตาลมะพร้าวต่อมอลโตเดกซ์ตรินที่ 90:10 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่มีปริมาณสารฟีโนลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอกระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแหงประเทศไทย (วว.) กับสถาบันการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

ณัฎฐ์จิรัชยา อุตราภรณ์, 2549, ผลของปัจจัยในการผลิตและการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของน้ำตาลมะพร้าว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2556, การเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 21-24.

ศิริพร สิระสุทธิรัตน์, 2519, การศึกษากระบวนการเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International 17th ed. The association of Official Analytical Chemist.

Wong, Y.J. and Chye, Y.F., 2009, Antioxidant Properties of Selected Tropical Wild Edible Mushrooms, Journal of Food Composition and Analysis, 22: 269–277.

Table 1 Physical characteristics of pasteurized coconut sugar.

Sample	Color				
Pasteurized Coconut Sugar	L*	a*	b*	C*	h*
	82.86±0.10	0.63±0.00	14.87±0	17.51±0.005	87.85±0.02
	Viscosity (probe 00, speed 200 rpm)				
	%Torque	Viscosity (cP)	Shear rate (1/sec)	Shear stress (D/cm^2)	
	90.16±0.05	2.71±00	6.61±00	244.33±0.57	

Table 2 Chemical compositions of pasteurized coconut sugar.

Sample	% Protein	% Fat	% Ash	% Moisture	pH	% Acidity	Vitamin C (mg/100ml)	Total soluble solid (°brix)
Pasteurized Coconut Sugar	0.46±0.12	0.18±0.09	1.03±0.00	81.30±0.00	7.20±0.05	0.46±0.05	0.11±0.01	19±1

Table 3 Antioxidant capacity of pasteurized coconut sugar.

Sample	% Radical scavenging	Total Phenolic (mg dry weight basis)	EC_{50} (mg dry weight basis)
Pasteurized Coconut Sugar	78.33±0.40	916.21±17.18	0.64

Table 4 Total phenolic content of feed solution and coconut sugar powder.

Ratio of Coconut Sugar: MD	Feed solution (mg dry weight basis)	Coconut sugar powder (mg dry weight basis)		
		Inlet air temperature (ºC)		
		120	150	180
90:10	535.47±17.39^{aA}	456.27±4.55^{bA}	436.85±7.30^{cA}	418.93±2.73^{cA}
80:20	426.12±9.38^{aB}	370.46±1.39^{bB}	364.36±4.07^{bB}	368.69±4.41^{bB}
70:30	310.09±5.44^{aC}	318.78±0.90^{aC}	289.86±8.68^{bC}	275.12±3.06^{cC}

* Means in the same column with the different superscripts letter (a,b,c) are significant different (P≤0.05)

* Means in the same row with the different superscripts letter (A,B,C) are significant different (P≤0.05)

Table 5 %Radical scavenging of feed solution and coconut sugar powder.

Ratio of Coconut Sugar: MD	Feed solution	Coconut sugar powder		
		Inlet air temperature (ºC)		
		120	150	180
90:10	68.40±0.43^{aA}	54.31±1.85^{bA}	51.29±1.01^{bcA}	47.77±3.19^{cA}
80:20	66.82±0.89^{aB}	50.10±0.40^{bB}	48.26±0.33^{cB}	45.38±0.24^{dA}
70:30	64.32±0.32^{aC}	51.78±1.87^{bB}	43.62±0.26^{cC}	40.49±0.24^{dB}

* Means in the same column with the different superscripts letter (a,b,c) are significant different (P≤0.05)

* Means in the same row with the different superscripts letter (A,B,C) are significant different (P≤0.05)

Table 6 %Loss of phenolic content and antioxidant capacity of coconut sugar powder.

Ratio of Coconut Sugar: MD	% Loss of phenolic content			% Loss of antioxidant capacity		
	Inlet air temperature (ºC)			Inlet air temperature (ºC)		
	120	150	180	120	150	180
90:10	14.80	18.42	21.77	16.13	21.27	26.67
80:20	13.07	14.5	13.48	21.77	25.36	29.81
70:30	0.00	6.53	11.28	18.13	31.03	35.98

การเปรียบเทียบพันธุ์ไหม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน

Strains Comparison and Correlation Analysis between Traits of Products of Thai Native Silkworm Strains (*Bombyx mori* L.)

พุทธพร วิวาจารย์[1] สิทธิชัย บุญมั่น[1] ประชาชาติ นพเสนีย์[1] ชลธิรา แสงศิริ[2] และ ธนพร ขจรผล[3]

Wiwacharn, P.[1], Boonman, S.[1], Noppasenee, P.[1], Sangsiri, C.[2] and Kajonphol, T.[3]

Abstract

This study was conducted to compare the strains and correlation between traits of Thai native silkworm strains (*Bombyx Mori* L.) for selecting the best strain which had high cocoon yield and good adaptability from 28 strains at Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon. The matured larva weight, single cocoon weight, cocoon shell weight and normal pupa percentage were significantly different ($P < 0.05$). SP2 had the highest matured larvae weight (26.88 g). SP3 had the highest in single cocoon weight and cocoon shell weight (1.35 and 0.17, respectively). NangTui had the highest in normal pupa percentage (95.17 percent). Correlation analysis found that single fresh cocoon weight was positively correlated with matured larva weight, cocoon shell weight and normal pupae percentage. The matured larvae weight was positively correlated with cocoon shell weight. Cocoon shell weight was positively correlated with the normal pupae percentage.

Keywords: strains comparison, correlation analysis, Thai native silkworm, cocoon yield

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบพันธุ์ไหมและความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านที่เลี้ยงในงานอนุรักษ์พันธุ์ไหมของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร จำนวน 28 สายพันธุ์ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ไหมที่มีผลผลิตรังไหมสูง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนครได้และเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างสายพันธุ์ลูกผสมที่มีผลผลิตรังไหมสูงและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนคร จากการทดลองพบว่า ไหมไทยพันธุ์พื้นบ้านที่เลี้ยงนี้ มีค่าเฉลี่ยต่างๆ คือ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักรังสด 1 รัง น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว สูงที่สุดคือ พันธุ์ SP2 (26.88 กรัม) ส่วนพันธุ์ที่มีน้ำหนักรังสด 1 รัง และน้ำหนักเปลือกรัง สูงที่สุดคือ พันธุ์ SP3 (1.35 กรัม และ 0.17 กรัม ตามลำดับ) และพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงที่สุดคือ พันธุ์นางตุ่ย (95.17 เปอร์เซ็นต์) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะพบว่า น้ำหนักรังสด 1 รัง มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์, น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักเปลือกรัง และน้ำหนักเปลือกรัง มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบพันธุ์ การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน ผลผลิตรังไหม

คำนำ

ไหม (Silkworm) เป็นแมลงจำพวกผีเสื้อกลางคืน (Moth) จัดอยู่ในตระกูล Bombycidae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx Mori* L. มีจำนวนโครโมโซมทั้งหมด 56 โครโมโซม (2n=56, n=28) ผีเสื้อในตระกูลนี้มีลักษณะพิเศษคือ ตัวหนอนจะพ่นเส้นใยทำรังห่อหุ้มตัวเอง แล้วตัวหนอนจะลอกคราบเป็นดักแด้อยู่ภายในรัง เส้นใยไหมนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และมีราคาแพง สำหรับประเทศไทย เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่จะเลี้ยงไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านที่ได้จากการ

[1] ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000.

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150

[2] Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

[3] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[3] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000.

ขยายพันธุ์เอง และได้รับการสนับสนุนจากทางราชการประมาณ 6-8 รุ่นต่อปี ในแต่ละรุ่นจะเลี้ยงเพียง 1/2-1 แผ่นต่อรุ่น ส่งผลให้ผลผลิตรังไหมที่ผลิตได้มีปริมาณน้อย (3-6 กิโลกรัมต่อปี) (สิทธิชัย และคณะ, 2556)

ในการเพิ่มผลผลิตรังไหมวิธีการหนึ่งคือ การปรับปรุงพันธุ์ไหมให้มีผลผลิตรังไหมสูงขึ้น โดยนำพันธุ์ไหมจากต่างประเทศเข้ามาผสมกับไหมพันธุ์ไทย และได้มีการนำมาทดลองเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดสกลนคร พบว่า ผลผลิตรังไหมมีปริมาณค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมไม่ดีพอ อีกทั้งปริมาณใบหม่อนไม่เพียงพอ ทำให้แหล่งรับซื้อเส้นไหมของเกษตรกรในพื้นที่ ไม่รับซื้อเส้นไหมที่ผลิตจากไหมพันธุ์ไทยลูกผสม ส่งผลให้ไหมพันธุ์ดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการของเกษตรกรในพื้นที่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556)

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการเปรียบเทียบพันธุ์ไหมและความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตรังไหมกับองค์ประกอบผลผลิตรังไหมของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านที่เลี้ยงในงานอนุรักษ์พันธุ์ไหมของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ สกลนคร เพื่อคัดเลือกพันธุ์ไหมที่มีผลผลิตรังไหมสูง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนครได้เป็นอย่างดี สำหรับใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างพันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านลูกผสมที่มีผลผลิตรังไหมสูงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนคร

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ไหมที่เลี้ยงในงานอนุรักษ์พันธุ์ไหมของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ สกลนคร จำนวน 28 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นางน้อยสกลนคร (SP1), SP2, SP3, สุรินทร์ 5 (สร.5), ศรีสะเกษ 1 (ศก.1), ร้อยเอ็ด 5 (รอ.5), หนองคาย 4 (นค.4), หนองคาย 04 (นค.04), หนองคาย 08 (นค.08), หนองคาย 011 (นค.011), นางน้อยศรีสะเกษ-1, นางขาว, โชคอำนวย ,ฮาลอง 1 (Halong 1), นางเหลือง, สำโรง, นางตุ่ย, นางสิ่ว, เขียวสกล, โนนฤาษี, หัวจรวด, นางลาย, นางแกว, กวนวัน, วนาสวรรค์, ทับทิมสยาม, อีตั้ง และพันธุ์กากี เลี้ยงระหว่างเดือนตุลาคม 2555 - เดือนกันยายน 2556 เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 24-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ ให้แสงสว่างวันละ 18 ชั่วโมงต่อวัน แผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) โดยกำหนดให้รุ่นที่เลี้ยง (generation) เป็นบล็อก (6 รุ่น) แต่ละบล็อกมี 28 สิ่งทดลอง เมื่อหนอนไหมฟักออกจากไข่นำเข้าสู่โรงเลี้ยงให้อาหารวันละ 3 เวลา คือ 06.00 น. 11.00 น. และ 15.30 น. การเลี้ยงไหมวัยอ่อน (วัย 1 ถึงวัย 3) แยกเลี้ยงเป็นพันธุ์ละ 3 กระด้ง สำหรับการเลี้ยงไหมวัยอ่อน จะเลี้ยงโดยการหั่นใบหม่อนพันธุ์สกลนคร ให้หนอนไหม การเลี้ยงไหมวัยแก่ (วัย 4 ถึงวัย 5) เลี้ยงด้วยใบหม่อนทั้งใบ การให้อาหารแต่ละครั้งให้โรยปูนขาวก่อนประมาณ 10-15 นาที เมื่อหนอนไหมเจริญเติบโตเข้าสู่วัย 4 สุ่มเลือกหนอนไหมเลี้ยงกระด้งละ 300 ตัวต่อกระด้ง และเลี้ยงต่อไปจนไหมสุกทำรัง จากนั้นทำการปาดรังไหมเพื่อคัดแยกเพศดักแด้เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 200 ตัว (เพศผู้ 100 ตัว และเพศเมีย 100 ตัว) แยกไว้คนละกระด้ง แล้วนำไปชั่งเพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังสดของทั้ง 2 เพศ ชั่งรังไหมทีละรัง เพื่อคัดเลือกเฉพาะรังที่มีน้ำหนักรังสดสูงกว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังสดที่ได้ ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย คัดเลือกรังไหมที่มีดักแด้สมบูรณ์จากรังไหมที่คัดเลือกได้เพื่อนำมาใช้สำหรับการผสมพันธุ์ โดยทำการผสมพันธุ์ข้ามกระด้งเพื่อรักษาความแข็งแรงของสายพันธุ์ แล้วเก็บไข่ไหมไว้สำหรับเลี้ยงในรุ่นต่อไป

การทดลองดำเนินการระหว่างเดือน ตุลาคม 2555 - กันยายน 2556 โดยเลี้ยงไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านจำนวน 6 รุ่นต่อปี โดยแบ่งการเลี้ยง ดังนี้

รุ่นที่ 1 (เดือนตุลาคม - พฤศจิกายน 2555) รุ่นที่ 2 (เดือนธันวาคม 2555 - มกราคม 2556)
รุ่นที่ 3 (เดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2556) รุ่นที่ 4 (เดือนเมษายน - พฤษภาคม 2556)
รุ่นที่ 5 (เดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2556) รุ่นที่ 6 (เดือนสิงหาคม - กันยายน 2556)

สถานที่ดำเนินการโรงเลี้ยงไหม งานอนุรักษ์พันธุ์ไหม ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ สกลนคร

การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1) น้ำหนักรังสด 1 รัง (กรัม) (Single Cocoon Weight; SCW) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังสดของรังไหม เพศผู้ เพศเมีย อย่างละ 25 รัง 2) น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว (กรัม) (Mature Larvae Weight; MLW 3) น้ำหนักเปลือกรัง (กรัม) (Cocoon Shell Weight; CSW) คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรังเปล่าอย่างน้อย 50 รัง (เพศผู้ เพศเมีย อย่างละ 25 รัง) 4) เปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์) (Normal Pupae Percentage; NPP) นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ที่ทำการศึกษา ด้วยวิธี Pearson correlation โดยโปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) version 2.9.2 (Venables และคณะ, 2007 และซูศักดิ์, 2551)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ลักษณะที่ทำการศึกษา ได้แก่ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักรังสด 1 รัง น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ ของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านทั้ง 28 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยพันธุ์ที่มีน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว สูงที่สุดคือพันธุ์ SP2 และน้อยที่สุดคือ พันธุ์นางสิ่ว โดยมีค่าเท่ากับ 26.88 และ 19.94 กรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักรังสด 1 รัง พบว่า พันธุ์ที่มีน้ำหนักรังสด 1 รัง สูงที่สุดคือ พันธุ์ SP3 และน้อยที่สุดคือ พันธุ์นางเหลือง โดยมีค่าเท่ากับ 1.35 และ 0.89 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักเปลือกรัง พบว่า พันธุ์ที่มีน้ำหนักเปลือกรังสูงที่สุดคือ พันธุ์ SP3 และน้อยที่สุดคือ พันธุ์นางเหลือง โดยมีค่าเท่ากับ 0.17 และ 0.11 กรัม ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ พบว่า พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงที่สุดคือ พันธุ์นางตุ่ย และน้อยที่สุดคือ พันธุ์นางเหลือง โดยมีค่าเท่ากับ 95.17 และ 78.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักรังสด 1 รัง มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.58, 0.76 และ 0.29 ตามลำดับ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักเปลือกรัง โดยมีค่า r เท่ากับ 0.39 และน้ำหนักเปลือกรังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.26 (Table 2) หมายความว่า พันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านที่มีน้ำหนักรังสด 1 รัง สูง เมื่อเลี้ยงในสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนคร มีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักเปลือกรัง น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ สูงด้วยเช่นกัน ส่วนพันธุ์ไหมที่มีน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่สูง มีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักเปลือกรังสูง และพันธุ์ไหมที่มีน้ำหนักเปลือกรังสูง มีแนวโน้มที่จะมีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ Nagaraju (2002); รุ่งทิพย์ และภานุวัฒน์ (2556) และพุทธพร และคณะ (2556)

สรุปผล

พันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านที่เลี้ยงในงานอนุรักษ์พันธุ์ไหมของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร มีน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักรังสด 1 รัง น้ำหนักเปลือกรังต่อรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว สูงที่สุดคือ พันธุ์ SP2 ส่วนพันธุ์ที่มีน้ำหนักรังสด 1 รัง และน้ำหนักเปลือกรังสูงที่สุดคือ พันธุ์ SP3 และพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงที่สุดคือ พันธุ์นางตุ่ย ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ศึกษาพบว่า น้ำหนักรังสด 1 รัง มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ ดังนั้น พันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านที่น้ำหนักรังสด 1 รัง สูง มีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงด้วยเช่นกัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่ของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร ที่ให้ความช่วยเหลือในการเลี้ยงไหม และการบันทึกข้อมูล จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ จอมพุก, 2551, สถิติ การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ด้วย R, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 335 หน้า.

รุ่งทิพย์ มาศเมธาทิพย์ และ ภานุวัฒน์ คัมภีราวัฒน์, 2556, การศึกษาผลของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านและหม่อนที่มีต่อการผลิตไหมภายในจังหวัดสกลนคร, วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 41(3): 702-708.

พุทธพร วิวาจารย์ สิทธิชัย บุญมั่น ประชาชาติ นพเสนีย์ ศุภกฤต จันทรวิชญ์ และ ธนพร ขจรผล, 2556, การวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบผลผลิตรังไหมต่อผลผลิตรังไหมของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน, วารสารวิชาการเกษตร, 31(3): 282-292.

สมโพธิ อัครพันธุ์, 2539, การพัฒนาหม่อนไหมในประเทศไทย, สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 179 หน้า.

สิทธิชัย บุญมั่น นุรี อาญาเมือง พุทธพร วิวาจารย์ รุตจิรา สีเมฆ หัสดี พูลสวัสดิ์ วิวาพร วงค์บาตร และ ธวุธ สิรนันธนพร, 2556, การสำรวจข้อมูลพื้นฐานเพื่อจัดทำแผนพัฒนาอาชีพหม่อนไหมในพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร, กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 52 หน้า.

Nagaraju, J., 2002, Application of Genetic Principles for Improving Silk Production, Current Science, 83(4): 409-414.

Venables, W.N., Smith, D.M. and the R Development Core, 2007, An Introduction to R. [Online], Available: http://www.R-project.org [23/ June/ 2007]

Table 1 Single cocoon weight (SCW), mature larva weight (MLW), cocoon shell weight (CSW) and normal pupa percentage (NPP) of 28 Thai native silkworm strains (*Bombyx mori* L.) at Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon.

Strains	Characters			
	SCW (g)	MLW (g)	CSW (g)	NPP(%)
SP3	1.35 a	23.61 abcd	0.17 a	94.67 a
SP2	1.33 ab	26.88 a	0.17 a	87.25 ab
RoiEt 5	1.26 abc	22.76 abcd	0.17 a	91.34 ab
Nangkeaw	1.23 abcd	24.00 abcd	0.15 ab	85.84 ab
Wanasawan	1.22 abcd	25.77 ab	0.16 ab	88.92 ab
Namgtui	1.21 abcd	25.20 abc	0.15 ab	95.17 a
Huajaroud	1.21 abcd	23.41 abcd	0.14 bc	85.68 ab
SP1	1.19 abcd	23.84 abcd	0.14 bc	89.42 ab
Etung	1.19 abcd	22.55 abcd	0.14 bc	93.92 ab
Halong 1	1.19 abcd	22.27 bcd	0.14 bc	86.50 ab
Nangnoi Srisaket-1	1.18 abcd	26.27 ab	0.15 ab	92.84 ab
Kuanwan	1.17 abcd	23.07 abcd	0.14 bc	91.50 ab
Surin 5	1.17 abcd	26.09 ab	0.16 ab	86.29 ab
Chokamneoy	1.16 abcd	22.13 bcd	0.14 bc	91.34 ab
Nongkai 04	1.16 abcd	22.09 bcd	0.13 cd	80.26 ab
Nongkai 4	1.15 abcd	23.44 abcd	0.15 ab	91.26 ab
NangKow	1.12 bcd	22.17 abc	0.14 bc	91.59 ab
Nonruesee	1.12 bcd	23.29 abcd	0.13 cd	86.10 ab
Nongkai 011	1.11 bcd	23.38 abcd	0.14 bc	94.17 ab
Sumrong	1.11 bcd	21.05 cd	0.14 bc	83.84 ab
Nongkai 08	1.11 bcd	21.18 cd	0.13 cd	87.42 ab
Srisaket 1	1.11 bcd	23.85 abcd	0.13 cd	86.00 ab
Kaki	1.07 cde	22.96 abcd	0.13 cd	88.84 ab
Tabtibsiam	1.06 cde	20.80 cd	0.14 bc	90.09 ab
Nanglai	1.04 cde	21.95 bcd	0.13 cd	86.09 ab
Nangsew	1.03 de	19.94 d	0.12 de	94.67 a
Keawsakol	1.03 de	22.10 bcd	0.12 de	88.42 ab
Nangluang	0.89 e	20.84 cd	0.11 e	78.34 b
Mean	1.15	23.21	0.14	88.85
CV (%)	6.22	6.40	6.45	5.87

Means of the same trait followed by the same letter are not different at P $\leq$ 0.01 using DMRT

Table 2 Correlation coefficient analysis among single cocoon weight and single cocoon weight components of 28 Thai native silkworm strains (*Bombyx mori* L.)

Characters	SCW	MLW	CSW	NPP
SCW	1.00	0.58 **	0.76 **	0.29 **
MLW		1.00	0.39 **	0.16 ns
CSW			1.00	0.26 **
NPP				1.00

Means of the same trait followed by the same letter are not different at P $\leq$ 0.01 using DMRT

ผลขององศาการโน้มกิ่งต่อการเติบโตทางกิ่งใบของฝรั่งพันธุ์เย็นสอง

Effect of the Angle of Shoot Bending on Vegetative Growth of Guava 'Yen Song'

กวิศร์ วานิชกุล[1] และ เพ็ญระพี ทองอินทร์[1]
Wanichkul, K.[1] and Tong-in, P.[1]

Abstract

The effect of the angle of shoot bending on vegetative growth of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Yen Song was investigated. It was found that, shoot bending at 90° from the horizontal affected to the influence of apical dominance the least, which produced the highest shoot length and shoot diameter. On contrary, shoot bending at 0° affected to the influence of apical dominance the most. Shoot bending at 90° and 45° brought about lateral shoots at 1/3 and 2/3 from the apex of the bent shoots whereas shoot bending at 0° and -45° caused branches to scatter all over the bent shoot. Shoot bending at 90° resulted the lowest number and the longest of branches whereas at 0° showed the highest number and the shortest of branches.
Keywords: shoot bending, guava, growth

บทคัดย่อ

การโน้มกิ่งฝรั่งพันธุ์เย็นสองในระดับ 0°, 45°, 90° และ -45° จากแนวราบ เพื่อศึกษาการตอบสนองในด้านการเติบโตทางกิ่งใบ พบว่ากิ่งที่โน้มในระดับ 90° จากแนวราบ มีการเติบโตทางกิ่งใบทั้งด้านความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งมากที่สุด ในขณะที่ระดับ 0° มีผลกระทบต่ออิทธิพลของการข่มตายอดมากที่สุด การโน้มกิ่งที่ระดับ 90° และ 45° จากแนวราบเกิดการแตกกิ่งย่อยที่ระดับ 1/3 และ 2/3 ของกิ่งจากปลายยอด ส่วนการโน้มกิ่งที่ระดับ 0° และ -45° จากแนวราบเกิดการแตกกิ่งย่อยกระจายทั่วทั้งกิ่ง การแตกกิ่งเกิดขึ้นน้อยที่สุดแต่มีกิ่งย่อยยาวที่สุดที่ระดับการโน้มกิ่ง 90° จากแนวราบ และการแตกมากที่สุดแต่มีกิ่งย่อยสั้นที่สุดที่ระดับการโน้มกิ่ง 0° จากแนวราบ
คำสำคัญ: การโน้มกิ่ง ฝรั่ง การเติบโต

คำนำ

ในกระบวนการผลิตฝรั่งชาวสวนนิยมโน้มกิ่งฝรั่งเพื่อลดการเติบโตทางกิ่งใบและบังคับให้ฝรั่งออกดอกตามที่ต้องการ โดยโน้มจากแนวตั้งลงในระดับหนึ่งแล้วผูกยึดกับหลักหรือวัสดุอื่นๆ และจัดเรียงกิ่งมิให้ซ้อนทับกัน (สรัสวดี, 2531) การทำเช่นนี้เป็นวิธีบังคับให้ตาที่พักตัวบนกิ่งแตกออก กิ่งใหม่เกิดขึ้นจะมีทั้งดอกและใบออกมาตามลักษณะนิสัยการเจริญของฝรั่ง (พิทักษ์, 2540) เนื่องจากการโน้มกิ่งมีผลต่อการเจริญทางกิ่งใบและการให้ดอกผล ของไม้ผลหลายชนิด เช่น Vutsena (1974) พบว่าการโน้มกิ่งแอปเปิลสามารถเพิ่มปริมาณกิ่งและพื้นที่ใบของต้นได้ ในขณะที่ Mika (1973) พบว่าแอปเปิลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ในไม้ผลเขตร้อน เช่นมะม่วง การโน้มกิ่งที่มุมแคบกว่า 45° จากแนวราบ ทำให้แตกใบอ่อนและออกดอกมากขึ้น (สัมฤทธิ์, 2538) เช่นเดียวกับที่พบในลองกอง (มะพลับ, 2541) ในฝรั่งพบว่าการโน้มกิ่งร่วมกับการจัดทรงพุ่มแบบ open center สามารถเพิ่มผลผลิตได้ (Wang, 1987) สุมาลี และ กวิศร์ (2542) พบว่าการโน้มกิ่งฝรั่งที่ระดับ 90° จากแนวราบ ให้กิ่งย่อยยาวมากที่สุด แต่จำนวนกิ่งและปริมาณดอกน้อยที่สุด ข้อมูลเกี่ยวกับผลของการโน้มกิ่งฝรั่งที่มีต่อการเติบโตทางกิ่งใบยังมีน้อย และในทางปฏิบัติชาวสวนโน้มกิ่งฝรั่งในระดับองศาต่างๆในลักษณะลองผิดลองถูก โดยยังไม่มีผลงานวิจัยที่ชัดเจนรองรับ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะให้ได้ทราบผลของการโน้มกิ่งฝรั่งในระดับองศาต่างๆ โดยเน้นที่การเติบโตทางกิ่งใบ เพื่อให้ได้ความรู้มาใช้ประกอบการพัฒนาวิธีการโน้มกิ่งฝรั่ง ในการผลิตฝรั่งเป็นการค้า ให้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นฝรั่งพันธุ์เย็นสองที่มีอายุประมาณ 2 ปี ที่ปลูก ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม จำนวน 4 ต้น คัดเลือกกิ่งฝรั่งที่ยังไม่ให้ดอก ความยาวประมาณ 70 – 80 ซม. ต้นละ 8 กิ่ง รวมทั้งหมด 32 กิ่ง วางแผนการทดลองแบบ RBCD (randomized complete block design) ให้ฝรั่งแต่ละต้นเป็น block และมีสิ่งทดลองคือ การโน้มกิ่งในระดับต่างๆ ได้แก่ ระดับ 90°, 0°, 45° และ -45° จากแนวราบ (Figure 1) มีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ ใช้กิ่งฝรั่ง 2 กิ่ง ต่อ 1 ซ้ำ บันทึกข้อมูล ความยาวกิ่ง เส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งที่ตำแหน่งห่างจากโคนกิ่ง 10 ซม. ตำแหน่ง จำนวนและความยาวของกิ่งสาขาที่เกิดขึ้นใหม่ในกิ่งที่โน้ม โดยบันทึกผลทุก 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มโน้มกิ่งจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผล (สัปดาห์ที่ 22 นับจากวันที่เริ่มโน้มกิ่ง)

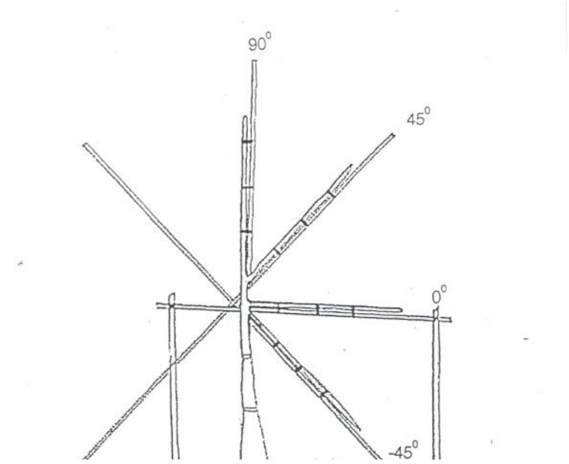


Figure 1 Shoot bending at different degree from the horizontal line.

ผลการทดลอง

1. ความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกิ่งฝรั่งที่ได้รับการโน้มกิ่ง

การโน้มกิ่งที่ระดับ 90° จากแนวราบมีความยาวเฉลี่ยของกิ่งเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือกิ่งที่ระดับ 45°, 0° และ -45° จากแนวราบ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 หลัง โน้มกิ่ง (Figure 2) ส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้นของกิ่งที่ได้รับการโน้มในระดับองศาต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 ของการโน้มกิ่งเป็นต้นไป โดยการโน้มกิ่งที่ระดับ 90° จากแนวราบ มีเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ การโน้มกิ่งที่ระดับ 45°, 0° และ -45° จากแนวราบ ตามลำดับ (Figure 3)

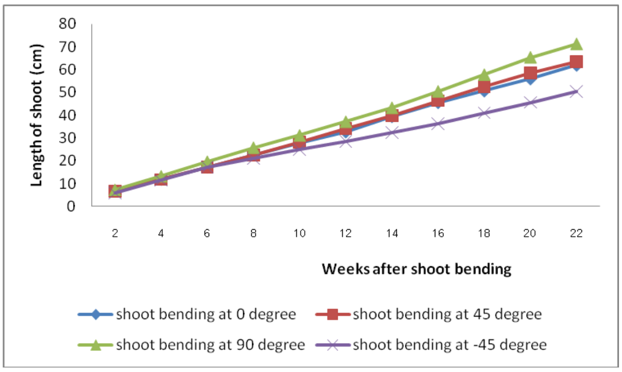


Figure 2 Length of shoot at 1/3 and 2/3 from the apex of the bent shoots at 90°, 45°, 0° and -45° from 2nd week to 22th week after bending.

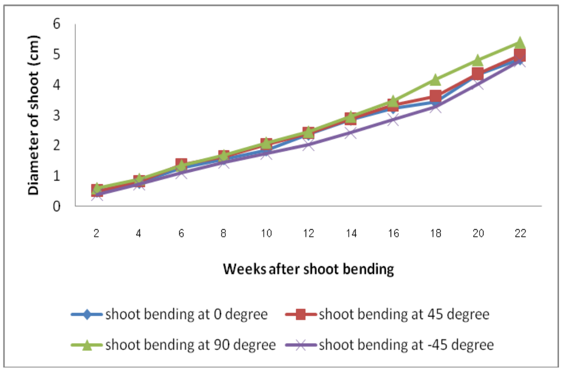


Figure 3 Diameter of shoot at 1/3 and 2/3 from the apex of the bent shoots at 90°, 45°, 0° and 45° from 2nd week to 22th week after bending.

2. ตำแหน่งที่เกิดกิ่งสาขา จำนวนและความยาวเฉลี่ยของกิ่งสาขา

กิ่งสาขาเริ่มปรากฏในสัปดาห์ที่ 4 หลังการโน้มกิ่ง และเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆจนถึงสัปดาห์ที่ 14 หลังการโน้มกิ่ง จำนวนกิ่งสาขาคงตัวไม่เพิ่มขึ้นอีก การโน้มกิ่งที่ระดับ 90° จากแนวราบ มีกิ่งสาขาเกิดขึ้นเฉพาะในบริเวณ 1/3 ของกิ่งจากปลายยอด ในขณะที่การโน้มกิ่งที่ระดับ 45° จากแนวราบ เกิดกิ่งสาขาบริเวณ 2/3 ของกิ่งจากปลายยอด ส่วนการโน้มกิ่งที่ระดับ 0° และ -45° จากแนวราบ มีกิ่งสาขาเกิดขึ้นกระจายทั่วทั้งกิ่ง (Table 1)

ในด้านจำนวนกิ่งสาขา พบว่าในสัปดาห์ที่ 14 การโน้มกิ่งที่ระดับ 0° จากแนวราบ มีค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งสาขาต่อกิ่งหลักมากที่สุดคือ 9.9 กิ่งสาขา/กิ่งหลัก รองลงมาได้แก่ การโน้มกิ่งที่ระดับ -45°, 45° และ 90° จากแนวราบตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) ส่วนความยาวเฉลี่ยมีมากที่สุดในกิ่งหลักที่โน้มกิ่งในระดับ 90° จากแนวราบ รองลงมาคือระดับ 0°, 45° และ -45° จากแนวราบ ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 5)

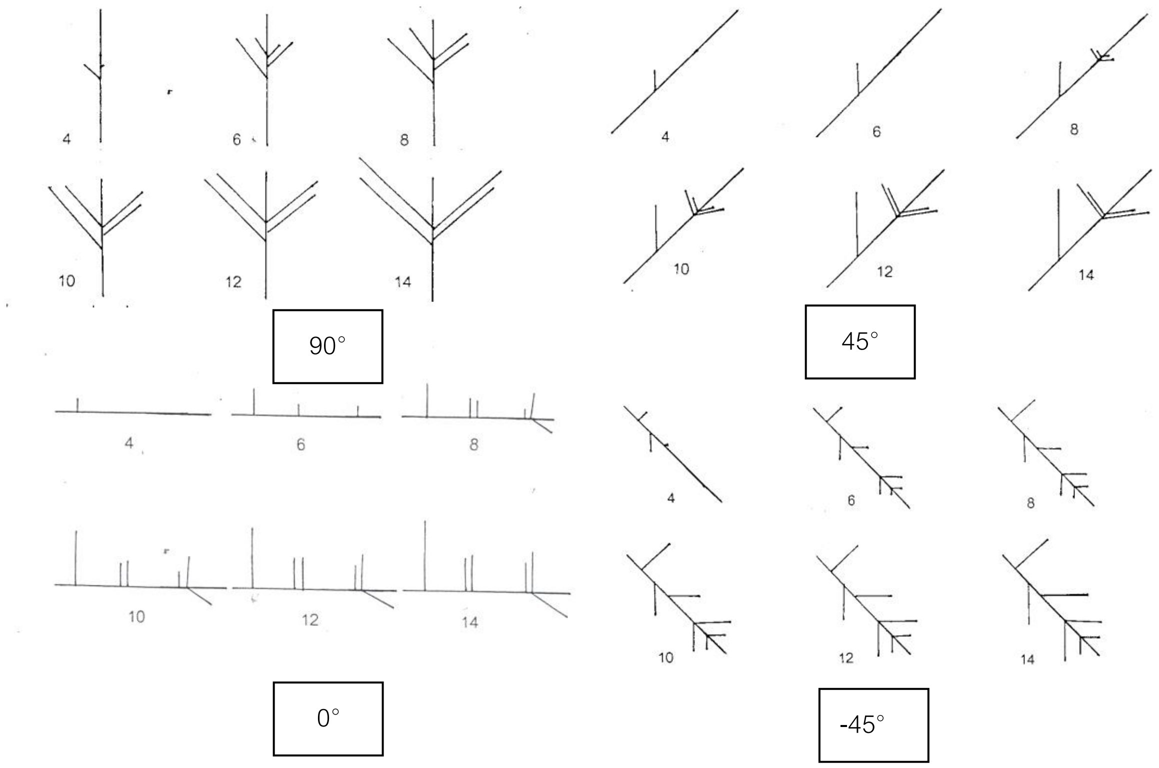


Figure 4 Position of branches at 1/3 and 2/3 from the apex of the bent shoots at 90, 45, 0 and -45° from 4th week to 14th week after bending.

Table 1 Average number of branches of the bent shoots at different degrees of bending from 4th week to 14th week after bending.

Treatments	Weeks after bending					
	4	6	8	10	12	14
0°	2.1 a	3.8 a	5.3 ab	6.3 ab	8.3 a	9.9 a
45°	1.1 ab	2.5 b	3.9 bc	4.9 b	5.9 b	6.8 b
90°	0.6 b	1.6 b	2.4 c	2.8 c	2.8 c	4.1 c
-45°	2.3 a	4.4 a	5.8 a	6.9 a	8.0 a	9.6 a
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	16.6	28.5	25.5	24.4	16.8	15.6

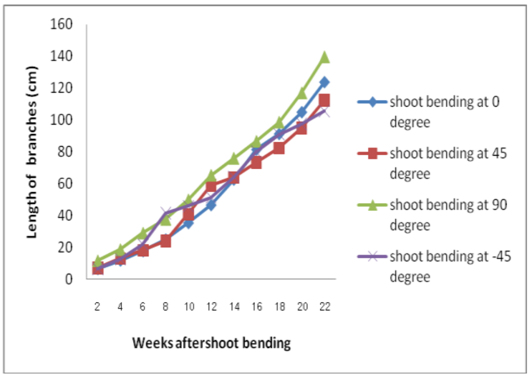


Figure 5 Length of branches at 1/3 and 2/3 from the apex of the bent shoots at 90, 45, 0 and -45° from 2nd week to 22th week after bending.

วิจารณ์ผล

การโน้มกิ่งฝรั่งที่ระดับองศาต่างๆ จากแนวราบให้ผลต่างกันอย่างชัดเจน โดยการโน้มกิ่งที่ระดับ 90° จากแนวราบมีการเติบโตทางกิ่งใบมากที่สุดทั้งในด้าน ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง รวมทั้งความยาวเฉลี่ยของกิ่งสาขาที่เกิดขึ้น และการเติบโตทางกิ่งใบลดลงตามลำดับเมื่อการโน้มกิ่งเข้าใกล้แนวราบมากขึ้นและจะลดต่ำลงไป เมื่อกิ่งถูกโน้มในระดับต่ำกว่าแนวราบ (-45°) ซึ่งเป็นไปตามที่ระบุไว้โดย Brunner (1990) ว่ากิ่งที่อยู่ในแนวดิ่งมีการเติบโตทางกิ่งใบดีที่สุด และกิ่งที่อยู่ในแนวราบหรือต่ำกว่าแนวราบมีการเติบโตทางกิ่งใบน้อยลง ซึ่ง Somerville (1996) ระบุว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของออกซินที่สังเคราะห์ตรงบริเวณปลายยอดและเคลื่อนลงมาสู่ด้านล่างของกิ่งตามแรงโน้มถ่วงของโลก กิ่งที่อยู่ในแนวตั้งจะมีการเคลื่อนย้ายของออกซินได้ดีกว่า มีผลต่อการควบคุมการแตกกิ่งสาขามากกว่า ดังนั้นอาหารที่สร้างจากใบจึงถูกนำไปใช้ในการเติบโตของส่วนยอดและเพิ่มขนาดของกิ่งได้มากกว่ากิ่งที่อยู่ในแนวองศาใกล้กับแนวราบมากขึ้น รวมทั้งกิ่งที่อยู่ต่ำกว่า

แนวราบ ผลขององศาการโน้มกิ่งในทำนองเดียวกันนี้พบได้ในการทดลองกับ แอปเปิล (Mika, 1969) และฝรั่ง (สุมาลี และ กวิศร์, 2542) นอกจากนี้ผลจากการทดลองโน้มกิ่งในไม้ผลหลายชนิด เช่น แอปเปิล เชอร์รี่ และพลัม (Brunner, 1990) โดยพบว่าจำนวนกิ่งสาขาที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวเฉลี่ยของกิ่งสาขา เนื่องจากกิ่งสาขาแต่ละกิ่งได้รับอาหารน้อยลง ดังที่พบในการทดลองกับ เชอร์รี่ (Lauri และคณะ, 1998) ผลจากการทดลองครั้งนี้นำไปสู่แนวทางการควบคุมการเติบโตทางกิ่งใบของฝรั่งโดยวิธีการโน้มกิ่งในระดับองศาที่เหมาะสมในกระบวนการพัฒนาการผลิตของฝรั่ง ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อขนาดและความยาวของกิ่งแล้ว ยังส่งผลต่อจำนวน ตำแหน่งที่เกิด และความยาวเฉลี่ยของกิ่งสาขาที่เกิดขึ้นใหม่ด้วย อันจะส่งผลต่อการควบคุมขนาดต้น และตำแหน่งรวมทั้งปริมาณการให้ดอกผลของฝรั่งในการผลิตเป็นการค้าให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย

สรุปผล

การโน้มกิ่งฝรั่งพันธุ์เย็นสองในระดับ 0°, 45°, 90° และ -45° จากแนวราบ ทำให้การเติบโตทางกิ่งใบของฝรั่งแตกต่างกันไปอย่างมีนัยสำคัญ คือการโน้มกิ่งที่ระดับ 90° จากแนวราบ มีการเติบโตมากที่สุดทั้งด้านความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลาง รองลงมาได้แก่ที่ระดับ 45°, 0° และ -45° ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีผลต่อตำแหน่งการแตกกิ่งสาขา ปริมาณกิ่งสาขา และความยาวเฉลี่ยของกิ่งสาขาด้วย

เอกสารอ้างอิง

พิทักษ์ แสงอาษา, 2540, การปลูกฝรั่ง, วารสารชมรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร (ฉบับพิเศษ), 3(26): 6-38.

มะพลับ (นามแฝง), 2541, เทคโนโลยีการผลิตลองกองจากประสบการณ์มืออาชีพ, เคหการเกษตร, 20(2): 50-55.

สรัสวดี เผือกสกนธ์, 2531, ฝรั่ง, สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ, 62 หน้า.

สุมาลี ทองดอนแอ และ กวิศร์ วานิชกุล, 2542, ผลขององศาการโน้มกิ่งต่อการเติบโตทางกิ่งใบและการให้ดอกของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่สีทอง, สาระไม้ผล, 4(4): 8-10.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2538, เทคโนโลยีไม้ผล, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 199 หน้า.

Brunner, T., 1990, Physiological Fruit Tree Training for Intensive Growing, Akademiaikiado es Nymda, Hungary, 281 p.

Lauri, P.E., Claverie, J. and Lespinasse, J.M., 1998, The Effects of Bending on the Growth and Fruit Production of Inra Fercer® Sweet Cherry, Acta Horticulturae, 468: 411-417.

Mika, A.L., 1969, Effects of Shoot – Bending and Pruning on Growth and Fruit Bud Formation in Young Apple Trees, Horticulture Research, 9(2): 93-102.

Mika, A.L., 1973, Training of Apple Crowns by Pruning and Shoot Bending, Horticultural Abstracts, 46: 2844.

Somerville, W., 1996, Pruning and Training Fruit Trees, Inkata Press, Sydney, 143 p.

Vutsena, L.L., 1974, The Effect of Shoot Bending on the Growth and Development of Cortland Apple Trees, Horticultural Abstracts, 45: 5598.

Wang, W.C., 1987, The Effects of Different Training Methods on the Yield of Guavas Grown for Processing, Journal of Agricultural Research China, 36(2): 190–195.

การเจริญเติบโตและศักยภาพการให้ผลผลิตของกล้วยไม้หวายสองสายพันธุ์

Growth and Production Potential of Two Commercial Cultivars of *Dendrobium* Orchid

กาญจนา เหลืองสุวาลัย[1] นิพนธ์ อยู่สุข[2] และ บรรลือศักดิ์ เกิดทองดี[3]

Luangsuwalai, K.[1], Yusuk, N.[2] and Koedthongdee, B.[3]

Abstract

Growth and cut flower flowering production potential of two commercial hybrid cultivars of *Dendrobium* flower 'Sonia Earsakul' and 'Lervia' after planting in coconut fibrous-husk trays (10x14x4 inches) were studied. It was found that two *Dendrobium* cultivars produced 1.5-2 shoot per month after ten months of transplanting. After 10 months, shoot rate production decreased to 0.7-0.9 shoot/month and reduced to 0.5 shoot/month after over 18 months of transplanting. At the end of study, the number of pseudo bulbs increased from 2 to 12 shoots/plant. For production, *Dendrobium* cv. Lervia had higher yield than cv. Sonia Earsakul in all spikes size. Total yield was 299.3 inflorescences/tray/year for cv. Lervia and 250.5 inflorescences/tray/year for cv. Sonia Earsakul. The period of maximum yield was 16 months after transplanting during the rainy season.

Keywords: *Dendrobium* orchid, growth, production

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตและศักยภาพในการให้ผลผลิตช่อดอกของกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสมที่ปลูกตัดดอกเป็นการค้า 2 สายพันธุ์คือ พันธุ์เอียสกุล และพันธุ์ขาวเลอร์เวีย ภายหลังจากปลูกใหม่ในกระบะกาบมะพร้าว ขนาด 10 x 14 x 4 พบว่าต้นกล้วยไม้ตัดดอกทั้ง 2 สายพันธุ์ เริ่มสร้างลำลูกกล้วยใหม่เฉลี่ย 1.5-2 ลำ เมื่อมีอายุ 10 เดือนหลังจากปลูก หลังจากนั้นต้นกล้วยไม้มีอัตราการเกิดลำใหม่เฉลี่ย 0.7-0.9 ลำ/เดือน และเมื่อต้นกล้วยไม้มีอายุ 18 เดือนหลังจากปลูกอัตราการเกิดลำใหม่เฉลี่ยลดลงเหลือ 0.5 ลำ/เดือน เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่ากล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์มีจำนวนลำลูกกล้วยเพิ่มจากเริ่มต้นปลูก 2 ลำ/กอ รวมเป็น 12 ลำ/กอ สำหรับการให้ผลผลิตของกล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์พบว่าพันธุ์ขาวเลอร์เวียให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เอียสกุลทุกเกรดดอก โดยผลผลิตรวมทุกเกรดเฉลี่ยตลอดทั้งปีนับตั้งแต่ลำใหม่เริ่มให้ผลผลิต คือ พันธุ์ขาวเลอร์เวีย 299.3 ช่อ/กระบะ/ปี พันธุ์เอียสกุลให้ผลผลิตเฉลี่ย 250.5 ช่อ/กระบะ/ปี ซึ่งช่วงเวลาที่ต้นกล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตรวมทุกเกรดสูงสุดคือเมื่อต้นกล้วยไม้อายุประมาณ 16 เดือนหลังจากปลูก ในช่วงฤดูฝน

คำสำคัญ: กล้วยไม้สกุลหวาย การเจริญเติบโต ผลผลิต

คำนำ

กล้วยไม้เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ถูกจัดเป็นหนึ่งใน Product Champion ซึ่งประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นผู้ส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกเมืองร้อนมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก จากสถิติการค้าระหว่างประเทศของไทยพบว่าในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกประมาณ 22,605.39 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,010.86 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2557) โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญคือ กรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ นนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และชลบุรี เนื่องจากมีคมนาคมขนส่งสะดวก สภาพภูมิอากาศเหมาะสม กล้วยไม้ที่นิยมปลูกเลี้ยงเป็นการค้ามากที่สุดคือ สกุลหวาย (*Dendrobium*) รองลงมาได้แก่ สกุลอะแรนดา (*Aranda*) ออนซิเดียม (*Oncidium*) และมอคคารา (*Mokara*) ตามลำดับ การที่กล้วยไม้สกุลหวายได้รับความนิยมมาก

---

[1] **สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600**

[1] Agriculture Program, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Bansomdejchaoproya University, 1061 Soi Isaraphap 15, Isaraphap road Thonburi District, Bangkok 10600

[2] **สถานีพัฒนาที่ดินประจวบคีรีขันธ์ 10 ม.13 ต.บ่อนอก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์**

[2] Prachuapkhirikhun land develolment staion, 10 Moo 13, Tumbon Bornok, Muang Prachuapkhirikhun Province

[3] **บริษัทไทยฟู้ดส์ อาหารสัตว์ จำกัด 119 หมู่ 3 ต.สระพังลาน อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี 72220**

[3] Thai Foods Feed Mills Co.Ltd 119 Moo.3 Tumbon.Sapanglan, U-Thong Suphanburi 72220

เนื่องจากดอกกล้วยไม้สกุลหวายมีสีสันสดใส และอายุการใช้งานนาน กล้วยไม้สกุลหวายมีการแพร่กระจายพันธุ์ออกไปทั้งในทวีปเอเชีย และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก มีการเจริญแบบแตกกอ (sympodial growth) มีรากขนาดเล็ก ค่อนข้างสั้นจำนวนมาก ระบบรากเป็นแบบกึ่งอากาศ (semi-epiphyte) มีลำต้นแท้จริงเจริญในแนวนอนเรียกว่าไรโซม (rhizome) ที่ส่วนปลายของไรโซมสามารถแตกหน่อใหม่เจริญขึ้นเป็นลำต้นในแนวตั้งเรียกว่า ลำลูกกล้วย (pseudobulb) โดยแต่ละลำใช้เวลาในการเจริญเต็มที่ 3-6 เดือน เมื่อเจริญสุดลำ แต่ละลำจะออกดอก 5-15 ช่อ ขึ้นอยู่กับขนาด และความสมบูรณ์ของต้น (จิตราพรรณ, 2537) ปัจจุบันพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อใช้ตัดดอกในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ สามารถจำแนกเป็นกลุ่มสีต่างๆ เช่น กลุ่มดอกสีชมพูอ่อนคอขาว ได้แก่ พันธุ์ซากุระ พันธุ์มิสทีน กลุ่มดอกสีขาว ได้แก่ พันธุ์ขาวสนาน พันธุ์ขาวเลอ ร์เวีย พันธุ์ขาว 4N พันธุ์ขาวประวิทย์ ฯ กลุ่มดอกสีม่วงชมพูคอขาว ได้แก่ พันธุ์โซเนียบอม พันธุ์เอียสกุล พันธุ์โจแดง กลุ่มดอกสีม่วงแดง ได้แก่ พันธุ์ซาบิน และพันธุ์รินนภา กลุ่มดอกสีอื่นๆ ได้แก่ พันธุ์บูรณะเจด พันธุ์ฟาติมา และพันธุ์ชิดชม (กรมวิชาการเกษตร, 2548) การศึกษาครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบการเจริญเติบโต และศักยภาพการให้ผลผลิตของกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสมการค้า 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์เอียสกุล (*Den.* Sonia 'Earsakul') และขาวเลอร์เวีย (*Den.* 'Lervia') ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในการวางแผนการผลิต และคาดคะเนผลผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นกล้วยไม้ที่ใช้ในการศึกษานี้ปลูกในแปลงปลูกกล้วยไม้เพื่อการส่งออกของบริษัท กล้วยไม้ไทย จำกัด แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพฯ เป็นต้นกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสมเพื่อปลูกตัดดอกเป็นการค้า 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวเลอร์เวีย และ พันธุ์เอียสกุล ที่ปลูกในกระบะกาบมะพร้าว ขนาด 10 x 14 x 4 โดยปลูกกระบะละ 4 กอ (cluster) แต่ละกอมีลำลูกกล้วยเริ่มต้น 2 ลำ โดยต้นกล้วยไม้ได้รับการดูแลรักษา ให้ปุ๋ย และควบคุมศัตรูตามวิธีการที่เกษตรกรใช้ตามปกติ การให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์วันละครั้ง เมื่อต้นกล้วยไม้อายุ 9 เดือนหลังจากปลูก (ก่อนต้นกล้วยไม้จะเริ่มแตกลำใหม่) ทำการคัดเลือกต้นกล้วยไม้ที่มีสภาพต้นสมบูรณ์ พันธุ์ละ 10 ต้นจาก 10 กระบะ ทำเครื่องหมายกระบะที่คัดเลือกไว้ บันทึกข้อมูลทุก 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 52 สัปดาห์ ดังนี้ คือ จำนวนลำลูกกล้วยทั้งหมดภายในกอ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการเกิดลำใหม่ และเมื่อลำลูกกล้วยใหม่ให้ดอกเก็บเกี่ยว และนับจำนวนช่อดอกในแต่ละกระบะของแต่ละพันธุ์หาค่าเฉลี่ยผลผลิตที่กล้วยไม้หวายทั้ง 2 พันธุ์ โดยแยกขนาดของช่อดอก เป็น 4 เกรด ดังนี้

1) ช่อสั้นสุด (ช่อดอกยาว 30 เซนติเมตร)
2) ช่อสั้น (ช่อดอกยาว 35-40 เซนติเมตร)
3) ช่อยาว (ช่อดอกยาว 50 เซนติเมตร)
4) ช่อซุปเปอร์ (ช่อดอกยาว 70-80 เซนติเมตร)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังจากย้ายปลูกต้นกล้วยไม้ในกระบะกาบมะพร้าว (กระบะละ 4 กอ) โดยแต่ละกอมีลำลูกกล้วย เริ่มต้น 2 ลำ/กอ พบว่าต้นกล้วยไม้ทั้ง 2 พันธุ์ เริ่มแตกลำใหม่หลังจากปลูก 10 เดือน (ตรงกับเดือนมีนาคม) เนื่องจากเป็นช่วงที่ต้นกล้วยไม้สกุลหวายเพิ่งผ่านพ้นระยะการพักตัวในฤดูหนาว และภายในกระบะกาบมะพร้าวที่ใช้ปลูกมีจำนวนลำไม่หนาแน่น (สมศักดิ์, 2540) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ต้นกล้วยไม้จะมีการเจริญเติบโตทางต้น (แตกกอ) ได้ดี โดยต้นกล้วยไม้สกุลหวายทั้งสองพันธุ์มีลำใหม่ในอัตรา 0.7 ลำ/เดือน หลังจากนั้นอัตราการแตกลำใหม่ลดลง (Figure 1) เนื่องจากภายในกระบะปลูกมีจำนวนลำลูกกล้วยหนาแน่นมากขึ้น ช่วงท้ายของการศึกษาพบว่ากระบะที่มีลำลูกกล้วยหนาแน่นมาก ทำให้ต้นกล้วยไม้ในกระบะแตกลำใหม่น้อยลง และสร้างตะเกียง (off shoot) บนลำลูกกล้วย นอกจากนี้ พบว่าพันธุ์เอียสกุลมีจำนวนลำลูกกล้วยเพิ่มมากกว่าพันธุ์ขาวเลอร์เวียเล็กน้อย ทำให้ทำให้จำนวนลำทั้งหมดของกล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์มีจำนวนต่างกันไม่มากนัก (Table 1) และทั้งสองพันธุ์มีอัตราการแตกของลำใหม่ไปในทิศทางเดียวกันและใกล้เคียงกันตลอดเวลา สรุปได้ว่าต้นกล้วยไม้ผสมทั้งสองสายพันธุ์ในแปลงปลูกของเกษตรกรที่ได้รับการดูแลรักษาเป็นอย่างดีทั้งการให้น้ำ และปุ๋ยทำให้ต้นกล้วยไม้สามารถสร้างหน่อ (ลำลูกกล้วย) ใหม่ได้ดีจนกระทั่งต้นกล้วยไม้ทั้งสี่กอสามารถเจริญเต็มกระบะกาบมะพร้าวภายในเวลา 18-20 เดือนหลังจากย้ายปลูก และสามารถให้ดอกตลอดทั้งปีทำให้มีผลผลิตจำนวนมาก หากเจริญในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (มานิตย์, 2552) ซึ่งแตกต่างกับต้นกล้วยไม้สกุลหวายที่ปลูกเลี้ยงตามธรรมชาติ ซึ่งจะมีการเกิดหน่อใหม่เพียงปีละ 2 หน่อ/ลำ ด้านการให้ผลผลิตพบว่าภายในเวลา 52 สัปดาห์นับจากกล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์เริ่มแตกลำใหม่กล้วยไม้พันธุ์ขาวเลอร์เวียให้ผลผลิตช่อดอกทั้งสี่เกรดมากกว่าพันธุ์เอียสกุล (Table 2) และพบว่าผลผลิตของช่อดอกเกรดสั้นสุดของพันธุ์ขาวเลอร์เวียมีจำนวนมากกว่าพันธุ์เอียสกุลตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา (Figure 2) ทั้งพันธุ์ขาวเลอร์เวียให้ผลผลิตช่อดอกเกรดยาวมากที่สุด ขณะที่พันธุ์เอียสกุลให้ช่อดอกเกรดซุปเปอร์มากที่สุด (Table 2) การที่ผลผลิตของช่อ

ดอกที่มีการเพิ่มขึ้น และลดลงเป็นในบางช่วง อาจมีสาเหตุมาจากอาการผิดปกติของดอกตูมที่แทงออกมาแล้วไม่เจริญ ทำให้ช่อดอกสั้น หรือ ดอกภายในช่อมีอาการเหลืองและเน่า (บรรณ, 2547) นอกจากนี้ฤดูกาล และสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญของช่อดอก ทำให้ผลผลิตช่อดอกกล้วยไม้มีการเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละช่วง (สมศักดิ์, 2540) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าผลผลิตเกรดซุปเปอร์และเกรดสวยมีมากกว่าเกรดอื่น ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกกล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์มีรายได้สูงขึ้น

สรุปผล

1. กล้วยไม้พันธุ์ขาวเลอร์เวีย และพันธุ์เอียสกุลที่ปลูกในกระบะกาบมะพร้าว มีอัตราการเพิ่มของจำนวนลำลูกกล้วยใหม่ที่ใกล้เคียงกัน

2. ต้นกล้วยไม้พันธุ์ขาวเลอร์เวียให้ผลผลิตช่อดอกทั้ง 4 เกรดสูงกว่าพันธุ์เอียสกุล ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

คำขอบคุณ

ขอบคุณ บริษัทกล้วยไม้ไทย จำกัด แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพฯ อนุญาตให้ใช้ทั้งวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2548, กล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์การค้าในประเทศไทย, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 237 หน้า.

กระทรวงพาณิชย์, 2557, ข้อมูลเศรษฐกิจการค้า: สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย, [สืบค้น], http://www.moc.go.th, [10/ June/ 14].

จิตราพรรณ พิลึก, 2537, กล้วยไม้, *ใน* ไม้ตัดดอกเขตร้อน, กรมส่งเสริมการเกษตร, กลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ, กรุงเทพฯ, หน้า 9-35.

บรรณ บรูณะชนบท, 2547, กล้วยไม้สกุลหวาย, สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี, 94 หน้า.

มานิตย์ ใจฉกรรจ์, 2552, แนวโน้มและทิศทาง การพัฒนาพันธุ์กล้วยไม้เพื่อการค้าในทศวรรษหน้า, เอกสารประกอบบรรยายสัมมนาเชิงวิชาการ โครงการ 35 ปี ผลิตกรรมการเกษตร เสริมสร้าง เศรษฐกิจไทย, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สมศักดิ์ รักไพบูลย์สมบัติ, 2540, การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้จากประสบการณ์, สุริวงศ์บุ๊คเซนเตอร์, กรุงเทพฯ, 415 หน้า.

Table 1 Number of pseudobulbs of *Dendrobium* 'Lervia' and ‘Sonia Earsakul’ during the study.

	Number of pseudobulbs	
	Dendrobium 'Lervia'	*Dendrobium* ‘Sonia Earsakul’
Start (9 months orchid plant)	2.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0
New pseudobulbs	9.9 ± 0.99	10.5 ± 0.85
Final (21 months orchid plant)	11.9 + 1.10	12.5 + 0.80

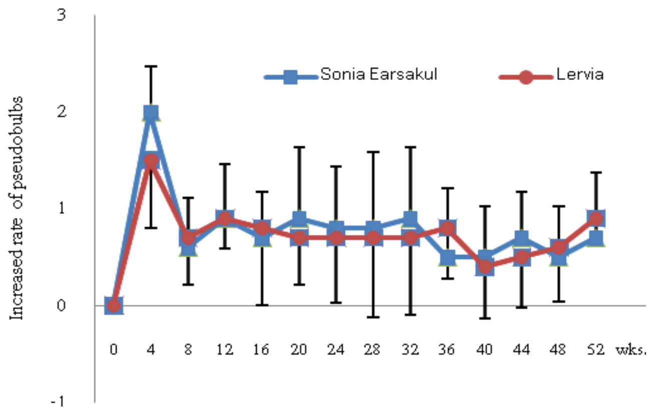


Figure 1 Increased rate of new pseudobulbs during the study.

Table 2 Accumulative yield of of *Dendrobium* ' Lervia' and 'Sonia Earsakul' for a year.

Grade	Yield (inflorescences /tray)	
	'Lervia'	'Sonia Earsakul'
Very short	59.9 ± 19.77	33.6 ± 5.08
Short	73.0 ± 9.39	66.0 ± 12.89
Long	89.3 ± 12.81	74.2 ± 17.00
Super	81.1 ± 14.63	76.7 ± 17.79
Total	299.3 ± 17.69	250.5 ± 20.14

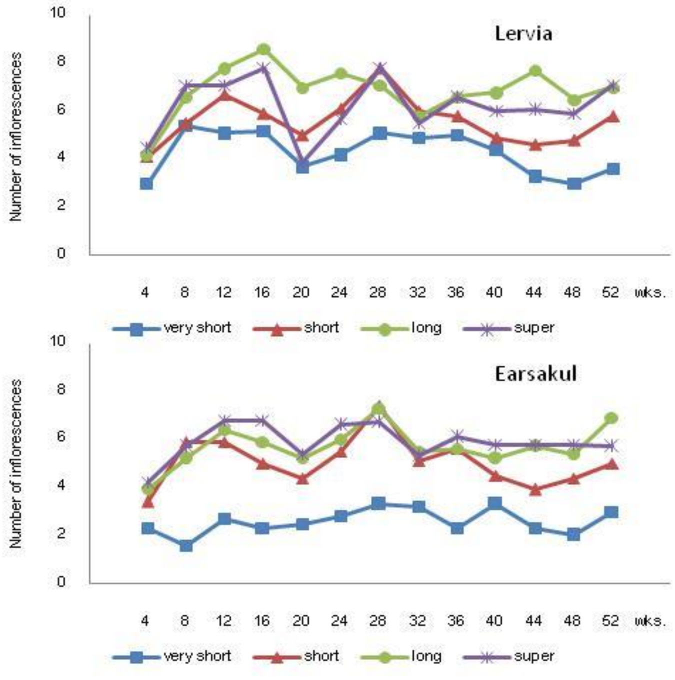


Figure 2 The inflorescences of *Dendrobium* ' Lervia' and 'Sonia Earsakul' during the study.

ความดีเด่นของลูกผสมและอัตราพันธุกรรมของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านลูกผสม

Heterosis and Heritability of Hybrid Thai Native Silkworm (*Bombyx mori* L.; Polyvoltine X Polyvoltine)

พุทธพร วิวาจารย์[1] สิทธิชัย บุญมั่น[1] ประชาชาติ นพเสนีย์[1] ศุภกฤต จันทรวิชญ์[1] และ ธนพร ขจรผล[2]

Wiwacharn, P.[1], Boonman, S.[1], Noppasenee, P.[1], Chantarawich, S.[1] and Kajonphol, T.[2]

Abstract

This study was aimed to breed the new Thai native silkworm (*Bombyx mori* L.; Polyvoltine X Polyvoltine) race which had high single cocoon weight and high adaptability to environment of Sakon Nakhon Province. The female parent (SP2) had high single cocoon weight but low adaptability to environment while the male parent (NangSew) had low single cocoon weight but high adaptability to environment. GSP (F_1) showed the heterosis in cocoon shell percentage, single cocoon shell weight, mature larva weight and normal pupa percentage. However, the mature larva weight of hybrid was lower than standard race (NangTui). From the result, it could be used the silkworm races which had high mature larva weight, high single cocoon weight and high normal pupa percentage as the parental lines of Thai native silkworm (Polyvoltine X Polyvoltine) for hybrid vigor strain.

Keywords: heterosis, heritability, hybrid Thai native silkworm

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการปรับปรุงพันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านเพื่อเพิ่มน้ำหนักรังสด และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนคร โดยการผสมพันธุ์ระหว่างไหมพันธุ์ SP2 (พันธุ์แม่) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตรังไหมสูง ไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนครได้ กับพันธุ์นางสิ่ว (พันธุ์พ่อ) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนครได้ดีและ ผลผลิตรังไหมค่อนข้างต่ำ เปรียบเทียบกับพันธุ์นางตุ่ย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในจังหวัดสกลนคร โดยทำการศึกษา ณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร พบว่า ไหมพันธุ์ GSP ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมรุ่นที่ 1 (F_1) มีความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) ในลักษณะเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง, น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง, น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ แต่ในลักษณะน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว ยังมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าพันธุ์นางตุ่ย ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ดังนั้น การใช้พันธุ์ไหมที่มีน้ำหนักหนอนไหม น้ำหนักรังไหมสูง และพันธุ์ไหมที่มีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงเป็นพ่อแม่พันธุ์ จะทำให้การผลิตพันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านลูกผสมมีลักษณะที่ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ความดีเด่นของลูกผสม อัตราพันธุกรรม ไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านลูกผสม

คำนำ

ไหม (Silkworm) เป็นแมลงจำพวกผีเสื้อกลางคืน (Moth) จัดอยู่ในตระกูล Bombycidae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx Mori* L. มีจำนวนโครโมโซมทั้งหมด 56 โครโมโซม (2n=56, n=28) (Nho, 2013; Agura, 1994) ผีเสื้อในตระกูลนี้มีลักษณะพิเศษคือ ตัวหนอน (Larva) จะพ่นเส้นใยทำรังห่อหุ้มตัวเอง แล้วตัวหนอนลอกคราบเป็นดักแด้ (Pupa) อยู่ภายในรัง เส้นใยไหมนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และมีราคาแพง ซึ่งในปัจจุบัน เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เลี้ยงไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านที่ได้จากการขยายพันธุ์เองและทางราชการสนับสนุน ประมาณ 6-8 รุ่นต่อปี ในแต่ละรุ่นจะเลี้ยงเพียง ½-1 แผ่นต่อรุ่น ส่งผลให้ผลผลิตรังไหมที่ผลิตได้มีปริมาณน้อย ประมาณ 3-6 กิโลกรัมต่อปี (สิทธิชัย และคณะ 2556)

วิธีการหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตรังไหมของเกษตรกรผู้เลี้ยงไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านให้สูงขึ้นคือ การปรับปรุงพันธุ์ไหมให้มีผลผลิตรังไหมสูงขึ้น โดยในการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างพันธุ์ไหมที่มีผลผลิตรังไหมสูง ที่สามารถเจริญและปรับตัวได้ดีเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนคร โดยการผสมพันธุ์ระหว่างไหมพันธุ์ SP2 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์แม่ และเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตรังไหมสูง แต่มีความสามารถในปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนครได้ไม่ดีเท่าที่ควร กับพันธุ์นางสิ่ว ซึ่งใช้เป็นพันธุ์พ่อ และเป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนครได้เป็นอย่างดี แต่มีผลผลิตรังไหมค่อนข้างต่ำ

[1] ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000.

[2] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[2] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000.

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ไหม พันธุ์ไทยพื้นบ้านของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ 1) พันธุ์ SP2 (พันธุ์แม่) 2) พันธุ์นางสิ่ว (พันธุ์พ่อ) 3) พันธุ์ GSP (F_1) เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ SP2 (พันธุ์แม่) กับพันธุ์นางสิ่ว (พันธุ์พ่อ) 4) พันธุ์นางตุ่ย ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พันธุ์ละ 10 แม่

การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) 4 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) พันธุ์ SP2 2) พันธุ์นางสิ่ว 3) พันธุ์ GSP (F_1) 4) พันธุ์นางตุ่ย

วิธีการเลี้ยง ในระยะวัยอ่อน (วัย 1-3) แยกเลี้ยงเป็นพันธุ์ละ 3 กระด้ง หรือ 3 ซ้ำ กระด้งที่ 1 ประกอบด้วยแม่ที่ 1-3 กระด้งที่ 2ประกอบด้วยแม่ที่ 4-6 และกระด้งที่ 3 ประกอบด้วยแม่ที่ 7-10 เมื่อหนอนไหมเจริญเติบโตเข้าสู่วัย 4 สุ่มเลือกหนอนไหมเลี้ยงกระด้งละ 300 ตัว และเลี้ยงต่อไปจนไหมสุกทำรัง จากนั้นทำการปาดรังไหมเพื่อคัดแยกเพศดักแด้เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 200 ตัว (เพศผู้ 100 ตัว และเพศเมีย 100 ตัว) แยกไว้คนละกระด้ง แล้วนำไปชั่งเพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังสดของทั้ง 2 เพศ หลังจากนั้น ชั่งรังไหมทีละรัง เพื่อคัดเลือกเฉพาะรังที่มีน้ำหนักรังสดสูงกว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังสดที่ได้ ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย คัดเลือกรังไหมที่มีดักแด้สมบูรณ์จากรังไหมที่คัดเลือกได้เพื่อนำมาใช้สำหรับการผสมพันธุ์ โดยทำการผสมพันธุ์ข้ามกระด้งเพื่อรักษาความแข็งแรงของสายพันธุ์ แล้วเก็บไข่ไหมไว้สำหรับเลี้ยงในรุ่นต่อไป สำหรับพันธุ์ GSP ซึ่งเป็นพันธุ์ทดสอบในครั้งนี้ เป็นลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ SP2 (พันธุ์แม่) กับพันธุ์นางสิ่ว (พันธุ์พ่อ)

การบันทึกข้อมูล 1. น้ำหนักรังสด 1 รัง (กรัม) (Single Cocoon Weight; SCW) คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังสดของรังไหมอย่างน้อย 50 รัง (เพศผู้ เพศเมีย อย่างละ 25 รัง)

2. น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว (กรัม) (Mature Larvae Weight; MLW) คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักหนอนไหมโตที่เต็มที่ จากการชั่งน้ำหนักหนอนไหมครั้งละ 10 ตัว 2 ตัวอย่างต่อกระด้ง โดยชั่งก่อนให้อาหารมื้อที่ 2 ของวัน (ประมาณวันที่ 3-5 ของหนอนไหมวัย 5)

3. น้ำหนักเปลือกรัง (กรัม) (Cocoon Shell Weight; CSW) คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรังเปล่าอย่างน้อย 50 รัง (เพศผู้ เพศเมีย อย่างละ 25 รัง)

4. เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง (Cocoon Shell Percentage) คือ (น้ำหนักเปลืองรัง/น้ำหนักรังสด 1 รัง) x 100

5. เปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์) (Normal Pupae Percentage; NPP) $= \dfrac{\text{จำนวนดักแด้สมบูรณ์ X 100}}{\text{จำนวนหนอนไหมที่เริ่มเลี้ยงในวัย 4}}$

6. ความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) คือ เปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{Heterosis} = \frac{(F_1 - MP) \text{ X } 100}{MP}$$

เมื่อ F_1 คือ ค่าเฉลี่ยของลูกผสมเดี่ยว MP คือ ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ของลูกผสม

7. อัตราพันธุกรรม (Heritability) คือ อัตราส่วนของความแปรปรวนของอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive genetic variance) ต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (phenotypic variance) (รังสฤษดิ์, 2539; เรวัต, 2551; สุชาติ และคณะ, 2553; Zhao และคณะ, 2007) ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$\frac{H^2}{V_P} = \frac{V_G}{V_G+V_E} = V_G$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ ทำการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2556 ถึงเดือนมกราคม 2557 โดยเลี้ยงไหมพันธุ์พ่อแม่ในรุ่นที่ 1 คือ ระหว่างเดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2556 จากนั้น นำไข่ไหมพันธุ์ไทยลูกผสมที่ได้มาเลี้ยงในรุ่นที่ 2 คือระหว่างเดือนธันวาคม 2556 ถึงเดือนมกราคม 2557 สถานที่ดำเนินการ โรงเลี้ยงไหม งานอนุรักษ์พันธุ์ไหม ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบพันธุ์ จากการทดลองพบว่า ไหมพันธุ์ GSP มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว, น้ำหนักรังสด 1 รัง, น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง, เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์เท่ากับ 17.20 กรัม, 0.97 กรัม, 0.12 กรัม, 12.67 กรัม และ 93.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ขณะที่พันธุ์นางตุ่ย ซึ่งใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีค่าเท่ากับ 22.87 กรัม, 1.05 กรัม, 0.13 กรัม, 11.33 กรัม และ 93.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่า ไหมพันธุ์ GSP มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรังสด 1 รัง และน้ำหนักเปลือกรังใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ (พันธุ์ SP2) ทั้งนี้ เป็นผลเนื่องมาจากความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (General combining ability; GCA) ของลักษณะน้ำหนักรังสด 1 รัง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์แม่ที่ใช้ในการสร้างคู่ผสม ซึ่งหมายความ

ว่า หากแม่พันธุ์ที่ใช้ในการสร้างคู่ผสมมีน้ำหนักรังสด 1 รัง สูง จะทำให้ลูกผสมที่ได้มีน้ำหนักรังสด 1 รังสูงด้วย (นิรนาม, ม.ป.ป.; Mukhopadhyay และคณะ, 2013; Nagaraju, 2002; Seidavi, 2011) และลักษณะน้ำหนักรังสด 1 รัง กับน้ำหนักเปลือกรังของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านที่เลี้ยงในจังหวัดสกลนคร มีความสัมพันธ์กันสูงมาก (r=0.85) ส่งผลให้พันธุ์ไหมที่มีน้ำหนักรังสด 1 รัง จะมีน้ำหนักเปลือกรังสูงด้วยเช่นกัน (รุ่งทิพย์ และ ภานุวัฒน์, 2556; พุทธพร และคณะ, 2556; Nagaraju, 2002) สำหรับเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ พบว่า ไหมพันธุ์ GSP มีค่าเฉลี่ยของลักษณะนี้ใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อ (พันธุ์นางสิ่ว) เนื่องมาจาก ความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะนี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของพันธุ์พ่อ และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะนี้ แสดงว่าหากใช้พ่อพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีในการสร้างลูกผสม จะทำให้ลูกผสมที่ได้มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีเช่นกัน (Agura, 1994; Mukhopadhyay และคณะ, 2013; Nho, 2013)

ความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) จากการศึกษาพบว่า ลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมรุ่นที่ 1 (F_1) ที่มีความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง, น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง, น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 11.73, 9.09, 5.85 และ 3.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ Kumar และคณะ (2011), Nagaraju (2002) และ Nagaraju และคณะ (1996) ส่วนลักษณะที่ไม่มีความดีเด่นของลูกผสม คือ น้ำหนักรังสด 1 รัง แต่เมื่อนำมาชั่งน้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง พบว่า ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) มีน้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง และเปอร์เซ็นต์เปลือกรังค่อนข้างสูง (0.12 กรัม และ 12.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แสดงว่า พันธุ์ไหมพันธุ์นี้มีปริมาณเส้นใยสำหรับผลิตเส้นไหมค่อนข้างสูง ซึ่งตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้ผลิตเส้นไหมในพื้นที่จังหวัดสกลนคร (สิทธิชัย และคณะ, 2556)

ไหมพันธุ์ GSP ซึ่งเป็นลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) มีความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) ในลักษณะเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง, น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง, น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์แต่ลักษณะบางลักษณะที่ศึกษาในครั้งนี้ยังมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าพันธุ์นางตุ่ย ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ดังนั้น ควรมีการพัฒนาพันธุ์ไหมพันธุ์นี้อีกครั้ง ก่อนนำไปทดสอบในภาคเกษตรกร นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้พันธุ์ไหมที่มีน้ำหนักหนอนไหมหรือน้ำหนักรังไหมสูงเป็นแม่พันธุ์ และการใช้พันธุ์ไหมที่มีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงเป็นพ่อพันธุ์ จะทำให้การผลิตพันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านลูกผสมมีลักษณะต่างๆ ที่ดียิ่งขึ้น

อัตราพันธุกรรม (Heritability) เมื่อพิจารณาอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรม (Heritability) ของแต่ละลักษณะที่ศึกษา (Table 3) พบว่า เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง มีอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมสูงที่สุด (0.88 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ เปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ (0.73 เปอร์เซ็นต์), น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว (0.67 เปอร์เซ็นต์), น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง (0.63 เปอร์เซ็นต์) และน้ำหนักรังสด 1 รัง (0.35 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ โดยลักษณะที่ถ่ายทอดผ่านทางพันธุกรรมของพันธุ์แม่ได้แก่ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว, น้ำหนักรังสด 1 รัง, น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง ส่วนลักษณะที่ถ่ายทอดผ่านทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อได้แก่ เปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ สอดคล้องกับรายงานของ Kumar และคณะ (2011), Nagaraju (2002) และ Nagaraju และคณะ (1996) ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ไหมเพื่อเพิ่มน้ำหนักหนอนไหมหรือน้ำหนักรังไหม ควรใช้พันธุ์ไหมที่มีน้ำหนักหนอนไหมหรือน้ำหนักรังไหมสูงเป็นแม่พันธุ์ ส่วนการปรับปรุงพันธุ์ไหมเพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ ควรใช้พันธุ์ไหมที่มีเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์สูงเป็นพ่อพันธุ์ จะทำให้การปรับปรุงพันธุ์ไหมมีโอกาสประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

ไหมพันธุ์ GSP ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) มีความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) ในลักษณะเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง, น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง, น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว และเปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ แต่ในลักษณะน้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว ยังมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าพันธุ์นางตุ่ย ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง มีอัตราการถ่ายทอดพันธุกรรมสูงที่สุด (0.88 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ เปอร์เซ็นต์ดักแด้สมบูรณ์ (0.73 เปอร์เซ็นต์), น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว (0.67 เปอร์เซ็นต์), น้ำหนักเปลือกรัง 1 รัง (0.63 เปอร์เซ็นต์) และน้ำหนักรังสด 1 รัง (0.35 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) และศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่ของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร ที่ให้ความช่วยเหลือในการเลี้ยงไหม และการบันทึกข้อมูล จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ จอมพุก, 2551, สถิติ การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ด้วย R. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 335 หน้า

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2539, การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง I, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 298 หน้า.

รุ่งทิพย์ มาศเมธาทิพย์ และ ภานุวัฒน์ คัมภีราวัฒน์, 2556, การศึกษาผลของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านและหม่อนที่มีต่อการผลิตไหมภายในจังหวัดสกลนคร, วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 41(3): 702-708.

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, 2551, เอกสารประกอบการบรรยายวิชา การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง I, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 38 หน้า.

นิรนาม, ไม่ระบุปี, แนวทางปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์ไหมและผลิตพันธุ์หม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 99 หน้า

นิรนาม, 2544, เอกสารแนะนำที่ 1 การปลูกหม่อนเลี้ยงไหม, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 40 หน้า

นิรนาม, 2547, 100 ปี หม่อนไหม สายใยแผ่นดิน, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.

นิรนาม, 2552ก, ไหมไทย,.สายใยแห่งแผ่นดิน, สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 178 หน้า.

นิรนาม, 2552ข, เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไหมระดับครัวเรือน (Good Agricultural Practice (GAP) for House Hold Sericulture), สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 30 หน้า.

นิรนาม, 2555ก, คู่มือการผลิตเส้นไหมไทยพื้นบ้าน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 40 หน้า.

นิรนาม, 2555ข, ภูมิปัญญาการผลิตเส้นไหมไทยพื้นบ้านอีสาน (Wisdom of Indigenous Thai Silk Yarn), กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 53 หน้า.

พุทธพร วิวาจารย์ สิทธิชัย บุญมั่น ประชาชาติ นพเสนีย์ ศุภกฤต จันทรวิชญ์ และ ธนพร ขจรผล, 2556, การวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบผลผลิตรังไหมต่อผลผลิตรังไหมของไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน, วารสารวิชาการเกษตร, 31(3): 282-292.

สมโพธิ อัครพันธุ์, 2539, การพัฒนาหม่อนไหมในประเทศไทย, สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 179 หน้า.

สิทธิชัย บุญมั่น นุ์รี อาญาเมือง พุทธพร วิวาจารย์ รุตจิรา สีเมฆ หัสดี พูลสวัสดิ วิวาพร วงค์บาตร และ ธวุธ สิรนันธนพร, 2556, การสำรวจข้อมูลพื้นฐานเพื่อจัดทำแผนพัฒนาอาชีพหม่อนไหม ในพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร, กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 52 หน้า.

สุชาติ จุลพูล บุษรา จงรวยทรัพย์ และ นพดล พันธุ์คำเกิด, 2553, การรวบรวมและปรับปรุงพ่อแม่พันธุ์ไหมต้านทานโรคแกรสเซอรี่, หน้า 253-271 *ใน* เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการ หม่อนไหมประจำปี 2553, กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Hisao, A., 1994, Principles of Sericulture *translated from Japanese*. A.A. Balkema. Rotterdam, 376 p.

Kumar, S.N., Murthy, D.P.P. and Moorthy, S.M., 2011, Analysis of Heterosis over Environments in Silkworm (*Bombyx mori* L.), ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 6(3): 39-47.

Mukhopadhyay, T.K., Bhattacharya, S.S. and Kundu, J.K., 2013, Backcross Breeding and Directional Selection of Two Multivoltine, N+p and Np of Silkworm, *Bombyx mori* L. for Viability and Productivity in Eastern India. Journal of Entomology and Zoology Studies, 1(4): 7-19.

Nagaraju, J., 2002, Application of Genetic Principles for Improving Silk Production, Current Science, 83(4): 409-414.

Nagaraju, J., Urs, R. and Datta, R.K., 1996, Cross breeding and Heterosis in Silkworm, *Bombyx mori* L., A Review, Sericologia, 36(1): 1-20.

Nho, S.K., 2013, Silkworm Genetics and Breeding, เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง "Silkworm Genetics and Breeding", กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 97 หน้า.

Seidavi, A., 2011, Analysis of Combing Ability for Some Parameters in Iranian Lines for Silkworm *Bombyx mori* L. (lepidoptera: bombycidae), Annuals of Biological Research, 2(2): 158-163.

Venables, W.N., Smith, D.M. and the R Development Core, 2007, An Introduction to R. [Online] Available: http://www.R-project.org [23/ June/ 2007].

Zhao, K., Chen, K. and He, S., 2007, Key Principles for Breeding Spring-and-Autumn using Silkworm Varieties: from Our Experience of Breeding S73XS74, Caspian Journal of Environmental Sciences, 5(1): 57-61.

Table 1 Mean of 5 traits were observed from 4 Thai silkworm races (SP2 (female parent), NangSew (male parent), GSP and NangTui (standard race)).

Races	Characters				
	MLW	SCW	CSW	CSP	NPP
SP2	18.85 [ab]	1.17 [a]	0.13 [a]	11.67 [ab]	87.25 [b]
NangSew	13.65 [c]	0.82 [c]	0.09 [b]	11.00 [b]	95.17 [a]
GSP (F_1)	17.20 [bc]	0.97 [bc]	0.12 [ab]	12.67 [a]	94.67 [a]
NangTui	22.87[a]	1.05 [ab]	0.13 [a]	11.33 [b]	92.84 [ab]
Mean	18.14	1.01	0.12	11.67	92.48
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	7.72	4.61	8.45	4.29	4.28

* Means within the same column followed by the same letters are not significantly different (P < 0.05)

Table 2 Analysis of heterosis over the mid-parent (MP) for single cocoon weight, single cocoon weight components and agronomic characters of F_1 Thai native hybrid silkworm (*Bombyx mori* L.; Polyvoltine X Polyvoltine)

Races	% Heterosis				
	MLW	SCW	CSW	CSP	NPP
GSP (F_1)	5.85	-2.50	5.88	11.80	3.82

Table 3 Heritability of single cocoon weight, single cocoon weight components and agronomic characters of F_1 Thai native silkworm (*Bombyx mori* L.; Polyvoltine X Polyvoltine)

Races	Heritability				
	MLW	SCW	CSW	CSP	NPP
GSP (F_1)	0.67	0.35	0.63	0.88	0.73

ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ตรึงอยู่บนขี้เถ้าแกลบต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข47
Effect of Phosphate-Solubilizing Bacteria Immobilized on Rice Husk Ash, on Growth of RD47 Rice

เกตน์ณนิภา วันชัย[1] และ สมาพร เรืองสังข์[2]
Wanchai, K.[1] and Ruangsangka, S.[2]

Abstract
This research aimed to screen the phosphate solubilizing bacteria from rice soil in Bang Ban, Phranakhon Si Ayutthaya by Pikovskaya agar and test effectiveness of phosphate solubilization in liquid media by molybdenum blue method. The study showed that 45 isolates of phosphate solubilizing bacteria was obtained from rice farming soil. There were 5 isolates giving the great phosphate solubilization activity. The most effective species included *Burkhoderia sp.* and *Pantoea dispersa* which could solubilize 179.8 and 187.0 mgP/L, respectively. After that, the selected species were immobilized on rice husk ash to study growth of RD47 rice by using the 6 experimented soils with 4 replications for 30 days. It was found that height, number of leaf, length of roots, and dry weight of shoots in each treatment were different ($p \leq 0.05$). The rice grown in the soil with *Burkhoderia* sp. immobilized on the rich husk ash had the highest growth. It is also found that the bacteria immobilized on the rice husk ash contributed better growth of rice than without immobilized bacteria.
Keywords: phosphate solubilizing bacteria, *Burkhoderia* sp., *Pantoea dispersa*, rice husk ash

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากดินนาข้าวใน อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา ด้วยอาหารคัดเลือก Pikovskaya agar และทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลวด้วยวิธี molybdenum blue ผลการวิจัยพบว่า สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากดินนาข้าวได้ทั้งหมด 45 ไอโซเลต คัดเชื้อไอโซเลตที่ละลายฟอสเฟตสูงได้จำนวน 5 ไอโซเลต วิเคราะห์สปีชีส์ของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการละลายฟอสเฟตได้ 2 ชนิด คือ*Burkhoderia* sp. และ *Pantoea dispersa* ละลายฟอสเฟตได้ 179.8 และ 187.0 มก.ฟอสเฟต/ล. ตามลำดับ จากนั้นนำเชื้อที่แยกได้มาตรึงบนขี้เถ้าแกลบ และศึกษาผลของแบคทีเรียทั้งสองต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข47 โดยใช้ชุดดินปลูก 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ระยะเวลาในการปลูก 30 วัน พบว่าข้าวมีเจริญเติบโตทั้งในด้านความสูง จำนวนใบ ความยาวของราก และน้ำหนักแห้งของลำต้นในแต่ละตำรับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และข้าวที่ปลูกในดินที่มีการเติมเชื้อ *Burkhoderia* sp. และตรึงบนขี้เถ้าแกลบมีการเจริญเติบโตมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเชื้อที่มีการตรึงบนขี้เถ้าแกลบจะให้ผลการเจริญเติบโของข้าวได้ดีกว่าเชื้อมีไม่มีวัสดุตรึง
คำสำคัญ: แบคทีเรียละลายฟอสเฟต *Burkhoderia* sp. *Pantoea dispersa* ขี้เถ้าแกลบ

คำนำ
ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักสำคัญของพืชที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต (Mehrvarz และคณะ, 2008) ฟอสฟอรัสในดินส่วนมากอยู่ในรูปที่ละลายยากและเป็นฟอสฟอรัสที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ดินที่ใช้ในการเกษตรโดยทั่วไปมีฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในขณะเดียวกันปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปฟอสเฟตที่ละลายได้ดีเมื่อใส่ลงในดินบางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายด้วยกระบวนการตรึงฟอสเฟตทางเคมี (chemical fixation of phosphate) ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในดินที่มีสภาพเป็นกรดและด่างภายในระยะเวลาสั้นๆ ดินที่เป็นกรดการตรึงฟอสเฟตจะเกิดจากฟอสเฟตร่วมกับธาตุเหล็กและอลูมิเนียมเกิดเป็นอะลูมิเนียมออร์โทฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก ฟอสเฟตยังถูกตรึงโดยการทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat university, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000
[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกาญจนบุรี อ.เมือง จ.กาญจนบุรี,71000
[2] Faculty of Science and Technology,Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi, 71000

ไอออนของเหล็ก และอะลูมิเนียม รวมทั้งแร่ดินเหนียวที่มีซิลิเกตเป็นองค์ประกอบ ส่วนในดินที่เป็นด่างจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมและฟอสเฟตเกิดเป็นไดแคลเซียมฟอสเฟตและไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ในดินยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการนำธาตุฟอสฟอรัสในดินไปใช้ในพืช เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการต่างๆ เช่น การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตด้วยเอนไซม์ (mineralization) และการตรึงฟอสฟอรัส (immobilization) โดยการดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์ และการละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตด้วยกรดอินทรีย์ (solubilization) สามารถละลาย ไตรแคลเซียม อลูมินัม และเหล็กฟอสเฟต และสามารถปลดปล่อยอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียและราจะมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนรูปของสารประกอบฟอสเฟตที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Salehrastin และคณะ,1998)

ในงานวิจัยนี้สนใจแยกเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในดินในนาข้าว โดยสนใจพื้นที่ใน อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นพื้นที่มีการปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก และยังเป็นพื้นที่ๆ เกิดอุทกภัยซ้ำซากก่อให้เกิดการชะล้างหน้าดิน ทำให้ปริมาณแร่ธาตุอาหารของข้าวลดลง ส่งผลให้เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของข้าวและเพิ่มผลผลิต และตรึงเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บนขี้เถ้าแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อรักษาปริมาณเชื้อให้คงอยู่ นอกจากนี้ยังศึกษาผลของแบคทีเรียต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 47 ดังนั้นจึงเป็นการดีที่นำเชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตที่พบในท้องถิ่นนี้มาคัดเลือก เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินและเป็นการใช้ธาตุอาหารในดินให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของดิน และลดการใช้ปุ๋ยให้กับเกษตรกรเพื่อลดต้นทุนการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างดินนาข้าวและคัดแยกเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินนาข้าวจาก 5 พื้นที่ ใน ต.กบเจา อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา นำตัวอย่างดินมาตากแห้งและคลุกเคล้ากันและทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH และ available P สำหรับการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตทำได้โดยนำดินจำนวน 1 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 10 มล. ทำให้ได้สารละลายดินที่มีความเข้มข้นเป็น 10^{-1} 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-6} เท่า นำสารละลายดินไปศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตบนอาหาร Pikovskaya's medium โดยใช้วิธี spread plate บ่มเชื้อนาน 4 ถึง 5 วัน เลือกเชื้อที่มีวงใสรอบโคโลนี (clear zone) ซึ่งแสดงว่าโคโลนีนั้นเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างกรดออกมาละลายฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ จากนั้นนำเชื้อดังกล่าวไปทำให้บริสุทธิ์

ประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว

นำโคโลนีที่เกิดบริเวณใสรอบโคโลนีมาแยกให้บริสุทธิ์ตามวิธีของ นิจกาล (2550) โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA โดยวิธี crose streak บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง นำโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียที่ได้ ถ่ายลงในอาหารเหลว NB เขย่า เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง (ปริมาณเชื้อ 10^{7}-10^{8} cfu/ml) ถ่ายกล้าเชื้อที่เจริญในอาหารเหลว NB ลงอาหารเหลวสูตร Pikovskaya's medium (PVK) เขย่าที่อุณหภูมิ 26-28°C นาน 7 วัน (3 ซ้ำ) โดยชุดควบคุมจะไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย เก็บตัวอย่างที่เจริญใน PVK แต่ละสูตรปริมาตร 20 มล. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที นำส่วนใส มาวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายได้โดยใช้วิธี molybdenum blue คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตสูงสุด 5 อันดับแรกไปวิเคราะห์เพื่อระบุสปีชีส์โดยเทคนิค 16s DNA sequencing

การตรึงเชื้อจุลินทรีย์บนวัสดุตรึง

นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้มาเลี้ยงเซลล์ใน PVK broth เป็นเวลา 3 วัน แล้วปรับให้มีความหนาแน่นเป็น 150 เซลล์/มล. ด้วย haemacytometer ใส่ลงในเชื้อจุลินทรีย์ 500 มล. ลงในขี้เถ้าแกลบ (ใช้ขี้เถ้าแกลบขาวต่อขี้เถ้าแกลบดำในอัตราส่วน 1:1) จำนวน 1 ก.ก. คนให้เข้ากันทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เก็บบรรจุถุงแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 20-25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้

การทดสอบผลของเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระดับกระถาง

นำข้าวพันธุ์ กข 47 แช่น้ำเป็นเวลา 2 วัน ปลูกต้นกล้าในดินนาข้าวที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 500 กรัม/กระถาง (pH = 7.8, available P = 20 มก./ล) ผสมกับเชื้อแบคทีเรียที่ตรึงบนขี้เถ้าแกลบ 250 กรัม/กระถาง โดยมีตำรับการทดลองดังนี้ ชุดดินควบคุม(C) ชุดดิน + ขี้เถ้าแกลบ (SR) ชุดดิน + ขี้เถ้าแกลบ + เชื้อ (SR01,SR02) และชุดดิน + เชื้อ (S01,S02) โดย 01 และ 02 คือเชื้อ *Burkhoderia sp. และ Pantoea dispersa* แต่ละตำรับทำ 4 ซ้ำ รดน้ำทุกวันเป็นเวลา 30 วัน วัดส่วนสูงของลำต้น ขนาดลำต้น และจำนวนใบข้าวทุกๆ 5 วัน จากนั้นเมื่อครบ 30 วัน ทำการวัดน้ำหนักแห้งของลำต้น ราก และใบจากทุกกระถาง โดย แยกใส่ซองกระดาษที่สะอาดแล้วนำเข้าเครื่องอบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2 วัน เพื่อหา

น้ำหนักแห้งของต้นและราก และใบ บันทึกผล นำดินหลังปลูกไปตรวจวัดปริมาณฟอสเฟต วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของดันเคน Duncan's multiple range test.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากดินตัวอย่าง

การแยกเชื้อแบคทีเรียจากดินนาข้าวที่สามารถละลายแคลเซียมฟอสเฟตในอาหาร Pikovskaya ระดับเบื้องต้นสามารถแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตได้ 45 ไอโซเลต ลักษณะของโคโลนีของแบคทีเรียที่ได้มีหลายลักษณะ คือ โคโลนีขนาดเล็กสีเหลือง เซลล์รูปท่อน แกรมลบ โคโลนีด้านสีขาวขุ่น เซลล์รูปท่อนสั้น และโคโลนีรูปกลมแกรมลบ และคัดเลือกไอโซเลทที่ให้ค่า Halo:Colony ratio สูงสุดได้จำนวน 5 ไอโซเลต เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว Pikovskaya พบเชื้อ 2 ชนิด สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงถึง 179.8 และ 187.0 มก.ฟอสเฟต/ล. ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาสปีชีส์ด้วย 16s DNA sequencing พบว่า เชื้อที่ได้คือ *Burkhoderia sp. และ Pantoea dispersa*

ผลของเชื้อแบคทีเรีย *Burkhoderia sp. และ Pantoea dispersa* ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 47

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้นข้าวในตำรับต่างๆ ที่อายุ 5, 10, 15 และ 30 วันพบว่า ข้าวมีความสูงต่างกันเล็กน้อยในช่วงระยะเวลาปลูกที่ 5 วัน ในทุกตำรับ เนื่องจากเป็นระยะข้าวงอก และเมื่อเข้าสู่ระยะกล้าข้าวจะดูดแร่ธาตุอาหารจากดินซึ่งฟอสฟอรัสจะเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการสร้างระบบรากของต้นข้าว พบว่าอายุในการปลูกตั้งแต่15 วันจนถึง 30 วัน ชุดดินควบคุม (C) และชุดดินที่มีขี้เถ้าแกลบ (SR) มีต้นข้าวความสูงน้อยกว่าในตำรับ SR01 SR02 S01 และ S02 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดมีความสามารถในการละลายฟอสเฟตในดินทำให้ข้าวเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเชื้อ *Burkhoderia sp.* ที่ตรึงบนขี้เถ้าแกลบจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากที่สุด แสดงดัง Figure 1 และเมื่อครบเวลาปลูก 30 วัน นำต้นข้าวมาวัดจำนวนใบ ความยาวของราก และน้ำหนักแห้ง ผลที่ได้แสดงดัง Figure 2 และ Table 1

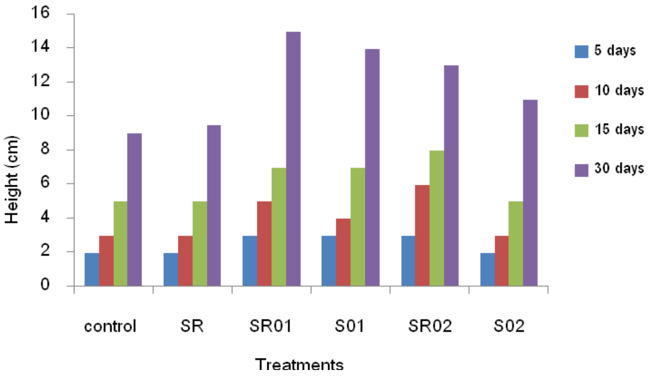


Figure 1 Stem height (cm) of 5, 10, 15 and 30 days old RD 47 rice of 6 treatments.

Figure 2 RD 47 rice from 6 treatments at 30 days

Table 1 Growth parameters in RD 47 rice as affected by *Burkhoderia sp. and Pantoea dispersa* in 30 days

Treatments	Plant height (cm)	Shoot height (cm)	Dry weight (g)
C (control)	9.02 ± 0.36^{f}	4.52 ± 0.41^{d}	0.296 ± 0.001^{d}
SR (soil + rich husk ash)	10.12 ± 0.25^{e}	7.80 ± 0.18^{c}	0.306 ± 0.007^{d}
SR01 (soil + rich husk ash + *Burkhoderia sp.*)	15.55 ± 1.28^{a}	10.77 ± 1.05^{a}	1.404 ± 0.009^{c}
SR02 (soil + rich husk ash + *Pantoea dispersa*)	13.17 ± 0.62^{c}	10.55 ± 0.42^{a}	0.576 ± 0.018^{a}
S01 (soil + *Burkhoderia sp.*)	14.42 ± 0.71^{b}	9.87 ± 0.41^{b}	0.874 ± 0.023^{b}
S02 (soil + *Pantoea dispersa*)	11.50 ± 0.35^{d}	9.22 ± 0.22^{b}	0.533 ± 0.017^{a}

*Means in the same column with the same letter(s) are not statistically different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test (DMRT).

เมื่อข้าวอายุครบ 30 วัน พบว่าทั้ง 6 ชุดการทดลองให้ผลด้านความสูง จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05$ โดยชุดดิน SR01 ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ยที่ 15.55 ± 1.28 cm ส่วนชุดการทดลอง SR01 และ SR02 มีความยาวรากสูงที่สุดใกล้เคียงกัน และ SR01ให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวสูงที่สุด จากผลการวัดการเจริญเติบโตของข้าวด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ จะเห็นว่าแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่แยกได้จากดินนาข้าวทั้งสองชนิดนั้นมีสามารถละลายฟอสเฟตที่มีอยู่ในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกลไกสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการละลายฟอสเฟตของจุลินทรีย์ คือการสร้างกรดอินทรีย์ (acidification) กระบวนการเกิดคีเลต (chelating agent) และ กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) (Dadarwal, 1997) แต่กลไกที่สำคัญคือการสร้างกรดอินทรีย์ (Vikram และคณะ, 2007) จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในงานวิจัยนี้พบว่าเชื้อที่มีการตรึงบนขี้เถ้าแกลบจะให้ผลการเจริญเติบโตของข้าวได้ดีกว่าเชื้อมีไม่มีวัสดุตรึง โดยเชื้อ *Burkhoderia sp.* มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดเมื่อมีการตรึงกับขี้เถ้าแกลบ สาเหตุมาจากองค์ประกอบหลักของขี้เถ้าแกลบคือซิลิกา (SiO_2) ซึ่งมีรูพรุนสูง และดูดความชื้นได้ดี (รัตนา และ จิระวัลย์, 2542) ทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถเกาะอยู่ในรูพรุนและเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้เนื้อดินมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อความยาวรากของข้าว จากผลการทดลองจะพบว่าข้าวที่ปลูกในดินที่มีเชื้อตรึงบนขี้เถ้าแกลบจะมีความยาวรากมากที่สุด และผลที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Estrada-de และคณะ (2013) ที่พบว่า *Burkholderia* มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุด (ประมาณ 200 มก.ฟอสเฟต/ล.) และ *B. vietnamiensis* strain (AR114) สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวเมื่อใส่เชื้อร่วมกับฟอสเฟต

สรุปผล

ในงานวิจัยสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตจากดินนาข้าวใน อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา และวิเคราะห์สปีชีส์ของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการละลายฟอสเฟตได้ 2 ชนิด คือ *Burkhoderia* sp. และ *Pantoea dispersa* เมื่อนำมาตรึงกับขี้เถ้าแกลบ และศึกษาผลของแบคทีเรียทั้งสองต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 47 โดยใช้ชุดดินปลูก 6 ตำรับการทดลอง ระยะเวลาในการปลูก 30 วัน พบว่าข้าวมีเจริญเติบโตทั้งในด้านความสูง จำนวนใบ ความยาวของราก และน้ำหนักแห้งของลำต้นในแต่ละตำรับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และข้าวที่ปลูกในดินที่มีการเติมเชื้อ *Burkhoderia* sp. และดินที่มีเชื้อตรึงบนขี้เถ้าแกลบมีการเจริญเติบโตมากที่สุดนอกจากนี้ยังพบอีกว่าเชื้อที่มีการตรึงบนขี้เถ้าแกลบจะให้ผลการเจริญเติบโของข้าวได้ดีกว่าเชื้อมีไม่มีวัสดุตรึง ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิตและเป็นการนำฟอสฟอรัสในดินมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

จิระวัลย์ เพ็ชญไพศิษฎ์ และ รัตนา จำเนียรกุล, 2540, ผลของขี้เถ้าแกลบ, ไคลน็อพติโลไลท์และฟอสฟอรัสต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน oxic paleustults (สืบค้น), http://dric.nrct.go.th/bookdetail.php?book_id=101803 [1/July/14]

นิจกาล การอำนวย, 2550, การศึกษาความหลากหลายและประสิทธิภาพของเชื้อ *Bacillus* sp. ในการละลายฟอสเฟต อนินทรีย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Dadarwal, K.R., 1997, Microorganisms for Sustainable Crop Production, Jodhpur, 293-308.

Estrada-de, L.S.P., Martı´nez-Aguilar, L., Vinuesa, P., Hirsch, A.M. and Caballero-Mellado, J., 2013, Phylogenetic Analysis of Burkholderia Species by Multilocus Sequence Analysis, Current Microbiology, 67: 51–60.

Mehrvarz, S., Chachi, M.R. and Alikhani, H.A., 2008, Effect of Phosphate Solubilizing Microorganisms and Phosphorous Chemical Fertilizer on Yield and Yield Components of Barely (*Hordeum vulgare* L.), Journal of Agricultural and Environmental, 3: 822-828.

Salehrastin, N., 1998, Biofertilizer and Their Roles in Sustainable Agriculture, Journal of Soil and Water, 3: 128-137.

Vikram, A., Krishnaraj, P.U., Hamzezarghani, H. and Jagadeesh, K.S., 2007, Growth Promotional Potential of *Pseudomonas fluorescens* FPD 10 and its Interaction with *Bradyrhizobium* sp., Research Journal of Microbiology, 2: 354-361.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 517-520 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 517-520 (2557)

ผลของอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดในระบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดู ภายใต้สภาพดินลูกรัง

Effect of Manure Rate and Planting Date on Growth and Yield of Corn in Relay Intercropping System under Lateritic Soil Condition

พรทิพย์ ศรีมงคล[1] และ ศิรินทิพย์ โคตรรักษา[1]

Srimongkol, P.[1] and Kodraksa, S.[1]

Abstract

Effect of manure rate and planting date on growth and yield of corn in corn-mungbean relay intercropping system under lateritic soil was studied. The experimental design was RCBD with 4 replication, 7 treatments comprised of 1) single or mono corn crop (control) 2) corn relay with mungbean at 40 day after planting (DAP) 3) corn relay with mungbean at 40 DAP + manure 1,000 Kg/rai 4) corn relay with mungbean at 40 DAP + manure 2,000 Kg/rai 5) corn relay with mungbean at 60 DAP 6) corn relay with mungbean at 60 DAP + manure 1,000 Kg/rai and 7) corn relay with mungbean at 60 DAP + manure 2,000 Kg/rai. The result showed that manure rate and planting date had no effect on corn yield. However, growth and yield of mungbean was significantly affected by manure rate and planting date. The corn relay with mungbean at 60 DAP with manure at the rate of 2,000 Kg/rai gave the highest mungbean yield (180 kg/rai) that was significantly different with corn relay with mungbean at 40 DAP. Moreover, corn relay with mungbean at 60 DAP was higher in mungbean growth than corn relay with mungbean at 40 DAP.

Keywords: corn, lateritic soil, manure, relay intercropping system

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดในระบบการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเขียวภายใต้สภาพดินลูกรัง วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 ซ้ำ 7 ตำรับทดลอง ได้แก่ 1) ปลูกข้าวโพดอย่างเดียว (ตำรับควบคุม) 2) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูกข้าวโพด 3) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูกข้าวโพด +ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังหลังปลูกข้าวโพด + ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกข้าวโพด 6) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกข้าวโพด + ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 7) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกข้าวโพด + ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองพบว่าอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพดซึ่งเป็นพืชหลักแต่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวซึ่งเป็นพืชที่ปลูกร่วม โดยการปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตถั่วเขียวสูงที่สุดคือ 180 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูก นอกจากนี้การปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกทำให้ถั่วเขียวมีการเจริญเติบโตสูงกว่าการปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูก

คำสำคัญ: ข้าวโพด ดินลูกรัง ปุ๋ยคอก ระบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดู

คำนำ

ดินลูกรัง (Lateritic soil) เป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช (Panichapong, 1982) การผลิตข้าวโพดบนพื้นที่ดินลูกรังให้ได้ผลผลิตสูงสุดต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมโดยเฉพาะการจัดการดิน เช่นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิด

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

ต่างๆ อาทิ ปุ๋ยคอกที่สามารถหาได้ตามท้องถิ่น นอกจากจะเพิ่มอินทรียวัตถุในดินแล้วยังมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชปลูกด้วย (Manna และคณะ, 2007) การพิจารณาอัตราปุ๋ยคอกที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้สองแง่คือ อัตราที่ให้ผลผลิตพืชสูงสุดและอัตราที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด กุสุมา (2551) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาจากรายได้สุทธิพบว่าการใส่ปุ๋ยมูลโคทำให้มีรายได้สุทธิสูงที่สุด พรทิพย์ (2552) ศึกษาการจัดระบบการปลูกข้าวโพดร่วมกับพืชตระกูลถั่วเพื่อทราบชนิดของพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมเมื่อนำมาปลูกเป็นพืชร่วมกับข้าวโพดภายใต้สภาพดินลูกรัง พบว่าการปลูกข้าวโพดเหลื่อมฤดูด้วยถั่วเขียวเมื่อข้าวโพดมีอายุ 45 วันมีรายได้รวมและประสิทธิภาพการใช้ที่ดินสูงที่สุดแต่การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดและถั่วเขียวในระบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดูต่ำกว่าข้าวโพดและถั่วเขียวที่ปลูกเดี่ยวๆ เนื่องจากเกิดการแข่งขันระหว่างพืชที่ปลูกร่วมกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกถั่วเขียวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดซึ่งเป็นพืชหลักและถั่วเขียวซึ่งเป็นพืชร่วม

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาในสภาพแปลงทดลองภายใต้ชุดดินโพนพิสัย ณ ฟาร์มวิจัยด้านพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 7 ตำรับทดลอง ได้แก่ ปลูกข้าวโพดอย่างเดียว (T1) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูก (T2) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูกร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (T3) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูกร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ (T4) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูก (T5) ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (T6) และปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ (T7) ปลูกข้าวโพดโดยใช้ระยะปลูก 25x75 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นตามตำรับทดลองร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกถั่วเขียวแทรกระหว่างแถวข้าวโพดตามตำรับทดลองที่ระยะ 40 และ 60 วันหลังปลูกข้าวโพด ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วันหลังปลูก บันทึกน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินข้าวโพดที่ระยะ 15 30 45 และ 60 วันหลังปลูก บันทึกน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินถั่วเขียวที่ระยะ 20 30 และ 50 วันหลังปลูก ที่ระยะเก็บเกี่ยวบันทึกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด

อัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกถั่วเขียวเหลื่อมฤดูกับข้าวโพดมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินข้าวโพดที่ระยะ 30 45 และ 60 วันหลังปลูก (Table 1) โดยตำรับทดลองที่มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุดคือการปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T7) คือ 172.09 380.72 และ 1,188.40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยคอกที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลองโดยมีผลผลิตฝักสดอยู่ระหว่าง 3,310-3,822 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับ สุดสงวน (2547) รายงานว่าการจัดระยะปลูกข้าวโพดแซมถั่วลิสงไม่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดซึ่งเป็นพืชหลัก

การเจริญเติบ ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตถั่วเขียว

น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของถั่วเขียวได้รับอิทธิพลจากอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกที่ระยะ 20 และ 50 วันหลังปลูก (Table 2) ที่ระยะ 20 วันหลังปลูกถั่วเขียวพบว่าตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพดที่ 40 วันหลังปลูกร่วมกับใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพดที่ 60 วันหลังปลูกทั้งตำรับที่ใส่ปุ๋ยคอกและไม่ใส่ปุ๋ยคอก (T5-T7) แต่ที่ระยะ 50 วันหลังปลูกพบว่าตำรับทดลองที่มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุดคือตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพดที่ 60 วันหลังปลูกร่วมกับใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) คือ 489.53 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ

ตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพดที่ 40 วันหลังปลูกทั้งตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอกและไม่ใส่ปุ๋ยคอก (T2-T4) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตถั่วเขียวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T7) ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 180.00 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่ปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 40 วันหลังปลูกร่วมกับใส่ปุ๋ยคอก (Table 3)

สรุปผล

การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกไม่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดที่เป็นพืชหลัก แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกร่วม โดยการปลูกถั่วเขียวเหลื่อมกับข้าวโพด 60 วันหลังปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตถั่วเขียวสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

กุสุมา คำนาทิพย์, 2551, ผลของชนิดปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวในชุดดินโพนพิสัย, ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, 42 หน้า

พรทิพย์ ศรีมงคล, 2552, การจัดระบบการปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียวภายใต้สภาพอาศัยน้ำฝน, รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2552, คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, 49 หน้า

สุดสงวน เทียมไธสงค์, 2547, อิทธิพลของระยะปลูกข้าวโพดและจำนวนต้นต่อหลุมถั่วลิสงที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั้งสองในระบบการปลูกพืชแซมที่ปลูกหลังข้าวภายใต้สภาพน้ำใต้ดินตื้น, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.

Manna, M.C., Swarup, A., Wanjari, R.H., Mishra, B. and Shahi, D.K., 2007, Long-term Fertilization, Manure and Liming Effects on Soil Organic Matter and Crop Yields, Soil and Tillage Research, 94: 397–409.

Panichapong, S., 1982, Problem Soil of Thailand: Their Characteristic, Distribution and Utilization, Ph.D. Thesis, The University of Tokyo, Tokyo.

Table 1 Effect of manure rate and planting date on aboveground dry weight of corn at 15 30 45 and 60 DAP

Treatments	Aboveground dry weight (kg/rai) [1/]			
	15 DAP	30 DAP	45 DAP	60 DAP
Single corn	76.66	113.58^{ab}	244.13^{b}	951.0^{ab}
Corn+mungbean (40 DAP)	86.84	126.49^{ab}	255.46^{b}	602.9^{b}
Corn+mungbean (40 DAP)+ FYM 1 t/rai	66.58	114.02^{ab}	258.48^{b}	973.0^{ab}
Corn+mungbean (40 DAP)+ FYM 2 t/rai	85.51	133.40^{ab}	318.30^{ab}	991.1^{ab}
Corn+mungbean (60 DAP)	84.67	105.79^{b}	290.96^{ab}	860.6^{ab}
Corn+mungbean (60 DAP)+ FYM 1 t/rai	74.84	120.56^{ab}	344.90^{ab}	1238.6^{a}
Corn+mungbean (60 DAP)+ FYM 2 t/rai	76.77	172.09^{a}	380.72^{a}	1188.4^{a}
F- test	Ns	*	*	*
C.V. (%)	16.96	29.28	22.89	32.07

[1/] Values with different letter in the same column were significantly different ($p<0.05$)

Ns not significantly

Table 2 Effect of manure rate and planting date on aboveground dry weight of mungbean at 20 30 and 50 DAP

Treatments [1/]	Aboveground dry weight (kg/rai)		
	20 DAP	30 DAP	50 DAP
Corn+mungbean (40 DAP)	59.90[ab]	54.33	312.45[bc]
Corn+mungbean (40 DAP)+ FYM 1 t/rai	69.82[a]	46.81	209.63[c]
Corn+mungbean (40 DAP)+ FYM 2 t/rai	61.15[ab]	53.82	220.51[c]
Corn+mungbean (60 DAP)	56.64[b]	43.16	410.20[ab]
Corn+mungbean (60 DAP)+ FYM 1 t/rai	54.23[b]	50.08	489.53[a]
Corn+mungbean (60 DAP)+ FYM 2 t/rai	54.65[b]	45.28	387.20[ab]
F- test	*	Ns	*
C.V. (%)	11.51	39.96	32.11

Table 3 Effect of manure rate and planting date on yield and yield components of mungbean

Treatments [1/]	pod no./plant	Grain no./pod	100 grain weight(g)	Grain yield (kg/rai)
Corn+mungbean (40 DAP)	17.80	10.87	7.06[a]	139.08[ab]
Corn+mungbean (40 DAP)+ FYM 1 t/rai	16.95	11.32	7.12[a]	128.45[b]
Corn+mungbean (40 DAP)+ FYM 2 t/rai	18.40	11.70	7.27[a]	129.01[b]
Corn+mungbean (60 DAP)	12.95	11.10	5.43[b]	174.09[ab]
Corn+mungbean (60 DAP)+ FYM 1 t/rai	16.60	11.02	5.62[b]	178.09[a]
Corn+mungbean (60 DAP)+ FYM 2 t/rai	16.00	11.17	5.41[b]	180.00[a]
F- test	Ns	Ns	*	*
C.V. (%)	24.08	7.42	5.38	14.64

ผลของซากพืชต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนและการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว

Effect of Plant Residues on N Mineralization and N Uptake of Rice under Rainfed Condition

พรทิพย์ ศรีมงคล[1] วิมลนันทน์ กันเกตุ[1] และ ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช[1]

Srimongkol, P.[1], Kanket, W.[1] and Sitthaphanit, S.[1]

Abstract

Effect of plant residues on N mineralization and N uptake of farmer rice field under rainfed condition was studied. The experimental design was RCBD with 4 replications, 3 treatments comprised of 1) conventional tillage without residues (control) 2) tillage with mungbean:rice straw at ratio 1:0.5 and 3) tillage with mungbean:rice straw at ratio 1:1. The result showed that plant residue incorporation increased soil inorganic nitrogen. The inorganic nitrogen accumulated throughout rice growing season was the highest with mungbean and rice straw incorporation at the ratio 1:1 (97.74 mg/kg). Consideration N mineralization, ammonium-N (NH_4^+-N) was the highest at 2 weeks after incorporation excepted mungbean and rice straw incorporation at the ratio 1:0.5 and decreased until rice harvesting. In contrast, nitrate-N (NO_3^--N) was lowest at transplanting date and increased until the highest at 60 days after transplanting (DAT). Moreover, plant residues incorporation before rice transplanting trends to improved rice nitrogen uptake.

Keywords: rice, ammonium-N, nitrate-N, nitrogen uptake

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของซากพืชต่อการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนและการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวในสภาพแปลงนาเกษตรกรอาศัยน้ำฝน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลองประกอบด้วย 1) ไถพรวนตามวิธีเกษตรกร ไม่ใส่ซากพืช (ตำรับควบคุม) 2) ไถกลบถั่วเขียวและฟางข้าวอัตราส่วน 1:0.5 และ 3) ไถกลบถั่วเขียวและฟางข้าวอัตราส่วน 1:1 ผลการทดลองพบว่าการไถกลบซากพืชทำให้ดินมีปริมาณอนินทรีย ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นโดยตำรับการทดลองที่ไถกลบถั่วเขียวกับฟางข้าวอัตราส่วน 1:1 มีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมตลอดฤดูปลูกข้าวสูงที่สุด (97.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เมื่อพิจารณารูปของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินพบว่าปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงสุดที่ระยะ 2 สัปดาห์หลังไถกลบซากพืชยกเว้นตำรับการทดลองที่ไถกลบถั่วเขียวและฟางข้าวอัตราส่วน 1:0.5 และมีปริมาณลดลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าว ส่วนปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินต่ำสุดที่ระยะปักดำข้าวหลังจากนั้นก็เพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ระยะ 60 วันหลังปักดำ นอกจากนั้นยังพบว่าการไถกลบซากพืชมีแนวโน้มทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ข้าว แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรตไนโตรเจน การดูดใช้ไนโตรเจน

คำนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) เป็นพืชวงศ์ถั่วที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ใช้น้ำน้อยกว่าพืชไร่หลายชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบการปลูกพืชได้โดยเฉพาะการปลูกร่วมกับข้าวโดยปลูกถั่วเขียวเป็นพืชหลังฤดูการทำนาที่ดินยังคงมีความชื้นหลงเหลืออยู่ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงไถกลบเป็นพืชปุ๋ยสดทั้งในนาหยอดแห้งและนาดำ Suriyakup และคณะ (2007a, 2007b) รายงานว่าถั่วเขียวที่ปลูกก่อนข้าวในนาดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ให้มวลชีวภาพ 450-667 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นปริมาณไนโตรเจน 8.48-8.66 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่และยังให้ผลผลิตเมล็ด 197-313 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวได้พร้อมกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวด้วย เนื่องจากถั่วเขียวมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนแคบ การไถกลบถั่วเขียวก่อนปักดำข้าวอาจเกิดกระบวนการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารไม่ตรงกับช่วงที่ข้าวต้องการ การจัดการซากพืชให้ปลดปล่อยธาตุอาหารในช่วงที่เหมาะสมโดยการผสมซากพืชที่มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนกว้างกว่าพบว่ามีการหมุนเวียนของ

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

ธาตุอาหารในระบบและสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ (Kaewpradit และคณะ, 2009) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของซากพืชที่มีต่อการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนและการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาในสภาพแปลงนาเกษตรกรอาศัยน้ำฝน วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วย 1) ไถพรวนตามวิธีเกษตรกร ไม่ใส่ซากพืช (ไถดะ ไถแปร และคราดทำเทือก) 2) ไถกลบถั่วเขียวและฟางข้าว อัตราส่วน 1:0.5 (500:250 กิโลกรัมต่อไร่) และ 3) ไถกลบถั่วเขียวและฟางข้าวอัตราส่วน 1:1 (500:500 กิโลกรัมต่อไร่) เตรียมดินก่อนการทดลองโดยการไถดะทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ แล้วไถแปรและพรวนดิน วัดแปลงทดลองขนาด 4x5 เมตร จำนวน 12 แปลงย่อย

การปลูกพืช: เตรียมดินก่อนปลูกถั่วเขียวโดยใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 72 ยกเว้นตำรับควบคุม ใช้ระยะปลูก 50×20 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม (จำนวนประชากร 32,000 ต้น/ไร่) ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะ 14 วันหลังงอก หลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเขียวจึงจัดการซากถั่วเขียวและฟางข้าวตามตำรับการทดลอง สุ่มตัวอย่างซากถั่วเขียวและฟางข้าวเพื่อไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารก่อนไถกลบ หลังไถกลบซากถั่วเขียวและฟางข้าวตามตำรับการทดลอง 1 เดือน จึงคราดทำเทือกและปักดำข้าวพันธุ์ กข 6 ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อกอ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะเวลา 7 วันหลังปักดำ และใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะข้าวตั้งท้อง การดูแลรักษาและกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล: *ข้อมูลดิน*: สุ่มเก็บดินที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอนินทรีย ไนโตรเจนโดยสกัดดินด้วย 2N KCL แล้ววิเคราะห์ปริมาณโดยการทำให้เกิดสีและวัดด้วยเครื่อง flow injection techniques (Burkard SFR-2 auto analyzer) *ข้อมูลข้าว*: สุ่มตัดต้นข้าวนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและบดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนโดยวิธี micro kjeldahl method วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณสมบัติดิน ระดับน้ำเหนือดินและใต้ผิวดินระหว่างการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่ทดลองพบว่าเป็นดินร่วนปนทราย มี pH 4.40 ซึ่งอยู่ในช่วงกรดรุนแรงมาก ค่าการนำไฟฟ้า 1.90 เดซิซีเมนต่อเมตร จัดเป็นดินที่ไม่เค็ม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณอินทรียวัตถุ 1.53 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด 0.07 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แปลงนาที่ทดลองมีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่มมีระดับน้ำเหนือดินค่อนข้างสูงและเกิดสภาพน้ำขังนาเร็วตั้งแต่ช่วงที่ไถกลบซากพืชจนถึงสัปดาห์ที่ 17 หลังปักดำ ระดับน้ำเหนือดินตลอดฤดูปลูกข้าวอยู่ระหว่าง 3-31 เซนติเมตร หลังเดือนตุลาคมปริมาณน้ำฝนลดลงจึงทำให้ไม่มีน้ำขังเหนือผิวดินจนถึงระยะเก็บเกี่ยวข้าว (Figure 1)

การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน

จากการวิเคราะห์ซากถั่วเขียวและฟางข้าวก่อนไถกลบ พบว่า ถั่วเขียวมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 28:1 มีปริมาณไนโตรเจน 1.42 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟางข้าวมี C/N ratio 91:1 และมีปริมาณไนโตรเจน 0.42 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไป C/N ratio ของซากพืชที่ต่ำกว่า 25 จะเหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการ N mineralization แต่ถ้ามากกว่า 30 มักจะเกิดกระบวนการ N immobilization (Trinsoutrot และคณะ, 2000; Kumar และ Goh, 2003) ซึ่งจะทำให้พืชขาดธาตุไนโตรเจนชั่วคราวได้ นอกจากนี้ชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของซากพืชก็มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารด้วย (Mungai และ Motavalli, 2006) ที่ระยะไถกลบซากพืชพบว่าปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงระยะปักดำข้าวหลังจากนั้นก็ลดลงจนถึงระยะ 90 วันหลังปักดำ (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจากข้าวดูดใช้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ระยะ 30 วันหลังปักดำจนถึงระยะเก็บเกี่ยวข้าว (Figure 3) เมื่อพิจารณารูปของอนินทรียไนโตรเจนในดิน พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดที่ระยะ 2 สัปดาห์หลังไถกลบซากพืชยกเว้นตำรับการทดลองที่ไถกลบถั่วเขียวกับฟางข้าวอัตราส่วน 1:0.5 ที่มีปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดที่ระยะปักดำข้าว (23.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับควบคุมหลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียมก็ลดลง ปริมาณไนเตรตสูงสุดที่ระยะ 60 วันหลังปักดำและมีปริมาณลดลงที่ระยะ 90 วันหลังปักดำแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง

การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว

ผลของการไถกลบซากพืชต่อการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ระยะ 30 60 และ 90 วันหลังปักดำ และระยะเก็บเกี่ยว แสดงดัง Figure 3 พบว่า การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าการไถกลบซากพืชทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังปักดำเพิ่มขึ้นสูงกว่าตำรับควบคุม ที่ระยะ 90 วันหลังปักดำพบว่าการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวในตำรับควบคุมสูงกว่าการไถกลบซากพืชแต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง สอดคล้องกับปริมาณอนินทรียไนโตรเจนในดินที่ระยะ 90 วันหลังปักดำซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง (Figure 2) และที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวพบว่าการไถกลบถั่วเขียวกับฟางข้างอัตราส่วน 1:1 มีการดูดใช้ไนโตรเจนสูงที่สุด (13.20 กิโลกรัมต่อไร่) และสะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดมากกว่าฟางข้าว (Figure 3) เนื่องจากการแบ่งสันปันส่วนสารอาหารจากลำต้นและใบไปยังส่วนให้ผลผลิต (Lin และคณะ, 2006)

สรุปผล

การไถกลบถั่วเขียวกับฟางข้าวอัตราส่วน 1:1 ทำให้ดินมีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนและไนเตรตไนโตรเจนสะสมตลอดฤดูปลูกข้าวสูงที่สุดและมีแนวโน้มทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 547 หน้า.

Kaewpradit, W., Toomsan, B., Cadisch, G., Vityakon, P., Limpinuntana, V., Saenjan, P., Jogloy, S. and Patanothai, A., 2009, Mixing Groundnut Residues and Rice Straw to Improve Rice Yield and N Use Efficiency, Field Crops Research, 110(2): 130–138.

Kumar, K. and Goh, K.M., 2003, Nitrogen Release from Crop Residues and Organic Amendments as Affected by Biochemical Composition, Communication in Soil Science and Plant Analysis, 34: 2441-2460.

Lin, X., Zhou, W., Zhu, D., Chen, H. and Zhang, Y., 2006, Nitrogen Accumulation, Remobilization and Partitioning in Rice (*Oryza sativa* L.) under an Improved Irrigation Practice, Field Crops Research, 96: 448–454.

Mungai, N.W. and Motavalli, P.P., 2006, Litter Quality Effects on Soil Carbon and Nitrogen Dynamics in Temperate Alley Cropping Systems, Applied Soil Ecology, 31: 32-42.

Suriyakup, P., Polthanee, A., Pannangpetch, K., Katawatin, R. and Claude Mouret, J., 2007a, Mungbean (*Vigna radiata* L.) Residues and N Rates Affected Growth and Yield of Direct-seeded Rice (*Oryza sativa* L.) in Rainfed Riceland, Asian Journal of Plant Science, 6(8): 1158-1165.

Suriyakup, P., Polthanee, A., Pannangpetch, K., Katawatin, R., Mouret, J.C. and Clermont-Duphin, C., 2007b, Introducing Mungbean as Preceding Crop to Enhance Nitrogen Uptake and Yield of Rainfed Rice in the North-east of Thailand, Australian Journal of Agricultural Research, 58(11): 1059-1067.

Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Linères, M., Chèneby, D. and Nicolardot, B., 2000, Biochemical Quality of Crop Residues and Carbon and Nitrogen Mineralization Kinetics under Non Limiting Nitrogen Conditions, Soil Science Society and America Journal, 64(3): 918-926.

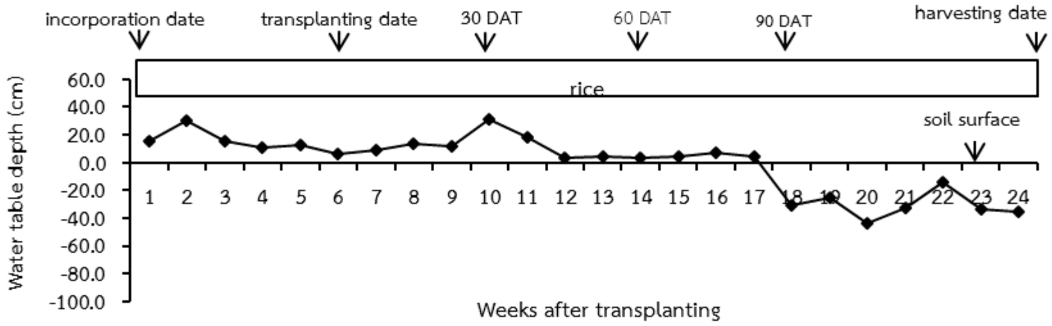
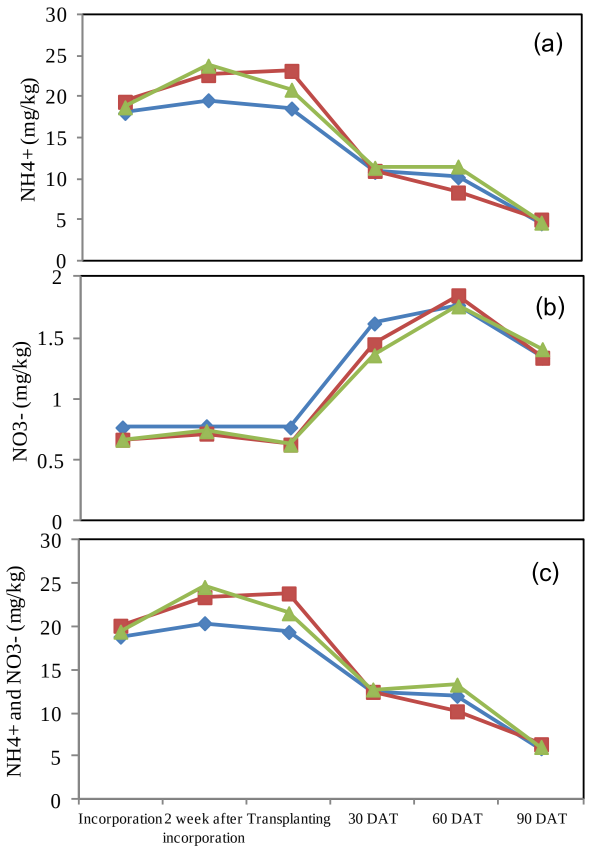


Figure 1 Water table levels below and above soil surface during the growing season



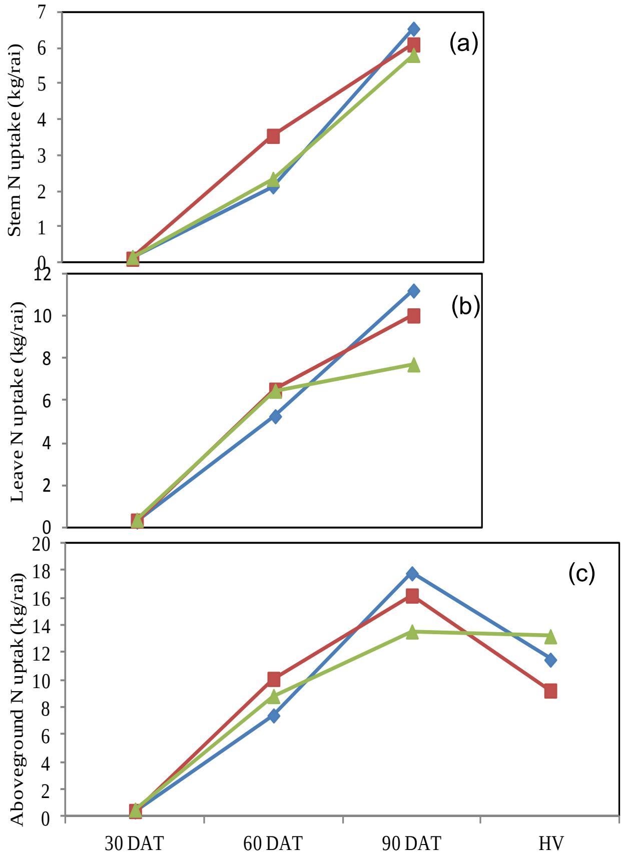


Figure 2 Effect of plant residues on (a) NH_4^+-N (b) NO_3^--N and (c) NH_4^+-N and NO_3^--N

Conventional tillage mungbean:rice straw (1:0.5)
mungbean:rice straw (1:1)

Figure 3 Effect of plant residues on (a) stem N uptake (b) leave N uptake and (c) aboveground N uptake

Conventional tillage mungbean:rice straw (1:0.5)
mungbean:rice straw (1:1)

คุณสมบัติทางกลกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนนหรือเพคตินชนิดละลายเร็ว

Mechanical and Physical Properties of Fast Dissolving Film from Starch-Carrageenan or Pectin

วรายุทธ จันทร์ปลอด[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Chanpord, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

This study was to investigate the mechanical and physical properties of fast dissolving film from 5% w/w of rice starch and cassava starch incorporated with 3% w/w of carrageenan or pectin. The films were prepared different volume ratio (80:20, 60:40, 50:50, 40:60 and 20:80), and then dried at 50^{O}C for 12 h. The mechanical and physical properties; tensile strength, elongation, thickness, solubility and water vapor transmission rate of film were evaluated. The results showed that tensile strength of rice starch and cassava starch incorporated with carrageenan and pectin was increased. The tensile strength of cassava starch incorporated with pectin in volume ratio of 20:80 was the highest at 39.35 Mpa. The solubility and water vapor transmission rate of film was decreased at high volume ratio of pectin. Moreover, elongation cassava starch incorporated with carrageenan and pectin was decreased

Keywords: fast dissolving film, cassava starch, carrageenan, pectin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติทางกล-กายภาพของแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วจากแป้งมันสำปะหลัง (ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก) ผสมกับคาร์ราจีแนน หรือเพคติน (ความเข้มข้นชนิดละร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก) แปรสัดส่วนร้อยละ 80:20, 60:40, 50:50, 40:60 และ 20:80 โดยปริมาตร พบว่าคาร์ราจีแนนทำให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงขึ้น ในขณะที่การละลายและการซึมผ่านไอน้ำลดลงเมื่ออัตราส่วนของคาร์ราจีแนนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้คาร์ราจีแนนมีผลทำให้การยืดตัว และความหนาของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังลดลง โดยฟิล์มแป้งผสมคาร์ราจีแนนในอัตราส่วน 80:20 มีค่าการละลายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 63.24 แต่มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดและการซึมผ่านไอน้ำมากที่สุดเท่ากับ 9.13 Mpa และ 11.19 g/cm^3/day ตามลำดับ สำหรับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินมีคุณสมบัติทางกล-กายภาพเช่นเดียวกับฟิล์มแป้งมันผสมคาร์ราจีแนน โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินในอัตราส่วน 80:20 มีค่าการละลายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 66.64 แต่มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดและการซึมผ่านไอน้ำมากที่สุดเท่ากับ 17.70 Mpa และ 6.33 g/cm^{3}day ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็ว แป้งมันสำปะหลัง คาร์ราจีแนน เพคติน

คำนำ

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีการวิจัยที่มุ่งเน้นด้านเทคโนโลยีแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็ว (fast dissolving film) ซึ่งเป็นฟิล์มบริโภคได้ (edible film) แรกเริ่มมีวัตถุประสงค์นำมาใช้เป็นตัวนำส่งยา (drug delivery) ให้กับผู้ป่วยเด็กและคนสูงอายุที่มีปัญหาในการกลืนยาเม็ด โดยอาศัยหลักการละลายของแผ่นฟิล์มทันทีเมื่ออยู่ในปากโดยไม่ต้องเคี้ยวหรือดื่มน้ำตาม (Patel, 2012) ซึ่งสารที่นิยมใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มคือพอลิเมอร์จากธรรมชาติ ได้แก่ pullulan (Samta และคณะ, 2012; Mishra และคณะ, 2010; Kulkarani และคณะ, 2010) มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) (Kunte และคณะ, 2010; Patel และคณะ, 2009; Cilurzo และคณะ, 2008) และเพคติน (pectin) (Dixit และ Puthli, 2009) และพอลิเมอร์สังเคราะห์ ได้แก่ hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) (Raju และคณะ, 2011; Kiran และคณะ, 2011) และ polyvinylpyrrolidone (Koland และคณะ, 2010) เป็นต้น ต่อมาได้มีการนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ดูแลรักษาช่องปากในรูปแบบของแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปาก (breath strips) ที่มีส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย (essential oil) มีรายงานการใช้แป้งท้าวยายม่อม (tacca starch) ผสมคาร์ราจีแนน (carrageenan) เป็นสารขึ้นรูปฟิล์มเพื่อพัฒนาเป็นแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปาก

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

(Srisukh และคณะ, 2006) อย่างไรก็ตามฟิล์มดังกล่าวยังมีข้อด้อยบางประการ เช่น มีความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำต่ำ เปราะแตกหักง่าย ขาดความคงทนในการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามมีสารไบโอพอลิเมอร์ (biopolymer) ที่สารมารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพดี เช่น เพคติน คาร์ราจีแนน และแป้งมันสำปะหลัง โดยแป้งมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของอะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพกติน (amylopectin) ที่สามารถเกิดรีโทรกราเดชัน (retrogradation) ได้ดี ซึ่งเป็นสมบัติที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มที่แข็งแรง ผสมกับสารไบโอพอลิเมอร์ เพื่อทำให้แผ่นฟิล์มมีความเป็น hydrophilic รวมทั้งดูดความชื้นหรือแลกเปลี่ยนความชื้นจากอากาศลดลง

อุปกรณ์และวิธีการ

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วจากแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนน และแป้งมันสำปะหลังผสมเพคติน โดยเตรียมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ละลายในน้ำและให้ความร้อน นำสารละลายแป้งมันสำปะหลังผสมกับสารละลาย biopolymer (คาร์ราจีแนนและเพคติน) ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ในสัดส่วน 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 (โดยปริมาตร) เติมซอร์บิทอล (sorbitol) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังและ biopolymer เทลงบนแผ่นอะคริลิก (acrylic plate) ขนาด 18 x 22 cm^2 จำนวน 47 กรัม ทำให้แห้งบน water bath และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกล-กายภาพดังนี้ 1) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength: TS) และการยืดตัว (elongation: E) โดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 1000 (ASTM standard D-882, 1964) 2) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate : WVTR) ตามวิธี ASTM E96-80 (1990) และ 3) การละลายน้ำได้ของฟิล์ม (solubility) ตามวิธี Laohakunjit และ Noomhorm (2004)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาสมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 (control) พบว่าฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดต่ำ แต่มีค่าการยืดตัวสูง เท่ากับ 4.08 Mpa (Figure 1) และร้อยละ 12.21ตามลำดับ (Figure 2) สำหรับค่าการละลายของฟิล์มพบว่ามีค่าร้อยละการละลายเท่ากับ 85.36 และมีค่าการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 14.3 x 10^{-4}g/cm^3/day ในขณะที่ฟิล์มเพคตินและฟิล์มคาร์ราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 3 มีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 55.0 และ 42.0 Mpa ตามลำดับ และมีค่าการยืดตัวเท่ากับร้อยละ 1.37 และ 2.24 ตามลำดับ เนื่องจากขณะฟิล์มเพคตินเย็นตัวลงมีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของเพคตินสามารถสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ของเพคตินโมเลกุลอื่นเกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) (Almasi และคณะ, 2010) นอกจากนี้สามารถเกิดพันธะเอสเทอร์ (ester bond) ที่ตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิลกับหมู่คาร์บอกซิลได้ (Ma และคณะ, 2008) ในขณะที่แผ่นฟิล์มคาร์ราจีแนนเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่ซัลเฟต (sulphate group) ซึ่งเป็นแรงที่อ่อนกว่าพันธะเอสเทอร์ของเพคติน แต่แข็งแรงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของหมู่ไฮดรอกซิลของแป้ง ดังนั้นฟิล์มเพคตินจึงมีค่าการต้านแรงดึงขาดสูง และมีค่าการยืดตัวต่ำที่สุด สำหรับการละลายของแผ่นฟิล์มเพคตินมีค่าการละลายสูงกว่าฟิล์มคาร์ราจีแนน เท่ากับร้อยละ 72.72 และ 69.99 ตามลำดับ (Figure 3) ถึงแม้ว่าฟิล์มเพคตินมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าฟิล์มคาร์ราจีแนน แต่เนื่องจากโครงสร้างของคาร์ราจีแนนเป็นโมเลกุลเชิงเส้น (linear chain) ทำให้ฟิล์มคาร์ราจีแนนเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ง่ายกว่าฟิล์มเพคตินที่เป็นโมเลกุลที่มีกิ่งก้าน (branch chain) (Park, 1996 และ Muhiddinov และคณะ, 2004) ส่งผลให้สภาพความมีขั้วของฟิล์มคาร์ราจีแนนลดลง จึงละลายน้ำได้ยากกว่า นอกจากนี้พบว่าฟิล์มเพคตินมีค่าการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มคาร์ราจีแนน เท่ากับ 5.17 และ 5.97 g/cm^3/day ตามลำดับ (Figure 4)

เมื่อผสมฟิล์มแป้งมันสำปะหลังกับเพคตินและคาร์ราจีแนน ในสัดส่วน, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60 และ 20:80 (โดยปริมาตร) พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคติน มีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของเพคตินเพิ่มขึ้น มีค่าระหว่าง 17.7 – 39.35 Mpa ในขณะที่มีค่าการยืดตัวลดลง มีค่าระหว่างร้อยละ 7.09 - 1.79 เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งกับหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอกซิลของเพคติน (Almasi และคณะ, 2010) อีกทั้งเกิดพันธะเอสเทอร์ระหว่างโมเลกุลของแป้งมันสำปะหลังกับเพคติน ทำให้ฟิล์มต้านแรงดึงขาดได้มากขึ้นและยืดตัวได้ลดลงเมื่อสัดส่วนของเพคตินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินสัดส่วน 80:20 โดยปริมาตร มีค่าการละลายสูงสุดเท่ากับร้อยละ 66.64 แต่น้อยกว่า control เนื่องจากพันธะเอสเทอร์ระหว่างโมเลกุลแป้งมันสำปะหลังและเพคตินมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าพันธะไฮโดรเจนของ control จึงละลายน้ำได้ยาก (Ghanbarzadeh และคณะ, 2010) การ

ซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินมีค่าลดลงเมื่อสัดส่วนของเพคตินเพิ่มขึ้น เท่ากับ 14.3 - 5.17 g/cm^3/day สำหรับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนนมีคุณสมบัติทางกล-กายภาพให้ผลเช่นเดียวกับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคติน โดยมีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของคาร์ราจีแนนเพิ่มขึ้น เท่ากับ 9.13– 27.53 Mpa มีค่าการยืดตัวลดลงเท่ากับร้อยละ 5.75 – 3.17 นอกจากนี้พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนนสัดส่วน 80: 20 โดยปริมาตร มีค่าการละลายสูงสุด เท่ากับร้อยละ 63.24 แต่น้อยกว่า control เนื่องจากหมู่ซัลเฟตของคาร์ราจีแนนเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งแบบ ion-dipole interaction ซึ่งแข็งแรงกว่าพันธะไฮโดรเจน (Gail, 2009) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง จึงละลายน้ำได้ยาก สำหรับการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนนมีค่าลดลงเมื่อสัดส่วนของเพคตินเพิ่มขึ้น เท่ากับ 11.19 - 6.43 g/cm^3/day

สรุปผล

จากการศึกษาสมบัติทางกล-กายภาพของแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วจากแป้งมันสำปะหลังผสมเพคติน และแป้งมันสำปะหลังผสมคาร์ราจีแนน พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินสัดส่วน 80:20 มีค่าการละลายสูงที่สุด แต่มีค่าการต้านแรงดึงขาดต่ำที่สุด ในขณะที่มีค่าการยืดตัวและค่าการซึมผ่านไอน้ำสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

Almasi, H., Ghanbarzadeh, B. and Entezami, A.A., 2010, Physicochemical Properties of Starch-CMC-Nanoclay Biodegradable Films, International Journal of Biological Macromolecules, 46: 1-5.

American Standard for Testing and Materials, 1964, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D 1434-82, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

American Standard for Testing and Materials, 1990, Standard Test Method for Water Vapor Transmission, ASTM E 96-80, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

Cilurzo, F., Cupone, I.E., Minghetti, P., Selmin, F. and Montanari, L., 2008, Fast Dissolving Films Made of Maltodextrins, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 70: 895-900.

Dixit, R.P. and Puthli, S.P., 2009, Oral Strip Technology: Overview and Future Potential, Journal of Controlled Release, 139: 94-107.

Gail, L.F., 2009, Carrageenan Effect on the Water Retention and Texture in Processes Turkey Breast, A Thesis Submitted to the Graduate School-New Brunswick, The State University of New Jersey.

Ghanbarzadeh, B., Almasi, H. and Entezami, A.A., 2010, Physical Properties of Edible Modified Starch/Carboxymethyl Cellulose Films", Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 697-702.

Kiran, K,S., Senthil K,S., Sundaramoorthy, K., Shanmugam, S. and Vetrichelvan, T., 2011, Formulation and in-vitro Evaluation of Rizatriptan Benzoate Rapimelt Tablets and Oral Thin Films – a novel approach, Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences, 2: 102-106.

Koland, M., Sandeep, V. and Charyulu, N., 2010, Fast Dissolving Sublingual Films of Ondansetron Hydrochloride: Effect of Additives on in-vitro Drug Release and Mucosal Permeation, Journal of Young Pharmacist, 2: 216-222.

Kulkarni, A.S. and Deokule, H., 2010, A Exploration of Different Polymers for Use in the Formulation of Oral Fast Dissolving Strips, Journal of Current Pharmaceutical Research, 2: 33-35.

Kunte, S. and Tandale, P., 2010, Fast Dissolving Strips: a Novel Approach for the Delivery of Verapamil, International Journal of Pharma and Bio Sciences, 2: 325-328.

Ma, X., Chang, P.R. and Yu, J., 2008, Properties of Biodegradable Thermoplastic Pea Starch/Carboxymethyl Cellulose and Pea Starch/Microcrystalline Cellulose Composites, Carbohydrate Polymers, 72: 369-375.

Mishra, R. and Amin, A., 2011, Formulation Development of Taste-Masked Rapidly Dissolving Films of Cetirizine Hydrochloride, Pharmaceutical Technology, 33: 48-56.

Muhiddinov, Z., Khalikov, D., Speaker, T. and Fassihi, R., 2004, Development and Characterization of Different Low Methoxy Pectin Microcapsules by an Emulsion-Interface Reaction Technique, Journal of Microencapsulation, 21: 729-741.

Park, H., 1996, Gas and Mechanical Barrier Properties of Carrageenan-Based Biopolymer films, Food Science and Industry, 29: 47–53.

Patel, R., Shardul, N., Patel, J. and Baria, A., 2009, Formulation Development and Evaluation of Mouth Melting Film of Ondansetron, Archives of Pharmacal Research, 1: 213-217.

Raju, S., Reddy, P.S., Kumar, V.A., Deepthi, A., Reddy, K.S. and Reddy, P.V.M., 2011, Flash Release Oral Films of Metoclopramide Hydrochloride for Pediatric Use: Formulation and in-vitro Evaluation, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 3: 636-646.

Samta, S.S., Rana, A.C. and Gupt, S., 2011, Optimization of Formulation of Fast Dissolving Films Made of Pullulan Polymer, International journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 9: 1-24.

Srisukh, V., Tungrugsasut, W., Anantapong, M., Chutipaijit, U., Bunyapraphatsara, N. and Pongpan, A., 2006, Readily-Dissolved Edible Herbal Film for Supression of Bad Breath, Thai journal of Phytopharmacy, 13: 1-15.

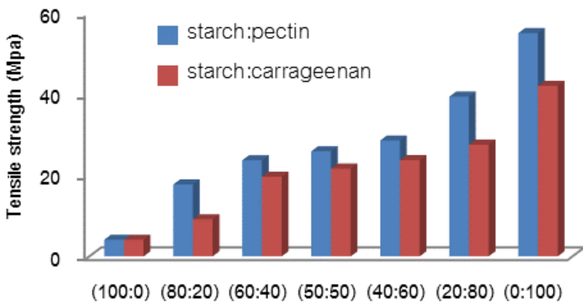


Figure 1 Tensile strength of cassava starch mixed with carrageenan or pectin

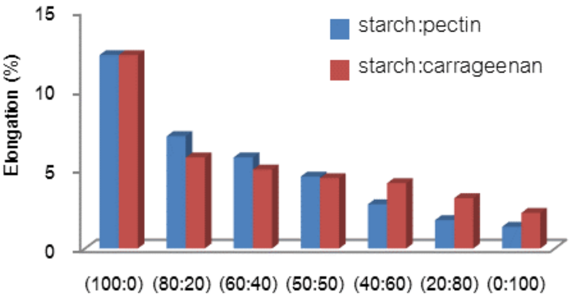


Figure 2 Elongation of cassava starch mixed with carrageenan or pectin

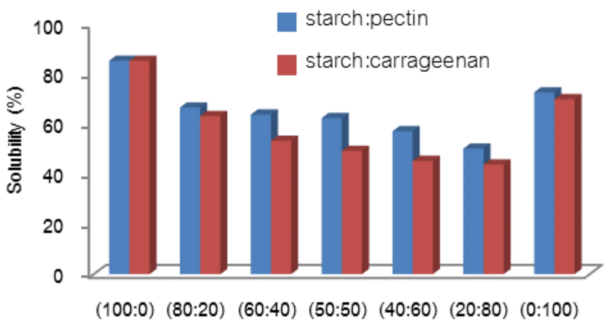


Figure 3 Solubility of cassava starch mixed with carrageenan or pectin

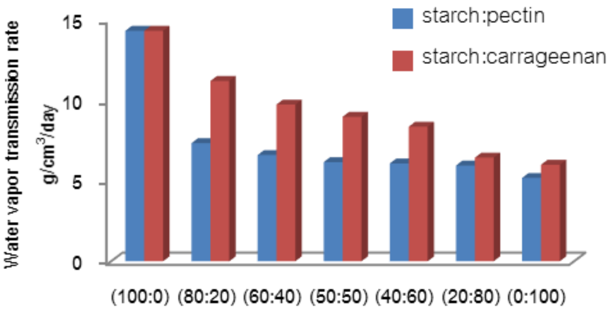


Figure 4 Water vapor transmission rate of cassava starch mixed with carrageenan or pectin

ประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มแป้งผสมน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งแบคทีเรียในปาก *Streptococcus salivarius*

Antibacterial Activity against *Streptococcus salivarius* of Film Incorporated with Essential Oils

วรายุทธ จันทร์ปลอด[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Chanpord, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The aim of this research was to study the antibacterial activity against *Streptococcus salivarius* (oral bacteria) of fast dissolving film from 5% w/w of cassava starch and 3% w/w of pectin in different volume ratio : (80:20, 60:40, 50:50, 40:60 and 20:80). The mechanical and physical properties of film were evaluated. It was found that solubility and water vapor transmission rate of film was decreased at high volume ratio of pectin, but tensile strength of film was increased. Eugenol, citronellal and eucalyptol were added in film at volume ratio of 80:20 to achieve a final film concentration of 5 mg/ml. The antibacterial against *S. salivarius* test was determined by disc diffusion method. The results showed that the antibacterial activity of cassava starch and pectin film incorporated with eugenol could inhibit the growth of *S. salivarius*, which their inhibition zone was 13.38 mm. The cassava starch and pectin film incorporated with citronellal and eucalyptol did not show any inhibitory effect on *S. salivarius*.

Keywords: fast dissolving film, cassava starch, pectin, essential oils

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก *Streptococcus salivarius* ของแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วจากแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 (โดยน้ำหนัก) ผสมเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 3 (โดยน้ำหนัก) แปรสัดส่วนเป็นร้อยละ 80:20, 60:40, 50:50, 40:50 และ 20:80 (โดยปริมาตร) ทดสอบสมบัติทางกล-กายภาพ พบว่าการละลายและการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มลดลง ในขณะที่การต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนเพคตินเพิ่มขึ้น จากนั้นนำฟิล์มที่สัดส่วนร้อยละ 80:20 (โดยปริมาตร) ผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ซิโตรเนลลัล และยูคาลิปทอล ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารละลายฟิล์ม ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้ง *S. salivarius* ด้วยวิธี disc diffusion พบว่าแผ่นฟิล์มผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. salivarius* เท่ากับ 13.38 มิลลิเมตร แต่แผ่นฟิล์มผสมน้ำมันหอมระเหยซิโตรเนลลัล และยูคาลิปทอลไม่สามารถยับยั้ง *S. salivarius*

คำสำคัญ: แผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็ว แป้งมันสำปะหลัง เพคติน น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

การมีกลิ่นปากหรือลมหายใจมีกลิ่นเหม็นทำให้ขาดความเชื่อมั่นและนำไปสู่การปลีกตัวออกจากสังคม กลิ่นปากเกิดจากการบริโภคอาหารและเครื่องเทศที่มีกลิ่นแรงบางชนิด รวมทั้งการสะสมของคราบจุลินทรีย์บนพื้นผิวเหงือกและเนื้อเยื่อปาก (Sanz และคณะ, 2011) โดยแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของกลิ่นปากที่พบมากที่สุดคือ *Streptococcus salivarius* บริเวณเนื้อเยื่อในช่องปากและน้ำลาย เนื่องจากสามารถย่อยสลายสารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เช่น ในน้ำลาย และเศษอาหารตกค้างได้สารระเหยที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ เช่น hygrogen sulphide, methyl mercaptan และ dimethyl sulphide เป็นต้น (Lee และ Mak, 2004) วิธีลดกลิ่นปาก เช่น การแปรงฟันและใช้ไหมขัดฟัน ร่วมกับการทำความสะอาดลิ้น การใช้น้ำยาบ้วนปาก และยาสีฟัน อย่างไรก็ตามการแปรงฟันและการบ้วนปากไม่สามารถทำได้ตลอดเวลา อีกทั้งน้ำยาบ้วนปากบางชนิดมีส่วนประกอบของเอทานอลที่มีผลต่อเยื่อบุผิวช่องปากและโรคเหงือกอักเสบ (Broek และคณะ, 2008) ผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปากผสมน้ำมันหอมระเหยจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ง่ายต่อการพกพาและสะดวกต่อการใช้งาน ถึงแม้ว่ามีรายงานการใช้ pullulan เป็นสารขึ้นรูปฟิล์มระงับกลิ่นปากที่วางขายในท้องตลาด (Dixit และ Puthli, 2009) แต่ pullulan หาได้ยากเนื่องจากเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากเชื้อราและผลิตได้ปริมาณน้อย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพอลิเมอร์ที่มี

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

คุณสมบัติที่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพดีเพื่อใช้เป็นสารทดแทน พบว่าแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่พบได้มากในประเทศไทย มีอะมิโลส และอะมิโลเพคตินที่สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) ผสมกับสารพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เช่น เพคติน เพื่อทำให้แผ่นฟิล์มมีความเป็น hydrophilic รวมทั้งดูดความชื้นหรือแลกเปลี่ยนความชื้นจากอากาศลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้พัฒนาแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินร่วมกับน้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งแบคทีเรียในปาก

อุปกรณ์และวิธีการ

การหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ซิโตรเนลลาล และยูคาลิปทอล ในการยับยั้ง *S. salivarius* ด้วยวิธี disc diffusion บนอาหารเลี้ยงเชื้อ brain heart infusion โดยแปรความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 50, 25, 12.5, 6.25 และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วของแป้งมันสำปะหลังผสมเพคติน โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และเพคติน ความเข้มข้นร้อยละ 3 (โดยน้ำหนัก) แปรสัดส่วนเท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 (โดยปริมาตร) ผสมซอร์บิทอล (sorbitol) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของแป้ง นำสารละลายฟิล์มปริมาตร 47 กรัมเทลงบนแผ่นอะคริลิก และทำให้แห้งบน water bath และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกล-กายภาพดังนี้ 1) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength: TS) และการยืดตัว (elongation: E) โดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 1000 (ASTM standard D-882, 1964) 2) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate : WVTR) ตามวิธี ASTM E96-80 (1990) และ 3) การละลายน้ำได้ของฟิล์ม (solubility of films) ตามวิธี Laohakunjit และ Noomhorm (2004)

การพัฒนาแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วของแป้งมันสำปะหลังและเพคตินร่วมกับน้ำมันหอมระเหย โดยเตรียมแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและเพคตินจากความเข้มข้นที่ขึ้นรูปฟิล์มได้ดีที่สุดนำมาผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ซิโตรเนลลัล และยูคาลิปทอล ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* จากนั้นนำสารละลายฟิล์มเทลงบนแผ่นอะคริลิก ทำให้แห้งบน water bath และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกล-กายภาพ และศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* รวมทั้งศึกษาปริมาณคงเหลือของน้ำมันหอมระเหยในแผ่นฟิล์มแป้งมันสำหลังผสมเพคตินด้วย gas chromatography – FID detector (GC-FID)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ยูจีนอล ซิลโตรเนลาล และยูคาลิปทอลที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้ง *S. salivarius* คือ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยยูจีนอลมี inhibition zone มากที่สุดเท่ากับ 18.14 ในขณะที่ซิโตรเนลาล และยูคาลิปทอลมี inhibition zone เท่ากับ 7.14 และ 7.64 มิลลิเมตรตามลำดับ (Table 1) เนื่องจากยูจีนอลมีหมู่ที่ไม่มีขั้วสามารถแทรกผ่าน phospholipid bilayer ของเชื้อ *S. salivarius* ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แตกออก และเกิดการรั่วไหลขององค์ประกอบภายในเซลล์ ส่งผลทำให้เชื้อตาย (Vijayalakshmi และคณะ, 2014) นอกจากนี้ยูจีนอลมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ที่มีขั้วทำให้โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเสียสภาพ แต่ซิโตรเนลาลและยูคาลิปทอลไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ดังนั้นยูจีนอลจึงสามารถยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* ได้ดีที่สุด การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินมีค่าการต้านแรงดึงขาดมากขึ้นเมื่อสัดส่วนของเพคตินเพิ่มขึ้น เท่ากับ 4.08-39.35 Mpa ในขณะที่มีค่าการยืดตัวลดลง เท่ากับร้อยละ 12.21-1.79 เนื่องจากขณะฟิล์มเย็นตัวมีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ โดยหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถสร้างแรงยึดเหนี่ยวกับหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ของเพคตินเกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) (Almasi และคณะ, 2010) นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะเอสเทอร์ (ester bond) ได้ที่หมู่คาร์บอกซิลของเพคตินกับหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง (Ma และคณะ, 2008) ดังนั้นฟิล์มจึงต้านทานแรงดึงขาดได้มากขึ้นเมื่อสัดส่วนของเพคตินเพิ่มขึ้น ส่วนการละลายพบว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินสัดส่วน 80:20 (โดยปริมาตร) มีค่าการละลายมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 66.64 และละลายได้ลดลงเมื่ออัตราส่วนของเพคตินเพิ่มมากขึ้น (ร้อยละ 66.64-50.18) เนื่องจากแป้งจับกับเพคตินเกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะเอสเทอร์ ทำให้ความมีขั้วของโมเลกุลลดลงจึงละลายน้ำได้ยากขึ้น (Ghanbarzadeh และคณะ, 2010) สำหรับค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคติน มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนเพคตินเพิ่มมากขึ้น (14.3-5.17 $x10^{-4} g/cm^3/day$) (Table 2)

เมื่อพัฒนาฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินสัดส่วน 80:20 (โดยปริมาตร) ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ซิโตรเนลาล และยูคาลิปทอลที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารละลายฟิล์ม มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง จาก 17.7 Mpa เป็น 11.94, 10.71 และ 10.05 Mpa ตามลำดับ แต่มีค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7.09 เป็นร้อยละ 14.62, 9.87 และ 11.67 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยเข้าไปแทรกระหว่างสายพอลิเมอร์ของแป้งมันสำปะหลัง และเพคตินทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างแป้งและเพคตินลดลง (Pramoto และคณะ, 2005) ส่งผลให้ต้านทานแรงดึงขาดได้น้อยแต่ยืดตัวได้มากขึ้น ในขณะที่ฟิล์มมีค่าการละลายมากขึ้นเมื่อผสมน้ำมันหอมระเหย (Table 2) เพราะน้ำมันหอมระเหยเข้าไปแทรกระหว่างโมเลกุลแป้งมันสำปะหลังและเพคติน ทำให้สายพอลิเมอร์ห่างกันมากขึ้น น้ำจึงเข้ามาภายในโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ทำให้ฟิล์มละลายได้ง่ายขึ้น (Rojas และคณะ, 2007) สำหรับประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* พบว่ามีเพียงแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินร่วมกับยูจีนอลเท่านั้นที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ โดยมี inhibition zone เท่ากับ 13.38 มิลลิเมตร ในขณะที่แผ่นฟิล์มผสมซิโตรเนลาลและยูคาลิปทอล ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* (Table 2) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลที่วิเคราะห์ได้จาก GC-FID พบว่ามีปริมาณยูจีนอลเหลือในแผ่นฟิล์มเท่ากับ 0.66 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ซิโตรเนลาลและยูคาลิปทอลไม่มีปริมาณคงเหลือในแผ่นฟิล์ม เนื่องจากยูจีนอลมีจุดเดือดสูงกว่าซิโตรเนลาลและยูคาลิปทอล จึงระเหยออกมาได้ยากกว่า ประกอบกับออกซิเจนที่ต่อกับไฮโดรคาร์บอนของยูจีนอลสามารถจับกับหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งมันสำปะหลัง จึงเกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน ที่แข็งแรงกว่าซิโตรเนลาล และยูคาลิปทอล ดังนั้นแผ่นฟิล์มซิโตรเนลาลและยูคาลิปทอลจึงไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *S. salivarius*

สรุปผล

แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินอัตราส่วน 80:20 (โดยปริมาตร) มีค่าการละลายสูงที่สุด และมีค่าทางกล-กายภาพดี เมื่อนำมาผสมกับน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารละลายฟิล์ม สามารถยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* ได้ และมีน้ำมันหอมระเหยคงเหลือในแผ่นฟิล์มเท่ากับ 0.66 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Almasi, H., Ghanbarzadeh, B. and Entezami, A.A., 2010, Physicochemical Properties of Starch-CMC-Nanoclay Biodegradable Films, International Journal of Biological Macromolecules, 46: 1-5.

American Standard for Testing and Materials, 1964, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D 1434-82, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

American Standard for Testing and Materials, 1990, Standard Test Method for Water Vapor Transmission, ASTM E 96-80, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

Broek, A.M., Feenstra, L. and Baat, C., 2008, A Review of the Current Literature on Management of Halitosis, Journal of Oral Diseases, 14: 30-39.

Dixit, R.P. and Puthli, S.P., 2009, Oral Strip Technology: Overview and Future Potential, Journal of Controlled Release, 139: 94-107.

Ghanbarzadeh, B., Almasi, H. and Entezami, A.A., 2010, Physical Properties of Edible Modified Starch/Carboxymethyl Cellulose Films, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 697-702.

Lee, P.P., Mak, W.Y. and Newsome, P., 2004, The Aetiology and Treatment of Oral Halitosis: an Update, Hong Kong Medical Journal, 10: 414-418.

Ma, X., Chang, P.R. and Yu, J., 2008, Properties of Biodegradable Thermoplastic Pea Starch/Carboxymethyl Cellulose and Pea Starch/Microcrystalline Cellulose Composites, Carbohydrate Polymers, 72: 369-375.

McHugh, T.H., 2007, Effects of Plant Essential Oils and Oil Compounds on Mechanical Barrier and Antimicrobial Properties of Alginate–Apple Puree Edible Films, Journal of Food Engineering, 81: 634-641.

Promoto, Y., Salokhe, V.M. and Rakshit, S.K., 2005. Physical and Antibacterial Properties of Alginate-Based Edible Film Incorporated with Garlic Oil, Food Research International, 38: 267-272.

Rojas-Grau, M.A., Avena-Bustillos, R.J., Olsen, C., Friedman, M., Henika, P.R., Martin-Belloso, O., Pan, Z. and Mchugh T.H., 2007, Effects of Plant Essential Oils and Oil Compounds on Mechanical, Barrier and Antimicrobial Properties of Alginate-apple Puree Edible Films, Journal of Food Engineering, 81: 634-641.

Sanz, M., Rolda, S. and Herrera, D., 2001, Fundamentals of Breath Malodour, Journal of Contemporary Dental Practice, 4: 1-17.

Vijayalakshmi, G., Amitava, M. and Natarajan, C., 2014, Eugenol-Loaded Antimicrobial Nanoemulsion Preserves Fruit Juice against Microbial Spoilage, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 114: 392–397.

Table 1 Inhibition zone for each essential oil and evaluated against *S. salivarius*

Concentration of oils (mg/ml)	Inhibition zone of eugenol (mm)	Inhibition zone of citronellal (mm)	Inhibition zone of eucalyptol (mm)
50.0	26.15	20.94	19.98
25.0	23.13	17.21	17.72
12.5	21.39	14.28	13.77
6.25	20.02	10.39	9.76
5.0	18.14	7.14	7.64

Table 2 Mechanical and physical of cassava starch mixed with pectin films and inhibition zone of film incorporated with essential oils evaluated against *S. salivarius*

Cassava starch : pectin : oils(5mg/ml) film (ratio)	Tensile strength (Mpa)	Elongation (%)	Solubility (%)	Water vapor transmission rate ($x10^{-4}g/cm^3/day$)	Inhibition zone (mm)
100 : 0	4.08	12.21	85.36	14.3	-
80 : 20	17.7	7.09	66.64	7.33	-
60: 40	23.67	5.75	63.86	6.59	-
50 : 50	25.87	4.54	62.44	6.15	-
40 : 60	28.54	2.79	57.17	6.07	-
20 : 80	39.35	1.79	50.18	5.94	-
0 : 100	55	1.37	72.72	5.17	-
80 : 20 : eugenol	11.94	14.62	62.44	1.39	13.38
80 : 20 : citronellal	10.71	9.87	63.86	1.01	0
80 : 20 : eucalyptol	10.05	11.67	62.71	1.49	0

ผลของของการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลและความชื้นของส่วนผสมแป้งต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด

Effect of Sea Lettuce Addition and Moisture of Flour Blend on Qualities of Non-fried Instant Noodle

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ [1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]

Limroongreungrat, K.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

Sea lettuce (*Ulva rigida*), an edible green algae, is a good source of protein, dietary fiber, vitamins and minerals. It has a potential to improve nutritional quality of noodles. Addition of sea lettuce and moisture of flour blend could affect noodle qualities. Therefore, the effect of amounts of sea lettuce powder (0, 2, 4, 6, 8 and 10% flour basis) and moisture content of flour mixture (37 and 40%) on qualities of non-fried instant noodles were investigated. The results indicated that interaction of those two factors significantly affected cooking quality and physical properties of instant noodles. The increase of sea lettuce powder and moisture levels caused cooking loss, tensile strength and adhesiveness of cooked noodle increased while cooking time decreased. Lightness (L*) of uncooked and cooked noodle significantly decreased ($p<0.05$) whereas hue angle (h^{o}) increased. The optimum amount of sea lettuce powder and moisture content of flour mixture were 4% and 37%, respectively, and the obtained noodle had the highest tensile strength and received the highest overall acceptability.

Keywords: non-fried instant noodle, sea lettuce, cooking quality, sensory attribute

บทคัดย่อ

สาหร่ายผักกาดทะเลเป็นสาหร่ายสีเขียวที่เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ และมีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของบะหมี่ การเติมสาหร่ายผักกาดทะเลและความชื้นของส่วนผสมแป้งอาจมีผลต่อคุณภาพของบะหมี่ ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผง (ร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยน้ำหนักแป้ง) และปริมาณความชื้นของส่วนผสม (ร้อยละ 37 และ 40) ต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่า อิทธิพลของทั้งสองปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพหลังการต้ม และลักษณะทางกายภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เมื่อปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าของบะหมี่ต้มสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกลดลง ส่วนค่าความสว่าง (L*) และค่ามุมของเฉดสี (h^{o}) ของบะหมี่ที่ไม่ผ่านการต้มและบะหมี่ต้มสุกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นของส่วนผสมที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 4 และร้อยละ 37 ตามลำดับ และบะหมี่ที่เตรียมได้มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุดและได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

คำสำคัญ: บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด สาหร่ายผักกาดทะเล คุณภาพหลังการต้ม ลักษณะทางประสาทสัมผัส

คำนำ

บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ได้รับนิยมมากในแถบเอเชีย โดยเฉพาะบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปชนิดที่ผ่านการทอดในน้ำมันแบบท่วมซึ่งมีรสชาติและลักษณะของเนื้อสัมผัสที่เฉพาะ แต่มีปริมาณน้ำมันสูงถึงร้อยละ 15-22 (Wang และคณะ, 2011) ทำให้กลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพหันมาสนใจบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเพิ่มขึ้น โดยบะหมี่ประเภทนี้จะใช้วิธีการอบแห้งแทนการทอด แต่บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปยังมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำจึงมักมีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป สาหร่ายทะเลเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่น่าสนใจและมีหลากหลายสายพันธุ์เหมาะที่จะนำมาใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นอาหารที่มีโปรตีน วิตามินและเกลือแร่ที่ร่างกายต้องการ ให้แคลอรี่และไขมันต่ำ และมีเส้นใยอาหารอาหารสูงซึ่งช่วยให้การขับถ่ายสะดวก ป้องกันท้องผูก และป้องกันการเกิดริดสีดวงทวาร นอกจากนี้การที่สาหร่ายมีปริมาณไขมันต่ำ ให้พลังงานน้อย แต่มีคุณค่าทางอาหารสูง จึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพและช่วยให้

อายุยืน เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ (กาญจนภาชน์, 2548) สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) เป็นสาหร่ายสีเขียวที่ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยร้อยละ 23.0, 2.76, 25.35 และ 9.79 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ อีกทั้งยังประกอบด้วยแคลเซียม โซเดียม และไอโอดีน 388.8, 1,051.8 และ 2277 มิลลิกรัม/100 กรัม (สุวรรณา และคณะ, 2552) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเสริมสาหร่ายผักกาดทะเลผงในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ อย่างไรก็ตามการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลซึ่งมีองค์ประกอบและคุณสมบัติที่แตกต่างจากแป้งสาลีอาจมีผลกระทบต่อปัจจัยในการผลิตบะหมี่โดยเฉพาะปริมาณความชื้นของส่วนผสมแป้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นของส่วนผสมแป้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสาหร่ายผักกาดทะเลผง

โดยนำสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) ซึ่งซื้อมาจากสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดตราด โดยนำสาหร่ายมาล้างน้ำให้สะอาด นำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้เป็นผงละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช

ศึกษาผลของปริมาณความชื้นและปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด

นำสาหร่ายผักกาดทะเลผงที่เตรียมได้มาเติมในสูตรบะหมี่ โดยแปรปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงเป็นร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยน้ำหนักแป้ง และปริมาณความชื้นของส่วนผสมเป็นร้อยละ 37 และ 40 เตรียมบะหมี่ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของกุลยาและคณะ (2554) โดยผสมแป้งสาลี สาหร่ายผักกาดทะเลผง เกลือ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต และน้ำโดยใช้เครื่องผสมเป็นเวลา 7 นาที นำมารีดให้มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นบะหมี่ด้วยเครื่องทำบะหมี่ นำบะหมี่ใส่ในพิมพ์ๆ ละ 70 กรัม นำบะหมี่ไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาที และอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. คุณภาพหลังการต้ม (Cooking quality) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) ตามวิธี AACC (1995)

2. ลักษณะทางกายภาพ

- วิเคราะห์ค่าสี (L*, a*, b*) โดยนำบะหมี่แห้งและบะหมี่ต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus) คำนวณค่ามุมของเฉดสี (Hue angle) จาก $h^o = tan^{-1}$ (b/a)

- วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่ (Tensile strength) โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Grips (A/ SPR) วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด A/ LKB และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด P/ 35

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD โดยปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณสาหร่าย 6 ระดับและปริมาณความชื้น 2 ระดับ ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณความชื้นและปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผง พบว่า อิทธิพลของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าสี ความต้านทานต่อการดึงขาด และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$, Table 1) เมื่อปริมาณความชื้นของส่วนผสมและปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงเพิ่มขึ้น เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกลดลงจาก 4.5 เป็น 3.0 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าของบะหมี่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่น้ำหนักหลังต้มมีค่าลดลง ($p<0.05$, Table 2) อาจเนื่องจากการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลในสูตรบะหมี่ทำให้สัดส่วนของโปรตีนกลูเตนในแป้งสาลีที่เป็นโครงสร้างร่างแหของ

เส้นบะหมี่ลดลง นอกจากนี้องค์ประกอบที่เป็นเส้นใยในสาหร่ายอาจไปขัดขวางการเกิดโครงสร้างระหว่างสตาร์ชและโปรตีน ทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่ไม่แข็งแรง เม็ดสตาร์ชที่ผิวหน้าของเส้นบะหมี่จึงหลุดออกมาได้ง่ายในระหว่างการต้ม เป็นผลให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้ม และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่ที่เตรียมโดยใช้ปริมาณความชื้นร้อยละ 37 และ 40 มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน โดยพบว่าความต้านทานต่อการดึงมีค่าขาดเพิ่มขึ้นเมื่อเติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 2-4 แต่เมื่อเติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6-10 ความต้านทานต่อการดึงขาดมีค่าลดลง ($p<0.05$, Table 2) อาจเนื่องจากการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงในปริมาณที่เหมาะสม เส้นใยอาหารในสาหร่ายซึ่งมีสมบัติช่วยในการดูดซับน้ำสามารถดูดซับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมกับการเกิดร่างแหกลูเตนทำให้โครงสร้างของบะหมี่แข็งแรง แต่ถ้าเติมสาหร่ายมากเกินไปอาจไปขัดขวางการเกิดร่างแหกลูเตนทำให้โครงสร้างของบะหมี่ไม่แข็งแรงและขาดง่าย โดยบะหมี่ที่เตรียมโดยใช้ความชื้นของส่วนผสมร้อยละ 37 และเติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 4 มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุด ผลการวัดค่าสี พบว่าเมื่อปริมาณความชื้นของส่วนผสมและปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ของตัวอย่างบะหมี่ที่ไม่ผ่านการต้ม (ก่อนต้ม) และบะหมี่สุก (หลังต้ม) มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่ามุมของเฉดสี (h°) ของบะหมี่ก่อนและหลังการต้มมีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 1) โดยมีรายงานว่ามุมที่อยู่ในช่วง 45-90° แสดงถึงตัวอย่างมีสีส้มแดงถึงสีเหลืองและ 90-135° แสดงสีเหลืองถึงเหลืองเขียว (McGuire, 1992) โดยบะหมี่ที่ไม่เติมสาหร่ายมีเฉดสีอยู่ในโทนสีเหลือง (80.23-86.13°) ส่วนบะหมี่ที่เติมสาหร่ายมีเฉดสีอยู่ในโทนสีเหลืองเขียว (106.76-128.02°) ซึ่งเป็นผลมาจากสาหร่ายผักกาดทะเลผงมีคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวเป็นองค์ประกอบ เมื่อเติมในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้เส้นบะหมี่มีสีเขียวเข้มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ที่เตรียมโดยใช้ความชื้นทั้งสองระดับมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน คือ เมื่อปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีค่าลดลง (Figure 2) โดยบะหมี่ที่เตรียมโดยใช้ความชื้นของส่วนผสมร้อยละ 37 และเติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 4 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกับบะหมี่ที่ใช้ความชื้นของส่วนผสมร้อยละ 40 และเติมสาหร่ายร้อยละ 2 ($p\geq0.05$) แต่บะหมี่ตัวอย่างแรกสามารถเสริมสาหร่ายในปริมาณที่สูงกว่าและมีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุดซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของบะหมี่

สรุปผล

อิทธิพลร่วมของปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นของส่วนผสมแป้งมีผลต่อคุณภาพหลังการต้ม และลักษณะทางกายภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด โดยบะหมี่ที่เตรียมโดยใช้ความชื้นของส่วนผสมร้อยละ 37 และเติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 4 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2548, บริโภคสาหร่ายได้ประโยชน์อะไร, จุลสารชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. 1, 2: 1-2.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2554, ผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพ ของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 497-500.

สุวรรณา วรสิงห์, ธวัช ศรีวีระชัย, อรุณ ศรีอนันต์ และภาคภูมิ วงศ์แข็ง, 2552, สัณฐานวิทยา การเลี้ยงและการนำมาใช้ประโยชน์ของสาหร่ายผักกาดทะเล, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกรมประมง.

AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

McGuire, R.G., 1992, Reporting of Objective Color Measurements, HortScience, 27: 1254-1255.

Wang, L., Hoc, G., Hsu, Y.H. and Zhou, L.R., 2011, Effect of Phosphate Salts on the Korean Non-fried Instant Noodle Quality, Cereal Chemistry, 54: 506-512.

Table 1 Effects of sea lettuce powder (SLP), moisture of flour blend (MFB) and interaction between both factors (SLP x MFB) on noodle parameters

Effects	Cooking loss	Cooking yield	L* before cooking	h° before cooking	L* after cooking	h° after cooking	Firmness	Tensile strength	Adhesiveness
SLP	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MFB	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*
SLPx MFB	*	*	*	*	*	*	ns	*	*

* significantly different ($p<0.05$)
ns non-significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 2 Effect of sea lettuce powder and moisture of flour blend on cooking quality and texture of non-fried instant noodles

Moisture of flour blend (%)	Sea lettuce powder (%)	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)	Tensile strength (g)	Adhesiveness (g.s)
37	0	$8.63^{c} \pm 0.40$	$244.61^{a} \pm 3.67$	$12.82^{e} \pm 0.18$	$98.58^{d} \pm 0.05$
	2	$9.17^{bc} \pm 0.37$	$237.73^{bc} \pm 3.73$	$16.29^{bc} \pm 0.07$	$103.64^{d} \pm 8.63$
	4	$9.20^{bc} \pm 0.20$	$235.70^{c} \pm 1.52$	$19.91^{a} \pm 0.28$	$161.77^{ab} \pm 3.83$
	6	$9.32^{bc} \pm 0.24$	$229.84^{d} \pm 1.50$	$16.64^{b} \pm 1.38$	$165.59^{a} \pm 2.55$
	8	$10.84^{a} \pm 0.33$	$221.17^{e} \pm 4.65$	$12.58^{e} \pm 0.25$	$170.26^{a} \pm 7.87$
	10	$10.85^{a} \pm 0.19$	$218.90^{e} \pm 3.12$	$11.39^{e} \pm 0.50$	$168.68^{a} \pm 9.02$
40	0	$7.38^{d} \pm 0.42$	$242.75^{ab} \pm 1.69$	$14.53^{d} \pm 0.07$	$97.52^{d} \pm 1.21$
	2	$7.68^{d} \pm 0.02$	$239.18^{bc} \pm 3.63$	$15.61^{bcd} \pm 2.10$	$95.07^{d} \pm 1.00$
	4	$8.79^{c} \pm 0.41$	$221.42^{e} \pm 1.31$	$18.99^{a} \pm 0.96$	$96.84^{d} \pm 2.46$
	6	$9.33^{bc} \pm 0.81$	$220.63^{e} \pm 4.14$	$14.69^{cd} \pm 0.21$	$98.65^{d} \pm 3.51$
	8	$9.69^{b} \pm 0.44$	$220.87^{e} \pm 0.67$	$12.94^{e} \pm 0.88$	$113.12^{c} \pm 3.53$
	10	$10.46^{a} \pm 0.45$	$219.09^{e} \pm 1.10$	$11.51^{e} \pm 1.20$	$155.77^{b} \pm 4.32$

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

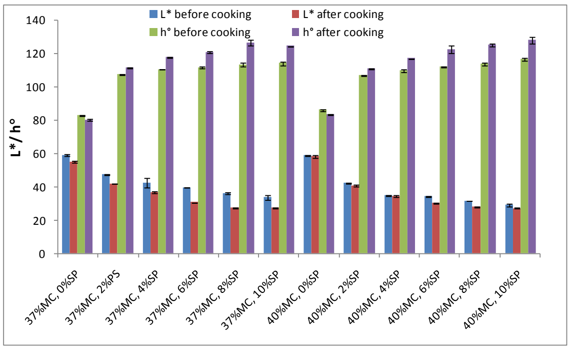


Figure 1 Effect of sea lettuce powder (SLP) and moisture of flour blend (MC) on Lightness (L*) and hue angle (h°) of non-fried instant noodles

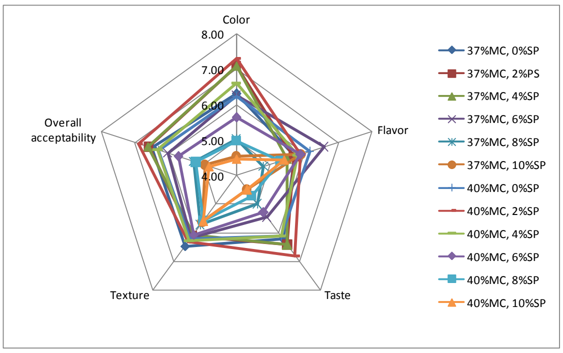


Figure 2 Effect of sea lettuce powder (SLP) and moisture of flour blend (MC) on sensory scores of non-fried instant noodles

การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อระดับธาตุอาหาร

Growth Response of KDML 105 to Nutrient Level Supply

เนตรนภา อินสลุด[1]
Insalud, N.[1]

Abstract

Nutrient is one of the most yield limiting factors for rice production. The study on nutrient supply and nutrient balance may be use to optimize nutrient management for higher rice growth and yield production. The present study aimed to investigate growth of KDML 105 when grown under nutrient solution culture with three nutrient concentration levels: high nutrient as sufficient level (HN); low nutrient (LN) and imbalance of nutrient supply as low P (LP). The experiment was arranged in RCBD with 6 replicates. It was found that rice plants under imbalance of nutrient as P deficient condition (LP) had the most effect on tillering and root elongation by 50 % reduction in number of tiller and 15 % increase in the root length when comparing with rice plant grown under sufficient nutrient level (HN). These resulted in up to 85 % reduction in dry matter of rice seedling while, rice plants under low nutrient supply were reduced dry matter by 50 %. Moreover, low phosphorus affected rice partitioning between shoot and root growth. Rice plant under low phosphorus had 10-15 % higher root to shoot ratio than plants under high or low nutrient supply. It was clarified that imbalance nutrient, especially with low P was more serious effect on rice seedling growth than those plant under low nutrient supply.

Keywords: rice, growth, nutrient, KDML 105

บทคัดย่อ

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดผลผลิตข้าว การศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอ หรือสมดุลของธาตุอาหาร อาจเป็นแนวทางจัดการปัจจัยการผลิตนั้นให้เหมาะสม ทำให้ข้าวเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ คือ สภาพธาตุอาหารเพียงพอ (HN) ต่ำ (LN) และ ไม่สมดุลจากการมีฟอสฟอรัสต่ำ (LP) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 6 ซ้ำ จากการศึกษาพบว่า ต้นข้าวที่เจริญในสภาพไม่สมดุลของธาตุอาหารเนื่องจากการขาดฟอสฟอรัสเพียงธาตุเดียว (LP) นาน 4 สัปดาห์ ส่งผลต่อการแตกกอและการยืดขยายความยาวรากมากที่สุด โดยมีจำนวนต้นต่อกอเพียง 50% และรากยืดขยายความยาวเพิ่มขึ้น 15% ของต้นข้าวที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (HN) ซึ่งส่งผลให้การสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวในระยะกล้าลดลงมากที่สุดถึง 85% ในขณะที่การได้รับธาตุอาหารต่ำ (LN) น้ำหนักแห้งลดลงเพียง 50% นอกจากนี้การได้รับฟอสฟอรัสต่ำส่งผลให้ต้นข้าวมีการแบ่งสันปันส่วนไปยังส่วนรากมากขึ้นโดยมีสัดส่วนรากต่อต้นสูงมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ หรือธาตุอาหารต่ำ ประมาณ 10-15% ทำให้เห็นได้ชัดว่า ความไม่สมดุลของธาตุอาหารโดยเฉพาะการได้รับฟอสฟอรัสต่ำส่งผลกระทบต่อการเจริญของกล้าข้าวมากกว่าการได้รับปริมาณธาตุอาหารต่ำ

คำสำคัญ: ข้าว การเจริญเติบโต ธาตุอาหาร ขาวดอกมะลิ 105

คำนำ

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดผลผลิตของข้าว ทั้งการจัดการที่ไม่เหมาะสมด้านปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือในสัดส่วนของธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสมเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ซึ่งจำกัดการเจริญเติบโตและศักยภาพการให้ผลผลิต ธาตุฟอสฟอรัส (P) ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลัก และมักเป็นธาตุอาหารพืชที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืชรองจาก N P เป็นธาตุอาหารหลักที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวโดยเฉพาะข้าวในนาน้ำขัง เนื่องจาก P อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น (Beacher, 1952; Place และคณะ, 1971; Ponnamperuma, 1972) แต่การขาด P เป็นปัญหา

[1] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[1] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

สำคัญที่พบมากในประเทศไทย เนื่องจากสภาพแห้งแล้ง ดินเป็นกรด และปริมาณ P ในดินต่ำ การใส่ปุ๋ยยูเรียหรือสูตรปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุของการได้รับธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอ และความไม่สมดุลของธาตุอาหารโดยเฉพาะการขาด P อันเป็นสาเหตุที่สำคัญของการลดการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว การศึกษานี้จึงดำเนินการประเมินการตอบสนองของการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ระยะต้นกล้าต่อการจัดการธาตุอาหารที่แตกต่างกันทั้งด้านปริมาณและความสมดุล เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในการจัดการด้านธาตุอาหารให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตเต็มศักยภาพ และหลีกเลี่ยงการลดลงของผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ดำเนินการประเมินการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) ระยะกล้า เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารแบบเติมอากาศ ได้รับระดับธาตุอาหารแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ สภาพธาตุอาหารความเข้มข้นเพียงพอ (HN) สภาพธาตุอาหารความเข้มข้นต่ำ (LN) และสภาพธาตุอาหารไม่สมดุลจากการมี P ต่ำ (LP) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) จำนวน 6 ซ้ำ ภายใต้สภาพโรงเรือน

องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นเพียงพอต่อความต้องการของข้าวในการทดลองนี้ (HN) ประกอบด้วย NO_3^-, 4.375; K^+, 3.95; SO_4^{2-}, 1.90; Ca^{2+}, 1.50; NH_4^+, 0.625; Mg^{2+}, 0.40; $H_2PO_4^-$, 0.20; Na^+, 0.20 mol m^{-3} และ Cl, 50; B, 25; Mn, 2; Zn, 2; Cu, 0.5; Mo, 0.5; Fe-EDTA, 50 mmol m^{-3} (Insalud และคณะ, 2006) สำหรับสภาพธาตุอาหารความเข้มข้นต่ำ (LN) ต้นข้าวได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุเช่นเดียวกับสภาพ HN แต่จะได้ที่ระดับความเข้มข้น 50% ของ HN สำหรับสภาพ LP ต้นข้าวได้รับธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้น 100 % ครบทุกธาตุเช่นเดียวกับ HN ยกเว้น P ระดับความเข้มข้น 20% ของ HN

การเตรียมต้นกล้า โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าว KDML 105 แช่น้ำ 24 ชั่วโมง และบ่มในสภาพอุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ย้ายเมล็ดข้าวที่เริ่มงอกลงในตาข่ายซึ่งลอยน้ำอยู่บนถังขนาด 40 ลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 10% ของระดับความเข้มข้นธาตุอาหารที่เพียงพอและมีการเติมอากาศในสารละลาย เมื่อกล้าอายุ 14 วันหลังงอก จึงย้ายลงกรรมวิธีที่กำหนด โดยกำหนดให้ KDML 105 ต้น ในแต่ละถังเป็น 1 ซ้ำ และข้าว 1 ต้น ได้รับสารละลาย 2.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ดำเนินการเปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกสัปดาห์ วัดและปรับ pH ที่ระดับ 6.5 ทุกวัน

บันทึกข้อมูลความสูงต้น ความยาวราก และการแตกกอของข้าวต้นเดิมทุกสัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายลงกรรมวิธีดำเนินการเก็บตัวอย่าง วัดการเจริญเติบโต และนำไปอบแห้งที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้งต้นและราก ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในต้น วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม Statistix 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอ (LN) และความไม่สมดุลของปริมาณธาตุอาหารเนื่องจากการขาด P (LP) ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของกล้าข้าว KDML 105 ทั้งทางด้านการยืดขยายของลำต้นและราก และความสามารถในการแตกกอ (Figure 1) ผลของสภาพสารละลายธาตุอาหารต่อความยาวรากของข้าวเริ่มปรากฏหลังจากย้ายปลูก 3 สัปดาห์ และปรากฏผลกระทบชัดเจนมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 โดยการได้รับ P ต่ำเพียงธาตุเดียว นาน 4 สัปดาห์ ทำให้การยืดขยายความยาวรากเพิ่มขึ้นเพียง 2.7 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าต้นข้าวที่ปลูกในสภาพ LN และ HN ถึง 75 และ 85% ตามลำดับ การเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นเริ่มเห็นความแตกต่างเนื่องจากสภาพสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 โดยต้นข้าวที่ปลูกในสภาพ HN มีความสูงต้นมากที่สุด รองลงมาคือ LN และ LP ตามลำดับ แต่ต้นข้าวในสภาพ LN มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความสูงต้นมากขึ้นจนในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก ต้นข้าวในสภาพ HN และ LN มีความสูงที่ใกล้เคียงกัน และสูงมากกว่าต้นข้าวในสภาพ LP ประมาณ 25% สำหรับความสามารถในการแตกกอของต้นข้าวในสภาพ LP ถูกยับยั้งมากที่สุด โดยเริ่มแตกหน่อแรกในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก ในขณะที่ต้นข้าวในสภาพ HN เริ่มแตกหน่อแรกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 หลังย้ายปลูก และมีจำนวนหน่อเพิ่มมากขึ้น โดยในสัปดาห์ที่ 4 มีจำนวนต้นต่อกอถึง 4 ต้นต่อกอ จากการลดลงทั้งด้านความสูงต้น ความสามารถในการแตกกอ และความยาวราก ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งต้นและรากของต้นข้าวในสภาพ LP ลดลงมากที่สุดถึง 85% ในขณะที่การได้รับธาตุอาหารต่ำ (LN) น้ำหนักแห้งลดลงเพียง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าว

ที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (HN) นอกจากนี้การได้รับฟอสฟอรัสต่ำส่งผลให้ต้นข้าวมีการแบ่งสันปันส่วนไปยังส่วนรากมากขึ้นโดยมีสัดส่วนรากต่อต้นสูงมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ หรือธาตุอาหารต่ำ ประมาณ 10-15% (Table 1)

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหาร N P และ K ในเนื้อเยื่อส่วนต้น และรากข้าว KDML 105 ที่ปลูกในสภาพสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันนาน 4 สัปดาห์ พบว่ามีความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหาร N และ P ในเนื้อเยื่อส่วนลำต้นอยู่ในช่วงที่เพียงพอ โดยพิจารณาจากข้อมูลของ Reuter และคณะ (1997) ซึ่งรายงานว่าข้าวในระยะกล้าอายุประมาณ 35-50 วัน ความเข้มข้นของ N P และK ในเนื้อเยื่อส่วนลำต้นที่เพียงพออยู่ในช่วง 3.76-5.00 0.40-0.86 4.25-4.62% ตามลำดับ สำหรับ K ในเนื้อเยื่อส่วนลำต้นของข้าว KDML 105 ที่ปลูกในสภาพ HN และ LP อยู่ในช่วงวิกฤติโดยมีต่ำกว่าช่วงที่รายงานไว้ประมาณ 20 % ในขณะที่ความเข้มข้น K ในเนื้อเยื่อต้นข้าวที่ปลูกในสภาพ LN มีค่าเฉลี่ย 4.78 % ซึ่งเป็นช่วงที่เพียงพอ และมีค่าสูงกว่า %K ในต้นข้าวที่ปลูกในสภาพ HN และ LP ประมาณ 30% (Figure 2)

ในการศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของออสเตรเลียต่อการได้รับ P ต่ำของ Insalud และคณะ (2006) และการตอบสนองต่อพันธุ์ข้าวไทยมากกว่า 10 สายพันธุ์ (Insalud, 2006) พบว่าหลังย้ายต้นข้าวลงสู่สารละลายธาตุอาหารที่มี P ต่ำ (1.6 µmol หรือที่ระดับความเข้มข้น 0.8% ของการทดลองนี้) รากข้าวมีอัตราการยืดขยายความยาวที่เร็วกว่าต้นข้าวที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (P 200 µmol) โดยในเวลาเพียง 4 และ 8 วัน รากข้าวมีความยาวรากที่ยาวกว่าประมาณ 3 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองนี้ อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นของ P ในการทดลองนี้ที่ 20% ของสภาพธาตุอาหารเพียงพอนั้นยังไม่ต่ำพอที่จะกระตุ้นให้รากข้าวยืดขยายความยาวเพื่อไปหาอาหารในระดับที่ลึกหรือไกลจากโคนต้นมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ P ในเนื้อเยื่อพืชทั้งในส่วนต้นและรากของต้นข้าวในสภาพ LP มีค่า 0.8 และ 0.7% ตามลำดับ และมีค่ากับ %P ในต้นข้าวในสภาพ HN แต่ทั้งนี้ด้านการเจริญเติบโตของต้นข้าวในสภาพ LP ที่ต่ำกว่าทำให้เกิด Concentration effect ต่อค่าการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช แต่อย่างไรก็จะเห็นได้ชัดว่าแม้ต้นข้าวในสภาพ HN มีการสะสมน้ำหนักแห้งมากกว่า LP ถึง 85% แต่ความเข้มข้นของ N ในเนื้อเยื่อส่วนต้นสูงกว่า LP ถึง 20% นั่นแสดงว่า ต้นข้าวในสภาพ HN สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า LP มาก และอาจแสดงผลความแตกต่างด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตชัดเจนมากขึ้นเมื่อปลูกในสภาพ LP นานมากขึ้น

สรุปผล

ความไม่สมดุลของธาตุอาหารโดยการได้รับ P ต่ำกว่าธาตุอาหารอื่น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวมากที่สุด โดยเฉพาะในด้านการเจริญเติบโตของรากและลำต้น ปริมาณรากและความยาวรากที่น้อย ส่งผลต่อการดูดหาอาหารได้ช้าและน้อยกว่าปกติ ทำให้ KDML 105 มีความสูงต้นน้อยและการแตกกอช้ากว่าสภาพ LN ทำให้เห็นได้ชัดว่า ความไม่สมดุลของธาตุอาหารโดยเฉพาะการได้รับฟอสฟอรัสต่ำส่งผลกระทบต่อการเจริญของกล้าข้าวมากกว่าการได้รับปริมาณธาตุอาหารต่ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

Beacher, R.L., 1952, Rice Fertilization: Results of Tests from 1946 through 1951, University of Arkansas Agricultural Experiment Station, Bulletin.

Insalud, N., Bell, R.W., Clomer, T.D. and Rerkasem, B., 2006, Morphological and Physiological Responses of Rice (*Oryza sativa* L.) to Limited Phosphorus Supply in Aerated and Stagnant Solution Culture, Annals of Botany, 98: 995-1004.

Insalud, N., 2006, Genotypic Variation in Responses to Aerobic and Anaerobic Conditions in Rice, Ph.D. Thesis, Chiang Mai University.

Place, G.A., Wells, B.R., Sims, J.L. and Hall, V.L., 1971, Phosphorus Fertilization of Rice on the Grand Prairie of Arkansas, University of Arkansas Agricultural Experiment Station, Bulletin.

Ponnamperuma, F.N., 1972, The Chemistry of Submerged Soils, Advance in Agronomy, 24: 29-96.

Reuter, D.J., Edward, D.G. and Wilhelm, N.S., 1997, Temperate and Tropical Crops, In ‘Plant analysis an interpretation manual’, (Ed. Reuter, D.J. Robinson, J.B.), pp. 184-187, Csiro Publishing, Australia.

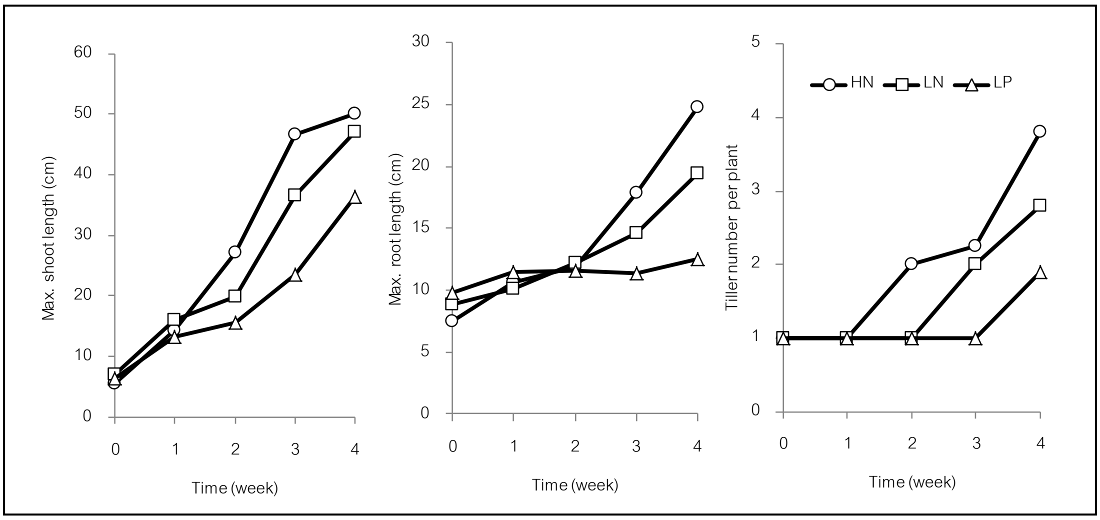


Figure 1 Maximum shoot and root length (cm) and tiller number per plant of KDML 105 when grown under low phosphorus (LP), low nutrient (LN) and high nutrient (HN) solution cultures for 4 weeks.

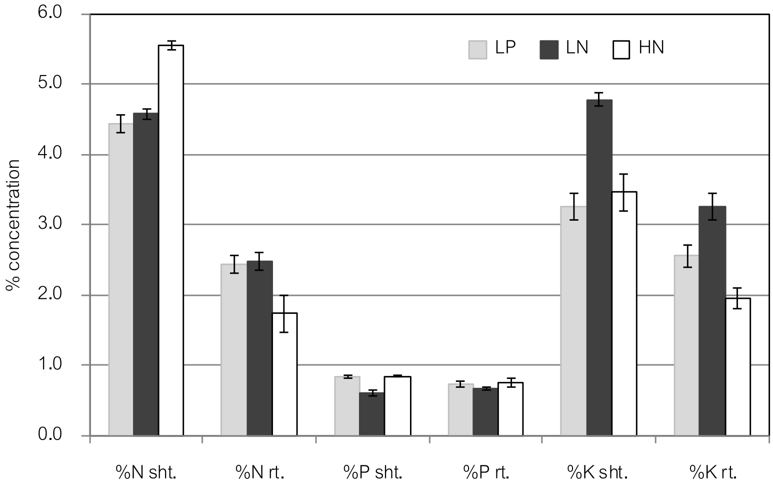


Figure 2 Nutrient concentration (%) in shoot (sht.) and root (rt.) of KDML 105 when grown under low phosphorus (LP), low nutrient (LN) and high nutrient (HN) solution cultures for 4 weeks.

Table 1 Shoot and root dry weight (g plant^{-1}) and root/shoot ratio of KDML 105 when grown under low phosphorus (LP), low nutrient (LN) and high nutrient (HN) solution cultures for 4 weeks.

Treatment of solution culture	Shoot dry weight (g plant^{-1})	Root dry weight (g plant^{-1})	Root/shoot ratio
Low phosphorus	0.165 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.25 ± 0.02
Low nutrient	0.578 ± 0.036	0.127 ± 0.010	0.22 ± 0.01
High nutrient	1.170 ± 0.034	0.265 ± 0.023	0.23 ± 0.01
F-test	***	*	ns
$LSD_{0.05}$	0.04	0.04	-

ผลของการทดแทนแป้งถั่วดำต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น

Effect of Black Bean Flour Substitution on Quality of Extruded Rice Pasta

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]

Limroongreungrat, K.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

Black bean flour has a potential to enhance the nutritive values of rice pasta due to its high protein, mineral, dietary fiber and anthocyanin. This research aim was to study the effect of black bean flour substitution (0-45% flour weight) for rice flour on qualities of extruded rice pasta. Results showed that the pasta qualities in terms of cooking time, cooking loss, cooking yield, color, firmness, adhesiveness and tensile were significantly different ($p<0.05$). The cooking yield, firmness and tensile strength of pasta increased with the increase of black bean flour while cooking time, cooking loss and adhesiveness decreased ($p<0.05$). The hue angel (h^{o}) of dried and cooked pasta decreased ($p<0.05$) as the amount of black bean flour increased. The pasta with 45% black bean flour replacement received the highest overall liking score, and had the highest firmness and low cooking loss. Compared to the commercial brown rice pasta and wheat pasta, the pasta with 45% black bean flour substitution contained higher protein, ash, dietary fiber, anthocyanin, and antioxidant activity than those of pasta. The black bean pasta also received the higher overall acceptance than the commercial brown rice pasta.

Keywords: rice pasta, black bean flour, pasta quality

บทคัดย่อ

แป้งถั่วดำมีศักยภาพในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่พาสต้าข้าวเจ้าเนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ ใยอาหาร และแอนโทไซยานินสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งถั่วดำทดแทนแป้งข้าวเจ้า (0-45% โดยน้ำหนักแป้ง) ต่อคุณภาพพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชั่น ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณแป้งถั่วดำมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม น้ำหนักที่ได้หลังต้ม ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ ค่าความเกาะติดที่ผิวหน้า และค่าความต้านทานต่อการดึงขาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อใช้ปริมาณแป้งถั่วดำเพิ่มขึ้นมีผลทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ความแน่นเนื้อ และความต้านทานต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ค่าการเกาะติดที่ผิวหน้าลดลง พาสต้าที่ผ่านการอบแห้งและต้มสุกมีค่ามุมของเฉดสีลดลงเมื่อปริมาณแป้งถั่วดำเพิ่มขึ้น โดยพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 ได้คะแนนความชอบโดยรวมและมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด แต่มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าข้าวเจ้า(ข้าวกล้อง)และพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า พบว่าพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 ปริมาณโปรตีน เถ้า เส้นใย ใยอาหารรวม แอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า โดยพาสต้าถั่วดำได้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่ากับพาสต้าข้าวกล้องทางการค้า

คำสำคัญ: พาสต้าข้าวเจ้า แป้งถั่วดำ คุณภาพของพาสต้า

คำนำ

พาสต้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศแถบตะวันตกและตะวันออก โดยปกติพาสต้ามักทำจากข้าวสาลี แต่ข้าวสาลีเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ สำหรับประเทศไทยข้าวเจ้าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถผลิตเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศและมีปริมาณมากพอสำหรับการส่งออก การเลือกข้าวเจ้ามาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพาสต้าเพื่อช่วยลดการนำเข้าข้าวสาลีและลดการเสียดุลทางการค้า นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้ายังจัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารที่ปราศจากกลูเตน (gluten-free) ซึ่งในปัจจุบันตลาดผลิตภัณฑ์อาหารปราศจาก

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi 20131 Thailand

กลูเตน (gluten-free foods) กำลังเติบโตอย่างรวดเร็วทั่วโลก โดยคาดว่าในปี พ.ศ. 2560 ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตนจะมีมูลค่าสูงถึง 6,000 ล้านเหรียญสหรัฐหรือประมาณ 192,000 ล้านบาท (IFT, 2013) อย่างไรก็ตาม พาสต้าที่ผลิตจากข้าวเจ้ายังมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าจากข้าวสาลี ถั่วดำ (*Vigna sinensis*) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของโปรตีน สตาร์ช ใยอาหาร นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลและแอนโทไซยานินซึ่งมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ การนำแป้งถั่วมาใช้ร่วมกับแป้งข้าวเจ้าจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเสริมสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีมีความแตกต่างกันเนื่องจากแป้งสาลีมีกลูเตนจึงสามารถนำมานวดผสมกับน้ำจนเกิดเป็นก้อนโดที่มีความแข็งแรงพอเหมาะที่จะสามารถอัดขึ้นรูปได้ แต่กระบวนการผลิตพาสต้าจากข้าวเจ้าที่ไม่มีโปรตีนกลูเตนไม่สามารถใช้การผลิตแบบเดียวกับการทำพาสต้าที่ทำจากแป้งสาลีได้ การผลิตจะต้องมีการนำแป้งไปนึ่งหรือต้มให้เกิดเจลเพื่อให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงแก่ผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปอัดขึ้นรูป ดังนั้นการใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชั่นแบบ cooking extruder ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องที่มีการผสม การให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ และการอัดขึ้นรูปไปพร้อมกัน จึงช่วยลดขั้นตอนในกระบวนการผลิตพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำเอาแป้งถั่วดำมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวเจ้าโดยใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชั่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งถั่วดำที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชั่น และเปรียบเทียบคุณภาพของพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำกับพาสต้าข้าวเจ้าหรือข้าวกล้องและพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาผลของปริมาณแป้งถั่วดำที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของพาสต้า

เตรียมแป้งถั่วดำโดยนำเมล็ดถั่วดำมาคัดแยกเมล็ดที่มีตำหนิออก ทำความสะอาด นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช นำไปทำพาสต้าโดยแปรปริมาณแป้งถั่วดำที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 0, 15, 30 และ 45 (โดยน้ำหนักแป้ง) ปรับความชื้นของแป้งผสมเป็นร้อยละ 30 นำแป้งผสมไปอัดผ่านเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวใช้ความเร็วรอบ 100 rpm ใช้อุณหภูมิของบาร์เรลในส่วนทางออกของผลิตภัณฑ์ 90°C ตัดเส้นพาสต้าที่ออกจากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ให้ได้ความยาว 30 cm นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55°C ประมาณ 2 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) ตามวิธี AACC (1995) วิเคราะห์ค่าสี (L*, a*, b*) โดยนำพาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus) คำนวณค่ามุมของเฉดสี (Hue angle) จาก $h^{o} = \tan^{-1}(b/a)$ วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus) ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความต้านทานต่อการดึงขาด (Tensile strength) และการเกาะติดที่ผิวหน้า(Adhesiveness) และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พิจารณาเลือกปริมาณแป้งถั่วดำที่ใช้ในการทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมจากคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยพิจารณาร่วมกับคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. เปรียบเทียบคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำกับพาสต้าข้าวเจ้าและพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า

นำพาสต้าที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วดำที่เลือกได้จากข้อ 1 พาสต้าข้าวเจ้าทางการค้า (ผลิตในประเทศจีน) และพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า (ผลิตในประเทศออสเตรเลีย) มาวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัสและทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย ใยอาหารรวม (AOAC, 1995) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจากวิธีของ Dewanto และคณะ, 2002) ปริมาณแอนโทไซยานิน (Sun และคณะ, 2009) และสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity (ดัดแปลงจากวิธีของ Karagozler และคณะ, 2008)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อปริมาณแป้งถั่วดำที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-45) มีผลทำให้ระยะเวลาในการต้มสุกลดลงจาก 17 นาทีเป็น 13 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และค่าการเกาะติดลดลง ในขณะที่น้ำหนักที่ได้

หลังการต้ม ค่าความแน่นเนื้อ และค่าความต้านทานต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$, Table1) อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วดำที่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้า โดยแป้งถั่วดำมีโปรตีนและอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า จึงอาจช่วยเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างพาสต้า ทำให้เม็ดแป้งไม่แตกออก และมีการหลุดของอะไมโลสที่ผิวหน้าลดลง พาสต้าจึงมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มและค่าการเกาะติดลดลง ส่วนความแน่นเนื้อและความต้านทานต่อการดึงขาดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งถั่วดำเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากแป้งถั่วดำมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า (Du และคณะ, 2014) โดยอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจากสตาร์ชที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะให้เจลที่แข็งแรงกว่า นอกจากนี้แป้งถั่วดำมีดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) สูงกว่าแป้งข้าวเจ้า (Du และคณะ, 2014; Surojannametakul และคณะ, 2002) จึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำมากกว่าทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น

ค่าความสว่าง (L*) และมุมของเฉดสี (h°) ของพาสต้าอบแห้งและพาสต้าที่ผ่านการต้มสุกมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแป้งถั่วดำเพิ่มขึ้น (Figure 1) โดยมีรายงานว่าค่ามุมที่อยู่ในช่วง 45-90 องศา แสดงถึงตัวอย่างที่มีสีส้มแดงถึงสีเหลือง (McGuire,1992) พาสต้าข้าวเจ้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกที่ไม่เติมแป้งถั่วดำมีเฉดสีอยู่ในโทนสีเหลือง (79.42-88.47°) ในขณะที่พาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำมีเฉดสีอยู่ในโทนสีน้ำตาลแดง (54.21–68.77°) อาจเป็นผลมาจากแป้งถั่วดำมีรงควัตถุแอนโทไซยานินที่ให้สีแดง นอกจากนี้แป้งถั่วดำมีค่าความสว่าง (85.49) ต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า (97.60) จึงทำให้พาสต้ามีค่าความสว่างลดลงเมื่อปริมาณแป้งถั่วดำเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งถั่วดำเพิ่มขึ้น (Figure 2) โดยพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ประกอบกับมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ น้ำหนักที่ได้หลังการต้มสูง มีค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูงที่สุด และมีค่าการยึดเกาะต่ำที่สุดซึ่งเป็นลักษณะของพาสต้าที่ต้องการ ดังนั้นจึงเลือกพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 ไปเปรียบเทียบเทียบคุณภาพกับพาสต้าข้าวเจ้า (ข้าวกล้อง) และพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า

จากการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มพบว่าพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 ใช้เวลาในการต้มสุกนานที่สุด (13.5 นาที) ในขณะที่พาสต้าทางการค้าใช้เวลาต้ม 8-10 นาที อาจเนื่องจากพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าพาสต้าทางการค้า นอกจากนี้พาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำยังมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียและค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด น้ำหนักที่ได้หลังการต้มต่ำที่สุด ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูงรองจากพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าต่ำรองจากพาสต้าข้าวสาลี ($p<0.05$, Table 2) ซึ่งอาจเป็นผลจากวัตถุดิบที่ใช้และกระบวนการผลิตแตกต่างกันทำให้พาสต้ามีคุณภาพที่แตกต่างกัน โดยพาสต้าที่ทำจากข้าวสาลีสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหกลูเตนที่ทำให้เส้นพาสต้ามีความแข็งแรงมากและมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุด ในขณะที่โครงสร้างของพาสต้าที่ทำจากข้าวเจ้ามาจากสตาร์ช และเมื่อมีการเติมแป้งถั่วดำที่มีปริมาณโปรตีนสูงจึงช่วยเสริมโครงสร้างของพาสต้าข้าวเจ้าให้แข็งแรงขึ้น โดยพาสต้าข้าวสาลีทางการค้าได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 และพาสต้าข้าวเจ้าทางการค้าที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันโดยอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย อย่างไรก็ตามพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 มีปริมาณโปรตีน เถ้า ใยอาหาร สารประกอบฟีนอลิก และแอนโทไซยานินสูงกว่าพาสต้าข้าวเจ้าทางการค้าร้อยละ 41.77, 39.53, 41.98, 13.89 และ 14.81 ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าพาสต้าข้าวสาลีทางการค้าร้อยละ 7.95, 36.63 และ 70.85 ตามลำดับ โดยมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 65.37

สรุปผล

แป้งถั่วดำเป็นแหล่งของโปรตีน เถ้า และใยอาหาร จึงเหมาะแก่การนำมาเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์พาสต้า โดยปริมาณแป้งถั่วดำมีผลต่อคุณภาพหลังการต้ม ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัส ของพาสต้า โดยผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วดำร้อยละ 45 มีคุณภาพใกล้เคียงกับพาสต้าข้าวเจ้าทางการค้า

เอกสารอ้างอิง

AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.AOAC, 1995, Official Methods of Analysis, (16th ed), Association of Official Analytical Chemists Inc., Virginia, USA.

Du, S.K., Jiang, H., Yu, X., and Jane, L.J., 2014, Physicochemical Properties and Digestibility of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Starches, Carbohydrate Polymers, 108: 200-205.

Du, S.K., Jiang, H., Yu, X. and Jane, L.J., 2014, Physicochemical and Functional Properties of Whole Legume Flour, LWT - Food Science and Technology, 55: 308-313.

Dewanto, V., Wu, X. and Liu, R.H., 2002, Processed Sweet Corn has Higher Antioxidant Activity, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4959-4964.

IFT, 2013, New Technologies and Ingredients Provide Better Options for Gluten-Free Eating, [Online], Available: http://www.ift.org/newsroom/news-releases/2013/july/17/new-technology-gluten-free.aspx [Aug 25, 2013].

Karagozler, A.A., Erdag, B., Emek, Y.C. and Uygun, D.A., 2008, Antioxidant activity and Proline Content of Leaf Extracts from *Dorystoechas hastate*, Food Chemistry, 37: 171-179.

Sun, J., Yao, J., Huang, S., Long, X., Wang, J. and Garcai, E., 2009, Antioxidant Activity of Polyphenol and Anthocyanin Extracts from Fruits of Kadsura coccineo (Lem.), Food Chemistry, 117: 276-281.

Surojannametakul, V., Tungtakul, P., Varanyanond, W. and Supasri, R., 2002, Effects of Partial Replacement of Rice Flour with Various Starches on the Physicochemical and Sensory Properties of "Sen Lek" noodle, Kasetsart Journal (Natural Science), 36: 55-62.

Table 1 Cooking quality and texture of rice pasta as affected by different levels of black bean flour substitution

Black bean flour (%)	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)	Firmness (N)	Tensile strength (N)	Adhesiveness (N.s)
0	35.25^{a}±5.71	171.73^{a}±7.65	7.10^{d}±0.30	0.22^{b}±0.02	0.34^{a}±0.04
15	12.37^{b}±2.78	199.20^{b}±9.15	9.87^{c}±0.21	0.25^{b}±0.03	0.26^{b}±0.04
30	11.27^{b}±1.81	193.54^{b}±1.85	11.22^{b}±0.20	0.26^{ab}±0.06	0.13^{c}±0.02
45	12.98^{b}±1.67	190.32^{b}±9.23	12.95^{a}±0.07	0.35^{a}±0.06	0.14^{c}±0.00

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

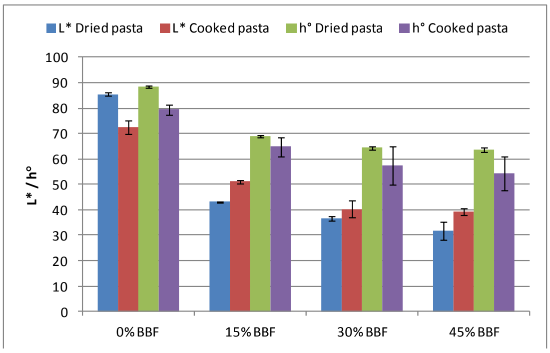


Figure 1 Effect of black bean flour (BBF) substitution on Lightness (L*) and hue angle (h^{o}) of rice pasta

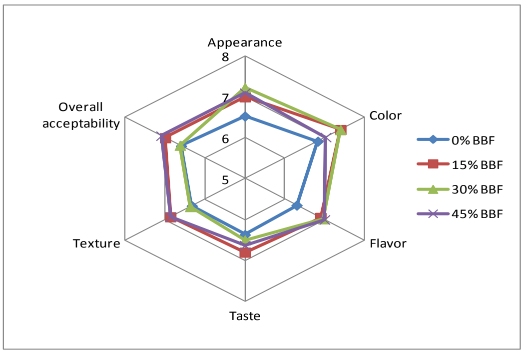


Figure 2 Effect of black bean flour (BBF) substitution on sensory scores of rice pasta

Table 2 Cooking quality, texture and sensory properties of rice pasta with 45% black bean flour as compared to commercial brown rice and wheat pasta

Pasta sample	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)	Firmness (N)	Tensile strength (N)	Adhesiveness (N.s)	Overall liking score
Black bean	13.17^{a}±0.68	193.63^{c}±2.34	13.15^{a}±0.84	0.37^{b}±0.00	0.11^{b}±0.03	6.60^{b}±1.30
Brown rice	11.64^{b}±0.77	208.42^{b}±1.92	11.33^{b}±0.77	0.29^{c} ±0.01	0.13^{a} ±0.00	6.37^{b}±1.15
Wheat	7.11^{c}±0.18	249.94^{a}±9.08	6.22^{c}±0.05	0.45^{a} ±0.00	0.02^{c} ±0.01	7.37^{a}±0.88

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

คุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด เสริมสาหร่ายเกลียวทอง

Cooking Qualities and Sensory Attributes of Non-fried Instant Noodles Fortified with Spirulina

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]
Limroongreungrat, K.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

Spirulina (*Spirulina platensis*) contains high contents of protein, minerals and phytochemicals, and is normally consumed as a dietary supplement. Addition of spirulina in noodle formulation could be an alternative for health food consumption. The aim of this research was to examine the effect of spirulina powder at different levels (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% flour basis) on qualities of non-fried instant noodles including cooking quality, texture, color and sensory attributes. As the amount of spirulina powder increased, cooking loss, tensile strength and firmness of cooked noodle increased while adhesive decreased. Lightness (L*) of uncooked and cooked noodle decreased whereas hue angle (h°) significantly increased ($p \geq 0.05$). Sensory evaluation of noodles indicated that intensity of green color and algal flavor increased with the increase of spirulina levels. The noodles with 1.5% spirulina powder received the highest overall acceptability.

Keywords: non-fried instant noodle, spirulina, cooking quality, sensory attribute

บทคัดย่อ

สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) มีปริมาณโปรตีน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมีสูง โดยปกตินิยมบริโภคเป็นอาหารเสริม การเติมสาหร่ายเกลียวทองในสูตรบะหมี่อาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมสาหร่ายเกลียวทองผงปริมาณต่างๆ (0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง) ต่อคุณภาพหลังการต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่าเมื่อปริมาณสาหร่ายเกลียวผงเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อของบะหมี่ต้มสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ส่วนค่าความสว่าง (L*) ของบะหมี่อบแห้งและบะหมี่ต้มสุกมีค่าลดลง แต่ค่ามุมของเฉดสี (h°) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่พบว่า เมื่อปริมาณของสาหร่ายเกลียวทองเพิ่มขึ้น ความเข้มในด้านสีเขียวและกลิ่นสาหร่ายเพิ่มขึ้น โดยบะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองผงร้อยละ 1.5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ: บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด สาหร่ายเกลียวทอง คุณภาพหลังการต้ม ลักษณะทางประสาทสัมผัส

คำนำ

บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชีย ส่วนในประเทศไทยมีการบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปปริมาณสูงเป็นอันดับที่ 8 ของโลก รองจากประเทศจีน อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เวียดนาม อินเดีย สหรัฐอเมริกา และสาธารณรัฐเกาหลี (World Instant Noodle Association, 2014) แม้ว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำเนื่องจากประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประเภทสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก แต่ยังได้รับความนิยมในการบริโภคสูง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่บริโภคง่ายและสะดวกในการเตรียม ดังนั้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจนำมาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ และพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ สาหร่ายเกลี่ยวทอง (*Spirulina platensis*) เป็นสาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) ที่มีโปรตีนสูง สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร และยังเป็นแหล่งของไฟโทเคมิคอล เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ เป็นต้น (Kadam และ Prabhasankar, 2010) บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ บะหมี่ที่ทำแห้งโดยการทอดในน้ำมัน และบะหมี่ที่ทำแห้งโดยวิธีอื่น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบทอดในน้ำมันมีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสที่เฉพาะ เนื่องจากผ่านกระบวนการทอดในน้ำมันแบบท่วม (deep-frying process) แต่พบว่ามีปริมาณน้ำมันอยู่สูงถึงร้อยละ 15-22 (Wang และคณะ, 2011) บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปทั้ง 2 ประเภทมีกรรมวิธีการผลิตคล้ายกัน

ยกเว้นวิธีการทำแห้งซึ่งบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดนิยมนำมาทำแห้งโดยวิธีการอบด้วยลมร้อน บะหมี่ประเภทนี้จึงน่าจะเหมาะแก่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีไขมันต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม การเติมสาหร่ายเกลียวทองเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของบะหมี่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณสาหร่ายเกลียวทองผงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดในน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมบะหมี่ตามสูตรและวิธีทำที่ดัดแปลงจากวิธีของกุลยาและคณะ (2554) โดยแปรปริมาณสาหร่ายเกลียวทองผงเป็นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้งสาลี นำส่วนผสมแห้งทั้งหมด (แป้งสาลี สาหร่ายเกลียวทองผง เกลือโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมและโพแทสเซียมคาร์บอเนต) มาผสมโดยใช้เครื่องผสมและกำหนดให้ปริมาณความชื้นของส่วนผสมเป็นร้อยละ 37 รีดโดให้มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร และใช้เครื่องทำบะหมี่ตัดให้เป็นเส้นบะหมี่ นำบะหมี่หนัก 70 กรัมใส่ในพิมพ์บะหมี่ นำไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาที แล้วอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55°C นาน 2 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. คุณภาพหลังการต้ม (Cooking quality) ตามวิธี AACC (1995)

- วิเคราะห์เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield)

2. ลักษณะทางกายภาพ

- วัดค่าสีโดยนำบะหมี่แห้งและบะหมี่ต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, รุ่น Miniscan XE Plus) รายงานเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณค่ามุมของเฉดสี (Hue angle) จาก $h^o = \tan^{-1}(b/a)$ และค่าความเข้มสี (Chroma) จาก $c^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$

- วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, รุ่น TA-XT Plus) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่ (Tensile strength) โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Grips (A/ SPR) วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด A/ LKB และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด P/ 35

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ต้มสุกโดยการประเมินความเข้มในด้านสี กลิ่นรสสาหร่าย ความแน่นเนื้อ ความสามารถในการเคี้ยว และการเกาะติด ด้วยวิธี Scoring test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน และประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่า เมื่อปริมาณสาหร่ายเกลียวทองผงเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ความแน่นเนื้อ และความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่มีค่าเพิ่มขึ้น แต่การยึดเกาะที่ผิวหน้ามีค่าลดลง ($p<0.05$, Table 1) ในขณะที่น้ำหนักที่ได้หลังการต้มไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของบะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองผงมีค่าสูงกว่าบะหมี่ที่ไม่เติมสาหร่าย อย่างไรก็ตามบะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองผงร้อยละ 1.0 -2.0 มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มไม่แตกต่างกัน อาจเป็นผลมาจากสาหร่ายเกลียวทองผงมีองค์ประกอบอื่นที่แตกต่างจากแป้งสาลี เช่น เส้นใยอาหารซึ่งอาจรบกวนการเกิดโครงสร้างร่างแหของโปรตีนกลูเตนและสตาร์ชในบะหมี่ ทำให้มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสูงกว่าบะหมี่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน (ไม่เติมสาหร่าย) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของนภาลัย และคณะ (2554) ที่พบว่าบะหมี่มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้นเมื่อเติมใบมะรุมผงเพิ่มขึ้น ส่วนความต้านทานต่อการดึงขาด และความแน่นเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากสาหร่ายเกลียวทองผงมีโปรตีนสูงจึงช่วยเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหกลูเตนโดยเกิดพันธะไดซัลไฟด์กับหมู่ซัลไฮดริลของซีสเทอีนในโปรตีนกลูเตนและเส้นบะหมี่ดูดน้ำได้น้อยลง (Fradique และคณะ, 2010)

ทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวได้อย่างจำกัดและแตกออกได้น้อยลง ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าจึงลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณของสาหร่ายเกลียวทองผงไม่มีผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกโดยบะหมี่ทุกตัวอย่างใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มใกล้เคียงกัน (4.0-4.5 นาที) แต่บะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองผงทุกระดับใช้เวลาในการต้มสุก (4.0 นาที) น้อยกว่าบะหมี่ที่ไม่เติมสาหร่าย

ผลการวัดค่าสีของบะหมี่ที่ไม่ได้ต้มและบะหมี่ต้มสุก พบว่าเมื่อปริมาณสาหร่ายเกลียวทองผงเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเข้มสี (c*) ลดลง แต่ค่ามุมของเฉดสี (h°) เพิ่มขึ้น (Table 2) โดยบะหมี่ที่ไม่ได้ต้มมีค่า h° อยู่ในช่วง 96.28-99.38 และบะหมี่ต้มสุกมีค่า h° อยู่ในช่วง 96.77-103.25 แสดงว่าอยู่ในเฉดสีเหลืองเขียว อาจเป็นผลมาจากสาหร่ายเกลียวทองผงประกอบด้วยรงควัตถุคลอโรฟิลล์ซึ่งให้สีเขียว และไฟโคไซยานินซึ่งให้สีเขียวแกมน้ำเงิน (สมศักดิ์, 2547)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อปริมาณสาหร่ายเกลียวทองผงเพิ่มขึ้น คะแนนความเข้มในด้านสีเขียวกลิ่นรสของสาหร่าย ความแน่นเนื้อ และความสามารถในการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 1) โดยคะแนนความเข้มด้านสีและกลิ่นรสของบะหมี่ที่เติมและไม่เติมสาหร่ายมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่คะแนนความเข้มด้านการเกาะติดของเส้นค่าไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์พบว่าคะแนนความชอบของบะหมี่ทุกตัวอย่างในด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย (Figure 2) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมสาหร่ายในปริมาณเพิ่มขึ้น โดยบะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองผงร้อยละ 2.0 ได้คะแนนต่ำที่สุดสอดคล้องกับผลการทดสอบความเข้มด้านกลิ่นรสของสาหร่ายที่มีคะแนนสูงสุด โดยบะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองผงปริมาณร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกัน ดังนั้น การเติมสาหร่ายเกลียวทองผงร้อยละ 1.5 จึงเป็นปริมาณสูงสุดที่สามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ได้

สรุปผล

สาหร่ายเกลียวทองผงที่มีศักยภาพในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ สามารถนำมาเติมในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดได้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักแป้งสาลี โดยเมื่อปริมาณของสาหร่ายเกลียวทองผงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อของบะหมี่ต้มสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง และบะหมี่ที่เติมสาหร่ายเกลียวทองเพิ่มขึ้น มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มในด้านสีเขียวและกลิ่นสาหร่ายเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2554, ผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 497-500.

นภาลัย ประสิทธิ์เขตรกิจ อโนชา สุขสมบูรณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, ผลของการเติมใบมะรุมผงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่แห้ง, การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ ครั้งที่1: การศึกษาเชิงสร้างสรรค์, กรุงเทพฯ, หน้า 1477-1481.

สมศักดิ์ วรคามิน, 2547, สาหร่ายอาหารของอนาคต, (พิมพ์ครั้งที่ 1), สามเจริญพาณิชย์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป มอก. 271-2548. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9^{th} ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

Fradique, M., Batista, A., Nunes, M., Gouveia, L., Bandarra, N. and Raymundo, A., 2010, Incorporation of *Chlorella vulgaris and Spirulina maxina* Biomass in Pasta Products, Part 1: Preparation and Evaluation, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 1656-1664.

Kadam, S.U. and Prabhasankar, P., 2010, Marine Foods as Functional Ingredients in Bakery and Pasta Products, Food Research International, 43: 1975-1980.

Wang, L., Hoc, G., Hsu, Y.H. and Zhou, L.R., 2011, Effect of Phosphate Salts on the Korean Non-fried Instant Noodle Quality, Cereal Chemistry, 54: 506-512.

World Instant Noodle Association, 2014, Global demand for instant noodle [Online], Available: http://instantnoodles.org/pdf/2014en.pdf [July 25, 2013].

Table 1 Effect of spirulina powder on cooking quality and texture of non-fried instant noodles

Spirulina powder (%)	Cooking loss (%)	Cooking yield ^{ns} (%)	Firmness (g)	Tensile strength (g)	Adhesiveness (g.s)
0	8.56^c ± 0.55	261.58 ± 4.22	196.51^c ± 7.73	13.71^b ± 0.77	96.47^a ± 7.77
0.5	10.09^b ± 0.36	254.90 ± 10.16	227.98^b ± 8.00	15.61^a ± 0.66	75.34^b ± 3.34
1.0	11.70^a ± 0.72	247.65 ± 7.35	242.71^b ± 6.39	15.86^a ± 0.22	63.53^c ± 3.30
1.5	12.12^a ± 0.91	251.12 ± 14.19	264.06^a ±12.36	15.88^a ± 0.63	58.34^{cd} ±1.31
2.0	12.76^a ± 0.45	254.33 ± 11.71	277.31^a ± 4.43	16.61^a ± 0.22	54.78^d ± 2.16

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$).

Table 2 Effect of spirulina powder on color values of uncooked and cooked non-fried instant noodles

Spirulina powder (%)	Uncooked noodle			Cooked noodle		
	L*	c*	h°	L*	c*	h°
0	64.51^a ±1.07	28.79^a ±0.22	86.46^e ±0.22	63.80^a±0.14	28.53^a±0.09	84.84^e±0.23
0.5	53.80^b ±0.23	25.95^b ±0.11	96.28^d ±0.60	48.70^b±0.19	28.04^b±0.10	96.77^d±0.06
1.0	44.87^c ±0.85	25.50^c ±0.12	97.03^c ±0.17	42.99^c±0.09	26.15^c±0.11	99.92^c±0.35
1.5	40.30^d ±0.76	24.47^d ±0.27	98.58^b ±0.28	39.18^d±0.16	24.00^d±0.09	101.56^b±0.63
2.0	35.23^e ±0.97	23.20^e ±0.18	99.38^a ±0.20	35.79^e±0.19	22.80^e±0.01	103.25^a±0.10

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

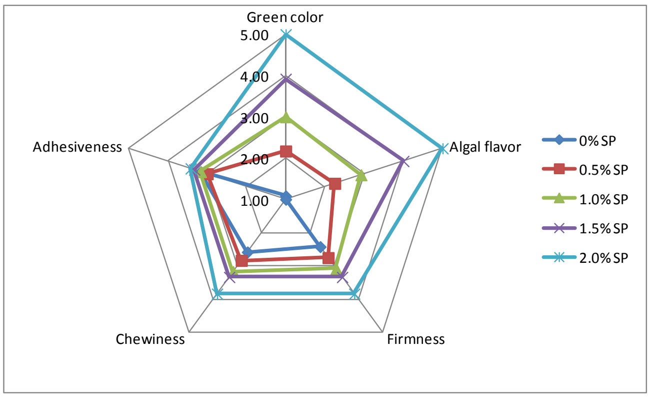


Figure 1 Intensity of sensory attributes of non-fried instant noodles as affected by different levels of spirulina powder (SP) (1= Weak intensity, 5= Strong intensity)

Figure 2 Sensory scores of non-fried instant noodles as affected by different levels of spirulina powder (SP) (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

การศึกษาเบื้องต้นของลักษณะทางกายภาพและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์วงศ์แตงบางชนิด

Preliminary Study of Physical Characteristic and Imbibition of Some Cucurbit Seeds

พิจิตรา แก้วสอน[1] **ปาริฉัตร บุญยืน**[1] **และ ปริยานุช จุลกะ**[1]
Kaewsorn, P.[1], Boonyuen, P.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

Several cucurbit seeds still have problems of seed quality such as low germination and non-uniformity. Imbibition is the first stage, which plays an important role in seed germination process. Thus, the objective of this research was to study of physical characteristics and imbibition in 9 species of vegetable cucurbit seeds, including cucumber, watermelon, melon, snake gourd, angled loofah, pumpkin, bitter gourd, bottle gourd and wax gourd was done at laboratory room, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus during December 2010 to February 2012. Results showed that each type of seed had a different water uptake and duration of saturation water uptake. Water content of pumpkin seeds had the highest (108%), while water content of melon seeds had the lowest (43.25%). Bitter gourd seed had the longest duration of saturation water uptake (47 hours) while cucumber seeds had the shortest duration of saturation water uptake (7 hours).

Keywords: water uptake, duration of water uptake, seed size, thickness of seed coat

บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ผักในวงศ์แตงหลายชนิดยังมีปัญหาคุณภาพของเมล็ด เช่น ความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอ ซึ่งการดูดน้ำของเมล็ดเป็นระยะแรกที่มีความสำคัญในกระบวนการงอกของเมล็ด ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานทดลองนี้เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ผักในวงศ์แตง 9 ชนิด คือ แตงกวา แตงโม แตงเทศ บวบงู บวบเหลี่ยม ฟักทอง มะระ น้ำเต้า และแฟง ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 พบว่า เมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีการดูดน้ำและระยะเวลาในการดูดน้ำที่ระยะอิ่มตัวแตกต่างกัน โดยเมล็ดพันธุ์ฟักทองมีปริมาณน้ำในเมล็ดมากที่สุด (108.85%) ส่วนเมล็ดพันธุ์แตงเทศมีปริมาณน้ำในเมล็ดน้อยที่สุด (43.25%) เมล็ดพันธุ์มะระใช้ระยะเวลาในการดูดน้ำที่ระยะอิ่มตัวนานที่สุด (47 ชม.) ส่วนเมล็ดพันธุ์แตงกวาใช้ระยะเวลาในการดูดน้ำที่ระยะอิ่มตัวเร็วที่สุด (7 ชม.)

คำสำคัญ: การดูดน้ำ ระยะเวลาการดูดน้ำ ขนาดเมล็ด ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

คำนำ

พืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีอยู่ 96 กลุ่ม (genera) และ 750 ชนิด (species) เช่น แตงกวา แตงโม เป็นต้น พืชวงศ์นี้เป็นผักฤดูร้อน มักเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (จานุลักษณ์, 2541) มีการขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด และมักพบปัญหาในการปลูกเนื่องจากเมล็ดงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลต่อการจัดการดูแลระบบเพาะปลูกและการผลิต (เดือนเต็ม และคณะ, 2551) ในกระบวนการงอกของเมล็ดนั้น การดูดน้ำของเมล็ดมีความสำคัญมาก เนื่องจากเกิดขึ้นเป็นกระบวนการแรกและมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ (imbibition) คือกระบวนการที่เมล็ดได้รับน้ำหรือความชื้น ซึ่งเกิดขึ้นเป็นกระบวนการแรกในการงอกของเมล็ดพันธุ์แห้ง การดูดน้ำของเมล็ดประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำมาสัมผัสเมล็ดเฉพาะผิวนอกเท่านั้น (adsorption) และโมเลกุลของน้ำมาสัมผัสที่ผิวนอกของเมล็ดและเข้าไปสู่ส่วนภายในเมล็ดด้วย (absorption) ดังนั้นสำหรับการงอกของเมล็ด absorption จึงมีความสำคัญ (จวงจันทร์, 2529) ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ เช่น ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักเมล็ด สี ขนาดเมล็ด รูปร่าง ผิวสัมผัส เมล็ดพันธุ์ผักในวงศ์แตงหลายชนิดที่ยังมีปัญหาคุณภาพของเมล็ด เช่น ความงอกต่ำ และงอกไม่สม่ำเสมอ ซึ่งกระบวนการงอกของเมล็ดนั้นการดูดน้ำของเมล็ดมีความสำคัญมาก เนื่องจากเกิดขึ้นเป็นกระบวนการแรกและมีผลต่อการงอกและการ

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ**
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok

เจริญเติบโตของเอ็มบริโอ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานทดลองนี้เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ผัก 9 ชนิดในวงศ์แตง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การดูดน้ำของเมล็ด นำเมล็ดพันธุ์ผักในวงศ์แตง 9 ชนิด คือ แตงกวา แตงโม แตงเทศ บวบเหลี่ยม บวบงู มะระ ฟักทอง แฟง และน้ำเต้า โดยมีความชื้นของเมล็ดเริ่มต้นประมาณ 8.3 – 9.1% มาศึกษาการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดแต่ละชนิดแบ่งเป็น 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด บันทึกน้ำหนักเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น จากนั้นนำเมล็ดไปแช่ในน้ำ Reverse Osmosis ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.3 และค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) 48 µS/cm ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ชม. ด้วยการนำเมล็ดออกมาแล้วซับน้ำด้วยกระดาษที่บริเวณผิวเมล็ดให้แห้ง แล้วนำเมล็ดไปชั่งน้ำหนักทันที น้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไป เมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วนำเมล็ดกลับไปแช่ต่อทันที หลังจากนั้นทำซ้ำจนน้ำหนักคงที่ เมล็ดที่แช่น้ำออกมาซับให้แห้งแล้วรีบนำไปชั่งน้ำหนักเมล็ดทันที คำนวณหาปริมาณน้ำในเมล็ดเป็น % จากสูตร

$$W = \frac{(W_i - W_0) \times 100}{W_0}$$

โดย W = ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปหลังจาก i ชม. (%), W_i = น้ำหนักเมล็ดหลังจากดูดน้ำ i ชม. (กรัม), W_0 = น้ำหนักเริ่มแรกของเมล็ดก่อนดูดน้ำ (กรัม)

2. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด (มม.) นำเมล็ดมาผ่าตามแนวขวาง แล้วนำไปส่องภายใต้กล้อง Digital dino-lite บันทึกภาพ และวัดขนาดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้โปรแกรม Dino capture 2.0 และขนาดของเอ็มบริโอ (มม.)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การดูดน้ำของเมล็ด

ในระยะแรกเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว (Figure 1) หลังจากนั้นเมล็ดจะดูดน้ำช้าลงจนถึงระยะอิ่มตัวเป็นระยะเวลาแตกต่างกันและมีปริมาณน้ำภายในเมล็ดแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำในระยะอิ่มตัวนี้เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการงอกของเมล็ด (Table 1) โดยเมล็ดแตงกวาสามารถดูดน้ำและถึงระยะอิ่มตัวได้เร็วภายในระยะเวลาเพียง 7 ชม. เช่นเดียวกับรายงานของ สิริรัตน์ (2553) ส่วนเมล็ดมะระใช้ระยะเวลาในการดูดน้ำที่ระยะอิ่มตัวนานที่สุด คือ 47 ชม. ซึ่งเมล็ดที่สามารถดูดน้ำได้เร็วจะมีแนวโน้มทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกสั้นลงหรือสามารถงอกได้เร็วขึ้น เนื่องจากการดูดน้ำทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ภายในเมล็ด เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่างๆ ภายในเซลล์ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ และเกิดการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมภายในเมล็ดจนเข้าสู่กระบวนการงอกและเจริญเติบโต (Bewley และ Black, 1994) นอกจากนี้การดูดน้ำของเมล็ดแต่ละชนิดทำให้มีปริมาณน้ำภายในเมล็ดแตกต่างกัน (Table 1) โดยเมล็ดฟักทองมีปริมาณน้ำภายในเมล็ดสูงที่สุด คือ 108.85% ส่วนเมล็ดแตงเทศมีปริมาณน้ำภายในเมล็ดน้อยที่สุด คือ 43.25% ซึ่งเมล็ดแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ด เช่น ความหนา-บางของเปลือกหุ้มเมล็ดซึ่งเป็นส่วนควบคุมการเข้าออกของน้ำผ่านเข้าสู่ผนังเซลล์ที่มีความจำเพาะต่อการงอก องค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ด หรือขนาดเมล็ด เป็นต้น (จวงจันทร์, 2529)

2. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด

2.1 น้ำหนัก 100 เมล็ดของเมล็ดพันธุ์ผักทั้ง 9 ชนิดมีความแตกต่างกัน (Table 1) โดยเมล็ดบวบงูมีน้ำหนักมากที่สุด 23.11 กรัม รองมาคือ มะระ (20.28 กรัม) บวบเหลี่ยม (15.83 กรัม) น้ำเต้า (14.52 กรัม) ฟักทอง (13.85 กรัม) แตงโม (3.86 กรัม) แฟง (3.14 กรัม) และแตงกวา (2.21 กรัม) ตามลำดับ ส่วนเมล็ดแตงเทศมีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุด คือ 1.74 กรัม แสดงว่าเมล็ดที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดมากมีขนาดเมล็ดใหญ่กว่าเมล็ดที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อย เมล็ดบวบงู มะระ ฟักทอง น้ำเต้า และบวบเหลี่ยม มีขนาดเมล็ดใหญ่จะมีปริมาณการดูดน้ำสูงและดูดน้ำช้ากว่าเมล็ดขนาดเล็ก อาจเนื่องจากเมล็ดขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับอนุภาคของน้ำมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ จึงได้เปรียบในการดูดน้ำทำให้ดูดน้ำได้เร็วกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ (วันชัย, 2553)

2.2 ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ผัก 9 ชนิดมีความแตกต่างกัน (Table 1) โดยเมล็ดบวบงูมีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุดคือ 0.87 มม. รองลงมา คือ น้ำเต้า บวบเหลี่ยม มะระ ฟักทอง แตงโม แฟง และแตงเทศ ส่วนเมล็ด

แตงกวามีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยสุดคือ 0.07 มม. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดและการดูดน้ำของเมล็ดในระยะอิ่มตัว พบว่า เมล็ดบวบงูมีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมากกว่าเมล็ดมะระ แต่มีปริมาณน้ำในเมล็ดที่ระยะอิ่มตัว (24 ชม.) มากกว่าเมล็ดมะระที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบางกว่า (0.32 มม.) แต่เมล็ดมะระใช้ระยะเวลาในการดูดน้ำจนถึงระยะอิ่มตัวนาน 47 ชม. อาจเนื่องมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดของมะระมีผิวมัน น่าจะมีสาร wax เคลือบอยู่บริเวณผิวเปลือก หรือมีชั้นของเซลล์ที่เรียงตัวกันแน่น จึงทำให้น้ำซึมผ่านได้ยากกว่าเมล็ดบวบงูที่ผิวเปลือกไม่มัน และมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ จึงมีช่องว่างภายในเปลือกมากจึงดูดซับน้ำได้ดี น้ำจึงซึมผ่านเข้าไปได้ดีกว่า ส่วนเมล็ดแตงกวามีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยที่สุดคือ 0.07 มม. สามารถดูดน้ำได้เร็วถึงระยะอิ่มตัวภายในเวลาเพียง 7 ชม.

2.3 ขนาดเอ็มบริโอของเมล็ดพันธุ์ผัก 9 ชนิด สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เมล็ดพันธุ์ที่มีเอ็มบริโอขนาดใหญ่ ได้แก่ มะระ บวบงู น้ำเต้า ฟักทอง และบวบเหลี่ยม ซึ่งมีความกว้าง 5.68-6.95 มม. ความยาว 9.30-12.83 มม. และความหนา 1.08-2.93 มม. ส่วนเมล็ดที่มีเอ็มบริโอขนาดเล็ก ได้แก่ แตงโม แตงเทศ แฟง และแตงกวา ซึ่งมีความกว้าง 3.10-4.55 มม. ความยาว 6.50-9.35 มม. และความหนา 1.23-1.48 มม. (Table 1) ซึ่งเมล็ดแต่ละชนิดที่มีขนาดของเอ็มบริโอแตกต่างกันจะมีปริมาณการดูดน้ำและระยะเวลาการดูดน้ำในระยะอิ่มตัวแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบขนาดของเอ็มบริโอ พบว่า เมล็ดมะระ บวบงู น้ำเต้า ฟักทอง และบวบเหลี่ยมมีขนาดเอ็มบริโอใหญ่จะมีอัตราการดูดน้ำสูงและดูดน้ำช้ากว่าเมล็ดขนาดเล็ก อาจเนื่องมาจากเมล็ดที่มีขนาดเอ็มบริโอใหญ่จะมีส่วนที่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มากกว่าเอ็มบริโอที่มีขนาดเล็ก จึงมีอัตราการดูดน้ำที่สูง เช่น เมล็ดฟักทองมีปริมาณน้ำในเมล็ดสูงถึง 108.85% ส่วนเมล็ดมะระนั้นใช้ระยะเวลาในการถึงจุดอิ่มตัวถึง 47 ชม. ซึ่งนานที่สุดซึ่งอาจเนื่องมาจากเมล็ดมะระมีปริมาณไขมันในเมล็ดสูงถึง 50-65% (Heyes และคณะ, 1993) ส่วนเมล็ดแตงกวามีขนาดของเอ็มบริโอเล็กและยังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบภายในเมล็ดสูง (42%) จึงสามารถดูดน้ำได้เร็ว (Gildemacher และ Jansen, 1993)

สรุปผล

เมล็ดพันธุ์ฟักทองมีปริมาณน้ำในเมล็ดสูงที่สุด (108.85%) ส่วนเมล็ดพันธุ์แตงเทศมีปริมาณน้ำในเมล็ดน้อยที่สุด (43.25%) เมล็ดพันธุ์มะระใช้ระยะเวลาในการดูดน้ำที่ระยะอิ่มตัวนานที่สุด (47 ชม.) ส่วนเมล็ดพันธุ์แตงกวาใช้ระยะเวลาในการดูดน้ำที่ระยะอิ่มตัวเร็วที่สุด (7 ชม.)

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

จานุลักษณ์ ขนบดี, 2541, การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก, พิมพ์ครั้งที่ 2, โอเดียนสโตร์.

เดือนเต็ม ลอยมา ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย ภาณุมาศ ฤทธิไชย และจิตจำนง ทุมแสน, 2551, การศึกษาลักษณะทางกายภาพและอัตราการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ในตระกูล Cucurbitaceae 3 พันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3)(พิเศษ): 377-380.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริรัตน์ ภาคสวรรค์, 2553, คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่คลุกด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bewley, J.D. and Black, M., 1994, Seed: Physiology of Development and Germination, 2nd ed Plenum Press, New York and London.

Gildemacher, B.H. and Jansen, G.J., 1993, *Cucumis sativus* L., pp. 157-160. *In* J.S. Siemonsma and Piluek, K., (eds), PROSEA: Plant Resources of South- East Asia No. 8 Vegetable. PROSEA Foundation, Bogor, Indonesia.

Heyes, M.E.C., Gildemacher, B.H. and Jansen, G.J., 1993, *Momordica* L., *In* J.S. Siemonsma and Piluek, K. (eds), PROSEA: Plant Resources of South- East Asia No. 8 Vegetable. PROSEA Foundation, Bogor, Indonesia, 206-210 p.

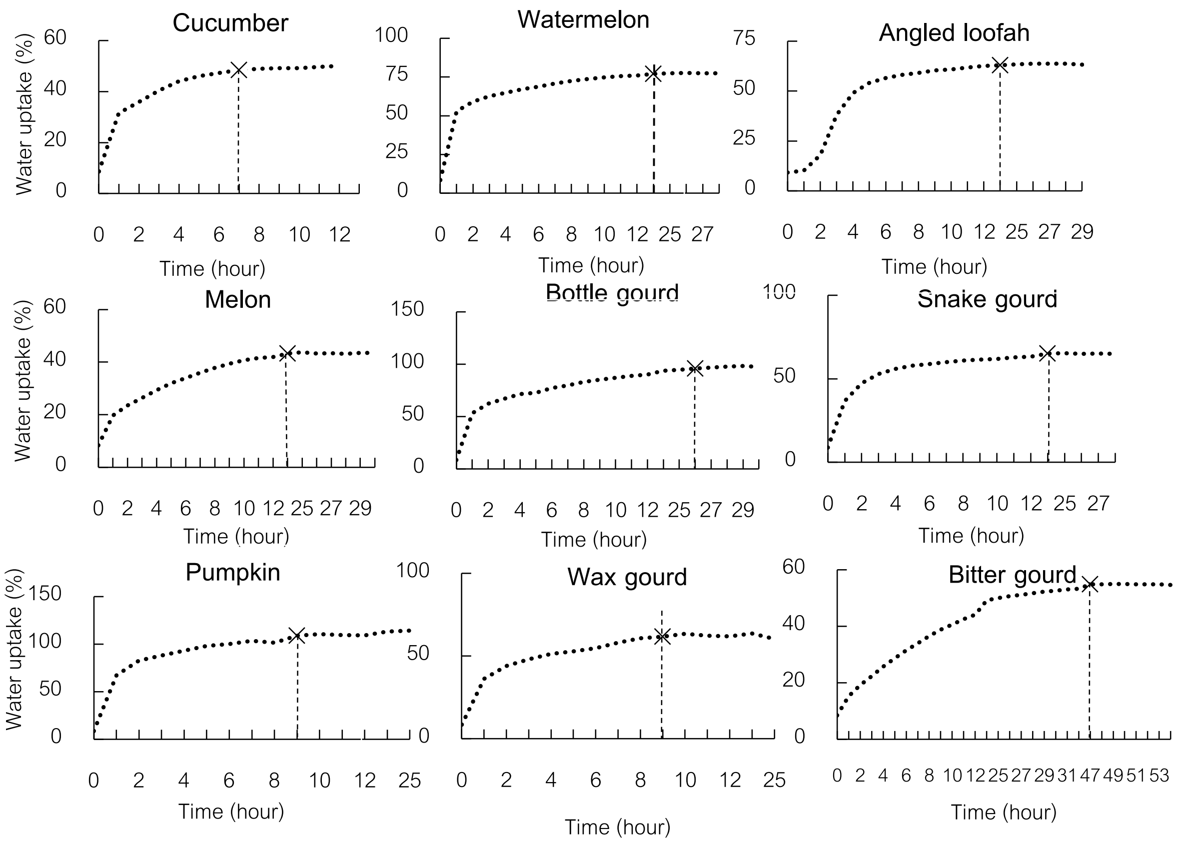


Figure 1 Seed imbibition of cucumber, melon, bottle gourd, pumpkin, watermelon, angled loofah, snake gourd, wax gourd and bitter gourd.

Table 1 Water content, time duration of saturation water uptake, 100 seed weight, seed size, thickness of seed coat and embryo size of cucurbit seeds 9 species.

Species	Water content (%)	Time duration (hour)	100 seed weight (g)	Thickness of seed coat (mm)	Embryo size (mm)		
					Width	Length	Thickness
Pumpkin	108.85	9	13.85	0.25	5.85	12.83	2.10
Bottle gourd	96.11	26	14.52	0.48	6.05	12.03	1.08
Watermelon	77.07	24	3.86	0.25	4.55	7.43	1.43
Snake gourd	65.03	24	23.11	0.87	6.50	10.13	2.38
Angled loofah	62.90	24	15.83	0.33	5.68	9.30	1.90
Wax gourd	61.84	9	3.14	0.23	3.18	6.50	1.30
Bitter gourd	54.81	47	20.28	0.32	6.95	9.40	2.93
Cucumber	48.45	7	2.21	0.07	3.10	9.35	1.48
Melon	43.25	24	1.74	0.14	3.53	7.75	1.23

การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจากการจุ่มด้วยกรดฟูมาริกในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

Changing of Carbohydrate Compounds from Dipping with Fumaric Acid in Fresh-cut Broccoli Florets

พริมา พิริยางกูร[1] ลลิตา นิยมสุข[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Phiriyangkul, P.[1], Niyomsuk, L.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

Nowadays, fumaric acid was used to extend the shelf life of fresh food storage. But no reported the effect of extending the shelf life of fumaric acid dipping with carbohydrates compounds. This research was investigated the compounds of carbohydrates in fresh-cut broccoli after dipping in 0.5, 1.0 and 2.0% of fumaric acid and compared with dipped in distilled water as a control. Stored at 8°C for 8 days, quantities of reducing sugar, total sugar and total non-structure carbohydrate of fresh-cut broccoli packaged in polypropylene plastic bags were determined every 2 days during storage. The quantities of carbohydrate compounds in fresh-cut broccoli were increased at the 2nd days of storage as 5.21 8.05, 5.00-5.70 และ 0.38-0.48 mg/g, respectively. Then decreased at the end of storage, with not differ statistically significantly (P<0.05) on quantities of carbohydrate compounds between control and dipping in 2% of fumaric acid. Dipping with fumaric acid could delayed the loss of carbohydrate compounds in fresh-cut broccoli florets, which extending the shelf-life to 6 days.
Keywords: fumaric acid, fresh-cut broccoli, sugar, carbohydrate compound

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้มีการใช้กรดฟูมาริกมาช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสดให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น แต่ยังไม่มีการศึกษาผลจากการยืดอายุการเก็บรักษาจากการจุ่มด้วยกรดฟูมาริกต่อสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษา การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการจุ่มกรดฟูมาริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปรียบเทียบกับบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มในสารเคลือบกรดฟูมาริก (จุ่มในน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนทุก 2 วัน ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตทั้งสามชนิดในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มเหมือนกัน คือ เพิ่มขึ้นในวันที่สองของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 5.21 8.05, 5.00-5.70 และ 0.38-0.48 mg/g ตามลำดับ และมีปริมาณลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาโดยปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตทุกชนิดของชุดควบคุมและในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการจุ่มกรดฟูมาริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังนั้นการจุ่มกรดฟูมาริกเป็นวิธีการที่ช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตโดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคได้นานถึง 6 วัน
คำสำคัญ: กรดฟูมาริก บร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค น้ำตาล สารประกอบคาร์โบไฮเดรต

คำนำ

บร็อคโคลีเป็นผักตระกูลกะหล่ำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Brassica oleracea var. Italica มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านมะเร็ง วิตามินซีและไฟเบอร์สูงอีกทั้งยังให้พลังงานต่ำ (Chen และคณะ, 2008) ดอกบร็อคโคลีถูกเก็บในขณะที่ดอกยังไม่บาน ดังนั้นหลังการเก็บเกี่ยวดอกบร็อคโคลียังคงมีความต้องการสารอาหาร น้ำและฮอร์โมนต่างๆ เพื่อรักษาสมดุลภายในเซลล์ จึงทำให้ดอกบร็อคโคลีมีความเครียดที่เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ส่งผลให้

[1] **สาขาวิชาชีวเคมี สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**
[1] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] **สาขาวิชาจุลชีววิทยา สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**
[2] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

เกิดการเน่าเสียภายใน 24 ชั่วโมง เนื่องจากมีการชักนำให้เกิดการแสดงออกของยีนหลายตัวที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสีย (Page และคณะ, 2001 and Chen และคณะ, 2008) การเน่าเสียทำให้คุณภาพทางโภชนาการลดลงโดยสูญเสียปริมาณน้ำตาล โปรตีน และเกิดการออกซิเดชันของลิปิด (King และ Morris, 1994; Page และคณะ, 2001) ดอกบร็อคโคลีมีอายุการเก็บรักษา 2-3 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (King และ Morris, 1994) มีหลายเทคนิคที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาดอกบร็อคโคลี เช่น การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (Tosun และ Yucecan, 2008) การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (Vicente และคณะ, 2003) การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ซี (Lemoine และคณะ, 2007) และการใช้สาร 1-methylcyclopropene (Ma และคณะ, 2009) ปัจจุบันมีการใช้กรดฟูมาริกซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษา ช่วยเพิ่มรสชาติอาหาร (Comes และ Beelman, 2002) และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้อีกด้วย (Kim และคณะ, 2009a, 2009b) มีการศึกษาการใช้กรดฟูมาริกเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค Escherichia coli O157:H7 Salmonella typhimurium DT104 และ Staphylococcus aureus ในผักกาด (Kondo และคณะ, 2006) Kim และคณะ (2010) พบว่าการใช้กรดฟูมาริกร่วมกับการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ซี สามารถช่วยรักษาคุณภาพของ สตรอเบอรี่ได้โดยมีการทดสอบทางด้านจุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แต่ยังไม่มีรายงานผลการใช้กรดฟูมาริกในการเก็บรักษาดอกบร็อคโคลี งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการจุ่มกรดฟูมาริกต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในดอก บร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาเทคนิคที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาดอก บร็อคโคลีในแง่โภชนาการต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมดอกบร็อคโคลีและการเคลือบดอกบร็อคโคลีด้วยกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นต่างๆ

ทำความสะอาดและตัดแต่งกลุ่มดอกบร็อคโคลีเป็นช่อดอกเล็กๆ ประมาณ 100 กรัม นำช่อดอกบร็อคโคลีไปจุ่มในกรดฟูมาริก “KEEP LONG FC” (บริษัท Ueno Fine Chemical Industry (THAILAND) จำกัด, ประเทศไทย) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เป็นเวลานาน 3 นาที แล้วผึ่งให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ขนาด 12 ×18 เซนติเมตร ปิดปากถุงด้วยเครื่องผนึกด้วยความ แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ตรวจวัดผลการทดลองทุก 2 วัน เป็นเวลานาน 8 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยมีชุดที่จุ่มน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ตามวิธีการของ Somogyi-Nelson (Nelson, 1944, Somogyi, 1952 และ Hedge และ Hofreiter, 1962) โดยอบบร็อคโคลีจนแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 กรองแล้วนำสารที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ทำโดยนำสารสกัดข้างต้นมาย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกและความร้อน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ทำโดยนำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วมาสกัดด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล และความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส (Smith และคณะ, 1964) จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 7 แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการของ Somogyi-Nelson โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (Green และคณะ, 1989) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10 uv, Spectronic Unicam, New York, USA) โดยใช้น้ำตาล D-glucose เป็นสารมาตรฐานคาร์โบไฮเดรต

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Anova และ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการจุ่มกรดฟูมาริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปรียบเทียบกับการจุ่มในน้ำ-กลั่น (ชุดควบคุม) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตทั้งสามชนิดในบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ในดอกบร็อคโคลีตัด-แต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 5.21-8.05 (Figure 1A), 5.00-5.70 (Figure 1B) และ 0.38-0.48 (Figure 1C) มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตทุกชนิดในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการจุ่มกรดฟูมาริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติจากดอกบร็อคโคลีที่จุ่มในน้ำกลั่น

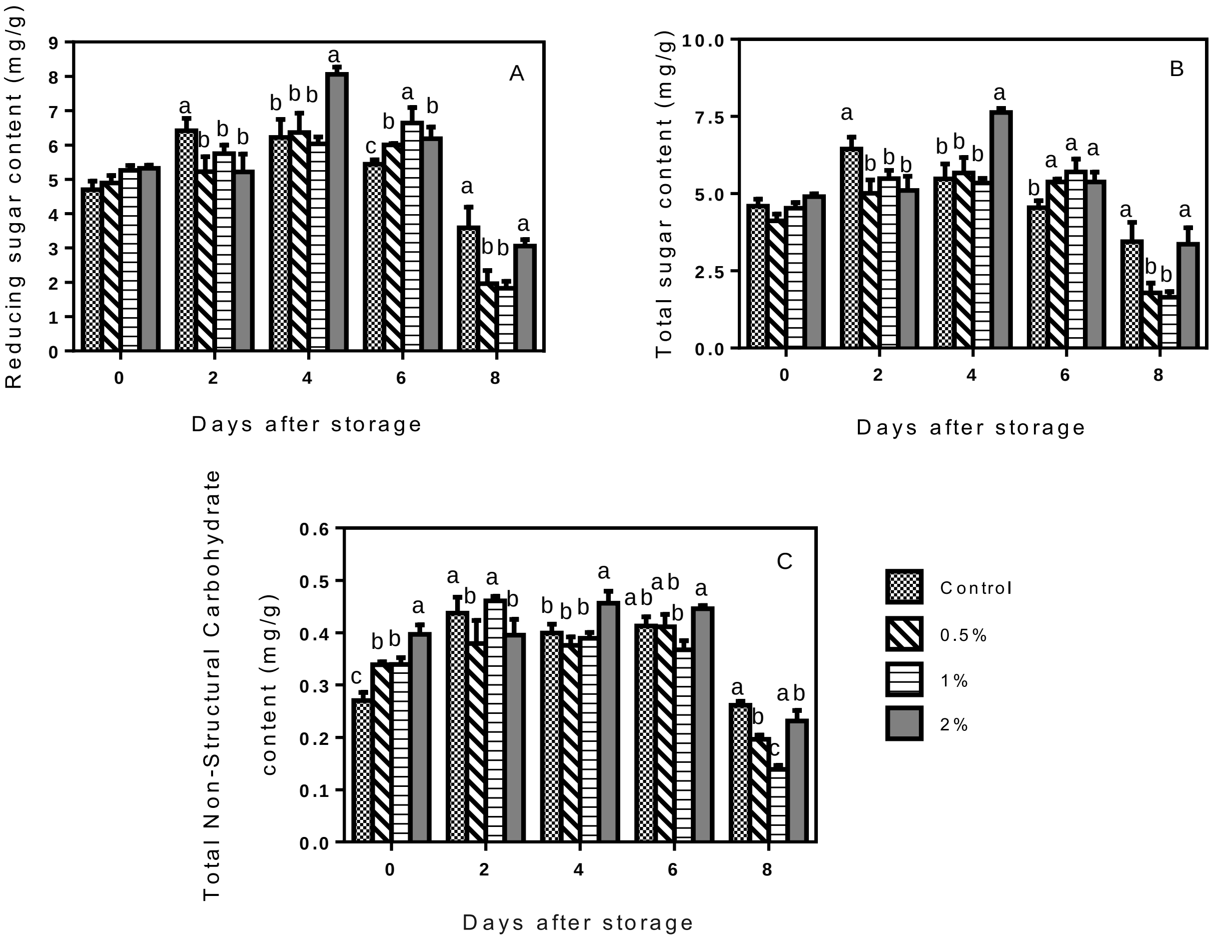


Figure 1 Carbohydrate contents changes (A: reducing sugar; B: total sugar; C: total non-structural carbohydrate) of broccoli florets after dipping with different concentrations of fumaric acid (0, 0.5, 1.0 and 2.0%) during storage at 8°C. Each data is the mean ± standard error of three replicates. Values not sharing a common letter are significantly different at $p < 0.05$.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ในบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาและลดลงในวันสุดท้าย อาจเนื่องมาจากหลังการเก็บเกี่ยวดอก บร็อคโคลียังคงมีอัตราการหายใจและเมเทบอลิซึมสูง เพราะต้องการพลังงานซึ่งได้จากการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการพัฒนาดอกบร็อคโคลีต่อไป (Hasperue และคณะ, 2011) ดังนั้นในช่วงสองวันแรกของการเก็บรักษาจึงพบปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่วันที่แปดของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ของดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากดอกบร็อค-โคลีมีความเครียดจากหลายเหตุปัจจัยส่งผลให้เกิดการเน่าเสียและทำให้คุณภาพทางโภชนาการลดลง (King และ Morris, 1994, Page และคณะ, 2001) งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า การจุ่มกรดฟูมาริกเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาดอก บร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ในดอกบร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่จุ่มในกรดฟูมาริก โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 6 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท Ueno Fine Chemical Industry (THAILAND) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กรดฟูมาริก “KEEP LONG” FC งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2556

เอกสารอ้างอิง

Chen, L.F.O., Lin, C.H., Kelkar, S.M., Chang, Y.M. and Shaw, J.F., 2008, Transgenic Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) with Anti-sense Chlorophyllase (BoCLH1) on Delaying Postharvest Yellowing, Plant Science, 174: 25–31.

Comes, J.E. and Beelman, R.B., 2002, Addition of Fumaric Acid and Sodium Benzoate as an Alternative Method to Achieve a 5-log Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 Populations in Apple Cider, Journal of Food Protection, 65: 476-483.

Green III, F., Clausen, C.A. and Highley, T.L., 1989, Adaptation of the Nelson-Somogyi Reducing-Sugar Assay to a Microassay Using Microtiter Plates, Analytical Biochemistry, 182: 197-199.

Kim, Y.J., Kim, M.H. and Song, K.B., 2009, Efficacy of Aqueous Chlorine Dioxide and Fumaric acid for Inactivating Pre-existing Microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on Broccoli Sprouts, Food Control, 20: 1002–1005.

Kim, Y.J., Kim, M.H. and Song, K.B., 2009, Combined Treatment of Fumaric acid with Aqueous Chlorine Dioxide or UV-C Irradiation to Inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica serovar Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* Inoculated on Alfalfa and Clover Sprouts, LWT-Food Science and Technology, 42: 1654–1658.

Kim, J.Y., Kim, H.J., Lim, G.O., Jang, S.A. and Song, K.B., 2010, The Effects of Aqueous Chlorine Dioxide or Fumaric acid Treatment Combined with UV-C on Postharvest Quality of 'Maehyang' Strawberries, Postharvest Biology and Technology, 56: 254–256.

King, G.A. and Morris, S.C., 1994, Physiological Changes of Broccoli during Early Postharvest Senescence and through the Preharvest–Postharvest Continuum, Journal of the American Society for Horticultural Science, 119: 270–275.

Kondo, N., Murata, M. and Isshiki, K., 2006, Efficiency of Sodium Hypochlorite, Fumaric acid, and Mild Heat in Killing Native Microflora and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Staphylococcus aureus* Attached to Fresh-cut Lettuce, Journal of Food Protection, 69: 323-329.

Hasperue, J.H., Chaves, A.R. and Martinez, G.A., 2011, End of Day Harvest Delays Postharvest Senescence of Broccoli Florets, Postharvest Biology and Technolog, 59: 64-70.

Hedge, J.E. and Hofreiter, B.T., 1962, Determination of Reducing Sugars and Carbohydrates, Methods in carbohydrate chemistry. Vol. I. Analysis and preparation of sugars. Academic, New York. 420 p.

Lemoine, M.L., Civello, P.M., Martínez, G.A. and Chaves, A.R., 2007, Inflence of Postharvest UV-C Treatment on Refrigerated Storage of Minimally Processed Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 1132–1139.

Ma, G., Wang, R., Wang, C.R., Kato, M., Yamawaki, K., Qin, F. and Xu, H.L., 2009, Effect of 1-methylcyclopropene on Expression of Genes for Ethylene Biosynthesis Enzymes and Ethylene Receptors in Post-harvest Broccoli, Plant Growth Regulation, 57: 223–232.

Nelson, N., 1944, A Photometric Adaptation of the Somogyi Method for the Determination of Glucose, Journal of Biological Chemistry, 153: 376-380.

Page, T., Griffiths, G. and Buchanan-Wollaston, V., 2001, Molecular and Biochemical Characterization of Postharvest Senescence in Broccoli, Plant Physiology, 125: 718–727.

Smith, D., Paulsean, G.M. and Raguse, C. A., 1964, Extraction of Total Available Carbohydrates from Grass and Legume Tissues, Plant Physiology, 39: 960-962.

Somogyi, M. 1952, Notes on Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

Song, H.J., Lee, J.H., and Song, K.B., 2011, Effects of Irradiation and Fumaric Acid Treatment on the Inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* Inoculated on Sliced ham, Radiation Physics and Chemistry, 80: 1291–1293.

Tosun, B.N. and Yucecan, S., 2008, Influence of Commercial Freezing and Storage on Vitamin C Content of Some Vegetables, International Journal of Food Science and Technology, 43: 316–321.

Vicente, A.R., Martínez, G. A., Chaves, A.R. and Civello, P.M., 2003, Influence of Self-produced CO_2 on Postharvest Life of Heat Treated Strawberries, Postharvest Biology and Technology, 27: 265–275.

ความงอกของเมล็ดพรรณไม้วงศ์กระดังงา 5 ชนิด

Seed Germination of 5 Species in Annonaceae Family

อนันต์ พิริยะภัทรกิจ[1] ธัญญะ เตชะศีลพิพักษ์[2] เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[2] ปิยะ เฉลิมกลิ่น[3] และ ธานี ศรีวงศ์ชัย[4]

Piriyaphattarakit, A.[1], Taychasinpitrk, T.[2], Wongchaochant, S.[2], Chalermglin, P.[3] and Sreewongchai, T.[4]

Abstract

The Annonaceae family, 5 varieties (*Mitrephora keithii* Ridl., *Mitrephora sirikitiae* Weerasooriya, Chalermglin & R.M.K.Sauders., *Mitrephora tomentosa* Hook., *Uvaria siamensis* (Scheff.) L.L. Zhou, Y.C.F. Su & R.M.K. Saunders. and *Uvaria grandiflora* Roxb. ex Hornem) was studied on the germination rate, at Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani province, during 2013 to 2014 A.D.. The results showed that *U.grandiflora* has the largest fruits, the most of number of sub fruits and seeds, the less time to germination and the highest germination rate. The fruits of *M. sirikitiae* and *M. tomentosa* were not differ, but the numbes of sub fruits and seeds of *M. tomentosa* were more than *M. sirikitiae.* The numbers of fruits and sub fruits on *M. keithii* and *U. siamensis* were smallest. The germination rate of *U. siamensis* was more than *M. tomentosa* and *M. keithii*. While the *M. sirikitiae* had the longest period of germination and the least germination rate. For the growth of one year seedling after germination, showed that *U. grandiflora* was the best growth, followed by the *U. siamensis*, *M. tomentosa*, *M. sirikitiae* and *M. keithii* respectively.

Keywords: *M. keithii* Ridl., *M. sirikitiae*., *M. tomentosa*., *U. siamensis*., *U. grandiflora.*

บทคัดย่อ

ศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพรรณไม้ 5 ชนิด ในวงศ์กระดังงา ได้แก่ กลาย มหาพรหมราชินี มะป่วน นมแมว และกล้วยหมูสัง ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จ.ปทุมธานี ตั้งแต่ พ.ศ. 2556 - 2557 พบว่า กล้วยหมูสังผลมีขนาดใหญ่ที่สุด รวมทั้งจำนวนผลย่อยและเมล็ดมากที่สุด เมล็ดสามารถงอกได้เร็วและเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่าทุกสายพันธุ์ สำหรับผลของมหาพรหมราชินีและมะป่วนมีขนาดใหญ่ไม่แตกต่างกัน แต่จำนวนผลย่อยและเมล็ดของมะป่วนมากกว่ามหาพรหมราชินี ส่วนกลายและนมแมวผลมีขนาดเล็กที่สุด จำนวนผลย่อยน้อย แต่เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดนมแมวมากกว่ามะป่วนและกลาย ในขณะที่มหาพรหมราชินีเมล็ดมีระยะเวลาการงอกยาวนานที่สุดและเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดน้อยกว่าทุกสายพันธุ์ สำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้าภายหลังการงอกช่วงระยะเวลา 1 ปี พบว่า กล้วยหมูสังเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ นมแมว มะป่วน มหาพรหมราชินี และกลาย ตามลำดับ

คำสำคัญ: กลาย มหาพรหมราชินี มะป่วน นมแมว กล้วยหมูสัง

คำนำ

พรรณไม้วงศ์กระดังงา (Annonaceae family) จัดว่าเป็นพรรณไม้ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงมาก ในประเทศไทยพบมากถึง 230 ชนิด (ปิยะ, 2554) แต่ละชนิดดอกจะมีสีสันสวยงามและกลิ่นหอมแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น ลำดวน กระดังงาจีน กระดังงาไทย และสายหยุด เป็นต้น บางชนิดจัดว่าเป็นพืชหายาก เนื่องจากการกระจายพันธุ์ในธรรมชาติยังมีน้อย และเจริญเติบโตค่อนข้างช้า เช่น กลาย นมแมว กล้วยหมูสัง มะป่วน และมหาพรหมราชินี ฯลฯ นอกจากนี้ผลสุกมักตกเป็นอาหารของสัตว์ป่า ส่งผลให้เมล็ดถูกทำลายไปด้วย (ณรงค์, 2544)

---

[1] สาขาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[3] Thailand Institute of Scientific and Technological Research. 35 Mu 3. Technopolis, Khlongha, Khlongluang, Pathumthani 12120

[4] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[4] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

เมล็ดของพรรณไม้วงศ์นี้ส่วนใหญ่มักจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดแข็งทำให้งอกช้า หรือไม่สามารถงอกได้ดีในธรรมชาติ ส่งผลให้มีการกระจายพันธุ์น้อย และจำนวนต้นกล้ามีปริมาณลดลง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาลักษณะของผล จำนวนเมล็ดต่อผล ระยะเวลาและความสามารถในการงอกของเมล็ด รวมทั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า เพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ลดการสูญพันธุ์ เพิ่มปริมาณ และพัฒนาพรรณไม้หายากเหล่านี้สู่วงการไม้ดอกไม้ประดับต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกพรรณไม้วงศ์กระดังงา จำนวน 5 ชนิด คือ กลาย (*Mitrephora keithii* Ridl.) (MK) มหาพรหมราชินี (*Mitrephora sirikitiae* Weerasooriya, Chalermglin & R.M.K.Sauders) (MS) มะป่วน (*Mitrephora tomentosa* Hook.) (MT) นมแมว (*Uvaria siamensis* (Scheff.) L.L. Zhou, Y.C.F. Su & R.M.K. Saunders) (US) และกล้วยหมูสัง (*Uvaria grandiflora* Roxb. ex Hornem) (UG) นำมาปลูกและทดลอง ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จ.ปทุมธานี บันทึกข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลและเมล็ด จำนวนผลย่อยต่อผล ระยะเวลาและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด รวมทั้งอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าภายหลังการงอกเป็นระยะเวลา 1 ปี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สัณฐานวิทยาของผลกระดังงาทั้ง 5 ชนิด พบว่า กลาย ผลอ่อนสีเขียว รูปทรงกระบอก เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีส้มและแดง แต่ละผลประกอบด้วยผลย่อย จำนวนเฉลี่ย 5.00 ผล ผิวเปลือกบางมีขนปกคลุมเล็กน้อย ก้านผลยาวเฉลี่ย 1.00 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล เฉลี่ย 3.25 เซนติเมตร ก้านผลย่อยยาวเฉลี่ย 0.50 เซนติเมตร ผลย่อยมีความยาวเฉลี่ย 3.50 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 1.25 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลม ผิวเรียบเป็นมัน สีน้ำตาล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.50 เซนติเมตร

มหาพรหมราชินี ผลอ่อนสีเขียวเข้ม รูปทรงกระบอก เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง แต่ละผลประกอบด้วยผลย่อยจำนวนเฉลี่ย 5.80 ผล ผิวเปลือกบาง เรียบ และมีขนปกคลุมเล็กน้อย ก้านผลยาวเฉลี่ย 3.00 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล เฉลี่ย 12.50 เซนติเมตร ก้านผลย่อยยาวเฉลี่ย 1.80 เซนติเมตร ผลย่อยมีความยาวเฉลี่ย 9.50 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 2.70 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะแบนรี สีดำ ผิวขรุขระเป็นคลื่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.00 เซนติเมตร

มะป่วน ผลอ่อนสีเขียวเข้ม รูปทรงกระบอกค่อนข้างกลม เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่ละผลประกอบด้วยผลย่อยจำนวนเฉลี่ย 13.00 ผล ผิวเปลือกบาง เรียบ และมีขนปกคลุมเล็กน้อย ก้านผลยาวเฉลี่ย 2.70 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล เฉลี่ย 12.50 เซนติเมตร ก้านผลย่อยยาวเฉลี่ย 3.20 เซนติเมตร ผลย่อยมีความยาวเฉลี่ย 3.50 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 2.50 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลมรี สีน้ำตาลเข้ม ผิวขรุขระเป็นคลื่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.00 เซนติเมตร

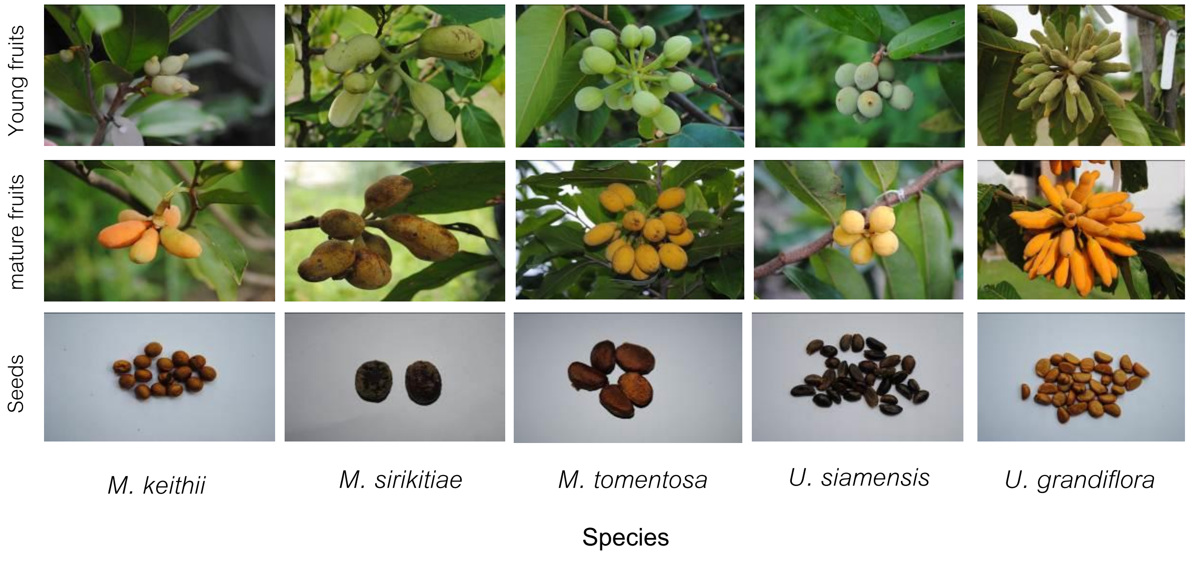


Figure 1 Characteristic of young fruits, mature fruits and seeds of *M. keithii*, *M. sirikitiae*, *M. tomentosa*, *U. siamensis* and *U. grandiflora*.

นมแมว ผลอ่อนสีเขียวเข้ม ทรงกลม เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่ละผลประกอบด้วยผลย่อยจำนวนเฉลี่ย 7.50 ผล ผิวเปลือกบาง เรียบ และมีขนปกคลุมเล็กน้อย ก้านผลยาวเฉลี่ย 1.35 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล เฉลี่ย 3.20 เซนติเมตร ก้านผลย่อยยาวเฉลี่ย 1.20 เซนติเมตร ผลย่อยมีความยาวเฉลี่ย1.58 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 1.23 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลมรี สีน้ำตาลเข้ม ผิวขรุขระเป็นคลื่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.50 เซนติเมตร

กล้วยหมูสัง ผลอ่อนสีเขียว รูปทรงกระบอก เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่ละผลประกอบด้วยผลย่อยจำนวนเฉลี่ย 35.00 ผล ผิวเปลือกหนา เป็นคลื่น ขรุขระ และมีขนปกคลุมเล็กน้อย ก้านผลยาวเฉลี่ย 2.00 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล เฉลี่ย 15.45 เซนติเมตร ก้านผลย่อยยาวเฉลี่ย 2.35 เซนติเมตร ผลย่อยมีความยาวเฉลี่ย 7.50 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 2.20 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลมรี สีน้ำตาล ผิวเรียบมัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.90 เซนติเมตร (Figure 1)

จำนวนเมล็ดต่อผลย่อย พบว่า กล้วยหมูสังมีจำนวนเมล็ดมากที่สุด เฉลี่ย 16.80 เมล็ด รองลงมาคือ มะป่วน นมแมว และมหาพรหมราชินี เฉลี่ย 13.70, 7.20 และ 6.00 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนกลายมีจำนวนเมล็ดต่อผลน้อยที่สุด เฉลี่ย 3.30 เมล็ด

ระยะเวลาและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด พบว่า เมล็ดของกล้วยหมูสังมีระยะเวลางอกเร็วที่สุด เฉลี่ย 30 วัน และเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุด เฉลี่ย 60 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ นมแมว มีระยะเวลางอก เฉลี่ย 45 วัน เปอร์เซ็นต์การงอก เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลายและมะป่วนมีระยะเวลาการงอกไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 60 และ 65 วัน ตามลำดับ แต่มะป่วนมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่ากลาย เฉลี่ย 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่มหาพรหมราชินีมีระยะเวลางอกยาวนานที่สุด เฉลี่ย 120 วัน และความงอกน้อยที่สุด เฉลี่ย 3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะเปลือกหุ้มเมล็ดของมหาพรหมราชินีแข็ง และหนากว่าสายพันธุ์อื่นๆ จึงส่งผลต่อระยะเวลาและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด (Figure 2)

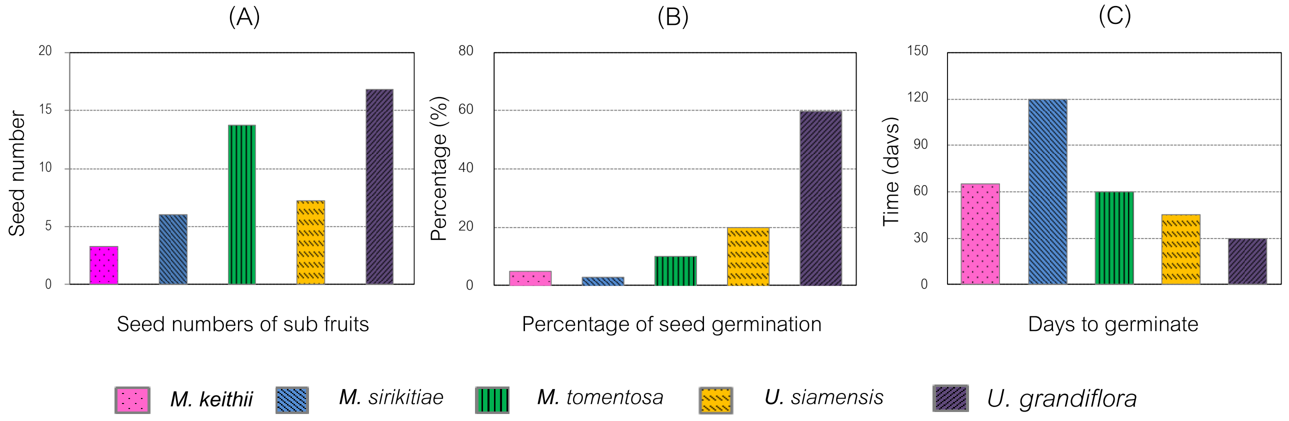


Figure 2 Seeds numbers of sub fruits (A), Percentage of seed germination (B), Days to germinate (C) of *M. keithii*, *M. sirikitiae*, *M. tomentosa*, *U. siamensis* and *U. grandiflora*.

การเจริญเติบโตของต้นกล้าภายหลังการงอกช่วงระยะเวลา 1 ปี พบว่า ต้นกล้ากล้วยหมูสังมีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด ลำต้นมีความสูง เฉลี่ย 60 เซนติเมตร รองลงมาคือ นมแมว เฉลี่ย 50 เซนติเมตร ส่วนมะป่วนและมหาพรหมราชินี ลำต้นมีความสูงไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 40 เซนติเมตร สำหรับกลายมีความสูงของลำต้นต่ำที่สุด เฉลี่ย 30 เซนติเมตร (Figure 3) นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นกล้าของนมแมวและกลายบางต้น สามารถออกดอกได้เมื่ออายุการเจริญเติบโตครบ 1 ปี

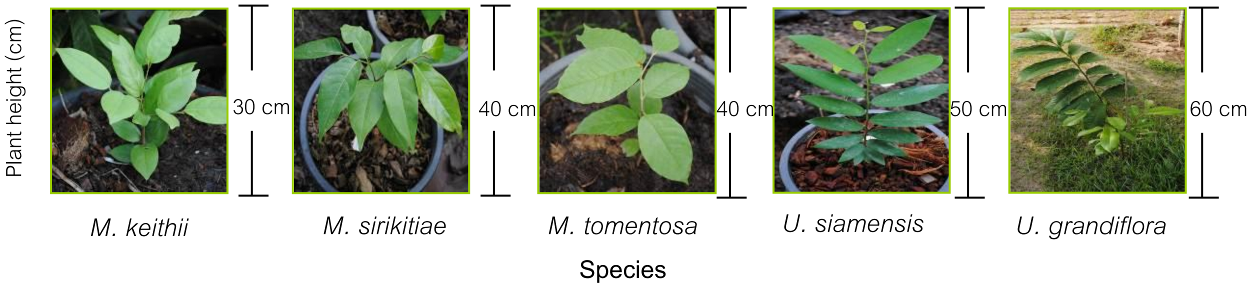


Figure 3 Plant heights of *M. kerithii*, *M. sirikitiae*, *M. tomentosa*, *U. siamensis* and *U.grandiflora* in the first year.

สรุปผล

กล้วยหมูสังผลมีขนาดใหญ่ที่สุด จำนวนผลย่อยและเมล็ดมากที่สุด เมล็ดสามารถงอกได้เร็ว เปอร์เซ็นต์การงอกสูง สำหรับผลของมหาพรหมราชินีและมะป่วนมีขนาดใหญ่ไม่แตกต่างกัน แต่จำนวนผลย่อยและเมล็ดของมะป่วนมากกว่ามหาพรหมราชินี ส่วนกลายและนมแมวผลมีขนาดเล็กที่สุด จำนวนผลย่อยน้อย แต่เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดนมแมวมากกว่ามะป่วนและกลาย ในขณะที่มหาพรหมราชินีมีระยะเวลาการงอกยาวนานที่สุดและความงอกของเมล็ดน้อยกว่าทุกสายพันธุ์ การเจริญเติบโตของต้นกล้าภายหลังการงอกของเมล็ดช่วงระยะเวลา 1 ปี ของกล้วยหมูสังดีที่สุด รองลงมาคือ นมแมว มะป่วน มหาพรหมราชินี และกลาย ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ คูณขุนทด, 2544, การศึกษาทางอนุกรมวิธานของพรรณไม้วงศ์น้อยหน่าในป่าตะวันออก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2554, 100 ชนิด พรรณไม้วงศ์กระดังงาแสนสวย, ห้างหุ้นส่วนจำกัด วุฒิพันธ์การพิมพ์, กรุงเทพ ฯ.

Becker, C.A. and Brink, B.V.D., 1963, Annonaceae. *Fl.* Java. Vol.1, 100 – 116 p.

Kessler, P.J.A., 1993, Annonaceae, *In* Kubitzki, K., Rohwer J.G. and Bittrich, V., The Families and Genera of Vascular Plants, Flowering Plant: Dicotyledons. Spinger-Verlag, Berlin, 93-129 p.

Weerasooriya, A.D., Chalermglin, P. and Saunders, R.M.K., 2004, *Mitrephora sirikitiae* (Annonaceae): A Remarkable New Species Endemic to Northern Thailand, Nordic Journal of Botany, 24: 201-206.

ความมีชีวิตของปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ดมีความสัมพันธ์ต่อระยะการเจริญของเนื้อแก้วในมังคุด

Aril and Seed Viabilities Related to the Developmental Stage of Translucent Pulp in Mangosteen

จุฬาวรรณ ศิริติกุล[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[2]

Siritikul, J.[1], Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1] and Wongs-Aree, C.[2]

Abstract

Translucent flesh, an internal disorder of mangosteen fruit, generally develops during ripening. It was found that aril had a crispy texture and increased firmness while changing from white to translucent. This disorder is typically located in the aril of a large segment. In this research, the relationship between aril and seed viabilities of normal and translucent mangosteen fruits was investigated. Four maturation stages: red pad (RP), reddish brown (RB), purple (P) and dark purple (DP) of mangosteen fruits were harvested and the viability of aril and seed was measured by Triphenyltetrazolium chloride test. Results showed that both aril and seed of translucent mangosteens were high energetic processes which had greater viability than normal fruit. The viability increased from red pad to purple stage then slightly declined in both aril and seed. Hence, we can conclude that the viability of aril and seed is related to translucent pulp development in mangosteen fruit.

Keywords: translucent mangosteen, TTC test, viability

บทคัดย่อ

เนื้อแก้วซึ่งเป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในผลมังคุดส่วนใหญ่พัฒนาระหว่างผลกำลังสุก พบว่าปุยหุ้มเมล็ดมีลักษณะแข็งกรอบและมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นขณะที่มีการเปลี่ยนจากสีขาวเป็นโปร่งแสง ความผิดปกตินี้มักเกิดขึ้นในปุยหุ้มเมล็ดของส่วนกลีบขนาดใหญ่ ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิตของปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ดในมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้ว เก็บเกี่ยวมังคุด 4 ระยะ คือ สายเลือด (RP), น้ำตาลแดง (RB), ม่วง (P) และ ม่วงเข้ม (DP) เพื่อศึกษาความมีชีวิตของปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ดด้วยวิธี Triphenyltetrazolium chloride test ผลการศึกษาพบว่าความมีชีวิตของปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ดของมังคุดเนื้อแก้วมีกระบวนการที่ใช้พลังงานสูงจึงมีความมีชีวิตมากกว่าเนื้อปกติ ความมีชีวิตเพิ่มขึ้นจากระยะสายเลือดจนถึงระยะม่วงแล้วค่อยๆ ลดลงทั้งในปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ด ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่าความมีชีวิตของปุยหุ้มเมล็ดและเมล็ดมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาของเนื้อแก้วในผลมังคุด

คำสำคัญ: มังคุดเนื้อแก้ว การทดสอบความมีชีวิต ความมีชีวิต

Introduction

Tetrazolium staining solution consisting of 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC) and water is widely used as a rapid biochemical test for detecting seed viability of many plant species (Vujanovic *et al*., 2000; AOSA Tetrazolium Subcommittee, 2005). Since TTC functions as receptor of hydrogen ions releasing from cellular respiration and changes from colorless or weakly colored, aqueous solutions to a stable red substance known as formazan, TTC test had also been applied to examine the seed dormancy in jointed goatgrass seed and metabolic activity in dormant apple, pear, peach, plum, persimmon, grape and kiwi buds (Donald, 1994; Berridge *et al*., 2005; Carvalho *et al*., 2010)

Mangosteen, a single fruit developed from a single flower, contains 4-8 segments which vary in size. Its large segment usually contains an apomictic seed while the small segment holds an aborted one.

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

[2] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien Campus, Bangkok 10150 Thailand

Translucent flesh disorder is also typically found in large segment of mangosteen fruit. These symptoms show the flesh alters from white to translucent and textural alters from soft to firm and crisp. Due to it is difficult to distinguish normal fruit from translucent-fleshed one by rind appearance and mangosteen fruit shows a climacteric respiratory pattern during ripening depending on the maturation stage of each segment (Pankasemsuk, 1996; Wongs-Aree and Noichinda, 2014), the present research, therefore, focused on the association between aril and seed viabilities of normal and translucent mangosteen fruits.

Materials and Methods

Four maturity stages depending on their fruit surface color: red pad, red purple, purple and dark purple mangosteen fruits were harvested from Chanthaburi fruit orchard and transported to King Mongkut's University of Technology North Bangkok laboratory within a day. Then, the translucent mangosteen fruits were classified using specific gravity determination method: fruit (80-100 g/fruit weight) was submerged in water containing 4% sodium chloride. The fruit that sank to the bottom of water container indicated that there was translucent flesh inside while floating fruit held the normal flesh (Pankasaemsuk *et al*., 1996). Aril and seed viabilities were determined according to Schaff *et al*. (1987) method by using Triphenyltetrazolium chloride test. Aril or seed was punctured by cork borer (0.5 cm in diameter) and cut into pieces (0.3 cm thickness each). These pieces were soaked in 0.05 M sodium phosphate buffer (pH 7.4) including 0.6 M Triphenyltetrazolium chloride and kept in the dark condition at 30°C for 15 hours. After that, the immersed pieces of aril or seed were placed in 10 ml of 95% ethanol and kept in the dark condition at 60°C for 5 hours. Subsequently, the soaking solution was used for measuring for mazan formation by spectrophotometer at 490 nm. For microscopy investigation, the free-hand cross section of aril or seed was stained in 1% Triphenyltetrazolium chloride for 24 hours. Afterward, aril section was observed under light microscope whereas seed section was examined using stereo microscope.

Results and Discussion

Although mangosteen aril or edible pulp developed from seed coat of normal or aborted seed, the translucent disorder generally occurred in normal seed. In this research, we found that the viability of aril was lesser than seed (Figure 1 and 2). However, liveliness from both sources seemed to have the same tendency depending on their maturity stages. Aril and seed viabilities increased when the fruit surface color changed from red pad to red purple and slightly decreased when the surface color turned into dark purple (Figure 1). It was interesting that both aril and seed of translucent pulp mostly had higher vivacity than those of normal fruit (Figure 1). In translucent pulp of mangosteen, lignification which was enzymatic reaction had recently been reported (Wongs-Aree and Noichinda, 2014). Besides, pericarp moisture content in translucent flesh mangosteen was greater than normal mangosteen (Teerachaichayut *et al*., 2008). Several stress conditions for example over-water loading (promoting anoxia condition) induced phenylalanine ammonialyase and peroxidase activities and lignin accumulation in secondary wall of plant (Lee and Yin, 1995). These enzyme activities and water status possibly reflected the great vitality of translucent fruit. Hence, we concluded from our evidences that there was a connection between the viability of aril and seed and translucent pulp development.

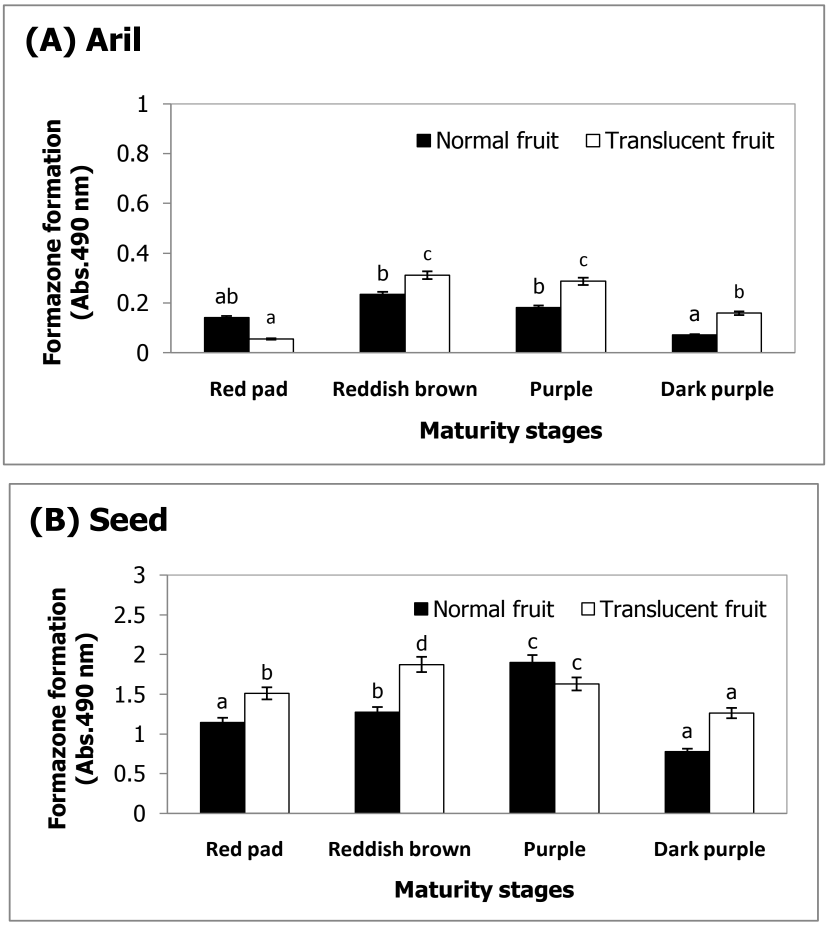


Figure 1 Viability of aril (A) and seed (B) of normal and translucent mangosteen. Data are means of 4 replications±SD. Data marked by same letter over each bar are not significantly different (ANOVA, P<0.05).

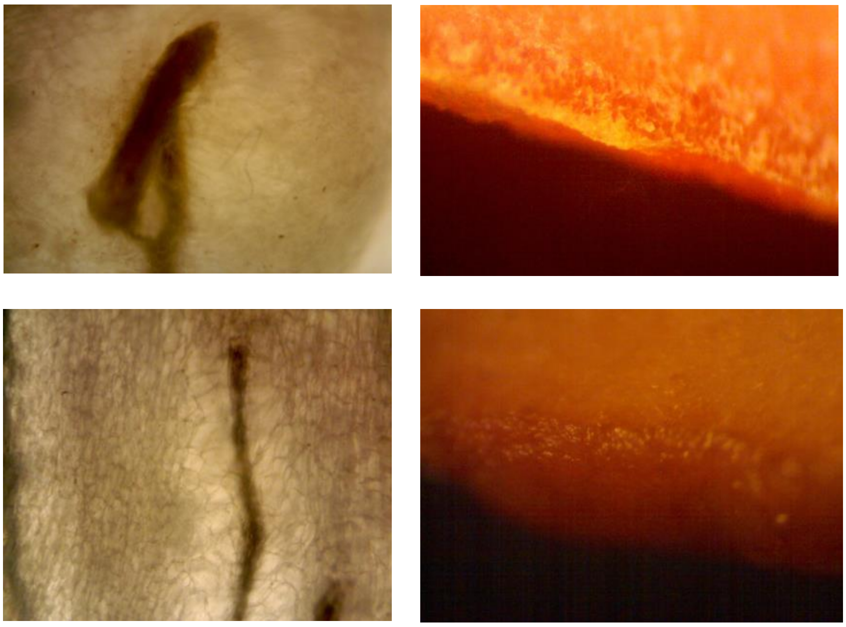


Figure 2 TTC test for aril (left) and seed (right) viabilities of normal (upper) and translucent (lower) mangosteen at purple stage.

Literature cited

AOSA Tetrazolium Subcommittee, 2005, Tetrazolium Testing Handbook (Contribution No. 29), J. Peters (Ed), Association of Official Seed Analysts, USA, 32 p.

Berridge, M.V., Herst, P.M. and Tan, A.S., 2005, Tetrazolium Dyes as Tools in Cell Biology: New insights into their Cellular Reduction, Biotechnological Annual Review, 11: 127-152.

Carvalho, R.I.N., Rendoke, J.C., Biasi, L.A. and Zanette, F., 2010, Metabolic Activity Evaluation of Temperate Tree Fruit Buds by using the Tetrazolium, Acta Horticulturae, 872: 89-96.

Donald, W.W., 1994, A Method of Validating the Tetrazolium Assay for Testing Viability of Dormant Jointed Goatgrass (*Aegilops cylindrica*) Seed, Weed Science, 42(3): 502-508.

Lee, T.M. and Yin, Y.H., 1995, Changes in Soluble and Cell Wall-bound Peroxidase Activities with Growth in Anoxia-treated rice (*Oryza sativa* L.) Coleoptiles and Roots, Plant Science, 106: 1-7.

Pankasemsuk, T., Garner, Jr., Matta, J.O. and Silva, J.L., 1996, Translucent Flesh Disorder of Mangosteen Fruit (*Garcinia mangostana* L.), HortScience, 31(1): 112-113.

Schaff, D.A., Clayberg, C.D. and Milliken, G.A., 1987, Comparison of TTC and Electrical Conductivity Heat Tolerance Screening Techniques in *Phaseolus,* HortScience, 22: 642-645.

Teerachaichayut, S., Terdwongworakul, A. and Pathaveerat, S., 2008, Multiple Parameters for Prediction of Translucent Flesh in Mangosteens, Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, Manuscript FP 08 007, Vol. X, 10 pp.

Vujanovic, V., St-Arnaud, M., Barabé, D. and Thibeault, G., 2000, Viability Testing of Orchid Seed and the Promotion of Colouration and Germination, Annals of Botany, 86(1): 79-86.

Wongs-Aree, C. and Noichinda, S., 2014, Chapter 10 - Postharvest Physiology and Quality Maintenance of Tropical Fruits. In: W.J. Florkowski, R.L., Shewfelt, Brueckner, B. and Prussia (Eds), S.E., Postharvest Handling – A Systems Approach, 3rd Edition, Academic Press, USA, pp. 275-312.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก

Development of Drinking Yoghurt-like Product from Germinated Hom Nil Rice

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] แสงทิพย์ ยอดคำ[1] ณัฐนิช สร้อยยอดทอง[1] และ ปิ่นทอง เม่งกิจ[1]

Tanganurat, P.[1], Yodkum, S.[1], Soiyodthong, N.[1] and Mangkit, P.[1]

Abstract

Drinking yoghurt-like product from germinated Hom Nil rice, which composed of the different ratio of cooked germinated rice to water (1:3, 1:4, 1:5 and 1:6) was conducted. This study evaluated the physicochemical characteristics and sensory properties of rice drinking yoghurt. During fermentation process, pH value was significantly decreased and ranged from 5.6 to 4.2 ($p<0.05$). The highest total acidity found in cooked germinated rice to water in the ratio 1:6 while the ratio 1:3 showed the highest total soluble solids. As determined by appearance, rice drinking yoghurt product showed the light purple color. The results of chemical characteristics indicated that the pH, total acidity, total soluble solids, protein and fat were significantly different ($p\leq0.05$), which the ratios 1:3 showed the lowest total acidity, while the pH, total soluble solids, protein and fat were high. All ratios of cooked germinated rice to water revealed that the number of lactic acid bacteria ranged from 4.56 to 4.65 logCFU/g. However, the ratios 1:5 and 1:6 possess desirable sensory preference scores in terms of flavor.

Keywords: Lactic acid bacteria, Germinated rice, drinking yoghurt-like product

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอกซึ่งมีองค์ประกอบของข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำใน อัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าว ในระหว่างการบ่มพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) อยู่ในช่วง 5.6 ถึง 4.2 ปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุดในอัตราส่วนข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำ 1:6 และที่อัตราส่วน 1:3 พบว่าปริมาณของ แข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด จากการสังเกตลักษณะปรากฏพบว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มมีสีม่วงอ่อน จากนั้นวิเคราะห์ สมบัติทางเคมีแสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด ปริมาณโปรตีน และไขมันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่อัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดต่ำ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าสูง โดยในทุกอัตราส่วนของข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำ พบว่ามีจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกอยู่ในช่วง 4.56 ถึง 4.65 logCFU/g อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส พบว่าข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:5 และ 1:6 ได้รับความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในด้านรสชาติ

คำสำคัญ : แบคทีเรียกรดแลคติก ข้าวกล้องหอมนิลงอก ผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่ม

คำนำ

ข้าวกล้องเป็นสุดยอดอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่ปัจจุบันได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ข้าวกล้องที่นิยมบริโภคมี อยู่หลายสายพันธุ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสายพันธุ์อื่นๆ พบว่าข้าวหอมนิลมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าถึง 7 เท่า ประกอบ ด้วยโปรตีน แคลเซียม ธาตเหล็ก โพแทสเซียม ธาตุสังกะสี ใยอาหาร ซีลีเนียม ไนอะซินสูง (ผาณิต และคณะ, 2555) และสารสี ม่วงเข้มที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ดยังประกอบไปด้วยสาร anthocyanin, proanthocyanidin, bioflavonoids และวิตามินอี ซึ่งเป็น สารต้านอนุมูลอิสระ ยิ่งถ้านำมาทำให้งอกยังช่วยเพิ่มปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะสาร GABA (Gamma Amino Butyric Acid) ได้อีกด้วย (Moongngarm และ Saetung, 2010; Sutharat และ Sudarat, 2012)

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลในสารตั้งต้นเป็นกรดแลคติกเป็นผลิตผลหลัก ได้รับการยอมรับว่าเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย (Generally Recognized As Safe; GRAS) เพื่อยืดอายุของอาหาร มีประโยชน์ในการย่อยอาหาร ขับถ่าย ลดกรดในกระเพาะอาหาร เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ปรับปรุงกลิ่นรส และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Sybesma และคณะ 2006) นอกจากนี้งานวิจัย ของ Juan และ Chou (2010) รายงานว่า กระบวนการหมักสามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ ดังนั้นกระบวนการหมักสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหมักชนิดอื่นๆ ได้

ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์พัฒนาผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ อีกทั้งเพื่อความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่มาจากวัตถุดิบภายในประเทศสามารถเพิ่มมูลค่าและยัง เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้นอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาอัตราส่วนข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำข้าวกล้องงอก โดยวางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ใช้อัตราส่วนของข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำ 1:3, 1:4, 1:5 และ 1:6 ตามลำดับ

การเตรียมกล้าเชื้อโยเกิร์ต นำน้ำข้าวกล้องหอมนิลงอกต่อน้ำในอัตราส่วน 1:3 ผสมกับนมผงปรุงแต่งร้อยละ 5 พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และลดอุณหภูมิลงเป็น 42 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่กล้าเชื้อทางการค้า 0.02 กรัม (เชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส จนมีค่าความกรดเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.0-4.5 จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส ได้กล้าเชื้อโยเกิร์ตข้าวกล้องหอมนิลงอก

การผลิตผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มข้าวกล้องหอมนิลงอก นำข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำในอัตราส่วนต่างๆ ผสมกับนมผงปรุงแต่งร้อยละ 5 เพคตินร้อยละ 6 ผสมให้เข้ากัน และนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซสเซียส นาน 15 นาที และลดอุณหภูมิลงให้เหลือ 42 องศาเซลเซียส เติมกล้าเชื้อร้อยละ 5 ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส จนมีค่าความกรดเป็นกรด-ด่าง 4.0-4.5 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส ได้โยเกิร์ตข้าวกล้องหอมนิลงอก จากนั้นนำโยเกิร์ตข้าวกล้องหอมนิลงอก ผสมกับน้ำเชื่อม (มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 24°Brix) ได้ผลิตภัณฑ์ คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มข้าวกล้องหอมนิลงอก

การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ในระหว่างการบ่มโดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หลังการบ่มทำการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ความข้นหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometers ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีในหน่วย Hunter (L a b) ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด โปรตีน ไขมันตามวิธีของ AOAC (2000) และตรวจนับแบคทีเรียกรดแลคติก รายงานปริมาณเชื้อที่นับได้ ในหน่วย logCFU ต่อกรัม จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Points Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) และวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติทางเคมีในระหว่างการบ่มผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตจากข้าวกล้องหอมนิลงอก

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการบ่มผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกๆ ชั่วโมง จนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0-4.5 หลัง กระบวนการหมักสิ้นสุดลงที่ชั่วโมงที่ 5 ข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำในอัตราส่วน 1:6 มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงมากที่สุด เท่ากับ 4.23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการบ่มข้าวกล้องหอมนิลงอกต่อน้ำ ในอัตราส่วน 1:6 มีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.52 แสดงให้เห็นว่ากล้าเชื้อมีความสามารถในการเจริญเติบโต และผลิต กรดแลคติกได้ดีในน้ำข้าวกล้องงอกที่อัตราส่วน 1:6 มากที่สุด (ไม่แสดงตารางแสดงข้อมูล)

2. คุณภาพกายภาพ-เคมีของโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก

จากการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสมีความข้นหนืดขึ้น สีชมพูอมม่วง มีกลิ่นหมักของข้าวกล้องงอกเล็กน้อย รสหวานอมเปรี้ยว ค่าความหนืด มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำในอัตราส่วน 1:3 มีค่าความหนืดสูงที่สุดเท่ากับ 220.8 เซนติพอยส์ และในอัตราส่วน 1:6 มีค่าความหนืดต่ำที่สุดเท่ากับ 66.0 เซนติพอยส์ ดังแสดงใน Table 1 เนื่องจากข้าวกล้องงอกมีองค์ประกอบของสตาร์ชอยู่ เมื่อมีการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมของน้ำกับสตาร์ชจะแตกออกและเกิด เจลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะข้นหนืด (อรอนงค์, 2538) เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำสูงขึ้นทำให้ความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลง ปริมาณน้ำที่ใช้ในองค์ประกอบของอาหารมีบทบาทมากต่อลักษณะของเนื้อสัมผัส จากการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์คล้าย โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอกทั้ง 4 สิ่งทดลอง ที่อัตราส่วน 1:3 มีปริมาณเนื้อข้าวกล้องหอมนิลงอกอยู่ใน ระดับสูงสุด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L* ลดลง ส่วนค่า a* เป็นบวก แสดงถึงความเป็นสีแดงเพราะองค์ประกอบของส่วน เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องหอมนิลงอกที่เป็นสีม่วงแดง ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสีชมพูเข้มอมม่วง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อม ดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอก พบว่า ค่าความ เป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก กล้าเชื้อในโยเกิร์ตใช้องค์ประกอบของนมผงปรุงแต่ง และข้าวกล้องหอมนิลงอกในการเจริญเติบโต จึงส่งผลให้ค่าความเป็น กรด-ด่างลดลง เนื่องจากมีการสร้างกรดโดยแบคทีเรียกรดแลคติก ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมัน พบว่าข้าวกล้องหอมนิลงอก สุกต่อน้ำ ในอัตราส่วน 1:3 มีค่าโปรตีนและไขมันมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 6.90 และ 0.10 ตามลำดับ ส่วนในอัตราส่วน 1:6 มีค่าโปรตีนและไขมันน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 6.37 และ 0.05 ตามลำดับ เนื่องจากมีอัตราส่วนของน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่องนมเปรี้ยว ระบุว่าโปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 ของ น้ำหนัก และปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 15 ของน้ำหนัก ซึ่งพบว่าทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 2.7 และ ปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 15 ดังแสดงใน Table 2

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกคือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 4.56-4.65 log CFU/g ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าระดับที่กำหนดให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกต้องรอดชีวิตอย่างน้อย 6-7 log CFU/g (สิรสา, 2556) อาจเนื่องมาจากกล้าเชื้อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มักนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์นม ซึ่งอาจไม่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องหอมนิลงอก

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ซึ่งทดสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รสชาติตกค้าง ในปาก และความชอบโดยรวม พบว่ารสชาติและรสชาติตกค้างมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 โดยข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำในอัตราส่วน 1:5 และ 1:6 มีค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องหอมนิลงอกซึ่งมีองค์ประกอบของข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำใน อัตราส่วนต่างๆ พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีม่วงอมชมพู โดยที่อัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดต่ำ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณโปรตีน และไขมันมีค่าสูง เมื่อเทียบกับอัตราส่วน 1:6 และมีจำนวน เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกอยู่ในช่วง 4.56 ถึง 4.65 logCFU/g จากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่าข้าวกล้องหอมนิลงอกสุกต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:5 และ 1:6 ได้รับความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ วิชชุดา สังข์แก้ว และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์, 2555, คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2)(พิเศษ): 173-176.

สิรสา สุมงคล, 2556, การเพิ่มการรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติกโดยวิธีการห่อหุ้มร่วมกับเส้นใยจากพืชหัว, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 90 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538, ผลิตภัณฑ์จากข้าว และคุณค่าทางโภชนาการ, อุตสาหกรรมเกษตร, 2(2): 109-115.

AOAC, 2000, Official Analytical Methods of Analysis. 18^{th}, The association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA, 2200 pp.

Juan, M.-Y., and Chou, C.-C., 2010, Enhancement of Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Content of Black Soybeans by Solid State Fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715, Food Microbiology, 27: 586-591.

Moongngarm, A. and Saetung, N., 2010, Comparison of Chemical Compositions and Bioactive Compounds of Germinated Rough Rice and Brown Rice, Food Chemistry, 122: 782-788.

Sutharut, J. and Sudarat, J., 2012, Total Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of Germinated Colored Rice, International Food Research Journal, 19(1): 215-221.

Sybesma, W., Hugenholtz, J., de Vos, W. M. and Smid, E.J., 2006, Safe Use of Genetically Modified Lactic Acid Bacteria in Food, Bridging the Gap Between Consumers, Green Groups, and Industry, Electronic Journal of Biotechnology, 9(4): 424-448.

Table 1 Changes in the color and viscosity of drinking yoghurt-like product from germinated Hom Nil rice.

Cooked germinate rice to water	Color			Viscosity (cP)
	L^*	a^*	b^*	
1:3	50.90^d	3.07^a	3.03^a	220.80^a
1:4	51.30^c	2.70^b	2.77^b	85.50^b
1:5	51.80^b	2.07^c	2.37^c	84.80^b
1:6	52.13^a	1.50^d	1.97^d	66.00^c

Mean values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Chemical analysis of drinking yoghurt-like product from germinated Hom Nil rice.

Cooked germinate rice to water	pH	%Acidity	Total soluble solid (°Brix)	Protein (%)	Fat (%)
1:3	4.38^a	1.32^d	16.67^a	6.90^a	0.10^a
1:4	4.27^b	1.43^c	15.63^b	6.70^b	0.08^b
1:5	4.21^c	1.48^b	14.67^c	6.52^c	0.07^b
1:6	4.12^d	1.56^a	13.57^d	6.37^d	0.05^c

Mean values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory analysis of the drinking yoghurt-like product from germinated Hom Nil rice.

Cooked germinate rice to water	Color	Odor	Taste	Texture	After taste	Overall acceptance
1:3	6.42	6.20	6.24^b	6.40	6.22^b	6.56
1:4	6.72	6.30	6.62^{ab}	6.52	6.44^{ab}	6.74
1:5	6.70	6.44	6.68^a	6.64	6.50^{ab}	6.80
1:6	6.62	6.50	6.74^a	6.72	6.64^a	6.92

Mean values (n=50) in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

การกำหนดค่าสีมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบและการทำนายอายุการเก็บรักษา

Establishing Color Standard for Fried Jackfruit and Prediction of Shelf Life

ณัฏฐภัทร จันทะวัง[1] อสมาภรณ์ บรรลือโชคชัย[1] นิพร เดชสุข[1] นฤมล สืบสายสิงห์[2] และ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[2]

Janthawang, N.[1], Bunluachokchai, A.[1], Dejsuk, N.[1], Suebsaisigh, N.[2] and Vongsawasdi, P.[2]

Abstract

This research aims to establish the color standard for controlling color quality of fried jackfruit and investigate the cause of deterioration as well as shelf life of the product. The experiments were separated into 2 parts. Firstly, standard color diagram was developed by sensory evaluation and color measurement using color-spectrophotometer for raw material receiving and product quality control. The results showed that the standard color values of raw jackfruit were 61.25-68.19, 7.34-9. 34 and 24.04-26.28 for L*, a* and b*, respectively while those of fried jackfruit were 46.16-64.32, 3.81-9.14 and 21.53-25.86 for L*, a* and b*, respectively. Secondly, fried jackfruit was kept at 30, 40 and 50°C. The samples were periodically taken for physical, chemical and sensory analysis during storage. The results indicated that storage time had significant effects on color (darker color) and odor (rancid odor) of product ($P \leq 0.05$). Fried jackfruit had lower L* value (resulted from Maillard reaction) but higher thiobarbuturic acid (TBA) content (resulted from lipid oxidation) as storage time increased. The reaction kinetics of the browning reaction fitted a zero-order reaction while lipid oxidation followed a first-order reaction. Activation energy of L* parameter was lower than that of TBA reaction which implied that color change was the major cause of deterioration. The shelf life of fried jackfruit was 394 days at 30°C.

Keywords: fried jackfruit, color standard, Maillard reaction, kinetics

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าสีมาตรฐานเพื่อควบคุมคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์และศึกษาสาเหตุของการเสื่อมเสีย รวมทั้งทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ ซึ่งแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการสร้างแผนภาพสีมาตรฐานในการตรวจรับวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำโดยใช้การตรวจสอบทางประสาทสัมผัสควบคู่กับการตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่อง Color-spectrophotometer ผลพบว่าวัตถุดิบควรมีค่า L*, a* และ b* อยู่ในช่วง 61.25-68.19, 7.34-9.34 และ 24.04-26.28 ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบควรมีค่า L*, a* และ b* อยู่ในช่วง 46.16-64.32, 3.81-9.14 และ 21.53-25.86 ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนที่สองทำโดยนำขนุนทอดกรอบมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50°C และสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ผลพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อสีและกลิ่นของขนุนทอดกรอบอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์จะมีค่า L* ต่ำลง (มีสีเข้มขึ้นซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด) แต่มีค่า thiobarbuturic acid (TBA) เพิ่มขึ้น (มีกลิ่นหืนซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน) ผลการศึกษาทางจลนพลศาสตร์พบว่าปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่า L* และ TBA เป็นปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์และอันดับที่หนึ่งตามลำดับ โดยปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่า L* มีค่าพลังงานกระตุ้นสูงกว่า ดังนั้นการเสื่อมเสียของขนุนทอดจึงมีสาเหตุหลักจากการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ สำหรับผลการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์พบว่าขนุนทอดมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 394 วัน ที่อุณหภูมิ 30°C

คำสำคัญ: ขนุนทอดกรอบ ค่าสีมาตรฐาน ปฏิกิริยาเมลลาร์ด จลนพลศาสตร์

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok 10140

[2] บริษัท กรีนเดย์ โกลบอล จำกัด บางพลี สมุทรปราการ

[2] Greenday Global Co., Ltd, Bangplee, Samut prakan

คำนำ

ขนุนทอดกรอบมักประสบปัญหาด้านความสม่ำเสมอของสีผลิตภัณฑ์ ทำให้สูญเสียผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งภายหลังการผลิตทันที โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสีของผลไม้ทอดกรอบ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของสีวัตถุดิบซึ่งเกี่ยวข้องกับระดับความสุก ดังนั้นการลดการสูญเสียจึงสามารถทำได้ตั้งแต่ในขั้นตอนรับวัตถุดิบซึ่งทำโดยตรวจคัดกรองก่อนนำมาแปรรูป อย่างไรก็ตามการตรวจดังกล่าวจำเป็นต้องมีเกณฑ์ช่วยในการตัดสินใจซึ่งการมีแผนภาพหรือตารางค่าสีมาตรฐานจะช่วยให้พนักงานสามารถทำงานได้สะดวก รวดเร็ว และมีความผิดพลาดน้อยลง นอกจากนี้การมีแผนภาพหรือตารางค่าสีมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ก็จะช่วยส่งเสริมให้การควบคุมคุณภาพสีของขนุนทอดกรอบทำได้ดียิ่งขึ้นด้วย สำหรับในส่วนของอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทอด พบว่ามีสาเหตุการเสื่อมเสียจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Jonnalagadda และคณะ, 2001) อย่างไรก็ตามในกรณีขนุนทอดกรอบมักพบว่าผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำในระหว่างการเก็บรักษาด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้นอกจากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าสีมาตรฐานเพื่อการควบคุมคุณภาพแล้วยังศึกษาสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียขนุนทอดกรอบและศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นี้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีสองขั้นตอนขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดหาค่าสีมาตรฐานสำหรับการตรวจรับขนุนสดเข้าโรงงานและค่าสีมาตรฐานของขนุนทอดกรอบซึ่งทำโดยนำตัวอย่างมาประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและมีประสบการณ์จำนวน 6 คน แล้วนำผลที่ได้มาจัดระดับสีและบรรยายความเข้มของสีผิวตัวอย่างควบคู่ไปกับการวัดค่าสีตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี (color-spectrophotometer; Ultrascan XE/IX7, USA) ขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาสาเหตุการเสื่อมเสียและหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ โดยศึกษาไอโซเทิร์มการดูดซับความชื้นและนำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50°C ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาจะสุ่มตัวอย่างมาประเมินคุณภาพทางกายภาพ (วัดค่าเนื้อสัมผัส ค่าสี และค่า a_w) ทางเคมี (วัดค่า TBA โดยใช้วิธีของ Shibata และ Kinumaki, 1979) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี scoring และ hedonic scale นำผลที่ได้มาศึกษาจลนพลศาสตร์ ในเทอมของอัตราเร็วของปฏิกิริยา (rate constant, k) พลังงานกระตุ้น (activation energy, Ea) และ Q_{10} สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติทำโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การกำหนดค่าสีมาตรฐานสำหรับการตรวจรับขนุนสดเข้าโรงงานและขนุนทอดกรอบที่ผ่านกระบวนการทอด

จากผลการทดลองพบว่าสามารถจัดทำแผนภาพแสดงค่าสีมาตรฐานสำหรับขนุนสดได้ 7 ระดับ (Table 1) โดยมีสีไล่ตั้งแต่ สีขาวซีด (ระดับที่ 1) จนถึง สีเหลืองเข้ม เละ ช้ำ (ระดับที่ 7) ขนุนสดที่เหมาะสมในการแปรรูปจะมีสีอยู่ระหว่างระดับที่ 2 และระดับที่ 6 ซึ่งเมื่อนำไปวัดค่าสีจะได้ผลแสดงใน Table 3 ส่วนกรณีสีขนุนทอดกรอบพบว่ามี 9 ระดับ (Table 2) โดยมีสีไล่ตั้งแต่สีขาวซีด (ระดับที่ 1) จนถึงสีเหลืองเข้มจนเห็นสีน้ำตาลอย่างชัดเจน (ระดับที่ 9) และผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องมีสีอยู่ระหว่างระดับที่ 2 และระดับที่ 6 ซึ่งเมื่อนำไปวัดค่าสีจะได้ผลดังแสดงใน Table 3 จากผลการทดลองยังพบว่าค่า ΔE ของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ควรมีค่าไม่เกิน 4.34 และ 11.11 ตามลำดับ (ค่าสีที่ใช้อ้างอิงคำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าสีตัวอย่างวัตถุดิบที่โรงงานใช้ในการแปรรูปและค่าสีของผลิตภัณฑ์ทอดที่ได้มาตรฐานของบริษัท ตามลำดับ) โดยจะเห็นว่าผู้ทดสอบมีแนวโน้มที่จะยอมรับความแตกต่างของเฉดสีในผลิตภัณฑ์ทอดมากกว่าในวัตถุดิบ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทอดส่วนใหญ่มักมีสีน้ำตาลจึงทำให้ผู้ทดสอบเกิดความคุ้นเคยกับเฉดสีในช่วงที่กว้างกว่าปกติ

Table 1 Color standard for raw jackfruit.

รูปภาพ							
ลักษณะ	ระดับที่ 1 สีขาวซีด	ระดับที่ 2 สีขาว ซีดอมสีเหลือง	ระดับที่ 3 สีเหลืองอ่อนอมสีขาวซีด	ระดับที่ 4 สีเหลืองอ่อน	ระดับที่ 5 สีเหลืองทอง	ระดับที่ 6 สีเหลืองเข้มจนเริ่มเห็นสีน้ำตาล	ระดับที่ 7 เละ ช้ำ

Table 2 color standard for fried jackfruit.

รูปภาพ									
ลักษณะ	ระดับที่ 1สี ขาวซีด	ระดับที่ 2 สี เหลืองอ่อน อมสีขาวซีด	ระดับที่ 3 สี เหลืองอ่อน	ระดับที่ 4 สี เหลือง	ระดับที่ 5 สี เหลืองทอง	ระดับที่ 6 สีเหลือง ค่อนข้างเข้ม	ระดับที่ 7 สี เหลืองเข้ม	ระดับที่ 8 สี เหลืองเข้ม จนเริ่มเห็น สีน้ำตาล	ระดับที่ 9 สี เหลืองเข้ม จนเห็นสี น้ำตาล อย่างชัดเจน

Table 3 color standard values for raw and fried jackfruits.

Type	Color value			
	L*	a*	b*	$\Delta E^{*(1,2)}$
Raw jackfruit	61.25-68.19	7.34-9.34	24.04-26.28	1.60-4.34
Fried jackfruit	46.16-64.32	3.58-9.14	21.53-25.86	2.91-11.11

(1,2) Reference colors were calculated from average standard color of raw materials and fried products

การศึกษาสาเหตุการเสื่อมเสียและหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบ

จากการศึกษาไอโซเทิร์มการดูดซับความชื้นของขนุนทอดกรอบพบว่ามีลักษณะเป็นแบบ Flory-Higgins isotherm หรือ J shape (Type III) โดยเส้นกราฟของความชื้นในขนุนทอดกรอบมีความชันเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในช่วงแรก แต่หลังจากที่ขนุนมีค่า a_w มากกว่า 0.5 แล้วพบว่าการเพิ่มค่า a_w เพียงเล็กน้อยจะส่งผลให้ค่าความชันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว (Figure 1) ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นได้อย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (Fennema, 1976) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากขนุนที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีระดับความสุกสูง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงด้วย ดังนั้นเมื่อมีความชื้นสูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง น้ำตาลในผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปผลึกไปอยู่ในรูปอสัณฐานทำให้ดูดซับน้ำได้มากขึ้น (Falade และคณะ, 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีการดูดซับน้ำได้น้อยลงอีกด้วย สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำนายการดูดซับความชื้นของขนุนทอดกรอบคือแบบจำลองของ GAB ซึ่งพบว่ามีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.837 - 0.894 (Figure 2)

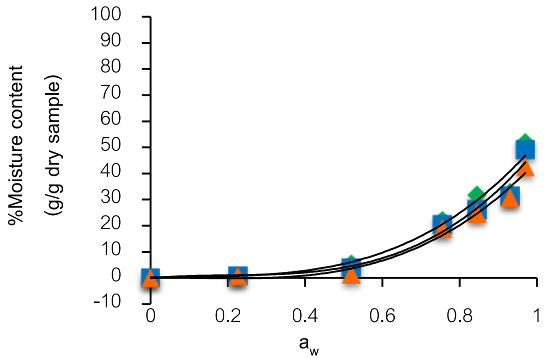


Figure 1 Sorption isotherm of fried jackfruit

◆30 °C ■ 40 °C ▲ 50 °C

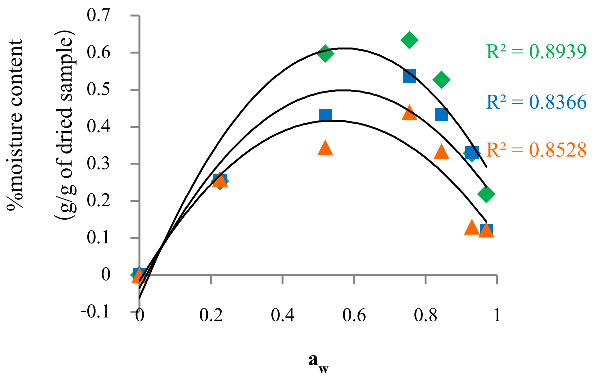


Figure 2 GAB sorption isotherm of fried jackfruit

◆30 °C ■ 40 °C ▲ 50 °C

จากผลการเก็บรักษาขนุนทอดที่อุณหภูมิ 30-50 °C พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า a*, b*, a_w และเนื้อสัมผัสของขนุนทอดกรอบอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) (ไม่ได้แสดงผล) ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ค่า L* ลดลง และค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (Figure 3 และ Figure 4) ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัส กล่าวคือตัวอย่างมีสีเข้มขึ้นและเริ่มมีกลิ่นหืน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำลง (ไม่ได้แสดงผล) สำหรับผลการศึกษาทางจลนพลศาสตร์พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ซึ่งเป็นผลจาก

ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นปฏิกิริยาอันดับที่หนึ่ง (Table 4) จากตารางยังพบว่าค่าพลังงานกระตุ้นของการเปลี่ยนแปลงค่า L* มีค่าต่ำกว่าค่าพลังงานกระตุ้นของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งแสดงว่าการเสื่อมเสียหลักของขนุนทอดกรอบคือการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับค่า Q_{10} ของค่า L* ที่มีค่าสูงกว่า Q_{10} ของค่า TBA ดังนั้นการทำนายอายุการเก็บรักษาของขนุนทอดกรอบจึงนำค่า Q_{10} ของค่า L* มาคำนวณ ซึ่งพบว่าขนุนทอดกรอบจะมีอายุการเก็บรักษา 394 วันที่อุณหภูมิ 30°C

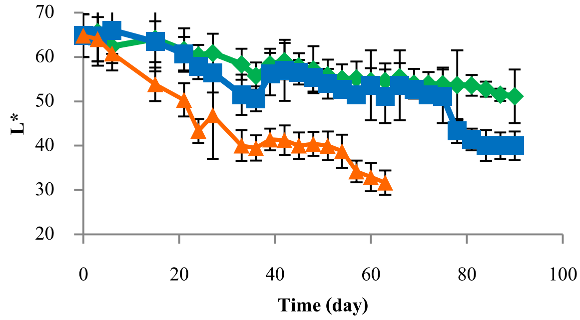


Figure 3 L* of fried jackfruit kept at various temperature during storage period ◆ 30°C ■ 40°C ▲ 50°C

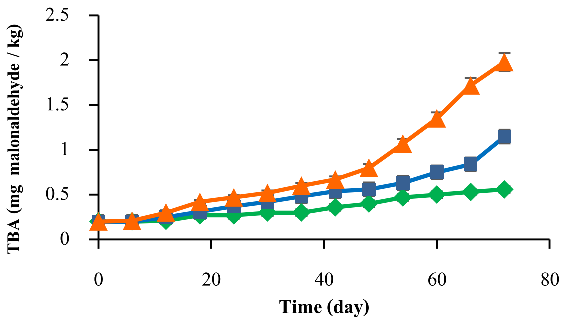


Figure 4 TBA of fried jackfruit kept at various temperatures during storage period ◆ 30°C ■ 40°C ▲ 50°C

Table 4 Kinetics parameters of Maillard reaction (change of L*) and lipid oxidation (change of thiobarbuturic acid (TBA) content) for fried jackfruit

Storage temperature (°C)	L*		TBA	
	0th order		1st order	
	k (day^{-1})	R^2	k (day^{-1})	R^2
30	0.24	0.885	1.57 x 10^{-2}	0.979
40	0.42	0.898	2.32 x 10^{-2}	0.982
50	0.75	0.972	3.15 x 10^{-2}	0.986
Ea	27.35 kJ/mol		45.32 kJ/mol	
Q_{10}^{30-40}	1.75		1.48	

สรุปผล

แผนภาพและตารางค่าสีมาตรฐานการยอมรับขนุนสดมีการไล่ระดับสี 7 ระดับ โดยระดับที่ 2-6 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนขนุนทอดกรอบมีการไล่ระดับสีได้ 9 ระดับ โดยระดับที่ 3-7 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ สำหรับสาเหตุการเสื่อมเสียหลักเกิดจากผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ และผลการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้ค่า Q_{10} ของค่า L* มาคำนวณพบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษา 394 วัน ที่อุณหภูมิ 30°C

คำขอบคุณ

ขอบคุณบริษัท กรีนเดย์ โกลบอล จำกัดที่ให้ความอนุเคราะห์ขนุนสดและขนุนทอดกรอบตลอดการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

Falade, K.O., Adetunji, A.I. and Aworh, O.C., 2003, Adsorption Isotherm and Heat of Sorption of Fresh and Osmo-oven Dried Plantain Slices, European Food Research and Technology, 217: 230-234.

Fennema, O.R., 1976, Principle of Food Science Part 1: Food Chemistry, Marcel Dekker, New York, p. 347-461.

Jonnalagadda, P.R., Bhat, R.V., Sudershan, R.V. and Naidu, A.N., 2001, Suitability of Chemical Parameters in Setting Quality Standards for Deep-fried Snacks, Food Quality and Preference, 1: 223-228.

Shibata, N. and Kinumaki, T., 1979, An Improvement of TBA Procedure as the Measure of the Oxidative Deterioration Occurring in Fish Oils II Intact Sample Procedure, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 4: 505-509.

ผลของอัตราส่วนในการเติมนมและน้ำตาลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชานมอูหลง

Effect of Ratio of Adding Milk and Sugar on Sensory Acceptability of Oolong Milk Tea Product

รัชพล พะวงศ์รัตน์[1] ฤดี หงษ์เจริญ[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Pawongrat, R.[1], Hongjarern, R.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

The objective of this research was to develop Oolong milk tea product. Sensory evaluation using nine-point hedonic scale were evaluated on milky taste, flavor, sweetness, color and overall acceptability of Oolong milk tea added with milk and tea in a different ratio. Experiment 1 was focus on three formula of Oolong milk tea added with different ratio of milk. The formula ratio of tea:milk were 1:10, 1:20 and 1:30. All formulas were added with 2% sugar. Experiment 2 was focused on three formula of Oolong milk tea added with different ratio of sugar. The result of the highest overall acceptability on formula of milk was resulted from Experiment 1 (ratio of milk was 10 parts). So, the ratios of tea:milk:sugar intended to use were 1:10:1, 1:10:2 and 1:10:3. The result showed that the panelist accepted on Oolong milk tea, which the highest score of overall acceptability was 10 parts of milk added in Oolong milk tea (tea:milk:sugar was 1:10:2). The panelist accepted on Oolong milk tea, which the highest score of overall acceptability was 1 part of sugar added in Oolong milk tea (tea:milk:sugar was 1:10:1).

Keywords: oolong milk tea, sensory evaluation, milk, sugar

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชานมอูหลง โดยหาสูตรจากการเติมนมและน้ำตาลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องดื่มชานมอูหลงในด้านรสชาติของนม กลิ่น ความหวาน สี และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (Nine-point hedonic scale) ในการทดลองที่ 1 ผลิตชานมอูหลงที่เติมนมปริมาณต่างๆ กัน จำนวน 3 สูตร ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำหนักของชาต่อนมเท่ากับ 1:10, 1:20 และ 1:30 โดยมีปริมาณน้ำตาลเท่ากับร้อยละ 2 และการทดลองที่ 2 ผลิตชานมอูหลงที่เติมน้ำตาลปริมาณต่าง ๆ กัน จำนวน 3 สูตร โดยเลือกปริมาณนมที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดจากการทดลองที่ 1 (ปริมาณนมเท่ากับ 10 ส่วน) ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำหนักของชาต่อนมต่อน้ำตาลเท่ากับ 1:10:1, 1:10:2 และ 1:10:3 จากการทดลองพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ชานมอูหลงสูตรที่เติมนม 10 ส่วน (สูตรชาต่อนมต่อน้ำตาลเท่ากับ 1:10:2) สูงที่สุด และผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมกับผลิตภัณฑ์ชานมอูหลงสูตรที่เติมน้ำตาล 1 ส่วน (สูตรชาต่อนมต่อน้ำตาลเท่ากับ 1:10:1) สูงที่สุด

คำสำคัญ: ชาอูหลง การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส นม น้ำตาล

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มให้ความสนใจในการรักษาสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยผู้บริโภคจะเลือกรับประทานอาหารที่ดีและมีประโยชน์ เช่น อาหารเสริมหรือวิตามินต่างๆ เพื่อลดน้ำหนัก และเพิ่มความสวยงามให้กับผิวพรรณ เป็นต้น โดยพบว่าเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Healthy drink) เป็นอีกหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์จากชา เช่น ชาเขียว ชาอูหลง ชาดอกไม้ หรือชาผสมน้ำผึ้ง เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ชาแต่ละชนิดมีสรรพคุณที่แตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการสนองตอบต่อความต้องการด้านสุขภาพของผู้บริโภค (วิไลพร, 2551; วริพัสย์ และคณะ, 2552; รัชพล และคณะ, 2555a; 2555b) ปัจจุบันมีการศึกษาและมีรายงานทางวิทยาศาสตร์

---

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**
[1] Division of Biology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] **สาขาวิชาจุลชีววิทยา สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**
[2] Department of Microbiology, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

ที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการบริโภคชา โดยพบว่าชาประกอบด้วยสารประกอบพอลีฟีนอล ได้แก่ flavonoids, flavones, gallic acid, ellagic acid และ anthocyanins เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังมีคุณสมบัติในการขยายหลอดเลือด ลดการอักเสบ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ต้านมะเร็ง ต้านโรคภูมิแพ้ และทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย (ลักขณา และ นิธิยา, 2533; สิริรัตน์, 2552) การบริโภคชามีหลายรูปแบบซึ่งขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคล เช่น การดื่มชาโดยตรง หรือการดัดแปลงเป็นเครื่องดื่มชาโดยเติมนมและน้ำตาล เพื่อเพิ่มความหลากหลายของรสชาติ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการตรวจสอบคุณสมบัติของชาที่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเติมนมและน้ำตาล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการเติมนมและน้ำตาลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชานมอูหลง และเพื่อคำนึงถึงสุขภาพของผู้บริโภคที่ต้องการลดน้ำหนัก งานวิจัยนี้จึงใช้นมข้นชนิดจืด และใช้น้ำตาลไลท์ซูการ์เป็นส่วนประกอบของการผลิตเครื่องดื่มชานมอูหลง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาผลของการเติมนม และน้ำตาลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

เตรียมชาอูหลง (ยี่ห้อชาระมิงค์) โดยนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียดขนาด 80 เมช จากนั้นเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเติมนมที่มีต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส โดยเตรียมชาอูหลงที่เติมนม (นมข้นชนิดจืด ยี่ห้อคาเนชั่น) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตร 303, 133 และสูตร 403 (Table 1) และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการเติมน้ำตาล (ไลท์ซูการ์ ยี่ห้ออายิโนะโมะโต๊ะ) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยเลือกอัตราส่วนของนมที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดจากการทดลองที่ 1 โดยการทดลองที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 สูตร ได้แก่ สูตร 422, 314 และสูตร 205 (Table 2) โดยทั้ง 2 การทดลอง ปรับปริมาตรเครื่องดื่มชาอูหลงให้ได้ 100 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

Table 1 The ratio of milk to Oolong tea and sugar.

Code	Ratio of Oolong tea:milk:sugar (g/ml/g)
303	1:10:2
133	1:20:2
403	1:30:2

Table 2 The ratio of sugar to Oolong tea and milk.

Code	Ratio of Oolong tea:milk:sugar (g/ml/g)
422	1:10:1
314	1:10:2
205	1:10:3

2. การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านประสาทสัมผัส

ศึกษาการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อเครื่องดื่มชาอูหลงในด้านรสชาติของนม กลิ่น ความหวาน สี และความชอบโดยรวม โดยให้ความชอบแบบ 9 คะแนน (nine-point hedonic scale) (Table 3) งานวิจัยนี้ใช้อาสาสมัครที่นิยมบริโภคเครื่องดื่มชาเพื่อสุขภาพ ซึ่งผ่านการฝึกฝนทางด้านการชิม จำนวน 18 คน โดยมีตัวอย่างเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ติดรหัสแตกต่างกันจำนวน 3 ตัวอย่าง และให้ผู้ทดสอบการชิมประเมินความพึงพอใจต่อการบริโภคครั้งละ 3 ตัวอย่าง ทำการทดสอบการชิมจำนวน 2 รอบ ในห้องทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการทดลองด้วย Duncan’s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory score (nine-point hedonic score).

Qualification	Score
Like extremely	9
Like very much	8
Like moderately	7
Like slightly	6
Neither like nor dislike	5
Dislike slightly	4
Dislike moderately	3
Dislike very much	2
Dislike extremely	1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเติมนม และน้ำตาลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องดื่มชานมอูหลงที่เติมนม (Figure 1) และเติมน้ำตาล (Figure 2) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านรสชาติของนม กลิ่น ความหวาน สี และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ชานมอูหลงที่เติมนมและน้ำตาลในสูตร 303 โดยมีอัตราส่วนของชาอูหลงต่อนมต่อน้ำตาลเท่ากับ 1:10:2 (กรัมต่อมิลลิลิตรต่อกรัม) และสูตร 422 โดยมีอัตราส่วนของชาอูหลงต่อนมต่อน้ำตาลเท่ากับ 1:10:1 (กรัมต่อมิลลิลิตรต่อกรัม) แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวม (Overall acceptability) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 6.67±1.28 และ 7.17±1.43 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอัตราส่วนของชาอูหลงต่อนมต่อน้ำตาล มีความใกล้เคียงกันจนเกินกว่าความสามารถทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในการแยกแยะความแตกต่าง ดังนั้นผู้ผลิตจึงควรเลือกสูตรที่มีอัตราส่วนของการใช้นมและน้ำตาลน้อยในการผลิตชานมอูหลงเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

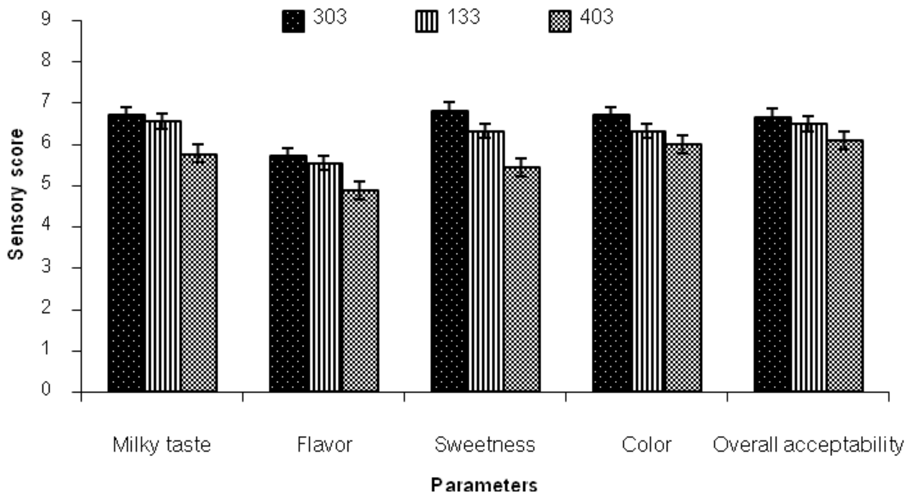


Figure 1 Mean sensory scores evaluated according to the ratio of milk to oolong tea and sugar.

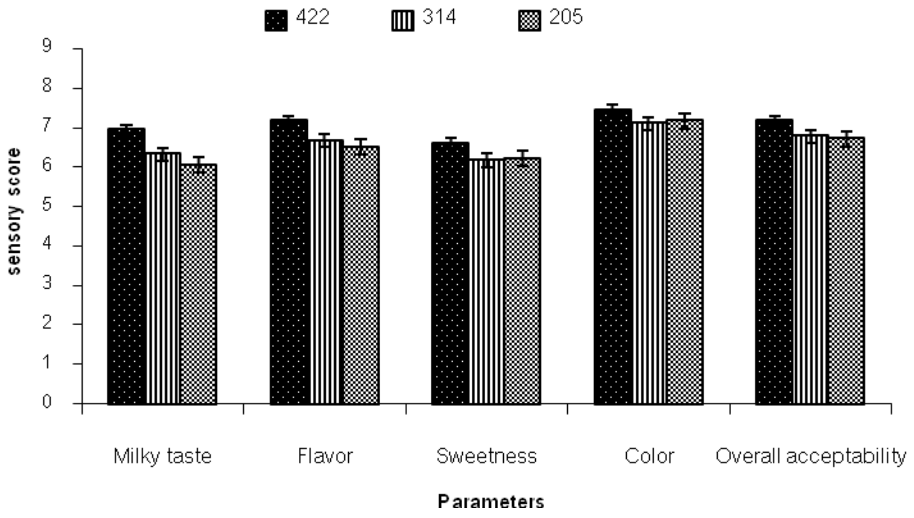


Figure 2 Mean sensory scores evaluated according to the ratio of sugar to oolong tea and milk.

สรุปผล

ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในเครื่องดื่มชานมอูหลงที่เติมนมและชานมอูหลงที่เติมน้ำตาล โดยมีอัตราส่วนของชาอูหลงต่อนมต่อน้ำตาลเท่ากับ 1:10:2 (กรัมต่อมิลลิลิตรต่อกรัม) และ 1:10:1 (กรัมต่อมิลลิลิตรต่อกรัม) ตามลำดับ ซึ่งให้ผลไม่แตกแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชานมอูหลงต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดทอดโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2533, หลักการวิเคราะห์อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 270 หน้า.

วริพัสย์ อารีกุล, กชรัตน์ วงศ์ณรัตน์ และสิริพรรณ กิตตวรพัฒน์, 2552, ความคงตัวของแอนโทไซยานินและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระในน้ำบลูเบอร์รี่และบลูเบอร์รี่เข้มข้น, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, หน้า 499-506.

วิไลพร ปองเพียร, 2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 42 หน้า.

รัชพล พะวงศ์รัตน์, วารินทร์ พากเพียร และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2555, ผลของสูตรเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบแดงเข้มข้นผสมเนื้อลูกพรุนต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3)(พิเศษ): 448-451.

รัชพล พะวงศ์รัตน์, วารินทร์ พากเพียร และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2555b, ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบแดงเข้มข้นผสมเนื้อลูกพรุน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3)(พิเศษ): 560-563.

สิริรัตน์ ใจสาม, 2552, การพัฒนาเครื่องดื่มเสริมสารสกัดเจียวกู้หลาน, วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเกษตร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 256 หน้า.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 577-580 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 577-580 (2557)

การผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟโดยใช้แคลเซียมออกไซด์ของเปลือกปูเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

Biodiesel Production from Spent Coffee Grounds using Calcium Oxide of Crab-shell as Catalyst

วรรณนพ มั่นคง[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]

Mankong, W.[1], Pairintra, R.[2] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

The main objective of this work was to minimize waste from coffee shop and sea food restaurant by using spent coffee grounds as feedstock to produce biodiesel and calcium oxide from crab shell as catalysts. Coffee oil was exacted by hexane and calcium oxide was prepared from calcination of crab shell at 1300°C for 4 hours. The yield of calcium oxide from crab shell was 53%. The reaction of biodiesel production from spent coffee grounds was consisted of two-step esterification. The results showed the amount of coffee oil extracted by hexane was 12.26% w/w and the amount of free fatty acid was reduced from 3.65% to 0.28% by acid-esterification under the esterification conditions at a methanol/oil molar ratio of 12:1, sulphuric acid of 3% v/v, temperature at 60°C and reaction time of 2 hours. Methyl ester yield higher than 90% was obtained with the methanol/oil molar ratio of 12:1, CaO of 5% w/v, temperature at 60°C and reaction time of 1 hour by transesterification reaction.

Keywords: biodiesel, calcium oxide, spent coffee grounds, transesterification

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการผลิตไบโอดีเซลเพื่อลดของเสียจากร้านกาแฟและร้านอาหารทะเลโดยใช้วัตถุดิบคือกากกาแฟเป็นวัตถุดิบและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกปูเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยนำกากกาแฟมาทำการสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกปูที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งได้ปริมาณผลผลิตแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์ร้อยละ 53 โดยปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้คือการทำปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากกากกาแฟประมาณร้อยละ 12.26 โดยน้ำหนัก โดยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระจากร้อยละ 3.65 เป็นร้อยละ 0.28 ภายใต้เงื่อนไข อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตรใช้เวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่าร้อยละ 90 ภายใต้เงื่อนไข อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักใช้เวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล แคลเซียมออกไซด์ กากกาแฟ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการที่เพิ่มขึ้นของการใช้งานน้ำมันดีเซล เป็นส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นได้ถึงการเติบโตของเศรษฐกิจไทย เนื่องจากน้ำมันดีเซลนั้น เปรียบเสมือนแขนละขาของธุรกิจ และอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้น้ำมันดีเซลปริมาณมากในการขนส่งและใช้สำหรับเครื่องจักรบางชนิดภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคการขนส่งของประเทศไทยนั้น ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักในการขับเคลื่อน แต่เนื่องจากน้ำมันดีเซลนั้นเป็นเชื่อเพลิงฟอสซิล ที่ได้จากน้ำมันดิบที่ใช้เวลาเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นเวลาที่ยาวนาน ดังนั้นหากยังคงใช้น้ำมันดีเซลที่เป็นผลผลิตจากน้ำมันดิบ จะส่งผลให้ปริมาณของน้ำมันดิบบนโลกของเราลดลงเรื่อยๆ และอาจถึงจุดวิกฤตได้ในอนาคตอันใกล้ ดังนั้น การค้นคว้าและเสาะหาเชื้อเพลิงที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ในปัจจุบันนี้ก็คือ น้ำมันไบโอดีเซล และเนื่องจากต้นทุนหลักของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลนั้นคือวัตถุดิบ รองลงมาคือตัวเร่งปฏิกิริยา ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้วัตถุดิบที่มีอยู่มากในท้องตลาดของ

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha-utid Road BangmodToongkru, Bangkok 10140.

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 แขวงท่าขาม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

ประเทศไทยซึ่งก็คือ กากกาแฟ เนื่องจากในปัจจุบันกาแฟสดเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมในท้องตลาด ซึ่งสามารถหาซื้อได้สะดวกทั้งตามข้างทาง หรือภายในห้างสรรพสินค้าทั่วไป และสิ่งที่เหลือทิ้งจากธุรกิจร้านกาแฟสดก็คือ กากกาแฟ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกากกาแฟสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ การใช้กากกาแฟในการทำสปา ทำสบู่ หรือใช้เพื่อทำสีย้อมผ้าได้ แต่ยังไม่มีการใช้กากกาแฟในเชิงธุรกิจ ดังนั้น ถ้าหากสามารถนำกากกาแฟที่มีอยู่มากเหล่านี้มาผลิตไบโอดีเซลได้อย่างสมบูรณ์ จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากกาแฟได้อย่างมหาศาล ซึ่งจากงานวิจัยของ Abdullah และ Koc (2012) ได้แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของน้ำมันที่สกัดได้จากกากกาแฟว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลได้ และจากการศึกษางานวิจัยของ ศิริวัฒนา (2556) และ Boey และคณะ (2009) และงานวิจัยอื่นๆ ที่ใกล้เคียง พบว่ามีการนำแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหรือกระดองสัตว์เปลือกแข็งมาผลิตเป็นแคลเซียมออกไซด์เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซลได้ งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้เปลือกปูทะเลที่หาได้ง่ายจากร้านอาหารทะเลทั่วไปมาผลิตเป็นแคลเซียมออกไซด์เพ่อใช้ในงานวิจัยนี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นจากกากกาแฟและใช้แคลเซียมออกไซด์จากการเผาเปลือกปูเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของผลผลิตไบโอดีเซลที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

กากกาแฟในการทดลองนี้ได้มาจากร้านเครื่องดื่มหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางมด (8ttc Café) และร้านเครื่องดื่มภายในโรงอาหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน (ร้านพี่หาญ) ส่วนเปลือกไข่และเปลือกปูนั้นได้จากร้านอาหารทะเลบริเวณใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน ซึ่งกากกาแฟที่ได้มานั้นมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ประมาณ 67% Abdullah และ Koc (2012) และจะต้องทำการอบเพื่อไล่ความชื้นออกที่อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง Al-Hamamreaและคณะ (2012) ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ตัวทำละลายเฮกเซนในการแยกน้ำมันออกจากกากกาแฟที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วเนื่องจากเฮกเซนมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาที่รวดเร็ว โดยการแช่กากกาแฟปริมาณ 5 กรัม ในเฮกเซนปริมาณ 20 มิลลิลิตร ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นจึงทำการกรองแยกส่วนของสารละลาย และกากกาแฟออกและนำไปตากให้แห้งเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำกากกาแฟที่แห้งแล้วมาทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของน้ำหนักของกากกาแฟที่เหลืออยู่เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นของกากกาแฟ โดยการใช้น้ำหนักที่หายไปในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันได้สกัดได้ดังสมการ 1.1 Al-Hamamrea และคณะ (2012)

$$\text{ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของกากกาแฟหลังจากทำการสกัดน้ำมัน} \times 100}{\text{น้ำหนักของกากกาแฟก่อนทำการสกัดน้ำมัน}} \qquad (1.1)$$

เนื่องจากกรดไขมันอิสระเป็นอุปสรรคในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งการจะทำให้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นเป็นไปอย่างสมบูรณ์ได้นั้น ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นควรมีค่าน้อยกว่า 3% ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระตามมาตรฐาน ASTM D5555-95โดยการไตรเตรท โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นนำผลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้มาวิเคราะห์หาปริมาณ FFA จากสมการ 1.2 (สุรัญ, 2556)

$$\text{Free Fatty Acid (\%)} = \frac{\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไตรเตรท} \times N \times 28.2}{\text{น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง}} \qquad (1.2)$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (ในงานวิจัยนี้คือ 0.1 นอมัล)
28.2 คือ ร้อยละโดยน้ำหนักของกรดโอเลอิก

จากการวิเคราะห์ปริมาณ FFA ในน้ำมันที่ได้จากกากกาแฟพบว่าปริมาณ FFA นั้นสูงกว่า 3% ซึ่งสูงกว่าที่จะสามารถทำปฏิกิริยาแบบขั้นตอนเดียวโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ (Encinar และคณะ, 2011) จึงต้องทำการลดปริมาณ FFA ด้วยการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นแบบใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยกรดที่ใช้คือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ภายใต้เงื่อนไขการทำปฏิกิริยา อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.3%โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง (El Sherbiny และคณะ, 2010) ซึ่งผลที่ได้พบว่าปริมาณ FFA นั้นลดลงเหลือต่ำกว่า 1%หลังจากทำปฏิกิริยาแบบใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วจึงนำน้ำมันที่ได้รับการปรับสภาพแล้วมาเข้าสู่ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์คือแคลเซียมออกไซด์(CaO) ที่ได้จากการเผาเปลือกปูที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง (ศิริวัฒนา, 2556) โดยนำน้ำมันที่ได้มาทำการอุ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทำปฏิกิริยา

ภายใต้เงื่อนไขอัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ 5% โดยน้ำหนัก (Boey และคณะ, 2009) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 1 ชั่วโมง หลังจากหยุดปฏิกิริยาด้วยกรด อะซิติก จน pH เป็นกลางแล้วจึงนำไปใส่ในกรวยแยกเพื่อรอให้เกิดการแยกชั้นเป็นเวลา 1 คืน และทำการแยกไบโอดีเซลที่ผลิตได้ออกจากชั้นกลีเซลรอลและแคลเซียมออกไซด์ จากนั้นทำการล้างผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้ด้วยน้ำอุ่นเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซลออก แล้วนำไบโอดีเซลที่ล้างแล้วไปทำการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อระเหยน้ำออกจากนั้นจึงนำไบโอดีเซลที่ล้างแล้วไปเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Sodium sulphate anhydrous) เพื่อดูดความชื้นหรือละอองน้ำที่ติดอยู่ตามขอบภาชนะ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองซ้ำพบว่าปริมาณน้ำมันกากกาแฟที่สกัดได้โดยตัวทำละลายเฮกเซนที่เวลา 30 นาที มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันที่ได้เท่ากับ 12.26% โดยน้ำหนัก ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำกว่างานวิจัยของ Al-Hamamrea (2012) ประมาณ 3.02% โดยที่ Al-Hamamrea (2012) และคณะทำการศึกษาการสกัดน้ำมันจากกากกาแฟด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ กัน โดยที่ผลการศึกษาพบว่าเฮกเซนนั้นให้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุดที่เวลา 30 นาทีคือ 15.28%

Table 1 The amount of Spent Coffee Ground oil extraction by hexane.

Result	1	2	3	AVG	S.D.	%
Before(g)	5	5	5	5	-	-
After(g)	4.36	4.39	4.41	4.39	0.02	-
Missing(g)	0.64	0.61	0.59	0.61	0.02	12.26

จากการไตรเตรทตามมาตรฐาน ASTM D5555-95 นั้นพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 3.65% ดัง Table 2 ซึ่งมีค่าตรงกับงานวิจัยของ Al-Hamamrea (2012)

Table 2 The amount of Free Fatty Acid of Spent Coffee Ground oil by measurement.

Result	1	2	3	AVG	S.D.
NaOH (ml)	6.1	6.8	6.6	6.5	0.29
FFA (%)	3.42	3.81	3.70	3.65	0.17

จากการทดลองโดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดนั้นพบว่า เมื่อนำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ผลปรากฏว่า ปริมาณFFA ปรากฏอยู่ที่ 0.8% ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 1% และให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ 30.2% เมื่อนำน้ำมันที่ได้จากปฏิกิริยาแบบใช้กรดมาทำปฏิกิริยาแบบใช้ด่างโดยใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดพบว่า ปริมาณเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลที่วิเคราะห์ได้โดยเครื่อง HPLC นั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 91.6% ดังใน Figure 1

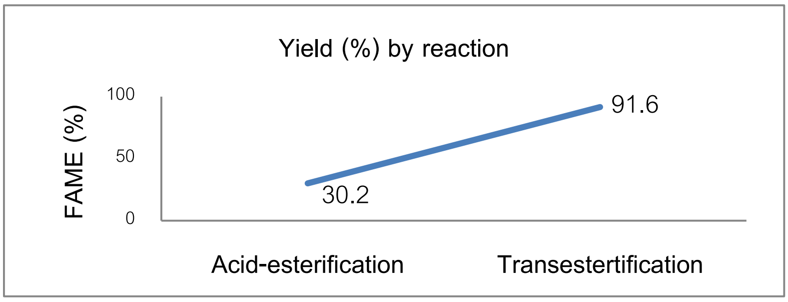


Figure 1 FAME yield (%) of SCG oil by reaction

สรุปผล

จากการทำการทดลองนำกากกาแฟมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์นั้นพบว่า ปริมาณน้ำมันที่ได้จากกากกาแฟโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายในการสกัดอยู่ที่ 12.26% มีปริมาณกรดไขมันอิสระที่ 3.65% เมื่อนำน้ำมันที่สกัดได้มาเข้าสู่กระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบ 2 ขั้นตอนนั้นพบว่า ในขั้นตอนการผลิตแบบใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันจากกากกาแฟได้เปลี่ยนสภาพจากไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ 30.2% และปริมาณกรดไขมัน

อิสระลดลงจาก 3.65% เหลือ 0.8% และเมื่อนำไปเข้าสู่การทำปฏิกิริยาแบบใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลปรากฏว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้คือ 91.6%

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากกากกาแฟที่ใช้นั้นเป็นเป็นกากกาแฟที่ผสมกันทั้งสายพันธุ์โรบัสตา และอาราบิกา จึงควรน่าจะศึกษาถึงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันที่ได้จากกากกาแฟทั้ง 2 สายพันธุ์
2. ควรศึกษาถึงจุดสมมูลของเงื่อนไขที่ใช้ต่างๆเพื่อลดปริมาณการใช้ลงโดยเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาแทน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณร้าน 8ttc café และร้านเครื่องดื่มของพี่หาญที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย ขอบขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ศิริวัฒนา หัทสนธ์, 2556, การผลิตไบโอดีเซลจากเปลือกทิวมะพร้าวโดยใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแครง และเปลือกปูทะเลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุรัญ ชินพัฒนวานิช, 2556, การผลิตไบโอดีเซลจากไขแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 54-56.

Abdullah, M. and Koc, A.B., 2012, Oil Removal from Waste Coffee Grounds using Two-phase Solvent Extraction Enhanced with Ultrasonication, Renewable Energy, 50: 965–970.

Al-Hamamrea, Z., Foerster, S., Hartmann, F., Kröger, M. and Kaltschmitt, M., 2012, Oil Extracted from Spent Coffee Grounds as a Renewable Source For Fatty Acid Methyl Ester Manufacturing, Fuel, 96: 70–76.

Boey, P.-L., Maniam, G.P. and Hamid, S. Abd, 2009, Biodiesel Production via Transesterification of Palm Olein using Waste Mud Crab (*Scylla serrata*) Shell as a Heterogeneous Catalyst, Bioresource Technology, 100(24): 6362-6368.

El Sherbiny, S.A., Refaat, A.A. and El Sheltawy S.T., 2010, Production of Biodiesel using the Microwave Technique, Journal of Advanced Research, 1(4): 309–314.

Encinar, J.M., Sánchez, N., Martínez, G. and García, L., 2011, Study of Biodiesel Production from Animal Fats with High Free Fatty Acid Content, Bioresource Technology, 102(23): 10907-10914.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัขจากสารสกัดสมุนไพร

Development of Dog Tick Spray from Herbal Extracts

สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก[1]
Kongtun Janphuk, S.[1]

Abstract

Dog tick spray contained herbal extract as the acaricide was developed. Five herbal extracts from roots of *Derris elliptica*, roots of *Stemona tuberrosa*, leaves of *Cymbopogon citratus*, seeds of *Annona squamosal* and tubers of *Zingiber cassumunar* were obtained by maceration method with 95% ethanol. Each extract was diluted with distilled water and Tween 80 (1:1) to give the concentration of 2, 5 and 10% for acaricidal assay against *Rhipicephalus sanguineus* using spray on disc method. The *Z. cassumunar* extract at 10% induced 71.4 % mortality of engorged female ticks after 24 hr (compared with 85.7% mortality induced by positive control 5% Fipronil). Nine tick sprays from *Z. cassumunar* extract was formulated and evaluated acaricidal efficacy of each formula. The best result was obtained from the formula of 5% *Z. cassumunar* extract and 2% ethanol in water (w/w) which caused 71.4% mortality of ticks after 24 hr. These results indicated that *Z. cassumunar* can be used as acaricidal ingredients against *R. sanguineus*.

Keywords: herbal extracts, formula development, dog tick spray

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัขจากส่วนผสมสารสกัดสมุนไพร โดยทำการคัดเลือกสมุนไพร 5 ชนิด ได้แก่ รากหางไหลแดง รากหนอนตายหยาก ใบตะไคร้ เมล็ดน้อยหน่าและเหง้าไพล เพื่อมาใช้ทำสารสกัดในการทดลองครั้งนี้ สมุนไพรทั้งหมดได้นำมาสกัดโดยวิธีการหมักกับ 95% เอธานอล สารสกัดที่ได้นำมาเจือจางในน้ำกลั่นผสมกับ Tween 80 ในอัตราส่วน 1:1 จนได้ความเข้มข้นที่ 2 5 และ 10% ก่อนนำไปทำการทดสอบฤทธิ์กำจัดเห็บด้วยวิธี Spray on disc ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดไพลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเห็บดีที่สุด โดยสามารถกำจัดเห็บได้ 71.4% ที่ความเข้มข้นสารสกัด 10% ใน 24 ชั่วโมง (เทียบกับประสิทธิภาพของยา 5% Fipronil ที่สามารถกำจัดเห็บได้ 85.7%) ด้วยเหตุนี้ สารสกัดไพลจึงถูกเลือกเพื่อนำไปพัฒนาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัข 9 สูตรตำรับ ซึ่งได้ทำการทดสอบประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตร พบว่า สูตรที่มีส่วนผสมของสารสกัดไพล 5% และ เอธานอล 2% ให้ประสิทธิภาพการกำจัดเห็บได้ดีที่สุด ที่ 71.14% แสดงให้เห็นว่า สารสกัดไพลสามารถนำไปใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับกำจัดเห็บสุนัขได้

คำสำคัญ: สารสกัดสมุนไพร การพัฒนาสูตร สเปรย์กำจัดเห็บสุนัข

คำนำ

เห็บสุนัข มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rhipicephalus sanguineus* เป็นแมลงที่มักพบเกาะติดแน่นอยู่ตามใต้ขนของสุนัข และพบว่าก่อให้เกิดโรคต่างๆ ในสุนัข เนื่องจากแมลงเหล่านี้ดูดเลือดสุนัขและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นอาหาร มักพบในเขตอากาศอบอุ่น เช่น เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แอฟริกา เป็นต้น เห็บสามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อสัตว์เลี้ยง เช่น ก่อให้เกิดสภาวะโลหิตจาง เกิดบาดแผลบนผิวหนังซึ่งส่งผลให้เกิดแผลติดเชื้อในอนาคต และโรคติดเชื้อพยาธิในเม็ดเลือดต่าง ๆ อีกหลายโรค (Baneth และคณะ, 2001; Nordgren และ Craig, 1984; Dantas-Torres, 2008) ด้วยเหตุนี้ ผู้ที่เลี้ยงสุนัข จึงต้องมีการควบคุมและกำจัดเห็บ เพื่อสุขอนามัยในบ้านและสัตว์เลี้ยง ซึ่งกระบวนการการควบคุมและกำจัดเห็บสุนัขมีหลายวิธี ที่นิยมกันเป็นอย่างมากได้แก่ วิธีการใช้สารเคมีสำหรับกำจัดเห็บหมัด ซึ่งใช้ได้ผลดี แต่มีราคาแพง และทำให้เกิดการต้านยาในภายหลังเมื่อใช้ในระยะยาว (Miller และคณะ, 2007; Olivares-Perez และคณะ, 2011)

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Pipoonsongkram rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

ด้วยเหตุนี้ ทางผู้วิจัย จึงได้ทำการศึกษาฤทธิ์การกำจัดเห็บสุนัขจากสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านของเมืองไทย ได้แก่ รากหางไหลแดง รากหนอนตายหยาก ใบตะไคร้ เมล็ดน้อยหน่าและเหง้าไพล เพื่อคัดเลือกสารสกัดที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัข เป็นการลดการนำเข้ายาจากต่างประเทศ และเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

รากหางไหลแดง รากหนอนตายหยาก ใบตะไคร้ และเหง้าไพล ผู้วิจัยซื้อมาจากร้านเจ้ากรมเป๋อ กรุงเทพฯ เมล็ดน้อยหน่า ได้จากการนำเมล็ดจากผลสุก ที่ซื้อมาจากจังหวัดนครราชสีมา

รากหางไหลแดง รากหนอนตายหยาก ใบตะไคร้ และเหง้าไพล นำมาทำความสะอาด แล้วทำการหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง สมุนไพรที่อบแล้ว นำไปบดหยาบก่อนทำการสกัดด้วยแอลกอฮอล์

เมล็ดน้อยหน่า นำมาตำให้พอแหลก อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง สมุนไพรที่อบแล้ว นำไปบดหยาบก่อนทำการสกัดด้วยแอลกอฮอล์

ทำการสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดโดยวิธีการหมักด้วย 95% เอธานอล โดยใช้สมุนไพรบดหยาบ 500 กรัม ต่อเอธานอล 1,500 มิลลิลิตร หมักในโถแก้วเป็นเวลา 7 วัน สารสกัดที่ได้นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกและทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator สารสกัดเข้มข้นที่ได้นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น: tween80 ในอัตราส่วน (1:1) ให้มีความเข้มข้น 10% w/w ก่อนนำไปใช้สำหรับทำการทดลองต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเห็บสุนัขของสารสกัดและผลิตภัณฑ์ ทำโดยนำเห็บสุนัขโตเต็มวัยที่ได้จากตัวสุนัข นำมาไว้ในโหลแก้วปากกว้างที่ปิดปากโหลด้วยผ้าด้ายดิบ เห็บสุนัขที่ได้นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นและทิ้งให้แห้งบนกระดาษกรองก่อนทำการศึกษา

สารสกัดที่นำมาทดสอบนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น: tween 80 ในอัตราส่วน (1:1) จนได้ความเข้มข้น 2 5 และ 10% w/w นำสารละลายของสารสกัดที่จะทดสอบ 2 มิลลิลิตรใส่ลงใน Petri dish (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 2 ซม.) ที่มีกระดาษกรองวางอยู่ นำตัวอย่างเห็บสุนัข 7 ตัวปล่อยลงใน Petri dish โดยทำการสเปรย์ซ้ำด้วยสารละลายของสารสกัดที่ทำการทดสอบอีก 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำ Petri dish ใส่ลงไปใน incubator โดยทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% เฝ้าสังเกตผลของสารสกัดที่มีต่อเห็บสุนัข ในช่วงเวลา 0.5 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ทำการบันทึกจำนวนเห็บสุนัขที่รอดชีวิตในแต่ละช่วง ในการทดสอบนี้ได้ใช้ Fipronil เป็น positive control และใช้น้ำกลั่นเป็น negative control สารสกัดสมุนไพรที่ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด จะถูกคัดเลือกเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัขต่อไป

ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดเห็บสุนัขของสารสกัดสมุนไพรแต่ละชนิด พบว่า สารสกัดไพลที่ความเข้มข้น 10% w/w ให้ค่าการออกฤทธิ์กำจัดเห็บดีที่สุด (71.4%) แต่ยังน้อยกว่า Fipronil (85.7%) ซึ่งใช้เป็น positive control ผลการทดสอบแสดงใน Table 1

จากผลการทดสอบปรากฏว่า สารสกัดไพลมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสารสกัดชนิดอื่น จึงได้ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในการพัฒนาสูตรตำรับสเปรย์กำจัดเห็บสุนัข โดยใช้สารสกัดไพลความเข้มข้น 2 5 และ 10% ผสมกับ เอธานอล 1, 2 และ 3% นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดเห็บอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดไพล 5% ผสมกับเอธานอล 2% มีประสิทธิภาพในการกำจัดเห็บสุนัขได้ดีที่สุดเท่ากับ 71.42% แต่ยังน้อยกว่า Fipronil ที่เป็น positive control (85.70%) ผลการทดสอบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด แสดงใน Table 2

วิจารณ์และสรุปผล

สารสกัดไพลให้ผลการออกฤทธิ์กำจัดเห็บสุนัขได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารสกัดสมุนไพรอื่นๆ โดยที่ค่าความเข้มข้นของสารสกัดไพล 10% ออกฤทธิ์กำจัดเห็บได้ดีที่สุด แต่เมื่อนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัขโดยมีส่วนผสมร่วมเป็นเอธานอล พบว่า สารสกัดไพล 5% ร่วมกับเอธานอล 2% ให้ผลในการทดสอบฤทธิ์กำจัดเห็บสุนัขได้ดี แม้จะใช้ความเข้มข้นของสารสกัดในปริมาณที่ลดลง จึงควรมีการศึกษาพัฒนาสูตรตำรับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเห็บสุนัข ให้มีการออกฤทธิ์ได้ยาวนานและมีประสิทธิภาพดีขึ้นต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557 และขอขอบคุณคุณกนก อยู่ฤทธิพันธุ์ คุณณัฐพล บุญมา และคุณจุฑามาศก์ แสงไสย์ ศูนย์พัฒนายาไทย แพทย์แผนไทย กระทรวงสาธารณสุข ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Baneth, G., Samish, M., Alekseev, E., Aroch, I., and Shkap, V., 2001, Transmission of *Hepatozoon canis* to Dogs by Naturally-Fed or Perculaneously Injected *Rhipicephalus sanguineus* Ticks, Journal Parasitol, 87(3): 606-611.

Dantas-Rorres, F., 2008, The brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae): from taxonomy of control, Veterinary Parasitology, 152: 173-185.

Miller, R.J., Davey, R.B., and George, J.E., 2007, First report of permethrin-resistant *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) collected within the United States. Journal of Medical Entomology, 44: 308-315.

Nordgren, R.M., and Craig, T.M., 1984, Experimental Transmission of The Texas Strain of *Hepatozoon Canis*, Veterinary Parasitology, 16: 207-214.

Olivares-Perez, J. Rojas-Hernandez, S., Valencia-Almazan, M.T., Buierrez-Segura, I. and Mireles-Martinez, E.J., 2011, Prevalance of Resistant Strains of *Rhipicephalus microplus* to Acricides in Cattle Ranch in the Tropical Region of Tecpan, Pakistan Veterinary Journal, 31: 366-368.

Table 1 Efficiency of n removing ticks of various herbal extracts

Herbal Extracts	Fumigation time				Total number of dead dog tick	Percentage of dog tick removal
	0.5 hr	1 hr	12 hr	24 hr		
Fipronil (Positive Control)	0	1	3	6	6	85.7
Distilled water (Negative Control)	0	0	0	0	0	0
D. elliptica root extract 2%	0	0	1	2	2	28.57
D. elliptica root extract 5%	0	0	1	2	2	28.57
D. elliptica root extract 10%	0	0	2	3	3	42.85
S. tuberrosa extract 2%	0	0	1	3	3	42.85
S. tuberrosa extract 5%	0	1	2	4	4	57.14
S. tuberrosa extract 10%	0	0	2	3	3	42.85
C. citratus extract 2%	0	0	0	2	3	28.57
C. citratus extract 5%	0	0	1	3	3	42.85
C. citratus extract 10%	0	0	1	3	3	42.85
A. squamosal seed 2%	0	0	1	3	3	42.85
A. squamosal seed 5%	0	0	1	3	3	42.85
A. squamosal seed 10%	0	1	2	4	4	57.14
Z. cassumunar extract 2%	0	1	2	4	4	57.14
Z.cassumunar extract 5%	0	1	2	4	4	57.14
** *Z. cassumunar* extract 10%	0	1	3	5	5	71.42

Table 2 Effective of dog tick spray from *Z.cassumunar* extracts

Formula of Herbal Extracts	Fumigation time				Total number of dead dog tick	Percentage of dog tick removal
	0.5 hr	1 hr	12 hr	24 hr		
Fipronil (Positive Control)	0	1	3	6	6	85.7
Distilled water +Ethanol 1% (Negative Control)	0	0	0	0	0	0
Distilled water +Ethanol 2% (Negative Control)	0	0	0	0	0	0
Distilled water +Ethanol 3% (Negative Control)	0	0	0	0	0	0
Z.cassumunar extract 2%+Ethanol 1%	0	1	2	4	4	57.14
Z.cassumunar extract 2%+Ethanol 2%	0	1	2	4	4	57.14
Z.cassumunar extract 2%+Ethanol 3%	0	1	3	4	4	57.14
Z.cassumunar extract 5%+Ethanol 1%	0	1	2	3	3	42.85
** *Z.cassumunar* extract 5%+Ethanol 2%	0	1	3	5	5	71.42
Z.cassumunar extract 5%+Ethanol 3%	0	0	1	3	3	42.85
Z.cassumunar extract 10%+Ethanol 1%	0	1	2	4	4	57.14
Z.cassumunar extract 10%+Ethanol 2%	0	1	2	4	4	57.14
Z.cassumunar extract 10%+Ethanol 3%	0	0	2	4	3	57.14

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยเสริมงามน

The Development of Pandan Chiffon Cake Enriched Perilla Seed (*Perilla frutescens*)

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1]
Rujirapisit, P.[1]

Abstract

The perilla, a plant grown in the northern of Thailand, contains polyphenol (rosmarinic acid) that have anti-allergy and anti-inflammation. The purpose of this study was to investigate the suitable amount of perilla seed for enrichment of pandan chiffon cakes. Pandan chiffon cakes were enriched by ground perilla seed or ungrond perilla seed (whole seed) at 0 10 15 and 20% (flour weight basis). The results showed that both ground and unground perilla seed increased firmness and bulk density of pandan chiffon cakes, but specific volume of the cakes was reduced. The perilla seed supported the better cake morphology, especially shrinkage value. Lightness (L*) of cake were decreased when ground perilla seed was used, but greenness (a*) and cutting force were increased. The sensory evaluation showed that the suitable amount of perilla seed that enriched in pandan chiffon cakes was at 10% (flour weight basis).

Keywords: perilla seed, pandan, chiffon cake

บทคัดย่อ

งามน เป็นพืชที่นิยมปลูกกันมากในเขตภาคเหนือตอนบน ของประเทศไทย มีสารกลุ่มโพลีฟีนอล คือ กรดโรสมารินิก ที่มีฤทธิ์ต้านการแพ้และการอักเสบ งานวิจัยนี้จึงทดลองนำงามนมาเสริมลงในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย โดยศึกษาการใช้งามน 2 ลักษณะ คือ งามนบด และ เมล็ดงามน โดยแปรปริมาณการใช้งามนในเค้กชิฟฟ่อนใบเตยเป็น 0 10 15 และ 20% (โดยน้ำหนักของแป้ง) ผลการทดลอง พบว่า การใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อน ทั้งในรูปแบบของงามนบด และ แบบเมล็ดงามน มีผลให้เค้กชิฟฟ่อนมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น โดยเมื่อใช้งามนเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มลดลง แต่การใช้งามนช่วยทำให้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเค้กดีขึ้น มีการหดตัวหลังจากอบน้อยลง จากการวัดค่าสี พบว่า เค้กที่เสริมงามนบดมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ของเค้กลดลง ค่าสีเขียว (a*) และค่าแรงตัดขาด เพิ่มขึ้น และจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส สรุปได้ว่าปริมาณงามนที่เหมาะสมในการใช้เสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย คือ10% (โดยน้ำหนักของแป้ง)

คำสำคัญ: งามน ใบเตย เค้กชิฟฟ่อน

คำนำ

งามน งาม่อน หรืองาขี้ม้อน (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Perilla frutescens*) เป็นพืชสมุนไพรวงศ์มิ้นท์เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่สูงในประเทศทางแถบเอเชียตะวันออก ในประเทศไทยปลูกกันมากในเขตภาคเหนือตอนบน อุดมไปด้วยวิตามินบี แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น คือ Omega-3 และ Omega-6 และที่สำคัญ คือ มีสารกลุ่ม polyphenol คือ rosmarinic acid ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการแพ้และต้านการอักเสบได้ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2554) และในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคหันมาสนใจบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกันมาก (Mahr และคณะ, 2013) แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์เบเกอรีเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งและไขมันสูง (McEwan และ Sharp, 2000) งานวิจัยนี้จึงทดลองนำงามนมาเสริมในผลิตภัณฑ์เบเกอรีเพื่อช่วยให้ผู้ที่ชื่นชอบในการรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรีได้คุณประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยงานมนจะไปช่วยลดผลกระทบที่มีต่อสุขภาพจากการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี ดังนั้นจึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยซึ่งเป็นเค้กที่ผู้บริโภคทั่วไปนิยมรับประทาน มาทดลองเสริมงานมน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาปริมาณของการใช้งามนที่เหมาะสมเสริมในผลิตภัณฑ์

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] Department of Food Business Management , School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang, Bangkok 10400

เค้กชิฟฟ่อนใบเตย โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี และมีผลความชอบทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับได้มากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย โดยใช้งามนใน 2 ลักษณะ คือ แบบงามนบด (ขนาด 180-420 ไมครอน) และ แบบเมล็ดงามน โดยแปรปริมาณงามนเป็น 0, 10, 15, และ 20% (โดยน้ำหนักของแป้ง) คัดเลือกปริมาณการใช้งามนที่เหมาะสม โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางด้านความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเค้ก ตามวิธีของ AACC (2000) และศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบ โดยใช้ 9-points hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองโดยวิธี Randomized Complete Block Design (RCBD) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้ มาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้ Hunter color difference meter รุ่น DP-9000 และวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texturometer รุ่น TextureLRX ของ LLOY Instrument วางแผนการทดลองโดยวิธี RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างโดยใช้ Dancan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย ทั้งในรูปแบบของงามนบดและแบบเมล็ดงามน ได้ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ ดังแสดงใน Table 1 และ 2 ผลการทดลอง พบว่า เมื่อปริมาณการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยมากขึ้น มีผลทำให้ ค่าความหนาแน่น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่า งามนมีผลให้เนื้อเค้กมีลักษณะแน่นมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ เค้กสูตรปกติจะใช้แป้งสาลีที่มีโปรตีนต่ำและกระบวนทำจะมีการตีไข่ขาวเพื่อเก็บอากาศ ซึ่งจะทำให้เนื้อเค้กมีลักษณะเบาฟู (Matz, 2007) แต่เมื่อเสริมงามนลงไปในปริมาณที่มากกว่า 10% งามนจะไปลดลักษณะการเบาฟูของแป้ง และลดการขึ้นฟูของไข่จึงมีผลให้เนื้อเค้กมีลักษณะแน่นขึ้น และจากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเค้ก (cake morphology) ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน โดยพบว่า เมื่อใช้งามนเสริมที่ระดับ 10% เค้กชิฟฟ่อนใบเตย มีการหดตัว (Shrinkage value) น้อยที่สุด มีปริมาตร (volume index) มากที่สุด มีความสมมาตร (symmetry index) ดี และโครงสร้างโดยรวมของเค้ก (contour index) ดีกว่าเค้กสูตรต้นแบบ และเค้กที่ใช้งามนเสริมในระดับ 15 และ 20% ($p \leq 0.05$) ดังนั้น การใช้งามนในปริมาณ 10% มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของเค้กดีขึ้น โดยการใช้งามนในรูปของงามนบดและแบบเมล็ดงามน ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องไปในทางเดียวกัน จากการนำผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยเสริมงามน ทั้งในรูปแบบของงามนบดและแบบเมล็ดงามน ไปทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-points hedonic scale ได้ผลการทดลอง ดังแสดงใน Table 3 และ 4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-points hedonic scale พบว่า การใช้งามนบดเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางด้านความชอบในทุกๆ ด้านต่ำกว่าสูตรต้นแบบ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้งามนบดในระดับ 10 % มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และการยอมรับโดยรวม สูงกว่าการใช้งามนบดในระดับ 15 และ 20% ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนทางด้านกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าการใช้งามนบดที่ระดับ 10 15 และ 20% ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนผลของการใช้เมล็ดงามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในลักษณะต่างๆ โดยรวมต่ำกว่าสูตรต้นแบบ เช่นเดียวกับการใช้งามนบด แต่การใช้เมล็ดงามนที่ระดับ 10% พบว่า คะแนนความชอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม มีคะแนนไม่แตกต่างจากสูตรต้นแบบ ($p > 0.05$) และมีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรส สูงกว่าการใช้งามนที่ระดับ 15 และ 20% ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะงามนมีลักษณะสีเทาดำเข้มและมีกลิ่นรสเฉพาะตัว (Takano และคณะ, 2004) เมื่อนำมาเสริมในเค้กชิฟฟ่อนใบเตยจึงส่งผลให้เค้กใบเตยซึ่งมีสีเขียว มีสีคล้ำลง และกลิ่นเฉพาะตัวของงามนจะไปกลบกลิ่นของใบเตย จึงมีผลทำให้คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมลดลงจากเค้กชิฟฟ่อนใบเตยสูตรต้นแบบ และเมื่อเพิ่มปริมาณงามนมากขึ้น คะแนนความชอบจึงลดลง ในเรื่องของสีพบว่า ผลการใช้งามนต่อสีของเค้ก สอดคล้องกับการนำงามนไปเสริมในขนมปังแท่งอบกรอบ (ผาณิต, 2544) คือ เมื่อใช้งามนเพิ่มขึ้น สีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้นและส่งผลให้คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมลดลง แต่ในเรื่องของกลิ่นรสให้ผลการทดลองตรงกันข้าม โดยพบว่าการใช้งามนในขนมปังกรอบเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบจะยิ่งสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ เมื่อเติมงามนลงไปในโดของขนมปังกรอบแล้วนำไปอบจนแห้งกรอบ ความหอมของงามนจะเด่นชัดขึ้นและเข้ากันได้ดีกับกลิ่นของขนมปังอบกรอบ ในขณะที่เค้กชิฟฟ่อนใบเตย ในเนื้อเค้กมีกลิ่นของใบเตยอยู่แล้วเมื่อเติมงามนลงไปจึงทำให้กลิ่นของงามนและใบเตยไปผสมกันมีผลให้กลิ่นหอมของใบเตยลดลงและกลิ่นของงามนไม่

เด่นชัด ผู้ทดสอบชิมจึงให้คะแนนความชอบลดลง ดังนั้นจากผลการทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส จึงคัดเลือกปริมาณการใช้งามนเพื่อเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยที่เหมาะสมได้ในระดับ 10% ทั้งในรูปแบบของงามนบดและเมล็ดงามน เมื่อนำผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตยเสริมงามนทั้งแบบบดและแบบเมล็ดงามน ที่ระดับ 10% มาวัดค่าสี (Hunter lab color) และ ค่าแรงตัดขาด เปรียบเทียบกับสูตรต้นแบบ ได้ผลดังแสดงใน Table 5 ผลการทดลองพบว่า เค้กที่เสริมงามนบดมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ของเค้กลดลง ค่าสีเขียว (a*) และค่าแรงตัดขาด สูงกว่าเค้กชิฟฟ่อนสูตรต้นแบบ (งามน 0%) และสูตรเสริมเมล็ดงามน เนื่องจากงามนบดจะแทรกกระจายเข้าไปในเนื้อเค้กได้ดีกว่าเมล็ดงามน จึงทำให้เค้กมีสีเข้มขึ้นอย่างเด่นชัด และมีเนื้อสัมผัสที่แน่นกว่าการใช้เมล็ดงามน

สรุปผล

การใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟ่อนใบเตย มีผลทำให้เนื้อเค้กมีลักษณะแน่นขึ้น สีเข้มขึ้น และความชอบของผู้ทดสอบชิมลดลง โดยปริมาณการใช้งามนทั้งแบบเมล็ดงามนและแบบงามนบด ที่ให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับสูตรต้นแบบมากที่สุด คือ 10% โดยในการทดลองต่อไปอาจจะมีการใช้งามนบดผสมกับเมล็ดงามนแต่ลดปริมาณการใช้ลง ซึ่งอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอบคุณนางสาวจิตสุภา หามนตรี ที่เป็นผู้ช่วยทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2554, จดหมายข่าวผลิใบก้าวใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร [สืบค้น], http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n15/v 3-apr/kayaipon.html [25/ May /14].

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2554, ผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 405-408.

American Association of Cereal Chemists, 2000, Approved Methods, St. Paul, MN: AACC International.

Mahr, D., Kalogeras, N., Odekerken-Schröder, G., 2013, A Service Science Approach for Improving Healthy Food Experiences, Journal of Service Management, 24(4): 435-471.

Matz, S.A., 2007, Bakery Technology and Enginerring, University of Michigan, Avi public co., 589 p.

McEwan, J.A. and Sharp, T.M., 2000, Technical, Economic and Consumer Barriers to the Consumption of Reduced Fat Bakery Products, Nutrition and Food Science, 30(1): 16-18.

Takano, H., Osakabe, N., Sanbongi, C., Yanagisawa, R., Inoue, K., Yasuda, A., Natsume, M., Baba, S., Ichiishi, E., Yoshikawa, T., 2004, Extract of *Perilla frutescens* Enriched for Rosmarinic Acid, A Polyphenolic Phytochemical, Inhibits Seasonal Allergic Rhinoconjunctivitis in Humans, Experimental Biology and Medicine, 229(3): 247-254.

Table 1 Effect of ground perilla seed on physical properties of Pandan chiffon cake.

Unground perilla seed (%)	Bulk density (g/cm^3)	Specific volume (cm^3/g)	Cake morphology			
			Shrinkage value	Volume index	Symmetry index	Contour index
0	0.16^b	6.2^a	0.4^b	17.3^c	0.3^a	10.0^d
10	0.20^b	6.1^a	0.2^d	19.2^a	0^b	14.2^a
15	0.25^a	4.0^b	0.5^a	18.7^b	0^b	13.4^b
20	0.24^a	4.1^b	0.3^c	18.7^b	0^b	12.6^c

$^{a,b,..}$Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

Table 2 Effect of unground perilla seed on physical properties of Pandan chiffon cake.

Ground perilla seed (%)	Bulk density (g/cm^3)	Specific volume (cm^3/g)	Cake morphology			
			Shrinkage value	Volume index	Symmetry index	Contour index
0	0.16^b	6.2^a	0.4^a	17.2^b	0^b	10.1^c
10	0.17^b	6.3^a	0^d	19.1^a	0^b	12.2^a
15	0.18^a	5.1^b	0.2^c	16.8^c	0.1^a	10.8^b
20	0.19^a	5.1^b	0.3^b	16.6^d	0^b	10.0^c

$^{a,b,..}$ Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

Table 3 Effect of ground perilla seed on sensory evaluation (9 – point Hedonic scale test) of pandan chiffon cake.

Ground perilla seed (%)	Sensory score (Hedonic score)				
	Appearance	Color	Flavor	Texture	Overall acceptance
0	7.9^a	8.1^a	7.5^a	7.6^a	7.6^a
10	7.0^b	6.9^b	6.8^b	7.1^b	7.0^b
15	6.5^c	6.4^c	6.6^b	6.9^b	6.7^c
20	6.4^c	6.4^c	6.6^b	7.0^b	6.6^c

$^{a,b,..}$ Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

Table 4 Effect of unground perilla seed on sensory evaluation (9 – point Hedonic scale test) of pandan chiffon cake

Unground perilla seed (%)	Sensory score (Hedonic score)				
	Appearance	Color	Flavor	Texture	Overall acceptance
0	7.8^a	8.1^a	7.4^a	7.4^a	7.5^a
10	6.9^b	7.0^b	6.8^b	7.3^a	7.3^a
15	5.8^c	6.9^c	6.1^c	6.3^b	6.2^b
20	6.2^c	6.6^c	6.4^c	6.2^b	6.1^b

$^{a,b,..}$ Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

Table 5 Effect of perilla seed on Hunter lab color and cutting force of pandan chiffon cake

Perilla seed	Hunter lab color			Cutting force (N)
	L*	a*	b*	
0 % (prototype)	75.5^a	-0.3^b	37.2^a	5.4^b
10% ground	64.3^b	-0.4^a	26.4^c	6.3^a
10% unground	73.2^a	-0.3^b	34.1^b	5.8^b

$^{a,b,..}$ Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 589-592 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 589-592 (2557)

ผลของการใช้ฉนวนและระดับของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบน้ำลึก

Effects of Container Insulators and Nutrient Solution Levels on Growth and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Deep Water Culture System

ปริยานุช จุลกะ[1] ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน[1] วัชระ ประชานิยม[1] และ วิวรรณยา คล้อยสาย[1]

Chulaka, P.[1], Pongsa-anutin, T.[1], Prachaniyom, W.[1] and Kloysai, W.[1]

Abstract

Thailand is located in the tropic area, growing lettuce in deep water culture (DWC) often found a problem of higher nutrient solution temperature that inhibits the growth of lettuce. Therefore, the effects of insulator application and nutrient solution levels for reducing the temperature and increasing the efficiency of nutrient-solution container on growth and quality of lettuce grown in DWC was investigated. The experiment was done at the net house, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok during October to December 2013. Completely Randomized Design was used in 2 experiments. The first experiment was done to study the effect of 2 insulators. One-inch thick foam board and 50% surface-area foam board were used as container insulator, and compared with the non-insulated (control). The results showed that 1-inch thick foam board decreased the temperature of the nutrient solution by the reflectivity of the container. The growth of lettuces grown in 1-inch thick foam board was significantly higher than those grown in non-insulator (control). The 2nd experiment was studied in 3 levels of nutrient solution, those were 5 and 10 cm (4.125 and 8.25 L, respectively) and compared with the nutrient solution level of 20 cm (16.5 L) with air stone (control). The results showed that growing lettuce in the 10-cm nutrient solution was significantly highest number of leaves. The highest efficiency system was obtained from 5-cm nutrient solution for producing the lettuce. However, the insulator application did not affect the quality of the lettuce.

Keywords: hydroponics, temperature, salad crop, DWT

บทคัดย่อ

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน การปลูกผักกาดหอมในระบบน้ำลึกจึงมักพบปัญหาอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารสูงจนมีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้ฉนวนและระดับของสารละลายธาตุอาหารเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มประสิทธิภาพของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบน้ำลึก ณ โรงเรือนภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้ฉนวน 2 ชนิด คือ โฟมหนา 1 นิ้ว และโฟมหนา 1 นิ้ว พื้นที่สัมผัส 50% เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ฉนวน (control) พบว่าการใช้โฟม หนา 1 นิ้วเป็นฉนวนมีผลทำให้อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารลดลงเนื่องจากการสะท้อนแสงของภาชนะ ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีกว่าทรีทเมนต์ที่ไม่ใช้ฉนวนกันความร้อน (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระดับสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับคือ 5 หรือ 10 เซนติเมตร (4.125 และ 8.25 ลิตร ตามลำดับ) เปรียบเทียบความสูง 20 เซนติเมตร (16.5 ลิตร) และเติมอากาศ พบว่าการปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารสูง 10 เซนติเมตร มีผลทำให้ผักกาดหอมมีจำนวนใบมากที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกาดหอมที่ปลูกในทรีทเมนต์อื่นๆ และการปลูกผักกาดหอมที่ระดับสารละลายธาตุอาหารสูง 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพต่อการผลิตผักกาดหอมมากที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ฉนวนไม่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอม

คำสำคัญ: ไฮโดรพอนิกส์ อุณหภูมิ ผักสลัด ระบบน้ำลึก

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok, 10900

คำนำ

การผลิตผักกาดหอมด้วยระบบน้ำลึก (Deep water culture system)ในประเทศไทยมักพบปัญหาเรื่องสารละลายธาตุอาหารมีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมลดลง (ธรรมศักดิ์, 2553) นอกจากนี้ระดับของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้นั้นมีระดับค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมีราคาสูง และในการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารแต่ละครั้งอาจมีธาตุอาหารที่หลงเหลือและถูกทิ้งไป ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ฉนวนและระดับของสารละลายธาตุอาหารเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มประสิทธิภาพของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบน้ำลึก

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ โรงเรือนตาข่าย ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพาะเมล็ดผักกาดหอม ในฟองน้ำขนาด 1x1 นิ้ว เมื่อเมล็ดงอกและเห็นใบจริงชัดเจน (ประมาณ 7-10 วัน) เปลี่ยนจากน้ำเป็นสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ความเข้มข้น ¼ เท่า เมื่อต้นกล้าผักกาดหอมอายุได้ 14 วันหลังเพาะเมล็ดหรือมีใบจริง 2 ใบ ย้ายลงระบบปลูกแบบน้ำลึก (Deep water culture) ซึ่งประกอบด้วยกล่องพลาสติกทึบแสงที่มีความจุ 25 ลิตรและแผ่นโฟมความหนา 2 นิ้ว เจาะช่องกลมขนาดพอดีกับถ้วยปลูกไว้ 5 ช่อง ใส่ถ้วยปลูกลงในแผ่นโฟมที่วางอยู่บนกล่องพลาสติก ให้สารละลายสูตร Enshi ความเข้มข้น ½ เท่า แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้ฉนวน 2 ชนิด คือ โฟมหนา 1 นิ้ว (Tr1) และโฟมหนา 1 นิ้วลดพื้นที่สัมผัสลง 50% (Tr2) เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ฉนวน (control; Tr3) และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระดับสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับคือ 5 (H5) หรือ 10 ซม. (H10) เปรียบเทียบกั/บ 20 ซม. และเติมอากาศ (H20) โดยในแต่ละทรีทเมนต์ของแต่ละการทดลองมี 3 ซ้ำ ทั้ง 2 การทดลอง บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิต ความยาวราก และปริมาณไนเตรทของผักกาดหอม นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของการใช้ฉนวนต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมกรีนสลัดโบว์

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพของฉนวนกับอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนของสารละลายธาตุอาหาร

ในระหว่างการทดลองความเข้มแสงภายในโรงเรือนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44,864 ลักซ์ ส่วนค่าการสะท้อนแสงที่ผิวด้านข้างของกระบะที่ใช้ปลูกผักกาดหอมมีค่ามากที่สุดในทรีทเมนต์ Tr2 (16,708 ลักซ์) และมากกว่าทรีทเมนต์ Tr3 (control) อยู่ 2.73 เท่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1A) เนื่องจากการดูดกลืนคลื่นแสงของวัตถุสีขาวมีค่าน้อยกว่าวัตถุสีเข้ม (Ham และคณะ, 1993) แต่ไม่แตกต่างจากการสะท้อนแสงของทรีทเมนต์ Tr1 การสะท้อนแสงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารมีค่าลดลงและปริมาณออกซิเจนมีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 1B) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Benoit (1992)

1.2 ฉนวนกันความร้อนต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม

การใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารมีผลให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในแต่ละทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่อายุ 4 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า ผักกาดหอมที่ปลูกในทรีทเมนต์ Tr1 มีความยาวของราก จำนวนใบ น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด และมีค่ามากกว่าทรีทเมนต์ Tr3 (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 7.41 ซม. 7 ใบ 4.06 กรัม และ 3.37 กรัม ตามลำดับ (Table 1) แต่ไม่แตกต่างจากการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในทรีทเมนต์ Tr2 ยกเว้นความยาวของราก และน้ำหนักแห้งของต้น

จากอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารที่ลดลงมีผลทำให้ความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้รากพืชสามารถดูดน้ำและแร่ธาตุได้ดีขึ้น (Morard และ Silvestre, 1996) ส่งผลให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้ฉนวนกันความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผักกาดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 2 ผลของระดับของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารละลายธาตุอาหารกับอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจน

จากการทดลองพบว่าระดับของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ

กับปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารมาหาสหสัมพันธ์กัน พบว่าอุณหภูมิจะเป็นปฏิภาคผกผันกับปริมาณออกซิเจนโดยมีค่า r = -0.997* (Figure 2)

2.2 ระดับของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคุณภาพของผักกาดหอม

จากการทดลองพบว่าระดับของสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อายุ 4 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในทรีทเมนต์ H20 มีความสูงและความยาวรากมากที่สุด (18.5 และ 37.46 ซม. ตามลำดับ) ในขณะที่การปลูกผักกาดหอมในทรีทเมนต์ H5 และH10 มีความสูงและความยาวรากไม่แตกต่างกัน (Table 2) ส่วนจำนวนใบมีค่ามากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูง 10 ซม. นอกจากนี้การลดระดับสารละลายธาตุอาหารลงยังทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไนเตรทของผักกาดหอมมีค่าลดลงเนื่องจากทรีทเมนต์ที่มีระดับสารละลายธาตุอาหารต่ำกว่ามีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่า (มนูญ, 2544)

2.3 ประสิทธิภาพการใช้สารละลายธาตุอาหาร

จากการลดลงของระดับสารละลายธาตุอาหารส่งผลให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในทรีทเมนต์ที่มีระดับของสารละลายธาตุอาหารสูงกว่า ก็จำเป็นต้องใช้ปริมาณธาตุอาหารมากตามไปด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพของการใช้สารละลายธาตุอาหารจึงควรนำมาพิจารณา โดยประสิทธิภาพการใช้สารละลายธาตุอาหารหาได้จากการนำน้ำหนักสดทั้งหมดของผักกาดหอมหารด้วยปริมาณสารละลายธาตุอาหารทั้งหมดที่ใช้จากการคำนวณ พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในทรีทเมนต์ H5 มีประสิทธิภาพการใช้สารละลายธาตุอาหารมากกว่าการปลูกผักกาดหอมในทรีทเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 16.06 กรัม/ลิตร รองลงมาคือที่ระดับ 10 และ 20 ซม. ตามลำดับ (Figure 3)

สรุปผล

การใช้ฉนวนกันความร้อนและระดับของสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม การใช้ฉนวนช่วยลดอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารแต่ไม่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอม นอกจากนี้ระดับของสารละลายธาตุอาหารที่ความสูง 5 ซม. เป็นระดับที่ผักกาดหอมสามารถใช้สารละลายธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2553, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture), วารสารเพื่อการพัฒนาชนบท, 10: 3-10.

มนูญ ศิรินุพงศ์, 2544, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สู่การปฏิบัติในประเทศไทย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.

Benoit, F., 1992, Practical Guide for Simple Soilless Culture Techniques, European Vegetable Research and Development Center, Belgium.

Ham, J.M., Kluitenberg, G.J. and Lamont, W.J., 1993, Optical Properties of Plastic Mulches Affect the Field Temperature Regime, Journal of the American Society for Horticultural Science, 118: 188-193.

Morard, P. and Silvester, J., 1996, Plant Injury due to Oxygen Deficiency in the Root Environment of Soilless Culture: A Review, Plant and Soil, 184: 243-254.

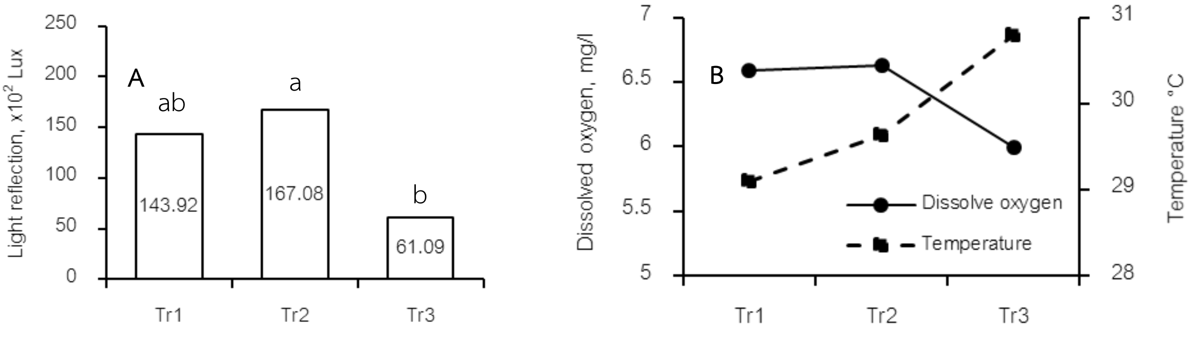


Figure 1 Changes of light reflection in the treatment with and without insulator (A) and the relationship between nutrient solution temperatures and dissolved oxygen (B). Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

Table 1 Root length, leaf number, fresh and dry weight of shoot and root and nitrate content of lettuce grown in with and without insulator

Insulator	Root length (cm)	Leaf number (leaf)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Nitrate content (mg/kg fresh weight)
			Shoot	Root	Shoot	Root	
Tr1: No insulator	41.04 a	20 a	140.37	21.24 a	6.79 a	1.12	1,360
Tr2: 1” Foam board	34.92 b	16 b	100.41	19.27 ab	3.88 b	1.00	1,070
Tr3: 50% surface	33.63 b	13 b	99.31	17.18 b	3.42 b	0.82	1,190
F-test	*	*	ns	*	*	ns	ns

Means within the same column and factor followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

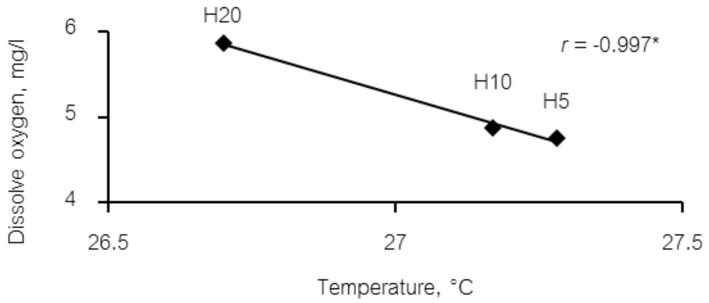


Figure 2 The relationship between dissolved oxygen and temperature in nutrient solution.

Table 2 Plant height, leaf number, root length, fresh and dry weight of shoot and root and nitrate content of lettuce grown in different levels of nutrient solution

Nutrient solution level	Plant height (cm)	Leaf number (leaf)	Root length (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Nitrate content (mg/kg fresh weight)
				Shoot	Root	Shoot	Root	
H5	16.51 b	20.58 b	29.54 b	66.24 c	9.06 b	3.71 c	0.55 b	583.3 b
H10	16.33 b	25.08 a	26.75 b	85.27 b	9.15 b	4.65 b	0.67 b	900.0 ab
H20	18.50 a	22.42 ab	37.46 a	100.26 a	13.71a	5.45 a	1.01 a	1223.3 a
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*

Means within the same column and factor followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

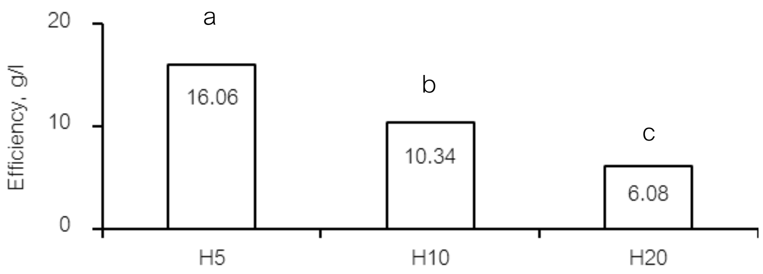


Figure 3 Efficiency of nutrient solution used of lettuce production in different levels of nutrient solution. Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

การเจริญเติบโต ผลิตภาพชีวมวล และปริมาณธาตุอาหารของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ภายใต้ระดับไนโตรเจนและระยะตัดที่แตกต่างกัน

Growth Biomass Productivity and Nutrient Uptake of Napier Pak chong 1 Grass as Affected by Various Nitrogen Rates and Cutting Intervals

วิวัฒน์ สังวาลย์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] สุขุมาลย์ เลิศมงคล[1] เอ็จ สโรบล[1] นพ ตัณมุขยกุล[1]
คมกฤช ธัญวชิรวิทย์[1] ประณต มณีอินทร์[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1] และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1]
Sungwan, W.[1], Thobunluepop, P.[1], Lertmongkol, S.[1], Sarobol, E.[1], Tonmukayakul, N.[1],
Thanyavachirawit, K.[1], Mani-in, P.[1], Muangpan, J.[1], Pongtip, A.[1] and Changkaewmanee, J.[1]

Abstract

The objectives of this experiment were to study the growth, biomass productivity and nutrient uptake of napier ‘Pak Chong 1’ grass. Phosphorus, potassium, calcium and magnesium of napier ‘Pak Chong 1’ grass under various nitrogen rates and cutting intervals were estimated. Split plot in a Randomized Completely Block Design with 3 replications was used as an experimental design. Main plots were four levels of nitrogen application rates (0, 45, 90 and 150 kg NH_4^+/rai/year). Sub plots were four cutting intervals (30, 45, 60 and 120 days after first cutting).The results showed that napier ‘Pak Chong 1’ grass produced the highest biomass yield on the nitrogen application rate at 90 kg NH_4^+/rai/year. The nitrogen application rate at 0 kg NH_4^+/rai/year caused the lowest biomass yield. Cutting intervals 120 days after first cutting produced the highest biomass yield but the lowest biomass yield accumulation was 45 days after first cutting. Furthermore, nutrient uptake, leaf area index (LAI), net assimilation rate (NAR), specific leaf area (SLA) and relative growth rate (RGR) were different among variety, nitrogen application rate and cutting interval, respectively.

Keywords: biomass yield, nutrient uptake, nitrogen assimilation rate, cutting interval

บทคัดย่อ

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ผลิตภาพชีวมวล และปริมาณธาตุอาหารของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยประเมินจากธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม และธาตุแมกนีเซียมของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ภายใต้ระดับไนโตรเจนและระยะการตัดที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดย Main plot คือ ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ (0, 45, 90 และ 150 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออน/ไร่/ปี) และ Sub plot คือ ระยะตัด 4 ระยะ (30, 45, 60 และ 120 วันหลังการตัดครั้งแรก) ผลการทดลองพบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 90 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออน/ไร่/ปี และที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออน/ไร่/ปี ให้ผลผลิตชีวมวลต่ำที่สุด ระยะการตัด 120 วันหลังการตัดครั้งแรกภายในระยะเวลา 4 เดือน ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด และระยะการตัด 45 วันหลังการตัดครั้งแรกให้ผลผลิตชีวมวลต่ำที่สุด นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารในพืช, ค่า leaf area index, net assimilation rate, specific leaf area และ relative growth rate มีความแตกต่างกันเนื่องจากอิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจน และระยะตัด ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผลผลิตชีวมวล ปริมาณธาตุอาหาร ระดับปุ๋ยไนโตรเจน ระยะตัด

คำนำ

หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนได้ถูกนำมาใช้ เป็นอาหารสำหรับสัตว์ และในปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนในเชิงของพืชพลังงานมากขึ้น จึงทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์จากหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการผลิตหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนเพื่อให้ได้ปริมาณเพิ่มขึ้นจึงมีความสำคัญ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตของหญ้าอาหาร

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy,Faculty of Agriculture,Kasetsart University, Bangkok 10900

สัตว์เขตร้อนนั้นมี 3 ปัจจัยหลัก ประกอบด้วย พันธุ์, สภาพแวดล้อม และการจัดการ ในส่วนของการ ผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนนั้นมี 3 ปัจจัยหลัก ประกอบด้วย พันธุ์, สภาพแวดล้อม และการจัดการ ในส่วนของการจัดการนั้นจะประกอบไปด้วย การปลูก การให้น้ำ การให้ปุ๋ย ระยะการตัด เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาในเรื่องของระดับของปุ๋ยไนโตรเจนและระยะเวลาของการตัด จากงานทดลองของ จุรีรัตน์ และคณะ (2530) รายงานว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์สูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 32 และ 64 กิโลกรัม/ไร่ วีระศักดิ์ และคณะ (2547) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีและแบ่งใส่หลังการตัดหญ้าทุกครั้ง จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 4,678 กิโลกรัมต่อไร่ และงานทดลองเกี่ยวกับระยะเวลาตัด พบว่า การเพิ่มระยะเวลาตัดจาก 4 สัปดาห์เป็น 7 สัปดาห์ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้น (Miyagi, 1983) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Snijders และคณะ (2011) รายงานว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วยการจัดการอายุการตัด และการให้ปุ๋ยไนโตรเจน การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารในพืช โดยประเมินจากเปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยของธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม และธาตุแมกนีเซียมของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ภายใต้ระดับปุ๋ยไนโตรเจนและระยะการตัดที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในแปลงทดลองสภาพไร่นาภายใต้ระบบชลประทานที่ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot in a Randomized Completely Block design ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย Main plot คือ ระดับการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ คือ 0, 45, 90 และ 150 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี Sub plot คือ ระยะเวลาตัด 4 ระยะ คือ 30, 45, 60 และ 120 วันหลังการตัดครั้งแรก เตรียมพื้นที่สำหรับปลูกโดยการไถดะ 1 ครั้ง และไถพรวน 1 ครั้ง จากนั้นทำการแบ่งแปลงทดลองจำนวน 48 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 3 x 3 เมตร กำหนดระยะปลูกภายในแปลงระยะ 0.75 x 0.75 เมตร จะมีจำนวนต้นภายใน 1 แปลงทั้งหมด 16 ต้น จากนั้นเริ่มปลูกต้นกล้าที่ได้จากการเพาะอายุ 1 เดือนลงในแต่ละแปลงในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2555 โดยให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด และให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 33.33 กิโลกรัม/ไร่ ทุกๆ 2 เดือน และให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 0, 7.5, 15 และ 25 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออน/ไร่ ทุกๆ 2 เดือน ตัดหญ้าครั้งแรกในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 โดยกำหนดวันดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการนับอายุการตัด ภายในระยะเวลา 120 วัน เมื่อครบอายุการตัดที่ได้กำหนดไว้ จึงทำการเก็บเกี่ยวโดยใช้เคียว โดยตัดหญ้าเหนือพื้นดิน 15 เซนติเมตร สุ่มตัวอย่าง 1 หลุมปลูก/แปลงเพื่อบันทึกน้ำหนักสดของใบ น้ำหนักสดของต้น ตัวอย่างพื้นที่ใบในแต่ละแปลง และเก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร หลังจากนั้นนำตัวอย่างใส่ถุงกระดาษเพื่อนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบันทึกผลน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์ค่า leaf area index, net assimilation rate, specific leaf area และ relative growth rate วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0 และวิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม และธาตุแมกนีเซียมของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยประเมินปริมาณธาตุอาหารในระดับปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 4 ระดับ และระยะเวลาตัด 3 ระยะ คือ 30, 60 และ 120 วันหลังการตัดครั้งแรก

ผลการทดลอง

ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 150 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสม 11621 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีซึ่งสูงที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปุ๋ยไนโตรเจน 90 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสม 6380 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีซึ่งต่ำที่สุด ในส่วนของการวิเคราะห์การเจริญเติบโต ระดับปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 4 ระดับ มีค่า RGR, LAI, NAR และ SLA ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

ระยะเวลาตัดทุก 60 วันหลังการตัดครั้งแรกให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดที่ 11316 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาตัดทุก 120 วันหลังการตัดครั้งแรกพบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และระยะเวลาตัดทุก 30 วันหลังการตัดครั้งแรกให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสมน้อยที่สุด ในส่วนของการวิเคราะห์การเจริญเติบโต พบว่า ระยะเวลาตัดทุก 120 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่า LAI และค่า SLA สูงที่สุด และที่ระยะเวลาตัดทุก 30 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่า NAR สูงที่สุด (Table 2)

การประเมินธาตุอาหารภายในพืชภายใต้อิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งของธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สะสมในพืชมีค่าต่างกัน (Table 3)

การประเมินธาตุอาหารภายในพืชภายใต้อิทธิพลของระยะเวลาตัดที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งของธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สะสมในพืชมีค่าต่างกัน (Table 4)

วิจารณ์ผล

ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 150 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสมสูงที่สุด เพราะ ธาตุไนโตรเจนนั้นเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน และฮอร์โมนต่างๆ ของพืชที่พืชมีความต้องการ เมื่อพืชได้รับปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงจึงส่งผลให้ได้รับปริมาณผลผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Amanullah และคณะ (2007) ซึ่งได้รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ค่า SLA, LAI และ LAR เพิ่มขึ้น

การเพิ่มระยะเวลาตัดทำให้ได้รับผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เพ็ญศรี และคณะ (2549) ที่รายงานว่า การตัดทุก 4 และ 3 สัปดาห์ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 3,995 และ 3,966 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับสูงกว่าการตัดทุก 2 สัปดาห์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 2,880 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในส่วนของระยะเวลาตัดทุก 120 วันหลังการตัดครั้งแรกให้ค่า LAI และค่า SLA สูงที่สุดเพราะ ค่า LAI หรือค่าดัชนีพื้นที่ใบนั้นบ่งบอกถึงการปกคลุมพื้นที่ปลูกของพืช เมื่อมีการปกคลุมพื้นที่ได้ดีจึงส่งผลทำให้ค่า LAI สูง และส่งผลทำให้ค่า SLA หรือค่าความหนาแน่นของใบนั้นสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นแล้วเมื่อมีความหนาแน่นของใบมากจึงทำให้ NAR ลดลงเนื่องมาจากการบดบังแสงของใบบน (เฉลิมพล, 2542)

สรุปผล

ระดับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 150 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุด และระยะเวลาตัดทุก 60 วันหลังการตัดครั้งแรกให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสะสมสูงที่สุด ระยะตัดทุกๆ 30 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่า NAR สูงที่สุด และระยะเวลาตัดทุก 120 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่า LAI และ SLA สูงที่สุด การให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 90 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยของธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม และธาตุแมกนีเซียมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระดับปุ๋ยไนโตรเจนอื่นๆ ที่ระยะเวลาตัดทุก 60 วันหลังการตัดครั้งแรกส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยของธาตุแคลเซียม และธาตุแมกนีเซียมน้อยที่สุด และที่ระยะเวลาตัดทุก 120 วันหลังการตัดครั้งแรกส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยของธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมน้อยที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จุรีรัตน์ สัจจิพานนท์ ชะอ้อน สมเขาใหญ่ พูลศรี ศุภระรุจิ และ ชาญชัย มณีดุลย์, 2530, การศึกษาระยะปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตของหญ้าเนเปียร์, รายงานการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตว์ ครั้งที่ 25, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 29-35.

เฉลิมพล แซมเพชร, 2542, สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่, นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่, หน้า 95-101.

เพ็ญศรี ศรประสิทธิ์ อิทธิพล เผ่าไพศาล และ ประเสริฐ โพธิ์จันทร์, 2549, ผลของช่วงเวลาในการตัดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้าเนเปียร์แคระภายใต้การจัดการแบบประณีต, รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี 2549, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, หน้า 52-67.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ จิโนแสง เกียรติสุรักษ์ โภคสวัสดิ์ สุวิทย์ อินทฤทธิ์ และ จีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์, 2547, ผลของอัตราปุ๋ยและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แคระในชุดดินเรณู, รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547, กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, หน้า 55-78.

Amanullah, M.J.H., Khalid, N. and Ali, A., 2007, Response of Specific Leaf Area (SLA), Leaf Area Index (LAI) and Leaf Area Ratio (LAR) of Maize (*Zea mays* L.) To Plant Density, Rate and Timing of Nitrogen Application, World Applied Journal, 2(3):235-243.

Miyaki, E., 1983, Studies on the Productivity and Feed Value of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) 2. The Effect of Nitrogen Fertilization on the Nutritive Value of Napier Grass, Janpanese Society of Grassland Science, 29: 232-240.

Snijders, P.J.M., Wouters, B.P. and Kariuki, J.N., 2011, Effect of Cutting Management and Nitrogen Supply on Yield and Quality of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*), Wageningen UR Livestock Research Publishers, Netherlands, p. 98.

Table 1 The effect of nitrogen application rates on dry matter yield, relative growth rate (RGR), leaf area index (LAI), net assimilation rate (NAR) and specific leaf area (SLA)

Nitrogen application rates (kg NH_4^+ rai^{-1} year^{-1})	Dry matter yield (Kg rai^{-1} year^{-1})	RGR (g g^{-1} day^{-1})^{ns}	LAI	NAR (g cm^{-2})	SLA (cm^2 g^{-1})^{ns}
0	6380 b	0.0167	14.582 b	13.00 b	0.0518
45	7085 b	0.0152	15.211 ab	23.10 a	0.0520
90	8381 ab	0.0156	15.176 ab	23.70 a	0.0497
150	11621 a	0.0159	24.723 a	15.30 ab	0.0517

- Means in each column with the same are not different at P<0.05.
- ns : not significantly different (P<0.05).

Table 2 The effect of cutting intervals on dry matter yield, relative growth rate (RGR), leaf area index (LAI), net assimilation rate (NAR) and specific leaf area (SLA)

Cutting intervals (day)	Dry matter yield (Kg rai^{-1} year^{-1})	RGR (g g^{-1} day^{-1})	LAI	NAR (g cm^{-2})	SLA (cm^2 g^{-1})
30	6185 b	0.0162 b	2.426 c	48.30 a	177 d
45	7061 b	0.0222 a	16.889 b	7.23 c	720 b
60	11316 a	0.0167 b	20.035 b	14.50 b	288 c
120	8905 ab	0.0083 c	30.343 a	5.02 c	868 a

- Means in each column with the same are not different at P<0.05.

Table 3 The effect of nitrogen application rates on estimate of Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium of napier pak chong 1 grass

Nitrogen application rates (kg NH_4^+ rai^{-1} year^{-1})	% P	% K	% Ca	% Mg
0	0.4935	5.9945	0.8845	0.484
45	0.375	5.2114	0.868	0.3762
90	0.239	4.372	0.65425	0.257
150	0.434	6.42875	1.01175	0.48225

Table 4 The effect of cutting intervals on estimate of Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium of napier pak chong 1 grass

Cutting intervals (day)	% P	% K	% Ca	% Mg
30	0.485	6.854	0.931	0.463
45	-	-	-	-
60	0.262	4.438	0.193	0.151
120	0.225	2.844	1.161	0.420

- We did not evaluated Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium accumulation content in plant at 45 days of cutting interval.

การใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค

The Using of Modified Atmosphere to Extend Shelf Life of Fresh-cut Longkong

อินทิรา ลิจันทร์พร[1]
Lichanporn, I.[1]

Abstract

The using of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut longkong (FCL) was conducted. Four different packaging were plastic bags (gusseted bag), plastic (clamshell), foam trays wrapped with polyvinylchloride film (PVC) and foam trays and wrapped with low density polyethylene film (LDPE). The longkong sample was then compared with non-packaged (control) that was stored at 4°C. The fresh cut packed in modified atmosphere had lower weight loss than the control; fresh cut processed longkong packed in plastic bags (gusseted bag) reduced weight loss less than other modified atmospheres. Longkong packaged in foam trays wrapped with LDPE film showed delayed respiration rate, ethylene production, browning and pitting symptoms. The overall acceptability level for the control after two days of storage resulted in pitting symptoms and they were unsuitable for market distribution. The longkong samples packed in gusseted bag and clamshell were acceptable by consumer after a period of 4 days. Modified atmosphere of fruit packed in foam trays covered with PVC and LDPE film received the highest overall acceptance scores for 6 days of storage. However, modified atmosphere did not affect the titratable acidity, total soluble solids and color changes of fresh cut-longkong.

Keywords: fresh-cut longkong, modified atmosphere, shelf life

บทคัดย่อ

การใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำผลลองกองที่ปอกเปลือกแล้วมาบรรจุในภาชนะบรรจุ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติก (gusseted bag) กล่องพลาสติก (clamshell) ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม Polyvinylchloride (PVC) และถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม Low density polyethylene (LDPE) เปรียบเทียบกับผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่บรรจุภาชนะ(ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคบรรจุในถุงพลาสติก ลดการสูญเสียน้ำหนักดีกว่าสภาพบรรยากาศดัดแปลงอื่นๆ ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วางในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE แสดงอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การเกิดสีน้ำตาล และอาการ pitting ต่ำ การทดสอบการยอมรับโดยรวมทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในชุดควบคุมที่ระยะเวลา 2 วัน ซึ่งผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดอาการ pitting ขึ้นจนไม่สามารถวางจำหน่ายได้ ในขณะที่ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติก(gusseted bag) และกล่องพลาสติก (clamshell) ผู้บริโภคให้การยอมรับที่ระยะเวลา 4 วัน ส่วนผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC และ LDPE ผู้บริโภคให้การยอมรับที่ 6 วัน ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามสภาพบรรยากาศดัดแปลงไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการเปลี่ยนแปลงสีของลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำสำคัญ: ลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค สภาพบรรยากาศดัดแปลง อายุการวางจำหน่าย

คำนำ

การนำผลลองกองมาแปรรูปด้วยการปอกเปลือกเป็นลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งเมื่อผ่านการปอกเปลือก เนื้อลองกองจะสัมผัสกับสภาพแวดล้อมง่าย ส่งผลให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว และมีอัตราเร็วกว่าผลไม้ที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปวิธีการต่างๆ เพื่อป้องกันหรือชะลอการเสื่อมสภาพของลองกองพร้อมบริโภคมี

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12130

หลายวิธีด้วยกัน การใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลง เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการยืดอายุผักและผลไม้ตัดแต่ง โพลีเมอร์หรือฟิล์มที่นำมาใช้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงจะเป็นตัวจำกัดปริมาณก๊าซที่ผ่านเข้าออก ซึ่งจะทำให้เกิดสภาพสมดุลระหว่างก๊าซภายนอกและภายในภาชนะบรรจุเนื่องจากการหายใจของเนื้อเยื่อผักและผลไม้ (Philips, 1995) วัตถุดิบที่นิยมใช้ทั่วไปในการผลิตภาชนะบรรจุได้แก่ low density polyethylene (LDPE), polyethylene terephthalate (PET), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC) และ polystyrene (Artes และคณะ, 2006; Philips, 1995; Sandhya, 2010) เช่น ในมะเฟืองตัดแต่ง (Matthews และคณะ, 1989; Matthews และ Myers, 1995; Weller และคณะ, 1995, 1997) ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถนำมาใช้สำหรับการรักษาคุณภาพของลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ โดยมีผลในการลดอัตราการหายใจ การสูญเสียวิตามินซี ซึ่งเป็นคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของผลไม้ทั่วไป ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การผลิตเอทิลีน การเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลของการใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ เพื่อรักษาคุณภาพของลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลองกองนำมาคัดแยกผลที่มีตำหนิออก เลือกผลที่มีขนาดสม่ำเสมอ นำมาจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้ผิวนอกแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมาปอกเปลือก จุ่มด้วยแคลเซียมซิเตรท ความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 5 นาที เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่ลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค (จากผลการทดลองก่อนหน้านี้) แล้วนำไปบรรจุในภาชนะต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้ บรรจุในถุงพลาสติก (gusseted bag) บรรจุในกล่องพลาสติก (clamshell) บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE เปรียบเทียบกับลองกองพร้อมบริโภคที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มฟิล์ม (ชุดควบคุม) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน โดยวิเคราะห์อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การเกิดสีน้ำตาล อาการ pitting และการยอมรับของผู้บริโภคในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในกล่องพลาสติก ในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE และบรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC พบว่ามีอัตราการหายใจต่ำ เนื่องจากภายในภาชนะบรรจุผลลองกองมีการใช้ก๊าซออกซิเจน และผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงส่งผลให้ผลลองกองมีอัตราการหายใจต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kerbel และคณะ (1988) พบว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับลูกแพร์พันธุ์ 'Bartlett' จะไปลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน และคงความแน่นเนื้อ มากกว่าลูกแพร์ที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในขณะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่จะสัมพันธ์กับการยับยั้งของกระบวนการ Krebs cycle (Ke และคณะ, 1994) และ glycolytic pathway (Kerbel และคณะ, 1988, 1990) ส่วนลองกองพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติก มีอัตราการหายใจสูงแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถุงพลาสติกนี้มีความหนามากกว่าการใช้ฟิล์ม ดังนั้นการผ่านเข้าออกของก๊าซผ่านถุงพลาสติกจึงถูกจำกัดปริมาณทำให้เกิดอาการ stress และมีอัตราการหายใจสูง ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในชุดควบคุมมีการผลิตเอทิลีนสูงกว่าผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในกล่องพลาสติก ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติก (gusseted bag) ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE และผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ตามลำดับ ทั้งนี้การเก็บในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับสูงจะยับยั้งขบวนการผลิตเอทิลีนในลูกแพร์ (Yoshida และคณะ, 1986) ในส่วนของ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid ไปเป็น ethylene ปฏิกิริยานี้ถูกเร่งโดยเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (De Wild และคณะ, 1999, 2003) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะไปยับยั้งแบบแข่งขันกับเอทิลีน (Burg และ Burg, 1967) การใช้ภาชนะบรรจุช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งตลอดอายุการเก็บรักษา โดยลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติก ลดการสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE และผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในกล่องพลาสติก (clamshell) ตามลำดับ ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงนั้นจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงดังนั้นจึงสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ การเกิดสีน้ำตาล และอาการ pitting ได้ เช่นเดียวกับ ผลลิ้นจี่ (Kader และคณะ,1989; Pesis และคณะ, 2002) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติตลอด

ระยะเวลาการเก็บรักษา (ไม่ได้แสดงข้อมูล) การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกชุดการทดลองมีปริมาณลดลงตามลำดับ โดยผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในชุดควบคุมได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยสุดเพียง 2 วันของการเก็บรักษา ตามด้วยลองกองพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติก และผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในกล่องพลาสติกตามลำดับซึ่งเก็บรักษาได้นาน 4 วัน ระยะเวลาที่ผู้บริโภคยอมรับในบรรจุภัณฑ์แบบถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC และถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE คือ 6 วัน ดังนั้นการใช้เทคนิคการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง ช่วยยืดอายุผักผลไม้สดได้ (Geeson, 1990) ซึ่งในสภาพดังกล่าวการเลือกใช้พลาสติกฟิล์ม จะมีการจำกัดปริมาณก๊าซที่ผ่านฟิล์ม จึงลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ (Geeson และคณะ, 1988) จึงสามารถนำมาใช้เก็บรักษาลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

สรุปผล

ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วางในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก LDPE มีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน การเกิดสีน้ำตาล และอาการ pitting น้อยสุด และการเก็บรักษาผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในสภาพบรรยากาศดัดแปลงทั้ง 4 ชนิด ลดการสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าชุดควบคุม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงสี และคุณภาพภายในของผลลองกองได้แก่ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่ได้มีผลมาจากสภาพบรรยากาศดัดแปลง อย่างไรก็ตามจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคในชุดควบคุมที่ระยะเวลา 2 วัน ผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงพลาสติก(gusseted bag) และกล่องพลาสติก (clamshell) ที่ระยะเวลา 4 วัน และให้การยอมรับผลลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC และ LDPE ที่ระยะเวลา 6 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย และขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Artes, F., Gomez, P.A. and Artes-Hernandez, F., 2006, Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables, Stewart Postharvest Review, 2: 1–13.

Burg, S.P. and Burg, E.A., 1967, Molecular Requirements for the Biological Activity of Ethylene, Plant Physiology, 42: 144–152.

De Wild, H.P.J., Otma, E.C. and Peppelenbos, H.W., 2003, Carbon Dioxide Action on Ethylene Biosynthesis of Preclimateric and Climacteric Pear Fruit, Journal of Experimental Botany, 54: 1537–1544.

De Wild, H.P.J., Woltering, E.J. and Peppelenbos, H.W., 1999, Carbon Dioxide and 1-MCP Inhibit Ethylene Production and Respiration of Pear Fruit by Different Mechanisms, Journal of Experimental Botany, 50: 837–844.

Geeson, J.D., 1990, Packaging to Keep Produce Fresh, Nutrition and Food Science, 123: 2–4.

Geeson, J.D., Everson, H.P. and Browne, K.M., 1988, Microperforated Films for Fresh Produce, Grower, 109(14): 31–34.

Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.I., 1989, Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28: 1–28.

Ke, D., Yahia, E., Mateos, M. and Kader, A.A., 1994, Ethanolic Fermentation of ‘Bartlett’ Pears as Influenced by Ripening Stage and Atmospheric Composition, Journal of the American Society for Horticultural Science, 119:976–982.

Kerbel, E.L., Kader, A.A. and Romani, R.J., 1988, Effects of Elevated CO_2 Concentrations on Glycolysis in Intact ‘Bartlett’ Pear Fruit, Plant Physiology, 86: 1205–1209.

Kerbel, E.L., Kader, A.A. and Romani, R.J., 1990, Respiratory and Glycolytic Response of Suspension-cultured ‘*Passe Crassane*’ Pear Fruit Cells to Elevated CO_2 Concentrations, Journal of the American Society for Horticultural Science, 115: 111–114.

Matthews, R.F., 1989, Processing of Carambola. In: Proceedings of the International Carambola Workshop, Georgetown, Guyana, p. 83–90.

Matthews, R.F. and Myers, P.O., 1995, Effect of Antioxidants on Browning of Refrigerated Carambola Slices, Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 108: 316–320.

Pesis, E., Dvir, O., Feygenberg, O., Arie, R.B., Ackerman, M. and Lichter, A., 2002, Production of Acetaldehyde and Ethanol during Maturation and Modified Atmosphere Storage of Litchi Fruit, Postharvest Biology and Technology, 26: 157–165.

Philips, C.A., 1995, Review: Modified Atmosphere Packaging and It's the Micro-biological Quality and Safety of Produce. International Journal of Food Science & Technology, 31: 463–479.

Sandhya, 2010, Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs. LWT-Food Science and Technology, 43: 381–392.

Watkins, C.B., 2000, Responses of Horticultural Commodities to High Carbon Dioxide as Related to Modified Atmosphere Packaging, HortTechnology, 10: 501–506.

Weller, A., Bates, R.P., Matthews, R.F. and Sims, C.A., 1995, Evaluation of Carambola Cultivars for the Lightly Processed Marked, Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 108: 320–324.

Weller, A., Sims, C.A., Matthews, R.F., Bates, R.P. and Brecht, J.K., 1997, Browning Susceptibility and Changes in Composition during Storage of Carambola Slices, Journal of Food Science, 62: 256–260.

Yoshida, T., Borgic, D.M., Chen, P.M. and Mielke, E.A., 1986, Changes in Ethylene, Acids, and Brown-core Development of 'Bartlett' Pears in Low-oxygen Storage, HortScience, 21: 472–474.

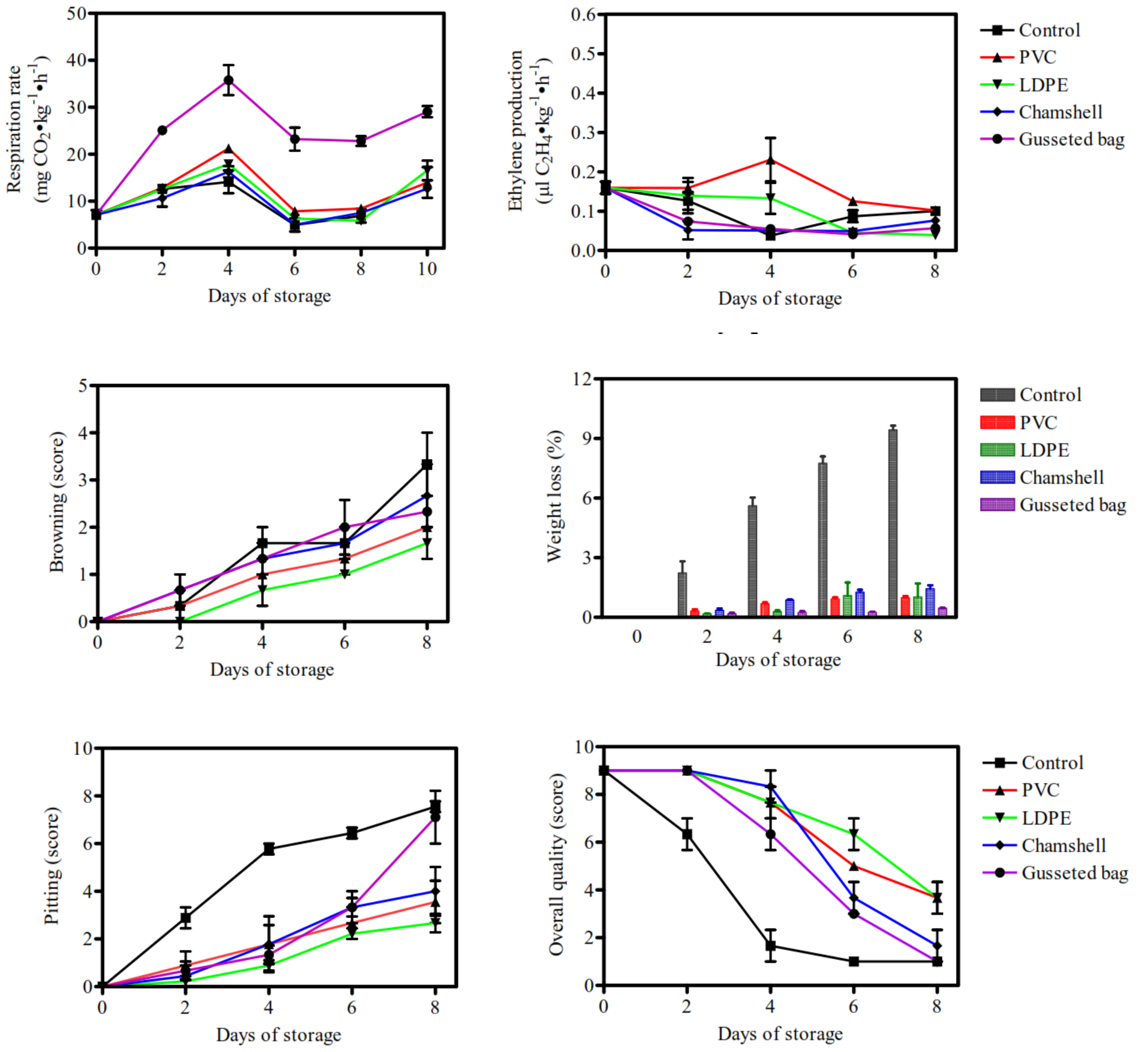


Figure 1 Change in respiration rate, ethylene production, browning, weight loss, pitting and overall quality of minimally processed longkong which were packaged in the different types during storage at 4°C.

ผลของแคลเซียมซิเตรทต่อคุณภาพของลองกองพร้อมบริโภค

Effect of Calcium Citrate on Qualities of Minimally Processed Longkong

อินทิรา ลิจันทร์พร[1]

Lichanporn, I[1]

Abstract

Minimally processed longkong is fruit processed to increase their functionality by peeling so that the tissue physiological changes rapidly. Minimally processed longkong showed quickened senescence and induced respiration rate, ethylene production and induced other chemical changes such as browning and contamination of microorganism. This drastically limits the shelf-life of minimally processed longkong. The aim of this work was to study the effect of varied periods of immersion and concentration of calcium citrate on quality of minimally processed longkong. Longkongs were peeled and immersed in 0, 1 and 2% calcium citrate for 5 and 10 minutes and then stored at 4°C. The dipping with 1 and 2% calcium citrate for 5 minutes could reduce respiration rate, ethylene production, weight loss, browning and pitting symptoms of minimally processed longkong. Longkong showed the overall acceptability level (30 panels) decreased throughout the storage period, calcium citrate treatment for 5 min had higher overall acceptability level than treatment for 10 minutes at 2 days. However, the immersion time and the concentration of calcium citrate did not affect the color changes, titratable acidity and total soluble solids of minimally processed longkong.

Keywords: longkong, minimally processed, calcium citrate

บทคัดย่อ

ลองกองพร้อมบริโภคเป็นการนำผลลองกองมาแปรรูปเพื่อเพิ่มฟังก์ชั่นโดยการปอกเปลือก ส่งผลให้เนื้อเยื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว ลองกองพร้อมบริโภคจะเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว และถูกชักนำให้มีอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ขึ้น เช่น การเกิดสีน้ำตาล (Browning) และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นข้อจำกัดในการวางจำหน่ายลองกองพร้อมบริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการจุ่มและความเข้มข้นของแคลเซียมซิเตรทต่อคุณภาพของลองกองพร้อมบริโภค โดยการนำผลลองกองมาปอกเปลือกและจุ่มด้วยแคลเซียมซิเตรทที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 และ 2 ระยะเวลาในการจุ่ม 5 และ 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าการจุ่มผลลองกองพร้อมบริโภคในสารละลายแคลเซียมซิเตรทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 ระยะเวลา 5 นาที ช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาล อาการ pitting ในผลลองกองพร้อมบริโภค ผลลองกองพร้อมบริโภคมีการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภค (ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน) ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยพบว่าการจุ่มสารละลายแคลเซียมซิเตรทที่ระยะเวลา 5 นาที มีการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าที่ระยะเวลา 10 นาที เมื่อเก็บไว้ 2 วัน อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการจุ่มและความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมซิเตรท ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลลองกองพร้อมบริโภค

คำสำคัญ: ลองกอง พร้อมบริโภค แคลเซียมซิเตรท

บทนำ

ลองกองมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Aglaia dookkoo Griff จัดเป็นผลไม้เมืองร้อน สกุลเดียวกับลางสาด และดูกู (กรมวิชาการเกษตร, 2540) สำหรับปัญหาที่พบกับผลลองกอง ได้แก่ การเสื่อมสภาพไปอย่างรวดเร็ว เช่น การหลุดร่วง และการเกิดสีน้ำตาลหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วภายในเวลา 2-3 วัน เป็นผลให้ความสดของผลลองกองลดลง ไม่เป็นที่ดึงดูดสายตาของผู้บริโภคจนถึงหมดสภาพการซื้อขาย ผลลองกองหลังจากเกิดสีน้ำตาลแล้วเมื่อนำมาปอกเปลือกจะพบว่าลักษณะของเนื้อยังคงสภาพดีอยู่ ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่สินค้าอีกทั้งเพิ่มความสะดวกแก่การรับประทานจึงได้นำผลลองกองมาแปร

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12130

รูปด้วยการปอกเปลือกเป็นลองกองพร้อมบริโภคเมื่อผ่านการปอกเปลือก เนื้อลองกองจะสัมผัสกับสภาพแวดล้อมง่าย ส่งผลให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็วและมีอัตราเร็วกว่าผลไม้ที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป เช่น การหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ เช่น การเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้ลองกองพร้อมบริโภคเกิดการเสื่อมคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการต่างๆ

เพื่อป้องกันหรือชะลอการเสื่อมสภาพของลองกองพร้อมบริโภค มีรายงานการใช้แคลเซียมได้ผลดีในผักและผลไม้ รวมทั้งผักผลไม้พร้อมบริโภค เช่น แครอท (Rico และคณะ, 2007) ผักกาดหอมตัดแต่ง (Martin-Diana และคณะ, 2006) และแคตาลูปตัดแต่ง (Aguayo และคณะ, 2008; Silveira และคณะ, 2011) ซึ่งจะไปเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อทำให้มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น นอกจากนี้การใช้สารละลายแคลเซียมโดยเฉพาะแคลเซียมซิเตรทยังช่วยลดอัตราการหายใจของผักและผลไม้พร้อมบริโภค โดยการรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้ม การให้แคลเซียมซิเตรทจากภายนอกสามารถลดอัตราการหายใจในผลแพร์ (Same และ Conway, 1984) และอโวกาโด (Poovaiah, 1986) ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของแคลเซียมซิเตรทต่อคุณภาพของลองกองพร้อมบริโภค ซึ่งคาดว่าจะสามารถรักษาคุณภาพของผลิตผลดังกล่าวได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลลองกองเก็บเกี่ยวผลลองกอง โดยนับอายุของผล คือนับจากผลลองกองติดผลจนถึงสัปดาห์ที่ 10 -11 (สุกร้อยละ 65-75) หรือผลเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง สีเนื้อจะขุ่นเป็นฝ้า รสหวาน เลือกผลที่มีขนาดสม่ำเสมอ นำมาจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้ผิวนอกแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส นำผลลองกองมาปอกเปลือกแล้วจุ่มในสารละลายแคลเซียมซิเตรทความเข้มข้น 3 ระดับ คือร้อยละ 0 1 และ 2 ระยะเวลาในการจุ่ม 2 ระดับ คือ 5 และ 10 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ หลังจากจุ่มในสารละลายแล้วนำผลลององที่ปลอกเปลือกมาวางในถาดพลาสติก จำนวน 12 ผลหรือประมาณ 300 กรัม นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงของลองกองพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน โดยวิเคราะห์อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การเกิดสีน้ำตาล อาการเกิด pitting และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

อัตราการหายใจของลองกองพร้อมบริโภคพบว่ามีปริมาณลดลงในช่วง 4 วันแรก (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งคาดว่าการควบคุมการหายใจเนื่องจากแคลเซียม มาจากความสามารถในการควบคุมการเข้าออกของสารผ่านเยื่อหุ้มต่างๆ หรือผลของกิจกรรมของ mitochondria ในการควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารพวก phosphate หรือวัตถุดิบในการหายใจ เช่น malate ไม่ให้ผ่านเข้าไปใน tonoplast และ plasmalemma ได้ จึงลดอัตราการหายใจของผลิตผลได้ จากการทดลองพบว่าการใช้แคลเซียมซิเตรทร้อยละ 2 นาน 5 นาที ลดอัตราการหายใจได้มากกว่าไม่ได้ใช้แคลเซียมทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมจะไปเพิ่มความสมดุลของมิดเดิลลาเมลลากับผนังเซลล์ ด้วยการเพิ่มความต้านทานเอนไซม์ polygalacturonase ส่งผลให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง (Barbagallo และคณะ, 2012) และต่อมาปริมารแคลเซียมจะมีปริมาณลดลงเมื่อผลไม้มีการเสื่อมสภาพมากขึ้น (Vicente และคณะ, 2009) ซึ่งหลังวันที่ 4 มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตเอทิลีนที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ลองกองพร้อมบริโภคในทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ระยะเวลาในการจุ่มสารละลายแคลเซียมซิเตรทไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก แต่การใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมซิเตรทที่สูงขึ้น ส่งผลให้ลดการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าลองกองพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมซิเตรท ความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 นาที ชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าชุดการทดลองอื่น (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่าระยะเวลาการจุ่มกับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมซิเตรทไม่มีผลต่อทั้งปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ในการทดลองระยะเวลาการจุ่มสารละลายแคลเซียมซิเตรทมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล เมื่อใช้เวลาในการจุ่มสารละลายนาน 10 นาที การเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการจุ่มสารละลายที่ 5 นาที อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตามเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการจุ่มและความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมซิเตรทพบว่ามีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลตลอดอายุการเก็บรักษา โดยการจุ่มผลลองกองพร้อมบริโภคที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 และ 2 ระยะ 5 นาที มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลลองกองพร้อมบริโภคที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 และ 2 ระยะเวลา 10 นาที (Table

1) ทั้งนี้การใช้ระยะเวลาในการจุ่มนานอาจไปเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับอาการเกิด pitting ที่มีเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา การจุ่มสารที่ระยะเวลา 10 นาที มีอาการ pitting มากกว่าการจุ่มสารที่ระยะเวลา 5 นาที ส่วนความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมซิเตรทไม่มีผลต่ออาการ pitting (Table 2) ซึ่งลักษณะนี้อาจเป็นผลมาจากการออสโมติค (Saftner และคณะ, 1998) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมพบว่าผลลองกองพร้อมบริโภคในทุกชุดการทดลองมีการยอมรับของผู้บริโภคลดลงตลอดการเก็บรักษา ระยะเวลาการจุ่มสารละลายแคลเซียมซิเตรทมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยการจุ่มสารที่ระยะเวลา 5 นาที มีการยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าการจุ่มสารที่ระยะเวลา 10 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลและการเกิดอาการ pitting ที่ระยะเวลา 10 นาที จะเสื่อมสภาพเร็วกว่าการใช้เวลา 5 นาที โดยผลลองกองพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมซิเตรท ความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 นาที มีการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด โดยระยะเวลาในการยอมรับจากผู้บริโภคอยู่ในช่วง 2 วันของการเก็บรักษา (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ทั้งนี้ผลลองกองพร้อมบริโภคเมื่อปอกเปลือกแล้วจุ่มในสารละลายหรือน้ำเป็นเวลานานทำให้ลักษณะเปียกแฉะ ซึ่งผู้บริโภคอาจไม่ชอบ

สรุปผล

ผลลองกองพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยแคลเซียมซิเตรทความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 ระยะเวลา 5 นาที มีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนัก เกิดสีน้ำตาล อาการ pitting น้อยกว่าผลลองกองพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยแคลเซียมซิเตรทความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 ระยะเวลา 10 นาที และผู้บริโภคให้การยอมรับผลลองกองที่จุ่มสารละลายแคลเซียมซิเตรทที่ระยะเวลา 5 นาที ทั้งสองความเข้มข้นในช่วง 2 วันของการเก็บรักษา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย และขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยพืชสวน, 2540, เอกสารวิชาการมาตรฐานพันธุ์พืชสวน, 346 หน้า

Aguayo, E., Escalona, V.H. and Artes, F., 2008, Effect of Hot Water Treatment Various Calcium Salts on Quality of Fresh-cut 'Amarillo' Melon, Postharvest Biology and Technology, 47: 397–406.

Barbagallo, R.N., Chisari, M. and Caputa, G., 2012, Effects of Calcium Citrate and Ascorbate as Inhibitors of Browning and Softening in Minimally Processed 'Birgah' Eggplants, Postharvest Biology and Technology, 73: 107-114.

Martin-Diana, A.B., Rico, D., Mulcahy, J., Frias, J.M., Henehan, G.T.M. and Barry-Ryan, C., 2006, Effect of Calcium Lactate and Heat-shock on Texture in Fresh-cut Lettuce during Storage, Journal of Food Engineering, 77: 1069–1077.

Poovaiah, B.W., 1986, Role of Calcium in Prolong Storage Life of Fruit and Vegetables, Food technology, 40(5): 86-89.

Rico, D., Martin-Diana, A.B., Frias, J.M., Barat, J.M., Henehan, G.T.M. and Barry-Ryan, C., 2007, Improvement in Texture using Calcium Lactate and Heat-shock Treatments for Stored Ready-to-eat Carrots, Journal of Food Engineering, 79: 1196–1206.

Saftner, R.A. and Conway, W.S., 1998, Effect of Postharvest Calcium Chloride Treatments on Tissue Water Relations, Cell Wall Calcium Levels and Postharvest Life of '*Golden Delicious*' apple, Journal of the American Society for Horticultural Science, 123: 893-897.

Same, C.E. and Conway, W.S., 1984, The Effect of Calcium-Infiltration on Ethylene Production Respiration Rate, Soluble Polyuronide and Quality of '*Golden Delicious*' apple fruit, Journal of the American Society for Horticultural Science, 109(1): 53-57.

Silveira, A.C., Aguayo, E., Chisari, M. and Arts, F., 2011, Calcium Salts and Heat Treatment for Quality Retention of Fresh-cut 'Galia' Melon, Postharvest Biology and Technology, 62: 77–84.

Vicente, A.R., Manganaris, G.A. and Sozzi, G.O., 2009, Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. In: Postharvest Handling: A Systems Approach (Food Science and Technology) (eds W.K. Florkowski, R.L. Shewfelt, B. Brueckner *et al.*) 2nd edn., Academic Press, London, 58-106 p.

Table 1 Browning of minimally processed longkong were dipped with 0, 1 and 2% calcium citrate for 5 and 10 and stored at 4 °C

Treatment		Browning (Score) [1/]				
		Days of storage				
Time	Solutions	0	2	4	6	8
5 min		0	2.22	3.03^{b}	5.26	6.51
10 min		0	1.77	4.14^{a}	5.99	6.59
F-test		-	NS	**	NS	NS
	0 % Ca Citrate	0	2.33	4.22	6.11	7.22
	1 % Ca Citrate	0	2.00	3.33	5.33	6.66
	2 % Ca Citrate	0	1.65	3.22	5.44	5.77
F-test		-	NS	NS	NS	NS
5 min	0 % Ca Citrate	0	2.44	2.88^{b}	5.78	7.55
	1 % Ca Citrate	0	1.33	2.66^{b}	4.89	6.22
	2 % Ca Citrate	0	1.55	3.55^{b}	5.11	5.77
10 min	0 % Ca Citrate	0	2.22	5.55^{a}	6.44	6.88
	1 % Ca Citrate	0	2.66	4.00^{b}	5.77	7.11
	2 % Ca Citrate	0	1.77	2.89^{b}	5.77	5.78
F-test		-	NS	**	NS	NS

[1/] means of data in each column with the small letters at the end are indicated the statistic differences between treatments, NS = no significant difference.

Table 2 Pitting of minimally processed longkong were dipped with 0, 1 and 2% calcium citrate for 5 and 10 and stored at 4 °C

Treatment		Pitting (Score) [1/]				
		Days of storage				
Time	Solutions	0	2	4	6	8
5 min		0	2.06^{b}	2.91^{b}	3.43^{b}	3.87^{b}
10 min		0	5.11^{a}	5.58^{a}	6.39^{a}	7.17^{a}
F-test		-	**	**	**	**
	0 % Ca Citrate	0	3.50	4.26	5.13	5.42
	1 % Ca Citrate	0	4.02	4.51	4.51	5.34
	2 % Ca Citrate	0	3.24	3.97	5.09	5.79
F-test		-	NS	NS	NS	NS
5 min	0 % Ca Citrate	0	2.51^{c}	3.33^{c}	3.87^{b}	4.32^{c}
	1 % Ca Citrate	0	2.06^{c}	2.56^{c}	2.72^{c}	2.89^{d}
	2 % Ca Citrate	0	1.63^{c}	2.85^{c}	3.69^{b}	4.39^{c}
10 min	0 % Ca Citrate	0	4.49^{b}	5.19^{b}	6.39^{a}	6.52^{b}
	1 % Ca Citrate	0	5.99^{a}	6.46^{a}	6.30^{a}	7.79^{a}
	2 % Ca Citrate	0	4.86^{ab}	5.09^{b}	6.48^{a}	7.19^{ab}
F-test		-	**	**	**	**

[1/] means of data in each column with the small letters at the end are indicated the statistic differences between treatments, NS = no significant difference.

Pitting score (0= no pitting, 2= <10% pitting, 4 = 10-25% pitting, 6 = 26-50% and 8 =>50% pitting)

การจัดการดินด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้าในดินทราย

Soil Management of Biotechnology and Biochar on Chinese Kale production in Sandy Soil

เกศศิรินทร์ แสงมณี[1] ชัยนาม ดิสถาพร[1] และ สุรชัย สุวรรณชาติ[1]

Sangmane, K.[1], Dissataporn, C.[1] and Suwannachat, S.[1]

Abstract

Soil management of biotechnology and biochar on Chinese Kale production in sandy soil was studied at Bueng O, Kham Thala So district, Nakhon Ratchasima province during January – September 2013. The objective was to investigate biotechnology of Land Development Department and biochar on increase vegetable production. The experimental design was split-split plot in randomized complete block design with 3 factors and 3 replications. There were factor 1: main plot (M1: no fertilizer, M2: fertilizer grade 25-7-7), factor 2: sub plot (I1: bio-extract LDD 2, I2: biochar + bio-extract LDD 2, I3: biochar + compost LDD 1, I4: biochar + biofertilizer LDD 12, I5: biochar + high-quality organic fertilizer), factor 3: sub sub-plot (B1: biochar ratio 400 kg/rai, B2: biochar ratio 800 kg/rai). This study showed that yield, organic matter content and soil moisture content were the highest on biochar + biofertilizer LDD 12; 1900 kg/rai, 1.41 % and 18.60 %, respectively. For the effect on pH, phosphorus level, calcium level and saturated hydraulic conductivity were the highest on bio-extract LDD 2; 6.96, 46.50 mg/kg, 395.58 mg/kg and 8.50 cm/hr, respectively. Biochar ratio 800 ka/rai gave the highest on diameter of product 1.14 cm.

Keywords: biochar, bio-extract LDD 2, compost LDD 1, biofertilizer LDD 12, high-quality organic fertilizer

บทคัดย่อ

การจัดการดินด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้าในดินทราย ดำเนินการที่ตำบลบึงอ้อ อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง กันยายน 2556 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยีชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดินและถ่านชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตผัก ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบ Split-split plot in RCB จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยการทดลองดังนี้ ปัจจัยที่ 1 : main plot (M1 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี, M2 : ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7) ปัจจัยที่ 2 : sub plot (I1 : น้ำหมักชีวภาพ พด. 2, I2 : ถ่านชีวภาพผสมกับน้ำหมักชีวภาพ พด. 2, I3 : ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยหมัก พด. 1, I4 : ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 และ I5 : ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง) ปัจจัยที่ 3 sub – sub plot (B1 : ถ่านชีวภาพอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ และ B2 : ถ่านชีวภาพอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่) การใส่ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ให้ผลผลิต ปริมาณอินทรียวัตถุ และความชื้นในดินสูงที่สุดคือ 1900.00 กิโลกรัมต่อไร่ 1.41 เปอร์เซ็นต์ และ 18.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปฏิกิริยาดิน ฟอสฟอรัส แคลเซียมและความอิ่มตัวด้วยน้ำ การใส่ถ่านชีวภาพผสมน้ำหมักชีวภาพ พด. 2 มีค่าสูงสุดคือ 6.96 46.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 395.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 8.50 เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับถ่านชีวภาพ 800 กิโลกรัมต่อไร่ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นสูงที่สุดคือ 1.14 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 ปุ๋ยหมัก พด.1 ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

คำนำ

ดินทราย เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การระบายน้ำและอากาศดีมาก มีการชะล้างพังทลายของหน้าดินสูง ถ่านชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน โดยถ่านชีวภาพที่ได้สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินได้ สามารถปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ปรับสภาพความเป็นกรด ดูดยึดธาตุอาหารในดิน เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในดินโดยเป็นแหล่งที่อยู่ และทางด้านฟิสิกส์ ช่วยการดูดยึดน้ำในดิน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มธาตุอาหาร (Lehmann และคณะ, 2003; Steiner และคณะ, 2007) และ Major และคณะ (2010) ได้ศึกษาผลของถ่านชีวภาพจากไม้ พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเพิ่ม ตามอัตราการใส่ เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ถ่านชีวภาพ

[1] กรมพัฒนาที่ดิน 2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900

[1] Land Development Department 2003/61 Phaholyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900

โดยเฉพาะธาตุอาหาร N P K Ca และ Mg ที่เพิ่มขึ้นตลอดทุกปี ตั้งแต่เริ่มต้นใส่ จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดินต่อผลผลิตของผักคะน้า สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และยังเป็นการฟื้นฟูสภาวะแวดล้อมเนื่องจากมีการลดการใช้ปุ๋ยเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเผาถ่านชีวภาพ ด้วยถัง 200 ลิตร โดยใช้กระบวนการไพโรไลซีส (คือ กระบวนการเผาถ่านแบบไม่ใช้ออกซิเจน) ด้วยอุณหภูมิไม่เกิน 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทำการคัดเลือกพื้นที่ที่ตำบลบึงอ้อ อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา และทำแปลงขนาด 2 x 1 เมตร จำนวน 60 แปลง เพื่อปลูกคะน้า มีระยะปลูก 20 x 20 เซนติเมตร โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ Split-split plot in RCB จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยการทดลองดังนี้ ปัจจัยที่ 1 : main plot (M1 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี, M2 : ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7) ปัจจัยที่ 2 : sub plot (I1 : น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 อัตราส่วน 1 : 1000, I2 : ถ่านชีวภาพผสมกับน้ำหมักชีวภาพ พด. 2 อัตรา 1 : 1000, I3 : ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยหมัก พด. 1 อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่, I4 : ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ และ I5 : ถ่านชีวภาพผสมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่) ปัจจัยที่ 3 : sub-sub plot (B1 : ถ่านชีวภาพอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ และ B2 : ถ่านชีวภาพอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่) บันทึกข้อมูลสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง วัดการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักคะน้า ทำการทดลองตั้งแต่เดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2556

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางเคมีของวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ถ่านชีวภาพมี pH และปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ 7.15 และ 55.76 เปอร์เซ็นต์ น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) สูงที่สุด 13.47 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมีปริมาณไนโตรเจน สูงที่สุดคือ 3.28 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลทางสถิติของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพ พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของผักคะน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณผลผลิตรวมสูงที่สุดคือ 1846.70 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุดคือ 1900 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางสูงที่สุดคือ 1.14 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ทำให้มีความสูงของต้นและผลผลิตรวมสูงขึ้น (Table 1)

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 สามารถช่วยให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักคะน้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างธาตุอาหารหรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และสร้างฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลทางสถิติของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์และถ่านชีวภาพ ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินทราย พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ดินมีอินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ 1.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 ร่วมกับถ่านชีวภาพ ทำให้ดินมีการอิ่มตัวด้วยน้ำ ปฏิกิริยาของดิน ปริมาณฟอสฟอรัส และแคลเซียมในดินสูงที่สุดคือ 8.50 เซนติเมตรต่อชั่วโมง 6.96 46.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 395.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด. 12 ทำให้ดินมีความชื้นในดินและปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ 18.60 เปอร์เซ็นต์ และ 1.41 เปอร์เซ็นต์ (ตามลำดับ) อัตราของถ่านชีวภาพไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน (Table 2) แต่พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ เพราะถ่านชีวภาพมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงทำให้สามารถดูดยึดธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวก เช่น K^+ Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นต้น รวมไปถึงถ่านชีวภาพมีรูพรุนอยู่สูงทำให้มีพื้นที่ผิวมากซึ่งพื้นที่นี้สามารถดูดยึดประจุบวกได้มากตามไปด้วย และรูพรุนในถ่านชีวภาพยังเป็นที่อยู่ของน้ำ อากาศ และจุลินทรีย์ในดิน (Lehmann และคณะ, 2006) และน้ำหมักชีวภาพ พด. 2 และปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ที่ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารแก่ดินได้

สรุปผล

จากการศึกษาผลของเทคโนโลยีชีวภาพและถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้า พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 ทำให้ผักคะน้ามีผลผลิตรวมสูงที่สุดคือ 1900 กิโลกรัมต่อไร่ และผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีพบว่า การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด. 2 ทำให้ดินมีการอิ่มตัวด้วยน้ำ ปฏิกิริยาของดิน ปริมาณฟอสฟอรัส และแคลเซียมในดินสูงที่สุดคือ 8.50 เซนติเมตรต่อชั่วโมง 6.96 46.50 และ 395.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตามลำดับ) และการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด. 12 ทำให้ดินมีความชื้นในดินและปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ 18.60 เปอร์เซ็นต์ และ 1.41 เปอร์เซ็นต์ (ตามลำดับ)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2556, เทคโนโลยีชีวภาพทางดิน ชุดองค์ความรู้กึ่งศตวรรษการพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 40 หน้า.

Lehmann, J., Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B., 2003, Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments, Plant and Soil, 249: 343-357.

Lehmann, J. and Rondon, M., 2006, Bio-char Soil Management in Highly Weathered Soils in the Humid Tropics, In: N. Uphoff, Editor, Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, CRC Press, Boca Raton.

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J., 2003, Maize Yield and Nutrition during 4 Years after Biochar Application to a Colombian Savanna Oxisol, Plant Soil, 333: 117–128.

Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., Macedo, J.L.V.d., Bium, W.E.H. and Zech, W., 2007, Long Term Effect of Manure, Charcoal and Mineral Fertilization on Crop Production and Fertility on a Highly Weathered Central Amazon Upland Soil, Plant and Soil, 291: 275-290.

Table 1 Effects of biotechnology and biochar on plant height, diameter and yield

Factor		Plant height (cm)	Diameter (cm)	Yield (kg/rai)
Fertilizer grade 25-7-7	M1 : No fertilizer	5.85	0.96	1063.30 b
(A)	M2 : Fertilizer 100 kg/rai	6.81	1.1	1846.70 a
F - test		ns	ns	*
Organic fertilizer	I1 : Bio - extract LDD. 2	5.85	0.99	1175.00 b
(B)	I2 : Biochar + Bio - extract LDD. 2	6.5	1.03	1308.30 b
	I3 : Biochar + Compost LDD. 1	5.84	1.09	1366.70 b
	I4 : Biochar + Biofertilizer LDD. 12	6.45	1.04	1900.00 a
	I5 : Biochar + High - quality organic fertilizer	6.51	1.00	1525.00 ab
F - test		ns	ns	*
Biochar	Ratio 400 kg/rai	6.18	0.96 b	1423.3
(C)	Ratio 800 kg/rai	6.21	1.14 a	1486.7
F - test		ns	*	ns
A x B		*	ns	*
A x C		ns	ns	ns
B x C		ns	ns	ns
A x B x C		ns	ns	ns
C.V. (%)		12.80	20.78	47.78

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at p ≤ 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 2 Soil Physical and Chemical properties on before and after the experiment

Factor		Soil Moisture Content (%)	Saturated Hydraulic Conductivity (cm/hr)	pH	OM (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)
	Before	8.5	6.52	6.2	0.4	25	49	366
Fertilizer grade 25-7-7 (A)	**M1** : No fertilizer	15.89	8.03	6.82	0.41 b	34.37	44.23	362.63 a
	M2 : Fertilizer 100 kg/rai	16.14	7.92	6.73	1.21 a	30.00	46.60	314.57 b
F - test		ns	ns	ns	*	ns	ns	*
Organic fertilizer (B)	**I1** : Bio - extract LDD. 2	13.25 b	8.44 a	6.85 a	0.38 b	32.42 b	42.08	337.42 b
	I2 : Biochar + Bio - extract LDD. 2	13.79 b	8.50 a	6.96 a	0.48 b	46.50 a	49.58	395.58 a
	I3 : Biochar + Compost LDD. 1	16.48 ab	8.23 a	6.87 a	0.41 b	28.08 b	46.83	327.75 b
	I4 : Biochar + Biofertilizer LDD. 12	18.60 a	7.58 ab	6.58 b	1.41 a	27.08 b	42.41	322.83 b
	I5 : Biochar + High - quality organic fertilizer	17.98 a	7.13 b	6.60 b	1.39 a	26.83 b	46.18	309.42 b
	F - test	*	*	*	*	*	ns	*
Biochar (C)	Ratio 400 kg/rai	16.11	8.03	6.79	0.81	32.07	45.36	348.60
	Ratio 800 kg/rai	15.92	7.92	6.75	0.81	32.30	45.48	328.60
	F - test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A x B	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
	A x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	B x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A x B x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C.V. (%)	47.72	12.83	2.97	9.91	36.88	26.09	25.47

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test

การเจริญเติบโตของข้าวไร่และข้าวนาสวนที่ปลูกในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำ
Growth of Upland and Lowland Rice Varieties under Flooded and Non-flooded Conditions

ประภัสสร ลัดวิไลวงศ์[1] ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช[1] พรทิพย์ ศรีมงคล[1] และ เนตรนภา อินสลุด[2]
Latvilayvong, P.[1], Sitthaphanit, S.[1], Srimongkol, P.[1] and Insalud, N.[2]

Abstract
This research was aimed to determine net photosynthesis rate, yield and yield components of 10 rice cultivars under flooded and non-flooded conditions. The experiment was a 2 x 10 factorial in completely randomized design (factorial in CRD) with three replications. The results showed that net photosynthesis rate of rice was not affected by water conditions in either tillering or booting stage. However, significant difference was found among cultivars. At tillering stage, RD 15 had the highest in net photosynthesis rate (22.34 μmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$). Atbooting stage, the highest in net photosynthesis rate was found RD 31 (17.24 μmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$). There was no interaction between the water conditions and cultivars on net photosynthesis rate, grain weight and observed ground dry weight. The greater grain weight and above ground dry weight was found from flooded condition which RD 15 had the highest grain weight and aboved ground dry weight.
Keywords: rice, net photosynthesis rate, yield

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าว 10 พันธุ์ เมื่อปลูกในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำ วางแผนทดลองแบบ 2 x 10 Factorial in Completely Randomized Design (Factorial in CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำที่ต่างกัน มีอัตราการสังเคราะห์แสงไม่แตกต่างกันทั้งในระยะแตกกอและระยะตั้งท้อง แต่อัตราการสังเคราะห์แสงมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ โดยที่ในระยะแตกกอข้าวพันธุ์ กข 15 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุด (22.34 μmol$CO_2m^{-2}s^{-1}$) ในขณะที่ระยะตั้งท้อง ข้าวพันธุ์ กข 31 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุด (17.24 μmol$CO_2m^{-2}s^{-1}$) โดยไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพน้ำและพันธุ์ข้าวต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ โดยผลผลิตและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินพบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำมีผลผลิตและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำ และข้าวพันธุ์ กข15 มีผลผลิตและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุด
คำสำคัญ: ข้าว อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ผลผลิต

คำนำ
ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยทั่วไปการผลิตข้าวของไทยเป็นการปลูกแบบขังน้ำที่เรียกว่าข้าวนาสวนซึ่งมีการขังน้ำไว้ตลอดฤดูปลูก โดยค่าเฉลี่ยการใช้น้ำในการผลิตข้าวของประเทศไทย คือ 1,617 ลบ.ม. ต่อข้าวหนึ่งตัน (Chapagain และ Hoekstra, 2011) การขยายตัวของเมือง การใช้ทรัพยากรน้ำในกิจกรรมอื่น รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเกิดจากสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักของมนุษย์ ผลกระทบที่ตามมาต่อภาคการเกษตรคือสภาวะแห้งแล้ง ระบบการปลูกข้าวแบบใช้น้ำน้อยหรือประหยัดน้ำ (water saving rice) เป็นระบบที่มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้การผลิตข้าวมีประสิทธิภาพการใช้น้ำมากขึ้น Bouman และ Toung (2001) พบว่าระบบปลูกข้าวประหยัดน้ำมีประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตข้าวสูงกว่าระบบขังน้ำ 42% ผลผลิตที่ได้อาจลดลงได้ถึง 10-40% อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น การสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานช่วยในการจัดการปลูกข้าวในระบบประหยัดน้ำทั้งในด้านพันธุ์ และการจัดการ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวที่ปลูกในระบบประหยัดน้ำซึ่งจะนำไปสู่การจัดการน้ำเพื่อการผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat SakonNakhon Province Campus, SakonNakhon 47000, Thailand
[2] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[2] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนทดลองแบบ Factorials in Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ สภาพของน้ำ (ขังน้ำและไม่ขังน้ำ) และพันธุ์ข้าว 10 พันธุ์ ประกอบด้วยซิวแม่จัน สกลนคร พญาลืมแกง ซิวเกลี้ยง ลืมผัว ขาวดอกมะลิ 105 กข6 กข15 กข31 และ กข41 โดยพันธุ์ที่เลือกใช้ในการทดลองนี้เป็นพันธุ์ข้าวไร่และพันธุ์ข้าวนาสวนที่นิยมใช้ ปลูกข้าวโดยใช้วิธีการหยอดเมล็ดโดยตรงในกระถางขนาด 10 นิ้วบรรจุดิน 7 กิโลกรัม เมื่อข้าวมีอายุ 30 วัน แบ่งกระถางออกเป็น 2 สภาพ ได้แก่ สภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำ โดยสภาพขังน้ำรักษาระดับน้ำในกระถางที่ 5 ซม. เหนือผิวดิน ส่วนกระถางที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำรักษาน้ำให้อยู่ในระดับ Field Capacity เมื่อต้นข้าวมีอายุ 20 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ในระยะแตกกอสูงสุดใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ และกำจัดวัชพืชโดยวิธีถอน เก็บข้อมูล น้ำหนักแห้งผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตและวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิโดยวัดใบบนสุดที่กางเต็มที่ซึ่งในการวัดจะวัดส่วนกลางของใบและใช้ความเข้มแสง 1400 $\mu molm^{-2}s^{-1}$ ด้วยเครื่อง LI-6400XT ที่ระยะแตกกอสูงสุดและระยะตั้งท้องวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (Net photosynthesis rate)

การทดลองครั้งนี้ได้วัดอัตราการสังเคราะห์แสง 2 ระยะการเจริญเติบโตคือระยะข้าวแตกกอสูงสุดและระยะข้าวตั้งท้อง พบว่าทั้งสองระยะการเจริญเติบโตข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยในสภาพขังน้ำที่ระยะแตกกอสูงสุดมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ 16.71 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ แต่ในระยะตั้งท้องมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ 11.39 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ ส่วนสภาพไม่ขังน้ำที่ระยะแตกกอสูงสุดมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ 16.37 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ และมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ 10.93 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ ในระยะตั้งท้อง (Table 1) อย่างไรก็ตามพบว่าพันธุ์ที่ต่างกันมีอัตราการสังเคราะห์สุทธิแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าที่ระยะข้าวแตกกอสูงสุดข้าวพันธุ์ กข15 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงที่สุด คือ 22.34 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6 ซึ่งมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ 21.00 และ 20.09 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ สำหรับในระยะข้าวตั้งท้องอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ กข31 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงที่สุด คือ 17.24 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ ซิวแม่จัน สกลนคร ลืมผัว และกข41 และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับสภาพน้ำ (Table 1) โดยพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีรูปแบบการตอบสนองด้านอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่อสภาพน้ำแตกต่างกัน ทั้งสองระยะการเจริญเติบโต

2. น้ำหนักแห้ง ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

สภาพขังและไม่ขังน้ำมีผลทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำมีน้ำหนักแห้ง 18.04 กรัมต่อกระถาง ส่วนสภาพไม่ขังน้ำมีน้ำหนักแห้ง 7.10 กรัมต่อกระถาง (Table 2) และพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์มีน้ำหนักแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยข้าวพันธุ์ กข15 มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด 15.92 กรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สกลนคร กข6 กข31 และ กข41 ซึ่งมีน้ำหนักแห้ง 14.93 14.55 14.05 13.85 และ 12.54 กรัมต่อกระถางตามลำดับ และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพน้ำกับพันธุ์ข้าว

ด้านผลผลิตพบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำโดยมีน้ำหนักเมล็ด 5.54 และ 1.05 กรัมต่อกระถาง ส่วนพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงที่สุดคือ กข15 มีน้ำหนักเมล็ด 4.79 กรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข41 กข31 สกลนคร และ กข 6 ซึ่งมีน้ำหนักเมล็ด 4.29 4.14 4.07 และ 3.49 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ

สภาพน้ำมีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวด้วยเช่นกันโดยพบว่าจำนวนหน่อ จำนวนรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำขังสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำ (Table 2) ซึ่งข้าวที่ปลูกแบบขังน้ำมีจำนวนหน่อเฉลี่ย11.4 หน่อต่อกระถาง มีจำนวนรวงเฉลี่ย7.8 รวงต่อกระถาง มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 50.9 เมล็ดต่อรวง มีจำนวนเมล็ดดีเฉลี่ย34.6 เมล็ดต่อรวงและมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 25.61 กรัม ข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำมีลักษณะองค์ประกอบผลผลิตต่ำกว่าต้นข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำ 30-60% อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำมีจำนวนเมล็ดลีบสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำประมาณ 30% และยังพบว่าพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ กข41 มีจำนวนหน่อสูงที่สุด 11.2 หน่อต่อกระถางแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข31กข15 ขาวดอกมะลิ 105 สกลนครซิวเกลี้ยงและซิวแม่จัน ที่มีจำนวนหน่อ 10.7 10.5 9.7 9.2 9.0และ 8.8 หน่อ

ต่อกระถาง ตามลำดับ ส่วนจำนวนรวงพบว่าพันธุ์ซิวแม่จันมีจำนวนรวงสูงที่สุด 10.0 รวงต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข41 ขาวดอกมะลิ 105 และกข15 ที่มีจำนวนรวง 8.2, 7.0และ 7.0 รวงต่อกระถางตามลำดับ พันธุ์ กข15 เป็นพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดสูงที่สุดที่ 56.5 เมล็ดต่อรวงแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข6 ขาวดอกมะลิ 105 กข41 สกลนครซิวแม่จันและกข31 โดยมีจำนวนเมล็ด 55.7 51.8 49.7 47.9 46.1และ 43.3เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ กข6 เป็นพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดดีสูงที่สุดที่ 39.4 เมล็ดต่อรวง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข15 สกลนคร กข41 ขาวดอกมะลิ 105 กข31 ซิวแม่จันและลืมผัวที่มีจำนวนเมล็ดดี 35.9 34.1 27.5 21.8 21.8 20.3 และ 19.3 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าพันธุ์ที่แตกต่างกันมีจำนวนเมล็ดลีบไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีจำนวนเมล็ดลีบระหว่าง 10.4-29.9 เมล็ดต่อรวง สำหรับน้ำหนัก 1,000 เมล็ดพบว่าข้าวพันธุ์พญาลืมแกงมีน้ำหนักมากที่สุดที่ 31.03 กรัมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ ซิวเกลี้ยง ลืมผัวและสกลนครที่มีน้ำหนัก1,000 เมล็ดที่ 28.70 28.47 และ 23.50 กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพน้ำและพันธุ์ข้าวในทุกลักษณะขององค์ประกอบผลผลิต (Table 2)

จากการทดลองนี้พบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำขังมีการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำอย่างไรก็ตามเมื่อวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของทั้งข้าวที่ปลูกทั้งสองสภาพน้ำพบว่าไม่มีความแตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับ Sitthaphanit และคณะ (2013) ที่พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของทรงพุ่มข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำไม่แตกต่างกับข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำ ในนั้นช่วงการสังเคราะห์แสงในระยะข้าวแตกกอสูงสุดและระยะข้าวตั้งท้องเมื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของแสงจะมีค่าไม่เหมือนกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของพันธุ์ข้าวในบางพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะข้าวแตกกอสูงสุดแต่ในบางพันธุ์อาจจะลดลงในระยะข้าวตั้งท้อง (Peng และคณะ, 2006) อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิตจะพบว่าพันธุ์ข้าวมีการตอบสนองต่อระดับน้ำแตกต่างกันออกไป ซึ่งลักษณะขององค์ประกอบผลผลิตเหล่านี้ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้แตกต่างกันออกไป (Bouman และคณะ, 2005) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวมีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดความสำเร็จของการประยุกต์ใช้ระบบการปลูกข้าวแบบน้ำน้อย (Peng และคณะ, 2006)

สรุปผล

การปลูกข้าวในสภาพขังน้ำ และไม่ขังน้ำมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ระยะแตกกอและระยะตั้งท้องไม่แตกต่างกันอย่างไรก็ตามข้าวที่ปลูกในสภาพขังน้ำมีผลผลิตและน้ำหนักแห้งสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำ นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ยังมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงยังชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวมีส่วนสำคัญในการกำหนดผลผลิตในสภาพการปลูกข้าวแบบประหยัดน้ำ

เอกสารอ้างอิง

Bouman, B., Peng, S., Castaneda, A.R. and Visperas, R.M., 2005, Yield and Water Use of Irrigated Tropical Aerobic Rice Systems, Agricultural Water Management, 74: 87–105.

Chapagain A. and Hoekstra A., 2011, The Blue, Green and Grey Water Footprint of Rice from Production and Consumption Perspectives, Ecological Economics, 70(4): 749–758.

Bouman, B. and Tuong, T.P., 2001, Field Water Management to Save Water and Increase its Productivity in Irrigated Rice, Agricultural Water Management, 49(1): 11-30.

Peng, S., Bouman, B., Visperas, R.M., Castaneda, A., Nie, L. and Park, H.-K., 2006, Comparison between Aerobic and Flooded Rice in the Tropics: Agronomic Performance in an Eight-Season Experiment, Field Crops Research, 96: 252–259.

Sitthaphanit,S., Phattaralerphong, J., Insalud, N., Paopo, K. and Kongdech, J., 2013, Light Response and

Canopy Photosynthesis of Non-Photoperiod Sensitive Rice Varieties under Flooded and Non-Flooded Condition, In: 11th Conference of the international society for plant anaerobiosis, IRRI headquarters, Los Baños, Laguna, Philippines.

Table 1 Effect of water conditions and rice cultivars on net photosynthesis rate of rice.

	Net photosynthesis rate (μ mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$)	
Water conditions (A)	Tillering stage	Booting stage
Flooded	16.71	11.39
Non-flooded	16.37	10.93
F-test	ns	ns
Cultivars (B)		
Sew Mae Jan	10.13d	11.47ab
SakonNakhon	11.38d	13.71ab
Pa-yah LeumGaeng	13.84bcd	9.92b
SiwGliang	15.28abcd	9.42b
LeumPua	12.88cd	11.94ab
KDML 105	21.00ab	9.35b
RD 6	20.09abc	8.29b
RD 15	22.34a	9.42b
RD 31	18.94abc	17.24a
RD 41	16.08abcd	12.55ab
F-test	**	**
C.V. (%)	30.75	28.52

a-d: Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by DMRT (p<0.05),

*, ** significant difference at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

ns: not significant difference.

Table 2 Effect of water condition and rice cultivars on total dry weight, grain weight and yield component.

	Total Dry weight (g/pot)	Grain weight (g/pot)	Tillers No/pot	Panicles No / pot	Grain No / panicle	Filled grain/panicle	Unfilled grain /panicle	1000 grain weight (g)
Water conditions (A)								
Flood	18.04a	5.54a	11.4a	7.8a	50.9a	34.6a	16.6b	25.61a
Non-flood	7.10b	1.05b	7.2b	4.1b	36.2b	12.7b	23.4a	17.65b
Cultivars (B)								
Sew Mae Jan	11.83bc	2.30bc	8.8ab	10.0a	46.1abc	20.3ab	27.0	18.73c
SakonNakhon	14.55ab	4.07ab	9.2ab	6.0bc	47.9abc	34.1a	13.8	23.50abc
Pa-yah LeumGaeng	8.83cd	1.21d	10.5a	4.0dc	21.4d	7.8b	13.6	31.03a
SiwGliang	11.47bc	2.82bc	9.0ab	3.7cd	33.3bcd	8.6b	24.7	28.70ab
LeumPua	7.74d	1.87c	6.8b	2.5d	29.8cd	19.3ab	10.4	28.47ab
KDML 105	14.93ab	3.52bc	9.7a	7.0abc	51.8ab	21.8ab	29.9	17.35c
RD 6	14.05ab	3.94ab	6.5b	5.0bcd	55.7a	39.4a	16.3	22.65bc
RD 15	15.92a	4.79a	10.5a	7.0abc	56.5a	35.9a	20.6	19.35c
RD 31	13.85ab	4.14ab	10.7a	6.2bc	43.3abc	21.8ab	21.5	18.50c
RD 41	12.54ab	4.29ab	11.2a	8.2ab	49.7abc	27.5ab	22.3	18.06c
Source of variation								
A	**	**	**	**	**	**	*	**
B	**	**	**	**	**	**	ns	**
C.V. (%)	23.11	44.90	22.72	43.93	27.45	48.13	61.35	20.45

a-d: Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by DMRT (p<0.05),

*, ** significant difference at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

ns: not significant difference.

อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในดินลูกรัง

Effect of Green Manure on Yield and Nitrogen Uptake of Rice Production on Lateritic Soils

ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช[1] พรทิพย์ ศรีมงคล[1] วิมลนันทน์ กันเกตุ[1] และ นุชนภางค์ สุวรรณเทน[2]

Sitthaphanit, S.[1], Srimongkol, P.[1], Kanket, W.[1] and Suwanthaen, N.[2]

Abstract

Yield of rice under lateritic soil is generally low due to poor soil fertility and improper soil physical properties for agricultural practice. Green manure incorporation can improve soil fertility and increase rice yield. However, chemicals component and nutrient mineralization from incorporated green manure depend on the species of green manure. The suitable type of green manure to application to rice production under lateritic soils needs further investigation. Field experiment was conducted on lateritic soil (Phon Phisai series) with 3 green manure species included *Sesbanis rostrata*, *Crotalaria juncea* and *Vigna unguiculata*. The result showed that rice grain yield, above ground dry weight and nitrogen uptake were greatest with *V. unguiculata* incorporation. However, total soil nitrogen content and soil organic matter were greater with incorporation of *S. roatrata* and *C. juncea* than other. In conclusion, green manure incorporation can enhance soil fertility and increased rice yield under lateritic soil condition.

Keywords: rice, green manure, lateritic soils, nitrogen uptake

บทคัดย่อ

การผลิตข้าวในพื้นที่ดินลูกรังมีผลผลิตต่ำเนื่องจากดินลูกรังมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และสมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร การไถกลบปุ๋ยพืชสดสามารถช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพิ่มผลผลิตข้าวได้ แต่อย่างไรก็ตามปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดมี-องค์ประกอบทางเคมีและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวในสภาพนาดินลูกรัง ทำการทดลองในสภาพแปลงในดินลูกรังชุดโพนพิสัยโดยใช้ปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ประกอบด้วย โสนอัฟริกัน (*Sesbanis rostrata*) ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) และถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*) ผลการทดลองพบว่าการไถกลบถั่วพุ่มทำให้ข้าวมีผลผลิต น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการไถกลบโสนอัฟริกันและปอเทืองทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น สรุปได้ว่าการไถกลบปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าวในสภาพดินลุกรังได้

คำสำคัญ: ข้าว ปุ๋ยพืชสด ดินลูกรัง การดูดใช้ไนโตรเจน

คำนำ

ดินลูกรังเป็นดินที่มีปัญหาในการผลิตพืชเนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมาะสมสำหรับทำการเกษตรกรรม เป็นดินตื้น มีกรวด ลูกรังหรือเศษหินปะปนในบริเวณการเจริญของรากพืช ปริมาณเนื้อดินละเอียดมีน้อย มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์น้อย มีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่ำ (Vijarnsorn, 1984) การใช้ปุ๋ยพืชสดเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อปรับปรุงบำรุงดินเนื่องจากช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้ดินโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (Becker และคณะ, 1991) เพิ่มอินทรียวัตถุและปรับปรุงโครงสร้างดิน พืชปุ๋ยสดที่มีการส่งเสริมให้ใช้ในนาข้าว เช่น ปอเทือง โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามชนิดของพืชปุ๋ยสดที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อพืชที่ปลูกตามแตกต่างกันตามองค์ประกอบในต้นซึ่งส่งผลถึงความสามารถในการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหาร การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในสภาพดินลูกรัง

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

[2] กรมพัฒนาที่ดิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Land Development Department, Bangkok, 10900, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในดินลูกรังชุดโพนพิสัย (Phon phisai series: Pp) ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 835.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและปริมาณอินทรียวัตถุ 16.5 กรัมต่อกิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design 4 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วย 1. แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย; control) 2. วิธีเกษตรกร (ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 30 กก./ไร่ หว่านหลังปักดำ 7 วัน; FP) 3. วิธีเกษตรกรร่วมกับการใช้โสนอัฟริกัน (FP+S. rostrata) 4. วิธีเกษตรกรร่วมกับปอเทือง (FP+C. juncea) และ 5. วิธีเกษตรกรร่วมกับถั่วพุ่ม (FP+V. unguiculata) โดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์โสนอัฟริกันและปอเทือง 5 กก./ไร่ และถั่วพุ่มอัตรา 8 กก./ไร่ ไถกลบพืชปุ๋ยสดทั้งสามชนิด 2 สัปดาห์ก่อนปักดำข้าวพันธุ์ กข 10 ที่อายุต้นกล้า 30 วันหลังงอก จำนวน 3 ต้นต่อกอ ดูแลรักษาและเก็บข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลดิน (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณอินทรียวัตถุ) ข้อมูลพืช ประกอบด้วยน้ำหนักแห้งของพืชปุ๋ยสดก่อนไถกลบ น้ำหนักแห้งและผลผลิตข้าว และปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลการทดลอง

1.น้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยพืชสด

จากการบันทึกน้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนของพืชปุ๋ยสดทั้ง 3 ชนิด ก่อนการไถกลบพบว่าโสนอัฟริกันมีน้ำหนักแห้ง 2,942.2 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และมีปริมาณไนโตรเจน 19.6 กรัม/กิโลกรัม ปอเทืองมีน้ำหนักแห้งก่อนไถกลบ 3,282.8 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และมีปริมาณไนโตรเจน 21.6 กรัม/กิโลกรัม และถั่วพุ่มมีน้ำหนักแห้ง 2,882.8 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และมีปริมาณไนโตรเจน 21.1 กรัม/กิโลกรัม (Table 1)

Table 1 Above ground dry weight and nitrogen content of green manures at incorporation date.

Green manure	Above ground dry weight (kg ha^{-1})	Nitrogen content (g kg^{-1})
S. rostrata	2,942.2±262.2	19.6±0.2
C. juncea	3,282.8±546.4	21.6±0.8
V. unguiculata	2,882.8±199.3	21.1±1.3

±, standard error of mean.

2.ไนโตรเจนและอินทรียวัตถุในดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองมีไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 835.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและมีอินทรียวัตถุเท่ากับ 16.5 กรัมต่อกิโลกรัม ภายหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าตำรับการทดลองที่ใช้ปอเทืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงที่สุดคือ 1,108.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงที่ใช้โสนอัฟริกันที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่ 1,037.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) ส่วนแปลงควบคุมมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินต่ำที่สุดที่ 826.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงที่ใช้ถั่วพุ่มปรับปรุงดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ 900.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นโดยตำรับการทดลองที่ใช้ปอเทืองปรับปรุงดินมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุด 22.9 กรัมต่อกิโลกรัมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใช้โสนอัฟริกันซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 21.3 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับการทดลองที่ใช้ถั่วพุ่มปรับปรุงดิน วิธีเกษตรกรและแปลงควบคุมมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีอินทรียวัตถุ 18.4, 18.7 และ 16.7 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

3.ผลผลิตและน้ำหนักแห้งข้าว

การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวดินลูกรังสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยแปลงนาที่ใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดให้ผลผลิต 4,125 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ปอเทืองและโสนอัฟริกันมีผลผลิต 3,925 และ 3,475 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) ในขณะที่แปลงควบคุมและวิธีที่เกษตรกรใช้มีผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีผลผลิต 2,875 และ 2,675 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยพืชสดยังทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงกว่าแปลงควบคุมและวิธีของเกษตรกร โดยถั่วพุ่มทำให้ได้น้ำหนักแห้งสูงที่สุด 12,525 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงที่ใช้ปอเทืองและโสนอัฟริกันปรับปรุงดิน แปลงข้าวที่ปลูกโดยวิธีเกษตรกรมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่ำที่สุด 8,675 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงควบคุมที่มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินที่ 8,725 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

Table 2 Total soil nitrogen and organic matter of experimental soil before planting and after harvest

Treatments	Total nitrogen (mg kg^{-1})	Organic matter (g kg^{-1})
Before planting	835.0	16.5
After harvest		
Control	826.0d[1/]	16.7b
FP	956.5bc	18.7b
FP+*S. rostrata*	1,037.5ab	21.3a
FP+*C. juncea*	1,108.5a	22.9a
FP+ *V. unguiculata*	900.0 cd	18.4b
f-test	**	**
CV(%)	8.79	8.17

[1/]Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by LSD (P < 0.05).
FP: Farmer practice

Table 3 Effect of green manures on grain yield, total shoot dry matter and N uptake of rice on lateritic soil

Treatments	Grain yield (kg ha^{-1})	Total shoot dry matter (kg ha^{-1})	N uptake (kg ha^{-1})		
			Grain	Straw	Total
Control	2,875b[1/]	8,725 b	27.06c	19.00d	46.06c
FP	2,675b	8,675 b	29.50c	23.63c	53.13bc
FP+*S. rostrata*	3,475ab	10,975 a	35.56bc	27.31b	62.88bc
FP+*C. juncea*	3,925a	11,175 a	42.75b	22.62c	65.40b
FP+ *V. unguiculata*	4,125a	12,525 a	58.08a	35.21a	93.29a
f-test	**	**	**	**	**
CV(%)	13.57	10.62	14.94	7.61	10.03

[1/]Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by LSD (P < 0.05).
FP: Farmer practice

4.การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน

การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกโดยวิธีการต่างๆพบว่าการใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงที่สุดที่ 58.08 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และพบว่าการตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยพืชสดมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่าแปลงควบคุมและวิธีเกษตรกร (Table 3) และยังพบว่าปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าวสูงที่สุดในตำรับการทดลองที่ใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด 35.21 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนแปลงควบคุมมีปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าวต่ำที่สุดเพียง 19.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และยังพบว่าการดูดใช้ไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนเหนือดินสูงที่สุดในแปลงที่ใช้ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดซึ่งมีปริมาณ 93.29 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และแปลงควบคุมมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนต่ำที่สุดที่ 46.06 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนการปลูกโดยวิธีเกษตรกร โสนอัฟริกันและปอเทืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ 53.13, 62.88 และ 65.40 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3)

วิจารณ์ผล

การใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงดินลูกรังเพื่อปลูกข้าวให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเนื่องจากเมื่อไถกลบปุ๋ยพืชสดจะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชสู่ดินโดยเฉพาะไนโตรเจนส่งผลต่อข้าวที่ปลูกตาม (Diekmann และคณะ, 1993) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของชนิดพืชที่ใช้ทำปุ๋ยพืชสดมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวได้รับดังแสดงใน Table 1 นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันยังทำให้อัตราและช่วงเวลาการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชแตกต่างกันซึ่งจะส่งผลถึงการดูดใช้ธาตุอาหาร การแบ่งส่วนธาตุอาหารไปยังผลผลิต และการให้ผลผลิตของข้าวที่ปลูกตาม (Mc Donagh

และคณะ, 1995) ในการทดลองนี้ทำการไถกลบปุ๋ยพืชสดก่อนการปักดำ 2 สัปดาห์พบว่าถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสดที่ทำให้ข้าวที่ปลูกในสภาพดินลูกรังได้ผลผลิตและมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนดีกว่าพืชปุ๋ยสดชนิดอื่น อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ดินชี้ให้เห็นว่าโสนอัฟริกันและปอเทืองช่วยให้ไนโตรเจนและอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการใช้ถั่วพุ่ม การใช้ปุ๋ยพืชสดหลายชนิดร่วมกันจะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดินในระยะยาว (Toomsan และคณะ, 2000)

สรุปผล

ปุ๋ยพืชสดสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวที่ปลูกในสภาพดินลูกรังโดยการไถกลบถั่วพุ่มก่อนการปักดำข้าว 2 สัปดาห์ทำให้ข้าวมีผลผลิตและการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยพืชสดชนิดอื่นและสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การไถกลบโสนอัฟริกันและปอเทืองจะช่วยให้ความอุดมสมบูรณ์และสมบัติของดินดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Becker, M., Diekmann, K.H., Lahda, J.L., De Datta, S.K. and Ottow, J.C.G., 1991, Effect of NPK on Growth and Nitrogen Fixation of *Sesbania rostrata* as Green Manure for Lowland Rice (*Oryza sativa* L.), Plant Soil, 132: 149–158.

Diekmann, K.H., De Datta, S.K. and Ottow, J.C.G., 1993, Nitrogen Uptake and Recovery from Urea and Green Manure in Lowland Rice Measured by ^{15}N and Non-isotope Techniques, Plant Soil, 148: 91-99.

McDonagh, J.F., Toomsan, B., Limpinuntana, V. and Giller, K.E., 1995, Grain Legumes and Green Manures as Pre-rice Crops in Northeast Thailand: I. Legume Nitrogen Fixation, Production and Residual Nitrogen Benefits to Rice, Plant Soil, 177: 127-136.

Toomsan, B., Cadisch, G., Srichantawong, M., Thongsodsaeng, C., Giller, K.E. and Limpinuntana, V., 2000, Biological N_2 Fixation and Residual N Benefit of Pre-rice Leguminous Crops and Green Manures, Netherlands Journal of Agricultural Science, 48: 19–29.

Vijarnsorn, P., 1984, Skeletal Soils of Thailand, pp.F2.1-F2.4, In Proc.5 ASEAN Soil Conference Vol. 1, Land Development Department, Bangkok, Thailand.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ

Mathematical Models for Drying Slice Ginger Using Vacuum Dryer

สุภาวิณี แสนทวีสุข[1]
Saentaweesuk, S.[1]

Abstract

This reserch was aimed to study the drying kinetics and to determine mathematical models for drying slice gingers using vacuum dryer at the temperatures of 40, 50 and 60 °C. The experimental data were fitted to 7 different drying models (Newton, Henderson and Pabis, Modified Page, Zero, Logarithmic, Wang and Singh and Two Term exponential). A nonlinear regression analysis method was used to evaluate the constants of equations. The Wang and Singh model was the best model for prediction data for drying slice gingers due to the highest values of the coefficient of determination and the lowest values of standard error of estimate and root mean square error.

Keywords: ginger, drying, mathematical models

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งที่เหมาะสมในการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวน 7 แบบ (Newton, Henderson and Pabis, Modified Page, Zero , Modified Page, Logarithmic, Wang and Sing และ Two Term exponential) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบไม่เป็นเชิงเส้นเพื่อหาค่าคงที่ในแต่ละสมการ พบว่า แบบจำลอง Wang and Singh สามารถทำนายการทำแห้งของขิงได้ดีที่สุด โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด โดยให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (SEE) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุด

คำสำคัญ: ขิง การทำแห้ง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

คำนำ

ขิงมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Zingiber officinale* Roscoe อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีชื่อสามัญคือ Ginger เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปเอเชีย (นิจศิริ, 2542) ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย (essential oil) 1-3% สาร oleoresin 4-7.5% และแป้ง 40-60% (Rinzler, 2001) สารจิงเจอรอล (Gingerol) จากขิงมีฤทธิ์บำรุงหัวใจโดยไปเร่งให้มีการใช้แคลเซียมโดย Sarcoplasmic reticulum ส่วนสาร 6-shogaol สามารถต้านความเจ็บปวด โดยไปทำให้มีการหลั่งสารที่เพิ่มภูมิต้านทานและยังสามารถยับยั้งฤทธิ์ของแคบไซซิน ซึ่งได้จากพริกอีกด้วย (ศิริวรรณ, 2548) ปัจจุบันอุตสาหกรรมขิงแห้ง กำลังเพิ่มความต้องการของตลาด ซึ่งขิงแห้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และในทางเภสัชกรรม (Guzman และ Siemonsma, 1999) คุณภาพของขิงขึ้นอยู่กับปริมาสาร 6-gingerol ซึ่งจะมีมากที่สุดในขิงสด และจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาและสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา (นิจศิริ, 2542) กระบวนการทำแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปที่สำคัญเพื่อรักษาสาระสำคัญดังกล่าว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งมีความจำเป็นในการทำนายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ระหว่างการทำแห้ง เพื่อใช้ประกอบการเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ และหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งขิง

อุปกรณ์และวิธีการ

ขิงอายุ 10-12 เดือน ที่เก็บเกี่ยวจากแหล่งเดียวกันในจังหวัดเพชรบูรณ์ ล้างทำความสะอาด เมื่อสะเด็ดน้ำแล้ว

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranahon Si Ayutthaya 13000

นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (AOAC, 2000) จากนั้นนำมาศึกษาการทำแห้งที่เหมาะสม โดยปอกเปลือกและสไลด์ขิงตามแนวยาวเป็นแผ่นบางให้มีความหนา 2 มม. นำมาลดความชื้นด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60°C บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก จนกระทั่งขิงมีความชื้นไม่เกิน 13.46 %d.b. (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526) แล้วนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของขิงมาวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งขิง ในรูปของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นกับระยะเวลาการทำแห้งจำนวน 7 แบบจำลอง (Table 1)

Table 1 Mathematical models applied to the kinetics of slice ginger drying.

Model equation	Name of model	References
$MR = \exp(-kt)$	Newton	Ayensu, 1997
$MR = a\exp(-kt)$	Henderson and Pabis	Yaldiz *et al.*, 2001
$MR = ecp(-kt)^n$	Modified Page	Overhult *et al.*, 1973
$MR = (-kt)$	Zero	Phoungchandang and Woods 2000
$MR = a\exp(-kt) + c$	Logarithmic	Yagioglu *et al.*, 1999
$MR = 1 + (at) + (bt^2)$	Wang and Singh	Wang and Singh, 1978
$MR = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	Two term exponential	Sharaf-Eldeen *et al.*, 1980

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าพารามิเตอร์ของสมการด้วยวิธี nonlinear regression ของโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมจะประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (standard error of estimate, SEE) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (root mean square error, RMSE) ดังสมการ

$$R^2 = \frac{\sum (MR_{\exp} - MR_{pre})^2}{\sum MR_{\exp}^2 \sum MR_{pre}^2} \quad (1)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (MR_{\exp} - MR_{pre})^2}{df}} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (MR_{pre} - MR_{\exp})^2}{N}} \quad (3)$$

เมื่อ MR_{exp} คือค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง; MR_{pre} คือค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการแบบจำลอง; N คือ จำนวนข้อมูล df คือ degree of freedom of regression model

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการทำแห้งขิงที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60°C ด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ พบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่ออัตราการทำแห้ง โดยที่เมื่ออุณหภูมิการทำแห้งสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการทำแห้งสูงขึ้น จึงทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งลดลง (Figure 1) และพบว่าอัตราการทำแห้งขิงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศอยู่ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง และผลการวิเคราะห์เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงใน Table 2 ซึ่งพบว่าแบบจำลอง Wang and Singh ให้ผลการทำนายค่าพารามิเตอร์ของการทำแห้งขิงที่อุณหภูมิ 40°C และ 50°C โดยที่การทำแห้งที่อุณหภูมิ 40°C มีค่า R^2, SEE และ RMSE เท่ากับ 0.9993, 0.0083 และ 0.0082 ตามลำดับ และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50°C มีค่า R^2, SEE และ RMSE เท่ากับ

0.9989, 0.0104 และ 0.0103 ตามลำดับ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งขิงที่ได้สามารถเปรียบเทียบผลการทำนายและการทดลองได้ดัง Figure 2 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง ในขณะที่ แบบจำลอง Logarithmic ให้ผลการทำนายดีที่สุดสำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C โดยมีค่า R^2, SEE และ RMSE เท่ากับ 0.9994, 0.0071 และ 0.0072 ตามลำดับ

Table 2 Statistical results of slice ginger drying at different temperatures.

Model	Temperature (°C)	R^2	SEE	RMSE
Newton	40	0.9680	0.0546	0.0541
	50	0.9694	0.0549	0.0542
	60	0.9759	0.0466	0.0458
Henderson and Pabis	40	0.9783	0.0450	0.0446
	50	0.9796	0.0448	0.0442
	60	0.9827	0.0394	0.0389
Modified Page	40	0.9965	0.0181	0.0179
	50	0.9980	0.0139	0.0137
	60	0.9951	0.0210	0.0211
Zero	40	0.9680	0.0546	0.0541
	50	0.9694	0.0549	0.0542
	60	0.9759	0.0466	0.0458
Logarithmic	40	0.9976	0.0150	0.0149
	50	0.9958	0.0204	0.0201
	60	0.9994	0.0071	0.0072
Wang and Singh	40	0.9993	0.0083	0.0082
	50	0.9989	0.0104	0.0103
	60	0.9989	0.0101	0.0104
Two term exponential	40	0.9679	0.0548	0.0542
	50	0.9960	0.0198	0.0195
	60	0.9943	0.0227	0.0228

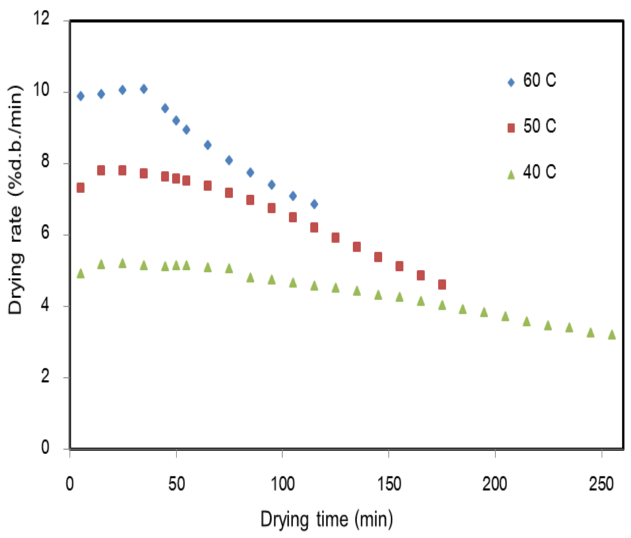


Figure 1 Variation of drying rate and drying time of slice ginger drying at different temperatures

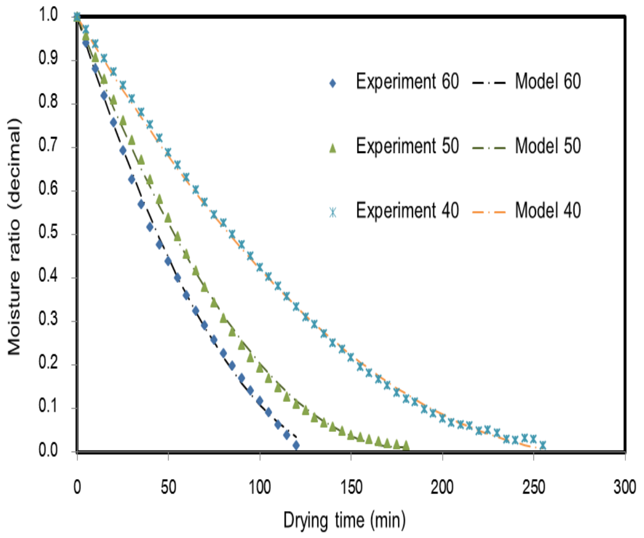


Figure 2 Comparison of experimental and predicted moisture ratio by Wang and Singh model

สรุปผล

จากการศึกษาการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลให้อัตราการทำแห้งขิงเพิ่มขึ้น และจากผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวน 7 แบบจำลอง พบว่าแบบจำลองที่ให้ผลการทำนายค่าพารามิเตอร์ของการทำแห้งขิงด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60°C ได้ดีที่สุดคือ แบบจำลอง Wang and Singh, Logarithmic และ Modified Page ตามลำดับ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยายาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประจำปีงบประมาณ 2557 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยายาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขิงแห้ง, เอกสาร มอก. 458-2526. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 7 หน้า.

นิจศิริ เรืองรังสี, 2542, เครื่องเทศ, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยลัย, 206 หน้า.

ศิริวรรณ สุทธจิตต์, 2548, ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 3, ธนุชพริ้นติ้ง, ฉบับปรับปรุง, เชียงใหม่, 237 หน้า.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA., U.S.A

Ayensu, A., 1997, Dehydration of Food Crops Using a Solar Dryer with Convective Heat Flow, Solar Energy, 59: 121-126.

Guzman, C.C. and Siemonsma, J.S., 1999, Plant Resources of South-East Asia, Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands, 400 p.

Overhult, D.G., White, H.E. and Ross, I.J., 1973, Drying Soybeans with Heated Air, Transcation of the ASAE, 16(1): 112-113.

Phoungchandang, S. and Woods, J.L., 2000, Moisture Diffusion and Desorption Isotherms for Banana, Journal of Food Science, 65(4): 651-657.

Rinzler, A.C., 2001, The New Herb, Spices and Condiments, Animprint of Fact on File, Inc. New York, 422p.

Sharaf-Eldeen, Y.I., Blaisdell, J.L. and Hamdy, M.Y., 1980, A Model for Ear Corn Drying, Transactions of the ASAE 23: 1261-1271.

Wang, C.Y. and Singh, R.P., 1978, Use of Variable Equilibrium Moisture Content in Model Ling Rice Drying, Transact ion of the ASAE, 11: 668–672.

Yagcioglu, A., Degirmencioglu, A. and Cagatay, F., 1999, Drying Characteristics of Laurel Leaves Under Different

Drying Conditions, In Proceedings of the 7th international congress on agricultural mechanization and energy, Adana, Turkey.

Yaldiz, O. and Ertekin, C., 2001, Thin Layer Solar Drying of Some Vegetables, Drying Technology, 19: 583–596.

Yaldiz, O., Ertekin, C. and Uzun, H.I., 2001, Mathematical Modeling of Thin Layer Solar Dying of Sultana Grapes, Energy-An International, 26: 457-465.

การพัฒนาสูตรสับปะรดกวนลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวาน

Development of Pineapple Paste Formulation Using Sweetener

ณัฐิรา อ่อนน้อม[1] สวามินี นวลแขกุล[2] และ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์[3]

On-nom, N.[1], Nualkaekul, S.[2] and Chalermchaiwat, P.[3]

Abstract

This research aimed to develop the formulation of sugar reduced pineapple paste by using 2 sweeteners which were maltitol and maltodextrix to replace total sugar. Completely randomized design (CRD) was used to study 4 levels of maltitol:maltodextrin (10:90, 30:70, 40:60 and 50:50). The result of sensory evaluation by using 9-Point Hedonic Scale showed that all of sensory attributes from pineapple pastes contained maltitol:maltodextrin at 30:70 40:60 and 50:50 were not significant different from the control formula ($p \geq 0.05$). However, all sensory attributes score of sugar reduced pineapple paste made from maltitol:maltodextrin at 40:60 were the highest and the overall liking score was "like very much" (7.67). The physical qualities revealed that L*, a*, b*, hardness and water activity of the developed product were 25.6, 3.18, 3.34, 254.74 g and 0.7, respectively. The nutrition values showed total energy, sugar and sodium content were reduced by 6, 76.8 and 32.7% from the control, respectively while fiber was increased by 441.5% from the control. Additionally, the glycemic index of the developed product was decreased. Therefore, the sugar reduced pineapple paste was suitable for people who were health-exercising or would like to control sugar level in body.

Keywords: pineapple paste, sweetener, nutrition fact, glycemic index

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรสับปะรดกวนลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวาน 2 ชนิด ได้แก่ มอลติทอลและมอลโตเดกซ์ตริน โดยศึกษาสัดส่วนมอลติทอลต่อมอลโตเดกซ์ตริน 4 ระดับ (10:90, 30:70, 40:60 และ 50:50) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของสับปะรดกวนที่ทดแทนน้ำตาลด้วยสัดส่วนมอลติทอลต่อมอลโตเดกซ์ตริน 30:70, 40:60 และ 50:50 นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสับปะรดกวนสูตรพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของสับปะรดกวนที่ทดแทนน้ำตาลด้วยสัดส่วนมอลติทอลต่อมอลโตเดกซ์ตริน 40:60 มีคะแนนสูงที่สุดและมีค่าคะแนนความชอบรวมอยู่ที่ระดับชอบมาก (7.67) คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าความแข็ง และค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ เท่ากับ 25.6, 3.18, 3.34, 254.74 กรัม และ 0.7 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่ามีค่าพลังงานทั้งหมด ปริมาณน้ำตาล และโซเดียมน้อยกว่าสูตรพื้นฐานร้อยละ 6, 76.8 และ 32.7 ตามลำดับ ในขณะที่ใยอาหารมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 441.5 นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าดัชนีน้ำตาลลดลงอีกด้วย ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่รักษาสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำตาล

คำสำคัญ: สับปะรดกวน สารทดแทนความหวาน คุณค่าทางโภชนาการ ค่าดัชนีน้ำตาล

คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย พื้นที่ที่มีการปลูกสับปะรดมาก เช่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี และ ราชบุรี (จินดารัฐ, 2541) สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะ และนิยมเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้น

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

[1] Institute of Nutrition. Mahidol University. 999 Phutthamonthon 4 Rd. Phutthamonthon Nakhon Pathom 73170

[2] ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 วัฒนา กทม. 10110

[2] Department of Home Economics. Faculty of Sciences. Srinakharinwirot University. 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

[3] สาขาวิชาการอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน กทม. 10900

[3] Food and Nutrition Program. Department of Home Economics. Faculty of Agricultur. Kasetsart University. 50 Ngam Wong Wan Rd. Bangkok 10900

เมื่อสับปะรดแก่เต็มที่ซึ่งจะสุกงอมอย่างรวดเร็วทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน บางครั้งผลผลิตมีมากเกินความต้องการของผู้บริโภค หรือผลผลิตไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่โรงงานกำหนด จากปัญหาเหล่านี้ ทำให้เกิดการแปรรูปผลไม้โดยการกวนเพื่อให้เก็บได้นานขึ้น (เสาวลักษณ์ และนพรัตน์, 2551) การกวนคือการนำผลไม้ที่สุกงอมไม่เน่าเสียมากวนโดยใช้ไฟปานกลาง เพื่อลดความชื้นจนเนื้อผลไม้เหนียวนุ่ม แล้วเก็บในภาชนะไว้เพื่อบริโภคหรือเป็นของฝาก (รัตนา, 2554) ปัจจุบันสับปะรดกวนกลายเป็นสินค้าที่มีการผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ การผลิตสับปะรดกวนทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ เนื้อสับปะรด น้ำตาล และแบะแซ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สับปะรดกวนเป็นอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 45-60 ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาสูตรสับปะรดกวนให้เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ใส่ใจในสุขภาพ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสับปะรดกวนโดยการพัฒนาสูตรสับปะรดกวนลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวาน ได้แก่ มอลติทอล และมอลโตเดกซ์ตริน ทดแทนน้ำตาลทั้งหมด เนื่องจากสารทดแทนความหวานเหล่านี้จะให้รสหวานคล้ายหรือสูงกว่าน้ำตาลแต่ให้พลังงานต่ำกว่า จึงเหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำตาล (Brusick, 2008) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรสับปะรดกวนลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวานที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค และเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพและต้องการควบคุมน้ำตาล

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาอัตราส่วนของสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมในการผลิตสับปะรดกวนลดน้ำตาลด้วยสารทดแทนความหวานโดยวางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยการแปรผันสัดส่วนของมอลติทอลต่อมอลโตเดกซ์ตริน 4 ระดับ ได้แก่ 10:90, 30:70, 40:60 และ 50:50 เพื่อทดแทนปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในสูตรสับปะรดกวนพื้นฐานที่ได้มาจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรทุ่งเคล็ด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในกระทะกวนแบบที่มีการให้ความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงขั้นตอนการผลิตสับปะรดกวนตามวิธีของบริษัทนิธิวัฒน์ฟูด จำกัด) กวนจนกระทั่งของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 82±1 องศาบริกซ์ วิเคราะห์คุณภาพของสับปะรดกวนลดน้ำตาลดังนี้

1. ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี

ตรวจวัดความแข็งของสับปะรดกวน (Stable Micro System Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus, อังกฤษ) วัดค่าสี (Color Flex EZ 45/0 ในระบบ Hunter Lab, สหรัฐอเมริกา) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Navasina AG รุ่น ms1, อังกฤษ) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand refractometer (N.O.W. รุ่น 507 II, ญี่ปุ่น) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรดกวนลดน้ำตาลเทียบกับสูตรพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร น้ำตาล และโซเดียมตามวิธีของ AOAC (2005) หาค่าพลังงานทั้งหมดตามวิธีของ Sullivan และ Carpenter (1993) วิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาลตามวิธีของ Goni และคณะ (1997)

2. ตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ตรวจสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน เนื้อสัมผัส (ความแข็งของสับปะรดกวน) และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale (9 = ชอบมากที่สุด, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 19

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าการใช้สารทดแทนความหวานแทนน้ำตาลมีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพของสับปะรดกวนลดน้ำตาล โดยเฉพาะค่าวอเตอร์เอกติวิตี้ ที่มีค่าสูงกว่าสูตรพื้นฐาน ($p<0.05$, Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากมอลติทอลเป็นสารกลุ่มพอลิออลจึงจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีจึงทำให้สับปะรดกวนลดน้ำตาลมีปริมาณความชื้นสูงกว่าสับปะรดกวนสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำตาล) (Hongkham และ Oumaree, 2007) ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง และค่าความแข็งของสับปะรดกวนสูตรลดน้ำตาลมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินลดลง ($p<0.05$, Table 1) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Quek และคณะ (2007) และ หนูเดือน และคณะ (2556) ที่พบว่า การเติมมอลโตเดกซ์ตรินจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลน้อยลง และความหนืดเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของสับปะรดกวนลดน้ำตาล (40:60) มีค่าสูงมากกว่าสับปะรดกวนลดน้ำตาลสูตรอื่นๆ และไม่แตกต่างจากสับปะรดกวนสูตรพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) อีกทั้งค่าคะแนนความชอบรวมอยู่ที่ระดับชอบมาก (7.67) (Table 1) การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของสับปะรดกวนลดน้ำตาลที่ได้รับการยอมรับ (40:60) เทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่าสับปะรดกวนลดน้ำตาลมีค่าวอเตอร์เอกติวิตี้สูงกว่าสูตรพื้นฐาน (Table 1) ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) และค่าความแข็ง (hardness) มีค่าไม่แตกต่างกัน (Table 1) อย่างไรก็ตามค่าสีเหลือง (b*) ของสับปะรดกวนลดน้ำตาลมีค่าสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้มอลติทอลซึ่งเป็นน้ำตาลนอนรีดิวซ์ชนิดหนึ่ง มีความคงทนต่อกรดและความร้อนได้ดี จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือคาราเมไลเซชัน (Tulyathan, 2006) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า ค่าพลังงานทั้งหมด ปริมาณน้ำตาล และโซเดียมของสับปะรดกวนลดน้ำตาลมีค่าลดลงจากสูตรพื้นฐาน ร้อยละ 6 76.8 และ 32.7 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าใยอาหารมีค่าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 441.5 (Table 2) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีน้ำตาลของสับปะรดกวนลดน้ำตาลมีค่าต่ำกว่าสับปะรดกวนสูตรพื้นฐาน

สรุปผล

การใช้สารทดแทนความหวานมีผลทำให้ค่าวอเตอร์เอกติวิตี้ ความแข็ง และความเป็นสีเหลืองของสับปะรดกวนลดน้ำตาลสูงขึ้น โดยสับปะรดกวนลดน้ำตาลที่ใช้มอลติทอลต่อมอลโตเดกซ์ตริน (40:60) มีคุณภาพใกล้เคียงกับสับปะรดกวนสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำตาล) และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) นอกจากนี้การใช้สารทดแทนความหวานยังช่วยลดพลังงาน น้ำตาล โซเดียม และดัชนีน้ำตาลของสับปะรดกวน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มเส้นใยอาหาร ดังนั้นสับปะรดกวน ลดน้ำตาลนี้จึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำตาล และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสับปะรดอีกด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) โดยการประสานงานของเครือข่ายวิจัยอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2541, สับปะรดและสรีระวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัตนา อัตตปัญโญ, 2554, บทปริทัศน์: การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยกวน, มหาวิทยาลัยพะเยา.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล และนพรัตน์ วงศ์หิรัญเดชา, 2551, รายงานวิจัยฉบับสมบรูณ์เรื่องการปรับปรุงคุณภาพและมาตรฐานของผลไม้กวน, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

หนูเดือน สาระบุตร กรรณิการ์ ห้วยแสน พนอจิต นิติสุข และอนันต์ พันธ์พิบูลย์, 2556, สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโทเดกซ์ทรินต่างกัน, วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร (ฉบับพิเศษ): 399-405.

AOAC, 2005, Official Methods of AOAC International, 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Brusick, D.J., 2008, A Critical Review of the Genetic Toxicity of Steviol and Steviol Glycosides, Food and Chemical Toxicology, 46: S83-S91.

Goni, I., Garcia, A.A. and Saura, C.F., 1997, A Starch Hydrolysis Procedure to Estimated Glycemic Index, Nutrition Research, 17: 427-437.

Hongkam, C. and Oumaree, K., 2007, The Development of Sugar Free Strawberry Jam, Research report, Office of the National Research Council of Thailand.

Quek, S.Y., Chok, N.K. and Swedlund, P., 2007, The Physicochemical Properties of Spray-Dried Watermelon Powders, Journal of Food Science, 65: 1248-1252.

Sullivan, D.M. and Carpenter, D.E., 1993, Method of Analysis for Nutrition Labelling, Chapter 6, pp.105-107.

Tulyathan, V., 2006, Food Chemistry of Carbohydrate, Chulalongkorn University Press.

Table 1 Physical characteristics and sensory score of pineapple paste.

Physical characteristics	Control	Maltitol:maltodextrin			
		10:90	30:70	40:60	50:50
Water activity	0.54 ± 0.02^{c}	0.70 ± 0.00^{a}	0.70 ± 0.00^{b}	0.70 ± 0.01^{c}	0.67 ± 0.01^{c}
Color					
L*	25.60 ± 1.69^{ab}	27.11 ± 0.28^{a}	25.54 ± 0.12^{ab}	25.60 ± 1.69^{b}	24.01 ± 0.58^{b}
a*	0.84 ± 0.28^{c}	2.66 ± 0.15^{a}	1.42 ± 0.11^{b}	3.18 ± 0.79^{b}	1.22 ± 0.25^{bc}
b*	1.38 ± 0.28^{b}	6.88 ± 0.99^{a}	4.01 ± 0.27^{b}	3.34 ± 0.97^{b}	2.68 ± 0.52^{b}
Hardness (g)	245.96 ± 23.60^{c}	580.51 ± 42.26^{a}	342.37 ± 34.80^{b}	245.74 ± 24.23^{c}	228.02 ± 31.51^{c}
Sensory score					
Appearance	7.80 ± 0.61^{a}	5.27 ± 1.28^{b}	7.23 ± 1.04^{a}	7.63 ± 1.66^{a}	7.30 ± 0.81^{a}
Color	7.63 ± 0.76^{a}	5.10 ± 1.40^{b}	6.97 ± 1.24^{a}	7.47 ± 1.61^{a}	7.47 ± 0.73^{a}
Odor	6.80 ± 0.55^{a}	6.20 ± 1.19^{ab}	6.47 ± 1.43^{ab}	6.83 ± 1.88^{a}	5.90 ± 0.95^{b}
Sweetness	6.97 ± 0.72^{a}	5.50 ± 1.48^{c}	6.30 ± 1.32^{b}	7.53 ± 1.30^{a}	7.03 ± 0.63^{a}
Texture	7.23 ± 0.68^{ab}	5.30 ± 1.10^{c}	6.67 ± 1.35^{b}	7.30 ± 1.67^{a}	6.57 ± 0.56^{b}
Overall	7.73 ± 0.58^{a}	5.37 ± 1.35^{d}	7.13 ± 1.11^{c}	7.67 ± 1.23^{ab}	7.17 ± 0.48^{bc}

$^{a-d}$ Means within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 2 Nutritional values of sugar reduced pineapple paste (Maltitol:maltodextrin; 40:60) and control pineapple paste (with sugar).

Nutritional values	Control pineapple paste	Sugar reduced pineapple paste
Total energy (kilocalorie/100g)	363.54	341.64
Total sugar (g/100g)	74.1	17.2
Total fiber (g/100g)	1.59	8.61
Sodium (mg/100g)	211	142
Glycemic index	329	128

การพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร กรณีศึกษา: มะพร้าวน้ำหอมและมะนาว

Development of Value Added Agricultural Products of Samutsakorn Province, Case Study: Fragrant Coconut and Lime

ศิริยุพา เต่าทอง[1] ธิติมา วงศ์ชีรี[2] และ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์[1]
Taothong, S.[1], Wongsheree, T.[2] and Tuitemwong, P.[1]

Abstract

The objective of this study was to develop value added products from over produced fragrant coconut and lime for Banpaeo Corporation, Samutsakorn province. Pasteurized coconut juice with coconut chunk, frozen lime juice and pasteurized coconut juice with lime as an energy drink were developed and the shelf life were evaluated. The pasteurized coconut juice has pH 4.58 and total soluble solids (TSS) of 7.2 °Brix for of 45 days. It was found that color change to pinky red at day 38 of storage ended shelf life of the product at 4±2°C. The frozen lime juice remained stable with unchanged pH 2.25, TSS 7.1 and total acidity 6.32% but vitamin C was reduced to 33.2% after 11 weeks of storage. Consumer's test indicated no changes of the product. The energetic coconut–lime (90:10) drink with pH 3.47 and TSS 13.0°Brix was highly accepted by consumer. The shelf life of the energetic coconut lime drink was 30 days at 4±2°C. Results indicated that the 3 newly developed products could be value added, reduce over production problem, and increase more income to farmers.

Keywords: coconut water, lime, product development, shelf life

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าจากมะพร้าวน้ำหอมและมะนาวที่ผลิตผลมากเกินความต้องการของตลาด ตามความต้องการของสหกรณ์การเกษตรบ้านแพ้วจังหวัดสมุทรสาคร พร้อมศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยพัฒนาน้ำมะพร้าวน้ำหอมพาสเจอไรส์ น้ำมะนาวแช่แข็งและน้ำมะพร้าวผสมมะนาว เพื่อเป็นเครื่องดื่มเสริมพลังงานและสุขภาพ พร้อมตรวจสอบคุณสมบัติและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าน้ำมะพร้าวน้ำหอมพาสเจอไรส์ มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 4.58 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) เฉลี่ย 7.2 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 45 วัน น้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากสีเปลี่ยนเป็นสีชมพูหลังการเก็บ 38 วัน ที่อุณหภูมิ 4±2°C ส่วนน้ำมะนาวแช่แข็งพบว่า ค่า pH เฉลี่ย 2.25 ปริมาณ TSS เฉลี่ย 7.1 ปริมาณกรดทั้งหมดคงที่ที่ร้อยละ 6.32 แต่ปริมาณวิตามินซีลดลงร้อยละ 33.2 หลังจากการเก็บรักษา 11 สัปดาห์ โดยผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างกับน้ำมะนาวสดได้ สำหรับเครื่องดื่มเสริมพลังงานน้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว (90:10) มีค่าpH เฉลี่ย 3.47 และปริมาณ TSS เฉลี่ย 13.0 บริกซ์ ซึ่งได้รับการยอมรับสูงสุด มีอายุการเก็บรักษา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 4±2°C. จากผลการศึกษาทั้งหมดนี้บ่งชี้ว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตทางการเกษตร ช่วยลดปริมาณที่ล้นตลาดและสร้างรายได้เสริมให้เกษตรกรได้

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ มะพร้าวน้ำหอม มะนาว อายุการเก็บรักษา

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[1] Department of Microbiology, Faculty of science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 PrachaUthit Rd, Bangkok, ThungKhru 10140

[2] ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[2] University for Community, Institute for Scientific and Technology Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 PrachaUthit Rd, Bangkok, ThungKhru 10140

คำนำ

สหกรณ์การเกษตรบ้านแพ้วสมาชิกประกอบอาชีพเกษตรกรรม ปลูกผลไม้หลากหลายชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ มะพร้าว ในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม-กุมภาพันธ์) มักมีผลผลิตสูงทำให้ล้นตลาดและราคาตกต่ำ ในขณะเดียวกันผลผลิตมะนาวมีมากในฤดูฝนราคาตกต่ำแต่ขาดแคลนในฤดูแล้ง ทำให้มะนาวมีราคาแพงขึ้น 5-10 เท่า ทำให้เกษตรกรขาดรายได้และประสบปัญหาขาดทุนสลับกัน การแปรรูปวัตถุดิบทั้งสองชนิดจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่จะดึงเอาผลผลิตที่มีมากเกินไปออกจากตลาดผลสด เป็นการรักษาราคาผลสดในตลาด ทั้งยังสร้างมูลค่า และเพิ่มทางเลือกใหม่ในการทำธุรกิจอีกด้วย การวิจัยนี้ จึงมุ่งที่จะนำเอามะพร้าวน้ำหอมและมะนาวมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยเทคโนโลยีและเครื่องมือที่กลุ่มเกษตรกรบ้านแพ้วที่มีอยู่เป็นหลัก โดยมุ่งที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่และพัฒนากระบวนการในการเก็บรักษามะนาวและน้ำมะนาว เพื่อเก็บไว้จำหน่ายเมื่อมะนาวขาดแคลนอีกด้วย เป็นการลดการขาดทุนและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรบ้านแพ้วอีกทางหนึ่งโดยไม่ต้องลงทุนอุปกรณ์การผลิตให้น้อยที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาน้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์

แยกน้ำมะพร้าวน้ำหอมและเนื้อมะพร้าวน้ำหอม นำน้ำมะพร้าวน้ำหอมผ่านการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 95°Cนาน 100 วินาที (รมณีและศศิธร, 2555) จากนั้นเติมเนื้อมะพร้าวที่ทำความสะอาดบรรจุใส่ขวด PET ขนาดบรรจุ 200 มล. ทำให้เย็นลงทันทีและเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4±2°C และตรวจสอบคุณภาพตลอดการเก็บรักษาด้วยการวิเคราะห์ทางกายภาพ (ค่าสี L*, a* และ b*), วิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ กรด-เบส (pH), ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ตามวิธีการ AOAC (2000), วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะพร้าว

2. การผลิตน้ำมะนาวแช่แข็ง

ล้างมะนาวให้สะอาดด้วยน้ำเปล่าแล้วแช่ในสารละลาย NaOCl 100 ppm. เป็นเวลา 20 นาที นำไปลวกที่อุณหภูมิ 100°C เวลา 1 นาที เพื่อลดความขมในมะนาว (วรรณี, 2545) นำมาคั้นน้ำกรองเอาเมล็ดออก นำบรรจุในขวด PET ขนาดบรรจุ 200 มล. แล้วนำแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C วิเคราะห์ค่าสี ในระบบ L*, a* และ b*, ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Difference test แบบ Triangular test ด้วยผู้ทดสอบ 40 คน วิเคราะห์ผลโดยการเทียบกับตาราง Significance in triangle test (p=1/3), วิเคราะห์ทางเคมี วัดค่า pH, TSS, วิตามินซี และปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีไตเตรทตามวิธี AOAC (2000) และวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะนาว

3. การผลิตเครื่องดื่มสุขภาพน้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว

ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ใหม่โดยใช้การพิจารณาผ่านข้อกำหนด (Pass/Fail screening) และพิจารณาจากคะแนน (Scoring Screening) โดยใช้ข้อจำกัดโดยของกระบวนการผลิตและบุคลากรผู้ผลิตเป็นเกณฑ์พิจารณา จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นน้ำมะพร้าวผสมมะนาว จากนั้นนำน้ำมะพร้าวผสมกับน้ำมะนาวในอัตราส่วนต่างๆ ปรับให้ได้ความหวาน 14°Brix ทำการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 95°C นาน 100 วินาทีบรรจุใส่ขวด PET ขนาดบรรจุ 200 มล.ทำให้เย็นลงทันทีและเก็บรักษาตัวอย่างทั้งหมดที่อุณหภูมิ 4±2°C ตรวจสอบคุณภาพตลอดการเก็บรักษา วัดค่าสี L*, a* และ b*, pH, TSS, ปริมาณกรดทั้งหมด และวิเคราะห์จุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะพร้าว

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. น้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์

ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิตู้เย็น 4±2°C จากการสังเกตพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์เกิดขึ้นอย่างช้าๆ โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะใส (Figure 1 (A)) เปลี่ยนเป็นสีชมพูจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกโดยมีธาตุแมงกานีส (Mn) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (รมณีและศศิธร, 2555) ในวันที่ 39 (Figure 1 (B)) ธาตุแมงกานีสนั้นสามารถถูกรีดิวซ์ด้วยกรดแอสคอร์บิกได้ (Citak และคณะ, 2010) สามารถแก้ไขหรือชะลอการเกิดสีชมพูได้ด้วยการเติมสาร Reducing agents และพบว่าค่า a* (ความเป็นสีแดง) เพิ่มขึ้นจาก -0.03 ในวันแรกของการศึกษาเป็น 0.98 ในวันที่ 39 ค่าความสว่าง L* ลดลงอย่างชัดเจน ส่วนค่าสีเหลือง b* คงที่ ในขณะที่ค่า Haze, pH และ TSS คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน

Figure 1 Color of pasteurized coconut juice at 4±2°C of 0 Day (A) and 39 Days (B)

2. การผลิตน้ำมะนาวแช่แข็ง

ระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะนาวแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20±2°C ไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 11 สัปดาห์และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำมะนาวคั้นสดและน้ำมะนาวแช่แข็งพบว่า ผู้ทดสอบตอบถูกเฉลี่ย 8.45 (Figure 2) มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากตารางซึ่งมีค่า 35 (Significance in triangle test (p=1/3) แสดงว่าผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของน้ำมะนาวคั้นสดและน้ำมะนาวได้

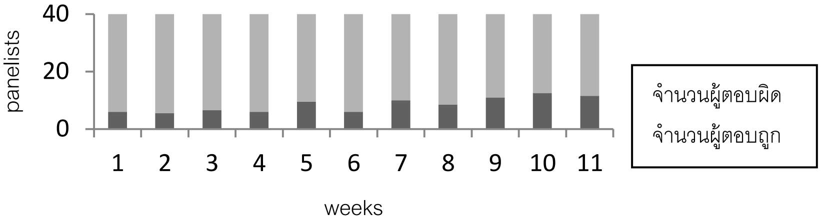


Figure 2 Sensory evaluation of frozen lime throughout of 11 weeks

3. เครื่องดื่มน้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว

จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ใหม่จากมะพร้าวน้ำหอมและมะนาวพบว่าน้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวอัดก๊าซและน้ำมะนาวผสมวุ้นมะพร้าวได้ผ่าน Pass/Fail screening ดัง Table 1 นำมาคัดเลือกต่อโดยใช้วิธี Scoring Screening ดัง Table 2 โดยผลรวมคะแนนจะได้จากแต่ละปัจจัย x คะแนนของผลิตภัณฑ์ในแต่ละปัจจัย โดยผลิตภัณฑ์น้ำมะพร้าวผสมมะนาวได้คะแนนสูงสุดคือ 253 รองลงมาคือผลิตภัณฑ์น้ำมะนาวผสมวุ้นมะพร้าว 221 คะแนน และผลิตภัณฑ์น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวอัดก๊าซ 195 คะแนน ตามลำดับ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ถูกเลือกนำมาผลิตเครื่องดื่มชนิดใหม่คือผลิตภัณฑ์น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว

Table 1 Pass/Fail screening of product ideas

แนวคิด	1	2	3	4	5	ผลลัพท์
น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว	P	P	P	P	P	P
น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวแบบผง	P	F	P	P	P	F
น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวอัดก๊าซ	P	P	P	P	P	P
น้ำมะนาวผสมวุ้นมะพร้าว	P	P	P	P	P	P
โยเกิร์ตพร้อมดื่มรสมะพร้าวผสมมะนาว	P	F	P	P	P	F

Table 2 Scoring screening of product ideas

แนวคิด / ผลิตภัณฑ์	เครื่องมือ	การยอมรับ	พัฒนาการกระบวนการผลิต	กลุ่มเป้าหมาย	Total
คะแนนเต็ม	10	9	7	5	
น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาว	8	8	8	9	253
น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวอัดก๊าซ	5	6	8	7	195
น้ำมะนาวผสมวุ้นมะพร้าว	9	5	8	6	221

และพบว่าสูตรที่เหมาะสมคือน้ำมะพร้าว 9 ส่วน น้ำมะนาว 1 ส่วน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส 9 – points hedonic scale (Table 3) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C ไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน ค่า L* ค่า a* และค่า b* คงที่ตลอด 40 วัน สอดคล้องกับรมณีและศศิธร (2555) ที่เสนอให้แก้ไขหรือชะลอการเกิดสีชมพูได้ด้วยการเติมสาร Reducing agents เช่น กรดแอสคอร์บิก น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวในการศึกษาครั้งนี้มีความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่สูงจึงสามารถยับยั้งการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อเก็บรักษาในสภาวะเดียวกันค่า pH และ TSS มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตู้เย็น 4±2°C

Table 3 Sensory evaluation of formula of coconut and lime juice

หมายเลขตัวอย่าง / ความชอบ	อัตราส่วน 70:30 (977)	อัตราส่วน 80:20 (545)	อัตราส่วน 90:10 (485)
ลักษณะปรากฏ	6.05^{a}±1.3	6.37^{a}±1.1	7.06^{b}±1.2
สี	6.40^{a}±0.9	6.94^{b}±0.9	7.17^{b}±1.3
รสชาติ	6.77^{a}±0.9	7.31^{b}±0.8	7.80^{c}±0.8
กลิ่นรส	7.00^{a}±0.9	7.63^{b}±0.7	7.89^{b}±0.8
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.77^{a}±0.6	7.80^{a}±0.6	8.09^{b}±0.6
ความชอบโดยรวม	7.34^{a}±0.9	7.57^{a}±0.8	8.17^{b}±0.6

สรุปผล

การวิจัยนี้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ น้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์ น้ำมะนาวแช่แข็งที่ไม่แตกต่างจากน้ำมะนาวสดและเครื่องดื่มสุขภาพน้ำมะพร้าวน้ำหอมผสมน้ำมะนาว แม้น้ำมะพร้าวน้ำหอมจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูในวันที่ 38 แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการพัฒนาเป็นน้ำมะพร้าวน้ำหอมผสมน้ำมะนาว ส่วนน้ำมะนาวแช่แข็งไปใช้แทนน้ำมะนาวคั้นสดได้ที่อุณหภูมิ -20°C มีปริมาณวิตามินซีลดลงหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 11 สัปดาห์ น้ำมะพร้าวผสมน้ำมะนาวมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น 4±2°C

เอกสารอ้างอิง

รมณี เชยสุนทร และ ศศิธร ตรงจิตภักดี, 2555, ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสีชมพูของน้ำมะพร้าวพาสเจอไรส์, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, 31 ม.ค. – 2 ก.พ. 2555. หน้า 68-75.

สดศรี เนียมเปรม, 2537, การพัฒนากรรมวิธีการผลิตและผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำมะนาวแช่เยือกแข็ง, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร, 168 หน้า

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th ed, Washington D.C. :Association official Analytical Chemists.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 629-632 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 629-632 (2557)

ความแกร่งที่เหมาะสมกับคุณภาพการสีข้าวไทย

Optimized Strength Force for Milling Quality of Thai Rice *(Oryza sativa* L.)

สุวรรษา ทองหยู[1] และ ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์[1]

Thonghyu, S.[1] and Phaosang, T.[1]

Abstract

This research were study the hardness force of paddy at various of moisture content and study relationship between the hardness force (Newton) and milling quality. Sample for testing were six varieties of Thai rice (long grain varieties) namely Phisanulok2, RD47 and RD31 and Jek Chuey. The test consists of reducing moisture contents of paddy by hot air oven, the moisture content (wet basis) 4 level were 20±1, 17±1, 14±1 and 11±1% prior milling qualities testing by rice mill machine rubber roller type calculated by head rice yield and broken rice, repeat 3 times. Then, rice strength force testing (compressive force) with 30 grains that were measured by Texture Analyzer and used probe were blade with set with knife, test-speed at 2 mm/sec. The results showed that the maximum hardness force of Phisanulok2 and Jek Chuey were 28.34 and 30.89 N. At 11±1% m.c., the maximum of head rice yield of RD31, RD47, Phisanulok2 and Jek Chuey were 74.80, 73.71, 70.07 and 70.15% respectively and broken rice were 10.77, 8.33, 15.74 and 27.37% respectively. All rice varieties, level of moisture content was significantly affected on head rice yield and broken rice. The level of moisture content was significantly affected on hardness force. The relationship between the head rice yield and the hardness force shown that Jek Chuey was indicated by strength properties, represented to the equation which was y=11.053x-206.88 and the R^2 was 0.89.

Keywords: strength properties, milling quality, head rice yield, Thai rice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความแกร่งของเมล็ดข้าวที่ความชื้นระดับต่างๆ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแกร่งของเมล็ดข้าว กับคุณภาพการสีของข้าวไทย ตัวอย่างสำหรับการทดสอบเป็นข้าวเมล็ดยาว 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2, กข31(ปทุมธานี80), กข47 และเจ็กเชย วิธีการทดสอบประกอบด้วย การเตรียมตัวอย่างข้าวด้วยการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยกำหนดความชื้น (มาตรฐานเปียก) 4 ระดับ ได้แก่ 20±1, 17±1, 14±1 และ 11±1% จากนั้น 1) วัดคุณภาพการสี ด้วยเครื่องสีแบบลูกกลิ้ง โดยคำนวณจากจำนวนข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหัก 3 ซ้ำต่อเงื่อนไขการทดสอบและ 2) ทดสอบความแกร่ง (ขนาดของแรงกด) ของข้าวเปลือกแต่ละระดับความชื้นจำนวน 30 เมล็ด ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยใช้หัวกดแบบใบมีด (Blade set with knife) ใช้ test-speed at 2mm/sec ผลการทดสอบพบว่า ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และกข31 ขนาดของแรงกดสูงสุดเท่ากับ 28.34 และ 30.89 นิวตัน ที่ระดับความชื้น 11±1% ข้าวพันธุ์กข31, กข47, พิษณุโลก2 และเจ็กเชย ให้จำนวนข้าวเต็มเมล็ดเท่ากับ 74.80, 73.71, 70.07 และ 70.15% ตามลำดับ และจำนวนข้าวหักเท่ากับ 10.77, 8.33, 15.74 และ 27.37% ตามลำดับ ซึ่งในข้าวทุกสายพันธุ์ ระดับความชื้นที่แตกต่างกันมีผลต่อจำนวนข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความชื้นที่แตกต่างกันมีผลต่อขนาดของแรงกดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแกร่งของเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสีพบว่า ข้าวพันธุ์เจ็กเชย ขนาดของแรงกดสามารถบ่งบอกถึงความแกร่งที่ส่งผลต่อคุณภาพการสีได้เป็นอย่างดี สามารถแสดงค่าเป็นสมการเส้นตรง y=11.053x-206.88 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.89

คำสำคัญ: ความแกร่งคุณภาพการสีข้าวเต็มเมล็ด ข้าวไทย

[1] **ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900**

[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

คำนำ

กระบวนการผลิตข้าวหลังการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งได้เป็นเมล็ดข้าวซึ่งมีเมล็ดข้าวจำนวนมากเกิดการแตกหัก เนื่องจากคุณภาพในการสีของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับความแกร่งของเมล็ดข้าว (ไพศาลและคณะ, 2553) การสีข้าวให้ได้ข้าวร้อยละข้าวเต็มเมล็ดสูงนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการคือ ปัจจัยทางกายภาพได้แก่ วิธีการเก็บเก็บเกี่ยว, วิธีการอบแห้ง ความชื้น และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นต้น นอกจากนี้ความชื้นของข้าวเปลือกมีผลกระทบต่อการแตกหักในการสีข้าว เนื่องจากความชื้นมีความแปรปรวนจึงส่งผลต่อคุณภาพในการสีข้าว (Cnossen และคณะ, 2003) ความแกร่งของข้าวเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ในการเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษา, การอบแห้งและการจัดการ, ลักษณะของเมล็ดและความขุ่น, ความต้านทานต่อแมลง และการแตกหักของเมล็ดระหว่างกระบวนการสีข้าว ความชื้น และอุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด ทำให้ความแกร่งของเมล็ดข้าวลดลง ส่งผลให้ข้าวแตกหักเพิ่มขึ้น (Wei และคณะ, 2004) โดยทั่วไปความชื้นในข้าวที่เหมาะสมทำให้คุณภาพการสีข้าวมีค่าสูงสุด แต่เนื่องจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยมีความแปรปรวนคุณภาพการสีข้าวจึงมีแนวโน้มที่ลดต่ำลง ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2, กข31 (ปทุมธานี 80), กข47 และเจ๊กเชย จัดเป็นข้าวเมล็ดยาว สามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย เป็นข้าวเจ้าที่มีปริมาณอมิโลสสูง และมีลักษณะเป็นข้าวแข็งซึ่งมีความแกร่งของเมล็ดสูง ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าว ซึ่งมีความแปรปรวนน้อย สามารถเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพการสีข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2, กข31(ปทุมธานี 80), กข47 และเจ๊กเชย โดยแรงคน ความชื้นข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าร้อยละ 20.96 (มาตรฐานเปียก) และนำข้าวเปลือกมาชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง เพื่อใช้ในการคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก จากนั้นลดความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven ซึ่งจะได้ระดับความชื้น 4 ระดับ คือ ที่ระดับร้อยละ 20±1, 17±1, 14±1 และ11±1 (มาตรฐานเปียก) นำผลิตผลข้าวเปลือกในแต่ละระดับความชื้นมาวัดความแกร่งของข้าวเปลือก (hardness force) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, Ltd is a United Kingdom) โดยใช้หัวกดแบบใบมีด (Blade set with knife) test speed: 2 mm./sec และนำเข้าสู่กระบวนการสีข้าว เพื่อวิเคราะห์คุณภาพการสีที่มีความสัมพันธ์กับขนาดของแรงกดในแต่ละระดับความชื้นที่ศึกษา นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวัดความแกร่งทดสอบข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์ในทุกๆระดับความชื้น ใช้ข้าวเปลือก 30 เมล็ด (Shitanda และคณะ, 2002) โดยวางข้าวเปลือกในแนวนอน หัวกดจะกดลงบริเวณตรงกลางของเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งเป็นส่วนที่หนาที่สุดของเมล็ดข้าว และหัวกดจะกดลงบนเมล็ดข้าวเปลือกจนกระทั่งเมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก ค่า hardness force คือ จุดที่วัดแรงกดเป็นบวกสูงที่สุด ในการวัดคุณภาพการสีข้าว ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือก 500 กรัม ทำการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าว ขนาดรองรับสูงสุด 2 กิโลกรัม แยกข้าวเต็มเมล็ดออกจากข้าวหักด้วยเครื่องแยกต้นข้าว

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองพบว่า ทุกระดับความชื้นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2, กข31(ปทุมธานี 80), กข47 และ เจ๊กเชย ทำให้ค่าของร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ร้อยละข้าวเต็มเมล็ดที่ระดับความชื้นร้อยละ 11±1 มีค่า 70.07, 74.80, 73.71 และ 70.15 ตามลำดับ ร้อยละของข้าวหักมีค่า 15.74, 2.81, 8.33 และ 27.37 ตามลำดับ (Table 1)ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Siebenmorgen และคณะ (2007) ทำการศึกษาข้าวพันธุ์ Bengal (เมล็ดกลาง), Cypress และ Drew (เมล็ดยาว) มีความชื้นเก็บเกี่ยวร้อยละ 12-24 พบว่า เมล็ดข้าวพันธุ์ Cypress และ Drew มีความชื้นเก็บเกี่ยวเมื่อถูกลดความชื้นจากระดับสูง (ร้อยละสูงกว่า 22) ทำให้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น และยังสอดคล้องกับพายัพภูเบศวร์ และคณะ (2549) พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 ข้าวเปลือกมีระดับความชื้นร้อยละ 17-18, 15-16, 13-14, 11-12 9-10 และ 7-8 ลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดด พบว่า ผลของความชื้นข้าวเปลือกระดับต่างๆ ในข้าวสุพรรณบุรี 1 ความชื้นที่ร้อยละ 9-12 ให้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวดีที่สุด ซึ่งข้าวเปลือกที่มีความชื้นในเมล็ดค่อนข้างสูง เมื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการสีข้าวจะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวรวมทั้งคุณภาพการเป็นเมล็ดพันธุ์ต่ำ ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และกข31 พบว่า ความชื้นในเมล็ดข้าวมีผลต่อขนาดของแรงกดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขนาดของแรงกดที่ความชื้นระดับร้อยละ 20±1, 17±1, 14±1 และ 11±1 (มาตรฐานเปียก) ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีค่า 26.78, 26.08, 28.34 และ 27.90 นิวตัน และในข้าวพันธุ์กข31 มีค่า 30.89, 29.48, 28.51, 26.85 นิวตัน ในข้าวพันธุ์กข47 และเจ๊กเชย ระดับความชื้นไม่มีผลต่อขนาดของแรงกดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) อิทธิพลของความชื้นที่มี

ผลต่อการแตกหักของข้าวซึ่งข้าวที่มีความชื้นสูงจะเกิดการแตกหักมากกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ (ภาสินี และ บังอร, 2552) และผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องกับ Wei และคณะ (2004) ทำการทดลองในข้าวเมล็ดสั้น คือพันธุ์ Akitakomachi และข้าวเมล็ดยาว 2 สายพันธุ์ คือ Delta และ L201 ในระดับความชื้นร้อยละ 12.8-24.8 พบว่า มีค่าแรงกดเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ยังสอดคล้องกับอนุวัตร และคณะ (2551) ทำการทดลองในข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ TCC55 และ TCC12 หาความชื้นแบ่งข้าวออกเป็น 3 กลุ่มความชื้น คือ ความชื้นร้อยละ 8-12, 15-16 และ 18-19 (มาตรฐานเปียก) จากนั้นนำข้าวไปทดสอบในเครื่องทดสอบแรงกด พบว่า ที่ความชื้นต่ำเมล็ดข้าวจะมีความแข็งแรงมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงความสัมพันธ์ระหว่างค่าขนาดของแรงกดกับคุณภาพการสี (ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด) สามารถแสดงสมการเส้นตรง ในข้าวพันธุ์กข31 คือ y=-2.1689x + 133.58 มีค่า R^2 คือ 0.96 และข้าวพันธุ์เจ๊กเชย คือ y= 11.053x – 206.88 มีค่า R^2 คือ 0.89 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และกข47 มีค่า R^2 = 0.18 และ 0.51 (Figure1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดกับคุณภาพการสีมีค่าแตกต่างกันมีความเกี่ยวข้องกับความแตกต่างในเนื้อสัมผัสและคุณสมบัติความแกร่งของเปลือกข้าวและรำ (Nasirahmadi และคณะ, 2014) นอกจากคุณภาพการสีจะเกี่ยวข้องกับระดับความชื้นแล้ว ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งอาจมาจากความแปรปรวนด้านพันธุ์ เพราะลักษณะประจำพันธุ์ เช่น ขนาด รูปร่างเมล็ด ความหนาของเปลือกและสีของเปลือกรวมทั้งเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด ยังมีความสำคัญที่จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างในคุณภาพการสี (ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว) ที่ได้มากน้อยแตกต่างกันอีกด้วย (พายัพภูเบศวร์ และคณะ, 2549) ขนาดของแรงกดสามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณร้อยละข้าวเต็มเมล็ดได้ ซึ่งข้าวที่สามารถทนต่อแรงกดจนเกิดการแตกหัก ซึ่งจะเกิดการแตกหักได้มากน้อยแตกต่างกัน ถ้าข้าวสามารถทนต่อแรงกดได้มาก เมื่อนำไปผ่านขั้นตอนการสี (milling) จะมีปริมาณข้าวหักน้อย หรือปริมาณต้นข้าวมาก แต่ในทางกลับกัน ถ้าข้าวสามารถทนต่อแรงกดได้น้อยลงเมื่อนำไปผ่านขั้นตอนการสีจะมีปริมาณข้าวหักมากขึ้น และมีปริมาณร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดที่น้อยลง (พัสกร และคณะ, 2546)

สรุปผล

ทุกระดับความชื้นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2, กข31, กข47 และ เจ๊กเชย มีผลต่อร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการลดความชื้นข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับร้อยละ11±1 จะส่งผลให้คุณภาพการสีข้าวสูงสุด ซึ่งให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 70.07, 74.80, 73.71 และ 70.15 ตามลำดับ และร้อยละของข้าวหักต่ำสุดมีค่า 15.74, 2.81, 8.33 และ 27.37 ตามลำดับ ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และ กข31 เมื่อลดความชื้นให้อยู่ในระดับร้อยละ 11±1 ขนาดของแรงกดมีค่า 26.85 และ27.90 นิวตัน ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดกับร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด ในข้าวพันธุ์เจ๊กเชยสามารถแสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ y=11.053x-206.88 มีค่า R^2 =0.89 แสดงให้เห็นว่า ในข้าวสายพันธุ์เจ๊กเชย ขนาดของแรงกดสามารถบ่งบอกถึงความแกร่งที่มีผลต่อคุณภาพการสี (ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

พัสกร เจียตระกูล เมธินี เห่วซึ่งเจริญ และศุภศักดิ์ ลิมปิติ, 2546, ผลของอุณหภูมิและความชื้นต่อคุณภาพการสีข้าวขาวดอกมะลิ105, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 34(4-6): 145-148.

พายัพภูเบศวร์ มากกุล นิพนธ์ มาฆทาน รุจี กุลประวัติ และศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต, 2549, ความชื้นข้าวเปลือกระดับต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพการสีและคุณภาพข้าวสารเมื่อเก็บรักษา, Proceedings of rice and temperate cereal crops annual conference 2006: Summaries, Bangkok (Thailand), หน้า 398-405

ไพศาล การถาง ดวงฤทัย นิคมรัฐ และวิโรจน์ ฤทธิ์ทอง, 2554, การสร้างนวัตกรรมวัดความแกร่งของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการอัดความดันจากภายใน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 46 หน้า

ภาสินี อินทะวงศ์ และบังอร อาจทอง, 2552, อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการขัดขาว Project Report No. ChE 2009-22, 36 หน้า

อนุวัตร ศรีนวล สัมพันธ์ ไชยเทพ และวิบูลย์ ช่างเรือ, 2551, ผลของแรงกระแทกที่มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดข้าวเปลือก, Agricultural Science Journal, 39: 413-416

Cao, W., Nishiyama, Y. and Koide, S., 2004, Physicochemical, Mechanical and Thermal Properties of Brown Rice Grain with Various Moisture Contents, International Journal of Food Science and Technology,39:899–906

Cnossen, A.G., Jimenez, M.J. and Siebenmorgen, T.J., 2003, Rice Fissure Response to High Drying and Tempering Temperatures, Journal of Food Engineering, 59: 61-69

Nasirahmadi, A., Abbaspour-Fard, M'H., Emadi, B. and Khazaei Behroozi, N., 2014, Modelling and Analysis of Compressive Strength Properties of Parboiled Paddy and Milled Rice, International Agrophys, p. 73-83

Shitanda, D., Nishiyama, Y. and Koide, S., 2002, Compressive Strength Properties of Rough Rice Considering Variation of Contact Area, Journal of Food Engineering, 53: 53-58

Siebenmorgen, T.J., Bautisda, R.C. and Counce, P.A., 2007, Optimal Harvest Moisture Contents for Maximizing Milling Quality of Long and Medium Grain Rice Cultivars, Applied Engineering in Agriculture, 23(4): 517-527

Table 1 Moisture content at 11±1% related to percentage head rice yield (HRY) and percentage broken rice of JekChuey, RD47, RD31 and Phisanulok2

moisture content (%)	Jek Chuey		RD 47		RD 31		Phisanulok2	
	HRY (%)	broken rice (%)	HRY (%)	broken rice (%)	HRY (%)	broken rice (%)	HRY (%)	broken rice (%)
11±1	70.15±0.13a	97.59 ± 10.67a	49.09±0.78a	30.62 ± 1.63a	74.80±0.54a	40.25 ± 10.19a	70.07±1.41a	55.25 ± 5.03b
14±1	68.12±0.38b	125.43 ± 13.59b	48.98±0.90a	30.91 ± 4.42a	72.29±0.68b	92.44 ± 27.30b	65.77±3.86a	66.42 ± 13.75b
17±1	64.01±1.44c	135.86 ± 11.89b	47.89±0.50a	33.38 ± 0.86a	70.25±0.71c	138.66 ± 8.37c	65.12±2.44a	129.31 ± 5.19a
22±1	63.83±1.67c	141.85 ± 5.35b	45.89±0.32b	49.55 ± 1.89b	65.95±0.31d	150.79 ± 8.63c	55.37±1.79b	140.98 ± 8.63a

Letter in the same column followed by different superscripts are significantly different as determined by Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$).

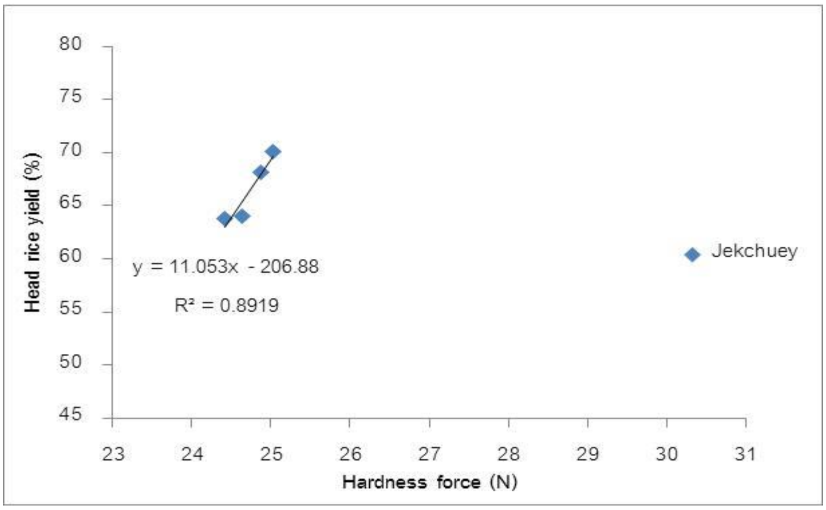


Figure 1 Correlation between hardness force and milling quality of "JekChuey" rice.

Table 2 The value of hardness force (N) of JekChuey, RD47, RD31 and Phisanulok2 during various moisture content.

Moisture content (%)	Hardness force (N)			
	JekChuey	RD47	RD31	Phisanulok2
11±1	25.02±2.46a	26.54±4.66a	26.85±3.14a	27.90±4.14ab
14±1	24.87±4.03a	24.34±4.15a	28.51±2.53ab	28.34±2.28b
17±1	24.64±2.56a	24.81±3.92a	29.48±2.98bc	26.08±3.02a
20±1	24.41±3.22a	24.09±3.85a	30.89±3.07c	26.78±3.04ab

Letter in the same column followed by different superscripts are significantly different as determined by Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$).

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 633-636 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 633-636 (2557)

ผลกระทบของอุณหภูมิสูงในระยะพัฒนาดอกต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกห้วยสีทน

Impact of High Temperature During Flower Development on Seed Yield and Quality of Chilli (*Capsicum annuum* L.) var. Huay Sri Thon

ศรัณย์ จิตรสิงห์[1] ปริยานุช จุลกะ[1] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[2] และ พิจิตรา แก้วสอน[1]

Chitsing, S.[1], Chulaka, P.[1], Chanprasert, W.[2] and Kaewsorn, P.[1]

Abstract

High temperature has been influenced on maturity and ripening of fruit that reduces seed quality. Therefore, the study on impact of high temperature during different periods of flower development on seed yield and quality of chilli 'Huay Sri Thon' was conducted at experimental field, Department of Horticulture, Kasetsart University Kamphaengsaen campus, Nakornpathom province between December 2013 to April 2014. Randomized complete block design was used with 3 replications. The plants were grown in the 8-inch plastic pots under plastic rain shelter. The plants were transferred to high temperature plastic house at 3 different stages, those were before flowering, flowering or after flowering stages and compared seed yield and quality with those grown under plastic rain shelter. The fruits were harvested at red fruit stage. The results showed plants were exposure high temperature since before flowering gave lowest fruit width, fruit length, fruit weight, seed weight per fruit and 100 seeds dry weight (8.93 mm, 50.69 mm, 1.87 g, 0.36 g, and 0.41 g, respectively). However, exposure high temperature before flowering showed highest germination (79.33%) and lowest abnormal seedling (20.44%)

Keywords: heat, flower development, germination, pepper

บทคัดย่อ

สภาพอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ผลสุกแก่เร็วขึ้นและส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ จึงได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสูงในระยะการพัฒนาดอกที่ต่างกันต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกห้วยสีทน ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างเดือนธันวาคม 2556 ถึงเดือนเมษายน 2557 วางแผนการทดลองบล็อกสมบูรณ์ 3 ซ้ำ โดยปลูกพริกในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว ภายใต้หลังคาพลาสติกกันฝน และย้ายเข้าโรงเรือนซึ่งมีอุณหภูมิสูงตามระยะการพัฒนาของดอก คือ ระยะก่อนดอกบาน ระยะดอกบาน และระยะหลังดอกบาน เปรียบเทียบกับการปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกกันฝน เก็บเกี่ยวเมื่อผลพริกเปลี่ยนเป็นสีแดง พบว่าการได้รับอุณหภูมิสูงตั้งแต่ก่อนดอกบานทำให้ความกว้างของผล ความยาวของผล น้ำหนักของผล น้ำหนักเมล็ดต่อผล และน้ำหนักแห้ง 100 เมล็ดมีค่าต่ำสุด (8.93 มิลลิเมตร 50.69 มิลลิเมตร 1.87 กรัม 0.36 กรัม และ 0.41 กรัม ตามลำดับ) แต่มีความงอกสูงสุดคือ 79.33 เปอร์เซ็นต์ และพบต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุด คือ 20.44 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ความร้อน ระยะพัฒนาดอก ความงอก พริก

คำนำ

เมล็ดพันธุ์พริกมีปริมาณการส่งออกในปี 2556 ประมาณ 53,000 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 375 ล้านบาท ซึ่งเป็นอันดับที่ 10 ของเมล็ดพันธุ์ที่มีการส่งออกทั้งหมด (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์, 2556) ปัจจัยสภาพแวดล้อมมีความจำเป็นอย่างมากต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีและปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิ อุณหภูมิสูงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของผลและการติดเมล็ดลดลงในพริกหวาน (Erickson และ Markhart, 2002) พริกขี้หนู (Pagamas และ Nawata, 2007) และมะเขือเทศ (Adam และคณะ, 2001) เป็นต้น การได้รับอุณหภูมิสูง

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] **ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

ในระยะก่อนดอกบาน 14-17 วันทำให้การติดผลลดลงเนื่องจากความมีชีวิตของละอองเรณูลดลงในพริกหวาน (Erickson และ Markhart, 2002) Pagamas และ Nawata (2007) รายงานว่าช่วงการผสมเกสรและระยะการพัฒนาของผลจะอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูงเป็นอย่างมาก ทำให้ผลผลิตและจำนวนเมล็ดลดลงในพริกขี้หนู จึงได้ศึกษาผลของอุณหภูมิสูงในระยะการพัฒนาของดอกที่แตกต่างกันต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกห้วยสีทน เพื่อใช้ประเมินศักยภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อเป็นการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ย้ายกล้าพริกห้วยสีทนที่อายุ 35 วันหลังเพาะเมล็ด ลงในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกคือ ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 4:1 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดร่วมกับการให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh tropical dry summer (Resh, 1978) ภายใต้หลังคาพลาสติกกันฝน ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม เมื่อต้นพริกเจริญเติบโตแตกกิ่งแขนงจนถึงชั้นที่ 6 7 และ 8 จึงเริ่มทำเครื่องหมายที่ดอกบานของแต่ละชั้น และย้ายเข้าโรงเรือนอุณหภูมิสูงตามระยะการพัฒนาของดอก คือ ระยะก่อนดอกบาน ระยะดอกบาน และระยะหลังดอกบาน โดยย้ายเข้าโรงเรือนอุณหภูมิสูงเมื่อดอกพริกบานในชั้น 7 เปรียบเทียบกับการปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกกันฝน วางแผนแบบบล็อกสมบูรณ์ มี 4 ทรีทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ คือ พริกที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกกันฝน (control) พริกที่ได้รับอุณหภูมิสูงระยะก่อนดอกบาน (before flowering) ระยะดอกบาน (flowering) และระยะหลังดอกบาน (after flowering) เก็บเกี่ยวผลพริกเมื่อผลพริกเปลี่ยนเป็นสีแดง (45 วันหลังดอกบาน) บันทึกข้อมูล ความกว้างของผล ความยาวของผล น้ำหนักผล จำนวนเมล็ดต่อผล น้ำหนักเมล็ดต่อผล และ น้ำหนักแห้งเมล็ด 100 เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาทดสอบความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Top of Paper ที่อุณหภูมิสลับ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก เมล็ดแข็ง และเมล็ดตาย ตามหลักการประเมินความงอกของ International Seed Testing Association (ISTA, 2012) โดยนับครั้งแรก (first count) 7 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย (final count) 14 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์ และหาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (Mean germination time; MGT) (Ellis และ Roberts, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การได้รับอุณหภูมิสูงในระยะพัฒนาดอกทั้ง 3 ระยะ คือ ระยะก่อนดอกบาน ระยะดอกบาน และระยะหลังดอกบาน ทำให้ความกว้างของผล ความยาวของผล และน้ำหนักของผลลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกภายใต้หลังคาพลาสติก (control) โดยการได้รับอุณหภูมิสูงก่อนดอกบานทำให้ความกว้างของผล ความยาวของผล และน้ำหนักของผลมีค่าน้อยที่สุด (8.93 มิลลิเมตร 50.69 มิลลิเมตร และ 1.87 กรัม ตามลำดับ) (Table 1) เนื่องจากการได้รับอุณหภูมิสูงก่อนดอกบานมีผลต่อกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งช่วงการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์ (Microspore mother cell) ทำให้ความมีชีวิตของละอองเรณูลดลง ส่งผลให้การติดผลและขนาดของผลลดลง (Erickson และ Markhart, 2002) และในช่วงแรกของการพัฒนาผลหรือตั้งแต่ระยะหลังดอกบานซึ่งมีกระบวนการแบ่งเซลล์และขยายขนาดเซลล์อุณหภูมิสูงจะทำให้ขนาดของผลและน้ำหนักของผลลดลง ระยะหลังดอกบานมีกระบวนการที่สำคัญหลายกระบวนการ คือ การแก่ของละอองเรณู (microspore maturation) การบานของดอก (anthesis) การถ่ายละอองเกสร (pollination) และการผสมเกสร (fertilization) ซึ่งระยะการพัฒนาของดอกทุกระยะมีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูง (Pagamas และ Nawata, 2007) อย่างไรก็ตามการได้รับอุณหภูมิสูงตั้งแต่ระยะก่อนดอกบานมีผลกระทบต่อการพัฒนาของผลมากที่สุด

การได้รับอุณหภูมิสูงในระยะต่างๆ ของการพัฒนาดอกไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อผล แต่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดต่อผล และน้ำหนักแห้งของเมล็ด 100 เมล็ด โดยการได้รับอุณหภูมิสูงตั้งแต่ระยะก่อนดอกบานมีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดต่อผลและน้ำหนักแห้งของเมล็ด 100 เมล็ดมีค่าน้อยที่สุดคือ 0.36 กรัม และ 0.41 กรัม ตามลำดับ (Table 2) เนื่องจากอุณหภูมิสูงไปยับยั้งการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนและสารอาหารต่างๆ (Tahir และ Nakata, 2005) และไปขัดขวางการสะสมคาร์โบไฮเดรตและไขมันในเมล็ด (Pagamas และ Nawata, 2007)

พริกห้วยสีทนที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะก่อนดอกบานมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการได้รับอุณหภูมิสูงในระยะอื่น (13.45 วัน) (Table 2) และความงอกมากที่สุดคือ 79.33 เปอร์เซ็นต์และ แต่พบต้นอ่อนผิดปกติมากถึง 20.44 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) การพัฒนาของผลจนถึงการแก่นั้น แต่ละระยะมีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูง หลังจากการถ่ายละอองเกสร 48 ชั่วโมงจะเริ่มกระบวนการผสมเกสร และหลังจาก 24-36 ชั่วโมงจะเริ่มการพัฒนาเอมบริโอ ซึ่งอุณหภูมิสูงจะไปเร่ง

กระบวนการต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น (Pagamas และ Nawata, 2007) อาจทำให้ระยะการแก่ของเมล็ดพันธุ์พริก (physiological maturity) เร็วขึ้น จากการทดลองพบว่าการได้รับอุณหภูมิสูงในระยะดอกบานและระยะหลังดอกบาน รวมทั้งพริกที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกมีต้นอ่อนผิดปกติมากกว่า 40% (Figure 1) และส่วนใหญ่เป็นต้นอ่อนผิดปกติที่พบเป็นรากหดสั้น ใบเลี้ยงติดอยู่ในเปลือกเมล็ดและ hypocotyl หดสั้นบิดเป็นเกลียว (Figure 2) อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิในโรงเรือนและภายใต้หลังคาพลาสติกค่อนข้างสูง (38-41/28-30 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) และ 35-38/25-28 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) ตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล)) ทำให้ความงอกและความแข็งแรงเมล็ดลดลง สอดคล้องกับ Pagamas และ Nawata (2007) รายงานว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียสทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพริกขี้หนูลดลง จึงพบต้นอ่อนผิดปกติจำนวนมากขึ้น

สรุปผล

การได้รับอุณหภูมิสูงในทุกระยะระหว่างการพัฒนาดอกมีผลทำให้ปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพริกห้วยสีทนลดลง โดยเฉพาะการได้รับอุณหภูมิสูงตั้งแต่ระยะก่อนดอกบานมีผลทำให้ความกว้างของผล ความยาวของผล น้ำหนักของผล น้ำหนักเมล็ดต่อผล และน้ำหนักแห้งเมล็ด 100 เมล็ด มีค่าน้อยที่สุด แต่พบว่าเมล็ดมีความงอกมากที่สุดและงอกเร็วที่สุด แต่ยังพบต้นอ่อนผิดปกติจำนวนมาก การได้รับอุณหภูมิสูงในระยะพัฒนาดอกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อผล

เอกสารอ้างอิง

สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2556, การส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม [สืบค้น], http://www.thasta.com/statistics.asp. [3/ July/ 14].

Adam, S.R., Cockshull, K.E. and Cave, C.R.J., 2001, Effect of Temperature on the Growth and Development of Tomato Fruits, Annals of Botany, 88: 869–877.

Ellis, R.H. and Roberts, D.J., 1980, The Influence of Temperature and Moisture on Seed Viability Period in Barley (*Hordeum distichum* L.), Annals of Botany, 45: 31-37.

Erickson, A.N. and Markhart, A.H., 2002, Flower Developmental Stage and Organ Sensitivity of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) to Elevated Temperature, Plant, Cell and Environment, 25: 123–130.

International Seed Testing Association, 2012, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

Pagamas, P. and Nawata, E., 2007, Effect of High Temperature during the Seed Development on Quality and Chemical Composition of Chili Pepper Seed, Japanese Journal of Tropical Agriculture, 51: 22-29.

Resh, M.H., 1978, Hydroponics for Food Production, Woodbridge Press Publishing Company, California. 277 p.

Tahir, I.S.A. and Nakata, N., 2005, Remobilization of Nitrogen and Carbohydrate from Stem of Bread Wheat in Response to Heat Stress during Grain Filling, Journal of Agronomy and Crop Science, 191: 106–115.

Table 1 Fruit width, fruit length and fruit weight of chilli 'Huay Sri Thon' influenced by high temperature during different stages of flower development

Treatment	Fruit width (mm)	Fruit length (mm)	Fruit weight (g)
1. Control	10.66 a[1/]	53.89 ab	2.74 a
2. Heat+ Before Flowering	8.93 c	50.69 b	1.87 c
3. Heat + Flowering	9.23 bc	51.04 b	2.32 b
4. Heat + After Flowering	9.86 b	55.21 a	2.44 ab
F-test	*	*	*
CV (%)	7.43	7.22	13.28

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT.

Table 2 Number of seed/fruit, seed weight/fruit 100 seeds dry weight and mean germination time (MGT) of chilli 'Huay Sri Thon' influenced by high temperature during different stages of flower development

Treatment	No. of seed/fruit	Seed weight/fruit (g)	100 seeds dry weight (g)	MGT (Days)
1. Control	74.33 a	0.56 a	0.46 b	13.55 b
2. Heat+ Before Flowering	52.56 b	0.36 b	0.41 c	13.45 b
3. Heat + Flowering	54.11 b	0.43 b	0.48 b	13.94 a
4. Heat + After Flowering	50.44 b	0.42 b	0.53 a	13.70 ab
F-test	*	*	*	*
CV (%)	16.49	17.81	2.97	1.5

1/ Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at P ≤ 0.05 by DMRT.

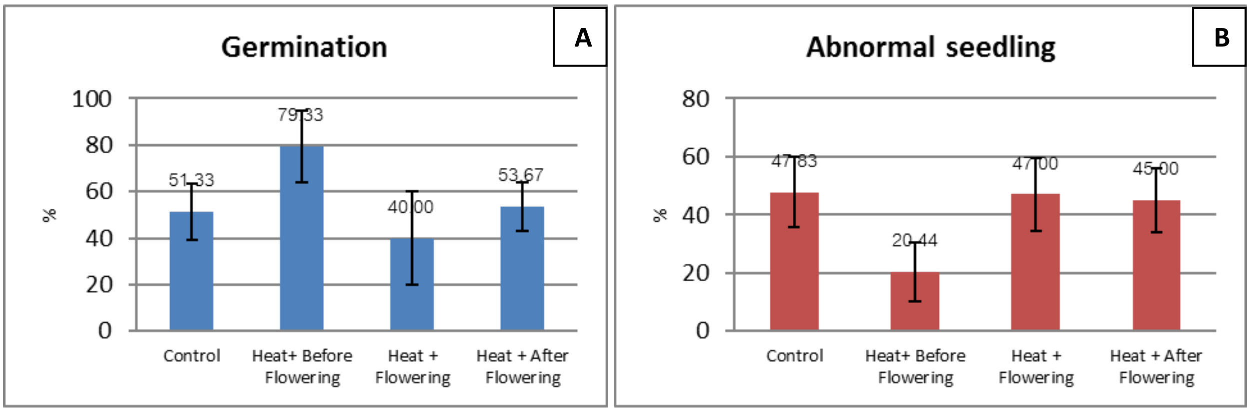


Figure 1 Seed germination (A) and abnormal seedlings (B) of chili 'Huay Sri Thon' influenced by high temperature during different stages of flower development

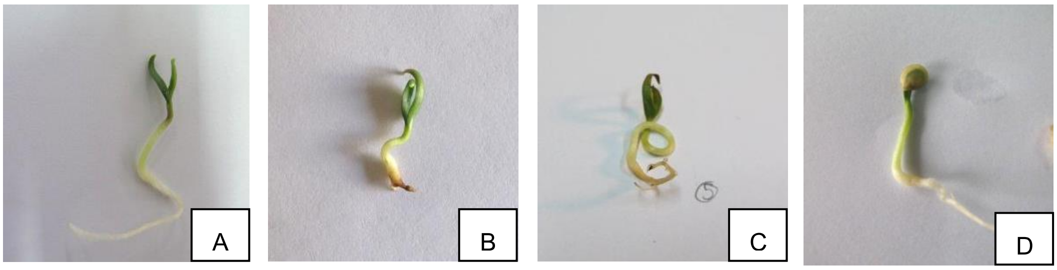


Figure 2 Normal seedling (A), abnormal seedling (B-D): primary root missing (B), hypocotyl forming a spiral (C), cotyledon trapped (D) of chili 'Huay Sri Thon' influenced by high temperature during different stages of flower development

อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวในสภาพดินเค็ม

Effect of Potassium Fertilizer on Yield and Nutrient Uptake of Rice in Saline Soil

พุทธิภณ ศิริมูล[1] ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช[1] พรทิพย์ ศรีมงคล[1] และ วิมลนันทน์ กันเกตุ[1]

Sirimoon, P.[1], Sitthaphanit, S.[1], Srimongkol, P.[1] and Kanket, W.[1]

Abstract

Effect of potassium fertilizers on yield and nutrients uptake of rice was studied. The experimental design was RCBD with 3 replications, 5 treatments consisted of 1) No K fertilizer addition (control), 2) KCl at the rate of 10 kg K ha^{-1}(KCl-10), 3) KCl at the rate of 20 kg K ha^{-1}(KCl-20), 4) K_2SO_4 at the rate of 10 kg K ha^{-1}(K_2SO_4-10) and 5) K_2SO_4 at the rate of 20 kg K ha^{-1} (K_2SO_4-20). The result showed that KCl application at the rate of 20 kg K ha^{-1} had the highest nitrogen and phosphorus uptake and increased grain yield to 52.05 g/pot, whereas control had 34.51 g/pot. Potassium uptake was the highest in K_2SO_4 at the rate of 20 kg K ha^{-1}. Potassium fertilizer application can improve nutrients uptake and rice yield in rice production under saline soil.

Keywords: rice, saline soils, potassium fertilizer, nutrient uptake

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวในสภาพดินเค็มวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) 2) โพแทสเซียมอัตรา 10 kg K ha^{-1} ในรูป KCl (KCl-10) 3) โพแทสเซียมอัตรา 20 kg K ha^{-1}ในรูป KCl (KCl-20) 4) โพแทสเซียมอัตรา 10 kg K ha^{-1} ในรูป K_2SO_4 (K_2SO_4-10) และ 5) โพแทสเซียมอัตรา 20 kg K ha^{-1} ในรูป K_2SO_4 (K_2SO_4-20) ผลการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ย KCl อัตรา 20 kg K ha^{-1} ทำให้ข้าวมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงที่สุด และมีผลผลิตสูงที่สุด 52.05 กรัมต่อกระถาง ในขณะที่กระถางควบคุมมีผลผลิต 34.51 กรัมต่อกระถาง ส่วนการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวสูงที่สุดในตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ย K_2SO_4 อัตรา 20 kg K ha^{-1} ดังนั้นการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมสามารถช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตข้าวในสภาพดินเค็ม

คำสำคัญ: ข้าว ดินเค็ม ปุ๋ยโพแทสเซียม การดูดใช้ธาตุอาหาร

คำนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่ดินเค็มมากกว่า 17% ของพื้นที่ทั้งหมด (Yuvaniyama และคณะ, 2008) ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มมีผลผลิตต่ำเนื่องจากผลจากเกลือในดิน ซึ่งความเค็มจะส่งผลต่อพืชโดยทำให้เกิด อาการขาดน้ำเพราะพืชดูดน้ำไปใช้ไม่ได้ เกิดความเป็นพิษของโซเดียมและคลอรีนการมีเกลือมากยังไปยับยั้งการดูดใช้ธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะโพแทสเซียมและแคลเซียมส่งผลให้สิทธิภาพของการใช้ธาตุอาหารต่ำในดินเค็ม Na จะยับยั้งการดูดใช้ธาตุอาหาร การจัดการธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมทั้งในด้านอัตรา วิธีการใช้และรูปของปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยโพแทสเซียม (Grattan และ Grieve, 1999) การให้โพแทสเซียมแก่พืชอย่างเพียงพอจะช่วยลดอิทธิพลของ NaCl ในพื้นที่ดินเค็มมีผลอย่างมากกับผลผลิตที่ได้ และ โพแทสเซียมยังมีความสัมพันธ์กับผลผลิต คุณภาพผลผลิตรวมทั้งความสามารถในการต้านทานสภาวะแล้ง ความเค็มได้ (Römheld และ Kirkby, 2010) Keshavarz และคณะ (2004) พบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป K_2SO_4 ทำให้ฝ้ายมีผลผลิตสูงกว่าเมื่อใช้โพแทสเซียมในรูป KCl ถึง 25% เมื่อปลูกในพื้นที่ดินเค็ม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในนาข้าวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราการใช้ต่ำ โดยคำแนะนำการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมของกรมการข้าวให้ใช้ชนิดปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นน้ำหนักของธาตุโพแทสเซียม 1.33 กิโลกรัมต่อไร่และองค์ความรู้ในด้านประสิทธิภาพของการใช้ธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะปุ๋ยโพแทสเซียมในข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็มของไทยยังมีข้อมูลไม่มากนักการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวในสภาพดินเค็ม

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat SakonNakhon Province Campus, SakonNakhon, 47000, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวในดินเค็มใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ควบคุม) 2) โพแทสเซียมอัตรา 10 kg K ha^{-1} ในรูป KCl (KCl-10) ใส่ในกระถาง 0.041 กรัมต่อกระถาง 3) โพแทสเซียมอัตรา 20 kg K ha^{-1}ในรูป KCl (KCl-20) ใส่ในกระถาง 0.082 กรัมต่อกระถาง 4) โพแทสเซียมอัตรา 10 kg K ha^{-1} ในรูป K_2SO_4 (K_2SO_4-10) ใส่ในกระถาง 0.048 กรัมต่อกระถาง และ 5) โพแทสเซียมอัตรา 20 kg K ha^{-1} ในรูป K_2SO_4 (K_2SO_4-20) ใส่ในกระถาง 0.096 กรัมต่อกระถางและใส่ปุ๋ย สูตร 16-20-0 0.5 กรัมต่อกระถางทุกตำรับการทดลอง ทำการทดลองในกระถางขนาดความสูง 22 เซนติเมตร ×ความกว้าง 25 เซนติเมตรบรรจุดิน 6 กิโลกรัมต่อกระถางปรับความเค็มของดินให้ได้ 4dS m^{-1}โดยใช้เกลือ NaCl ใส่ลงในกระถาง 4.58 กรัมต่อกระถาง หลังจากนั้นปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยใช้ต้นกล้าอายุ 30 วันหลังงอกจำนวน 3 ต้นต่อกระถาง ผสมปุ๋ยโพแทสเซียมตามตำรับการทดลองและปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-20-0 ในอัตรา 30 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ควบคุมระดับน้ำเหนือดินในกระถาง 5 เซนติเมตร เมื่อข้าวอายุ 30 วันใส่ปุ๋ยแต่งหน้าด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กก./เฮกตาร์ ใส่ในกระถางทุกตำรับการทดลอง 0.5 กรัมต่อกระถาง เก็บข้อมูลการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าว 2 ครั้งที่ระยะแตกกอ (Tillering) และระยะเก็บเกี่ยว (Harvest) โดยตัดต้นข้าวที่บริเวณโคนต้นชิดกับผิวดิน อบที่อุณหภูมิ 70°C จนน้ำหนักคงที่ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าว (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) วิเคราะห์โดยวิธีการ Micro Kjeldahl method, Vanadomolybdate (Baton) method และใช้เครื่อง Flame Photometer ตามลำดับ เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลอง

การดูดใช้ธาตุอาหาร

ไนโตรเจน

จากการทดลองพบว่าการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ระยะแตกกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนระหว่าง 181.87-204.42 มิลลิกรัมต่อกระถาง (Table 1) แต่ที่ระยะเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยตำรับการทดลองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl อัตรา 20 kg K ha^{-1}มีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนสูงที่ 565.95 มิลลิกรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl อัตรา 10 kg K ha^{-1}และปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป K_2SO_4 อัตรา 10 kg K ha^{-1}ที่มีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนที่ 505.00 และ 495.85 มิลลิกรัมต่อกระถาง ตามลำดับ ส่วนกระถางควบคุมมีการดูดใช้ไนโตรเจนน้อยที่สุดที่ 464.99 มิลลิกรัมต่อกระถาง

ฟอสฟอรัส

ที่ระยะแตกกอพบว่าข้าวมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสระหว่าง 10.07-17.77 มิลลิกรัมต่อกระถาง (Table 1) ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าตำรับการทดลองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl อัตรา 20 kg K ha^{-1}มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงที่สุดที่ 39.58 มิลลิกรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป K_2SO_4 อัตรา 10 และ 20 kg K ha^{-1} โดยมีการดูดใช้ฟอสฟอรัส 33.89 และ 34.64 มิลลิกรัมต่อกระถาง ตามลำดับ ส่วนกระถางควบคุมมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสน้อยที่สุดที่ 27.01 มิลลิกรัมต่อกระถาง

โพแทสเซียม

การดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมของข้าวที่ระยะแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยตำรับการทดลองที่ได้รับโพแทสเซียมในรูป KCl อัตรา 20 kg K ha^{-1} มีการดูดธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุดที่ 83.74 มิลลิกรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ได้รับปุ๋ย KCl อัตรา 10 kg K ha^{-1} และ K_2SO_4 อัตรา 20 kg K ha^{-1} (78.26 และ 65.86 มิลลิกรัมต่อกระถาง ตามลำดับ) ส่วนกระถางควบคุมมีการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมน้อยที่สุดที่ 39.48 มิลลิกรัมต่อกระถาง (Table 1) ที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าข้าวมีการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยตำรับการทดลองที่ได้รับ, K_2SO_4 อัตรา 20 kg K ha^{-1} มีการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุดที่ 90.75 มิลลิกรัมต่อกระถางในขณะที่กระถางควบคุมมีการดูดใช้โพแทสเซียมน้อยที่สุด 32.19 มิลลิกรัมต่อกระถาง

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl อัตรา 20 kg K ha^{-1} มีผลผลิตสูงที่สุด 52.05 กรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป K_2SO_4 อัตรา 10 และ 20 kg K ha^{-1} ซึ่งมีผลผลิต 44.98 และ 45.78 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ ส่วนกระถางควบคุมมีผลผลิตน้อยที่สุด 34.51กรัมต่อกระถาง (Table 2) อย่างไรก็ตามระดับและชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง ส่วนน้ำหนัก 1,000 เมล็ดพบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย K_2SO_4 อัตรา 20 kg K ha^{-1} มีน้ำหนัก 1,000 สูงที่สุด ที่ 35.00 กรัมต่อ 1,000 เมล็ดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวที่ได้รับปุ๋ย K_2SO_4 อัตรา 10 kg K ha^{-1} ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ 32.30 กรัม และกระถางควบคุมมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดน้อยที่สุด 25.00 กรัม (Table 2)

วิจารณ์ผล

อัตราปุ๋ยและชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มเนื่องจากดินเค็มมีผลต่อสมดุลของธาตุอาหารซึ่งเป็นผลมาจากความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน และมีการแข่งขันของธาตุอาหารพืช เช่น Na^+จะลดการดูดใช้ K^+ และ Cl^- ลดการดูดใช้ NO_3^- และเกลือในดินยังส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช (Grattan และ Grieve, 1999) การให้โพแทสเซียมแก่พืชอย่างเพียงพอจะช่วยลดอิทธิพลของ NaCl ที่ต่อพืชและช่วยเพิ่มผลผลิตให้พืชที่ปลูกในดินเค็มได้ Al-karaki (2000) รายงานว่าการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างเพียงพอช่วยเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศที่ปลูกในสภาพดินเค็มโดยช่วยลดอิทธิพลของ NaCl ในดินเค็ม และการเพิ่มอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมยังช่วยให้อัตราการสังเคราะห์แสงและผลผลิตของพืชในสภาพดินเค็มเพิ่มสูงขึ้นได้ (Abogadallah และคณะ, 2010)

สรุปผล

การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมกับข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็มสามารถช่วยให้ข้าวดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้นและช่วยให้ข้าวมีผลผลิตสูงขึ้นข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็มมีผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 20 kg K ha^{-1} ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl ช่วยให้ข้าวดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีขึ้นในขณะที่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป K_2SO_4 ทำให้ข้าวดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Abogadallah, G.M., Serag, M.M. and Quick, W.P., 2010, Fine and Course Regulation of Reactive Oxygen Species in the Salt Tolerant Mutants of BARNYARD GRASS and Their Wild-type Parents under Salt Stress, Physiol Plant,138: 60–73.

Al karaki, G.N., 2000, Growth, Sodium and Potassium Uptake and Translocation in Salt Stressed Tomato, Journal of Plant Nutrition, 23: 369-379.

Grattan, S.R. and Grieve, C.M., 1999, Salinity-mineral Nutrient Relations in Horticultural Crops, ScientiaHorticulturae, 78: 127-157.

Keshavarz, P., Nourihoseini, M. and Malakouti, M.J., 2004, Effect of Soil Salinity on K Critical Level for Cotton and Its Response to Sources and Rates of K Fertilizers. IPI Regional Workshop on Potassium and Fertigation Development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 24-28 November.

Römheld, V. and Kirkby, E.A., 2010, Research on Potassium in Agriculture: Needs and prospects, Plant and Soil, 335: 155–180.

Yuvaniyama, A., Dissataporn, C., Pongwichian, P. and Yamclee, P., 2008, Salinity Problems and Sustainable Management in NakhonRatchasima Province, Northeast Thailand. In: Proceedings of 2nd international salinity forum, March 2008, Adelaide, Australia.

Table 1 Effect of potassium fertilizer on nitrogen, phosphorus and potassium uptake of rice in saline soil.

Treatment	Tillering (mg/pot)			Harvesting (mg/pot)		
	N	P	K	N	P	K
Control	171.87	10.07	39.48c	464.99b	27.01c	32.19d
KCl-10	204.42	17.77	78.26a	495.85ab	31.39bc	38.84cd
KCl-20	175.67	16.26	83.74a	565.95a	39.58a	79.55b
K_2SO_4-10	201.08	14.07	53.03bc	505.00ab	33.89ab	44.52c
K_2SO_4-20	195.66	14.48	65.86ab	479.90b	34.64ab	90.75a
F-test	ns	ns	*	*	*	**
C.V. (%)	19.91	28.01	16.79	7.87	10.03	7.88

[1/] Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by DMRT (*P*< 0.05).

*,** Significant difference at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

ns: not significant difference

Table 2 Effect of potassium fertilizer on yield and yield components of rice in saline soil.

Treatment	Yield (g/pot)	Panicle /hill	Grain /panicle	Filled grain/panicle	Unfilled grain/panicle	1,000 grain weight (g)
Control	34.51c	30.00	120.00	58.00	62.00	25.00c[1/]
KCl-10	41.55bc	34.00	136.00	65.33	70.67	30.70b
KCl-20	52.05a	32.66	130.67	63.67	67.00	29.00b
K_2SO_4-10	44.98ab	30.66	122.67	60.33	62.33	32.30ab
K_2SO_4-20	45.78ab	30.66	122.67	60.00	62.67	35.00a
F-test	*	ns	ns	ns	ns	*
C.V.	10.56	20.70	20.70	22.48	19.75	16.70

[1/] Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by DMRT (*P*< 0.05).

*,** Significant difference at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

ns: not significant difference

การเจริญเติบโต และองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางพารา พันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในเขตพื้นที่ศักยภาพการผลิตแตกต่างกัน

Growth and Latex Biochemical Components of Rubber Clone RRIM 600 under Different Potential Areas

ธัญญรัตน์ พุทธิมา[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] เอ็จ สโรบล[1] และ สุขุมาลย์ เลิศมงคล[1]

Phuttima, T.[1], Thobunluepop, P.[1], Sarobol, E.[1] and Lertmongkol, S.[1]

Abstract

The experiment was aimed to study on growth and latex biochemical components in latex of rubber clone RRIM 600 grown under different potential areas in Buri Ram province. The areas were suitability land (L2), suitability marginal land (L3) and not recommended land (N) for rubber plantation. The experimental design was randomized completely block design (RCBD) with three replications. Rubber trees were grown under 3 x 7 m crop spacing for 8 years, and there were tapped for 2 years. The girth was measured at a high of 170 cm from the ground for yearly girth increment. Latex was sampling for biochemical components analysis and total rubber yield were recorded. The experiment found that N area provided the highest of girth increment, dry rubber content (DRC), sucrose content (SUC), inorganic phosphorus (Pi), thiols (R-SH) and rubber yield than those L2 and L3 areas.

Keywords: rubber, potential area, latex biochemical components

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางพารา พันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตยางพาราที่แตกต่างกันของจังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) พื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางพาราค่อนข้างสูง (L3) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางพาราสูง (N) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (randomized completely block design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยปลูกยางพาราระยะ 3 x 7 เมตร ยางพาราอายุ 8 ปี และเปิดกรีดแล้ว 2 ปี วัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับความสูง 170 เซนติเมตร จากพื้นดินเพื่อหาค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงลำต้นที่เพิ่มขึ้นต่อปี เก็บตัวอย่างน้ำยางเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตยางสะสมต่อไร่ต่อปี ผลการทดลอง พบว่า พื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางสูง (N) มีการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้น, ปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) ซูโครส (sucrose content, SUC) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus, Pi) ไธออล (thiols, R-SH) และผลผลิตยางสะสมสูงกว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางค่อนข้างสูง (L3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ยางพารา พื้นที่ที่มีศักยภาพ องค์ประกอบชีวเคมีน้ำยางพารา

คำนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นประเทศผู้ผลิตยางธรรมชาติมากที่สุดของโลก ศักยภาพการผลิตยางของไทยมีมากกว่าปีละ 3 ล้านตัน โดยระหว่างปี 2550-2554 ปริมาณการผลิตยางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.8 (สถาบันวิจัยยาง, 2555) จากปริมาณความต้องการยางของโลกมีอัตราเพิ่มขึ้น รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมให้ขยายพื้นที่เขตปลูกยางใหม่ ทั้งนี้หน่วยงานภาครัฐได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราในระดับต่างๆ โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ GIS (Geographic Information System) และจัดทำแผนที่ศักยภาพการผลิตยางพาราเพื่อขยายพื้นที่ปลูกยาง ซึ่งเป็นแผนที่แสดงผลการประเมินและคัดเลือกพื้นที่ โดยใช้ค่าดัชนีความเหมาะสมของพื้นที่จากการ

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ประยุกต์ใช้แบบจำลองการผลิตยางพาราร่วมกับระบบ GIS และเทคโนโลยี GPS วิเคราะห์ปัญหาและขีดจำกัดของพื้นที่ปลูกเพื่อหาความสัมพันธ์กับผลผลิตและคาดการณ์ผลผลิตของยางพารา (crop model) จากการตรวจสภาพภูมิอากาศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าหลายพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เช่น มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดัชนีภูมิอากาศที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราในแต่ละพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ความน่าเชื่อถือของผลวิเคราะห์ศักยภาพความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการปลูกยางพาราเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยต่อการผลิตยางพาราค่อนข้างสูงจะมีศักยภาพในการผลิตยางพาราในอนาคต เมื่อสภาพอุทกวิทยาดีขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2546) ดังนั้นเพื่อให้การขยายพื้นที่ปลูกยางของเกษตรกรในแหล่งปลูกยางใหม่ประสบผลสำเร็จ จึงมีความจำเป็นสำหรับการศึกษาพื้นที่ศักยภาพในการปลูกยางให้เพิ่มมากขึ้น โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างโซนความเหมาะสมใหม่กับข้อมูลการเจริญเติบโต (สุรจิต และสุวัฒน์, 2550) ตลอดจนคุณภาพของน้ำยางจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง โดยศึกษาการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางพารา พันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตยางพาราที่แตกต่างกันในจังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) พื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางพาราค่อนข้างสูง (L3) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางพาราสูง (N) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (randomized completely block design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกยางพาราระยะ 3 x 7 เมตร โดยเลือกต้นยางพารามีอายุ 8 ปี และเปิดกรีดแล้ว 2 ปี ทำการวัดเส้นรอบวงลำต้น จำนวน 76 ต้น ต่อซ้ำ ที่ระดับความสูง 170 เซนติเมตร จากพื้นดินเพื่อหาค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงลำต้นที่เพิ่มขึ้นต่อปี เก็บตัวอย่างน้ำยางเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี โดยสุ่มตัวอย่างต้นยางพารา จำนวน 30 ต้น ต่อซ้ำ เก็บตัวอย่างแบบ 1 ต้น ต่อ 1 ตัวอย่าง วิเคราะห์น้ำยางโดยการปั่นน้ำยางเพื่อแยกส่วนของเนื้อยางเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) และส่วนของสารละลายน้ำยางนำไปวิเคราะห์หาปริมาณซูโครส (sucrose content, SUC) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus, Pi) และไธออล (thiols, R-SH) รวมทั้งผลผลิตยางสะสมต่อไร่ต่อปี โดยเก็บผลผลิตยางในรูปแบบยางก้อน (cup lump) ทุกเดือน ร้อยไว้ในลวดแขวนยางและแขวนไว้ในที่ร่มอากาศถ่ายเทสะดวกเป็นเวลา 21 วัน ก่อนชั่งน้ำหนักแห้ง (หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่) โดยเริ่มเก็บข้อมูลเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2556 และสิ้นสุดการเก็บข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2557 นำข้อมูลที่บันทึกไว้ มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) และแบ่งกลุ่มความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี LSD (least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป Statistics version 8.0 (Analytical software, Tallahassee, USA)

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตและผลผลิตยางสะสมของพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางสูง (N) มีค่าที่สูงกว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางค่อนข้างสูง (L3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1 The effect of different potential areas on growth and rubber yield ($p<0.05$)

potential areas (classes)	girth and rubber yield	
	girth (cm^{-1} yr^{-1})	yield (kg^{-1} rai^{-1} yr^{-1})
L2; Suitability	3.48B	340B
L3; Marginal land suitability	3.34B	285C
N; Not recommended for rubber yield	4.02A	384A
CV. (%)	8.36	7.02

- Means in each column with the same are not different at $P<0.05$.

ปริมาณ DRC, SUC, Pi และ R-SH ของพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางสูง (N) มีค่าสูงกว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางค่อนข้างสูง (L3) อย่างมีนัยสำคัญทาง (Table 2)

Table 2 The effect of different potential areas on Latex Diagnosis ($p<0.05$)

potential areas	latex biochemical component			
(classes)	DRC (%)	SUC (mM)	Pi (mM)	R-SH (mM)
L2; Suitability	44.5B	5.2B	18.7B	0.48B
L3; Marginal land suitability	40.0C	3.4C	12.2C	0.12C
N; Not recommended for rubber yield	45.7A	5.5A	27.5A	0.65A
CV. (%)	3.08	3.3	8.33	4.79

- Means in each column with the same are not different at $P<0.05$.

วิจารณ์ผล

พื้นที่ศักยภาพการผลิตยางพารามีความสัมพันธ์ทางลบกับการเจริญเติบโต และองค์ประกอบชีวเคมีน้ำยาง โดยพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางพาราสูง (N) มีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางชีวเคมีสูงกว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางค่อนข้างสูง (L3) เนื่องจากปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในของยางพารา ในทางกลับกัน ความสามารถในการให้ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเจริญเติบโตและค่าองค์ประกอบทางชีวเคมี โดยน้ำตาลซูโครส (SUC) ในน้ำยางเป็นผลที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการไกลโคไลซิสและกระบวนการสร้างอนุภาคยาง (Tupy, 1989) ทั้งยังแสดงผลถึงกิจกรรมในกระบวนการเมตาบอลิซึม (Lacrotte, 1991) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Pi) เป็นค่าที่บ่งบอกเมตะบอลิซึมการสังเคราะห์น้ำยางที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยค่า Pi สูง มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำยางที่เพิ่มขึ้น ไทออล (R-SH) ทำงานร่วมกับ ascorbic acid สร้างโมเลกุลรีดิวซ์ในน้ำยาง ทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนซ์บริเวณเมมเบรนของเซลล์ท่อน้ำยาง โดยเกิดออกซิเดชันกับ toxic O_2 และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ท่อน้ำยางในกระบวนการสร้างน้ำยาง (Jacob และคณะ, 1989a) ส่วนปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) คือ ปริมาณอนุภาคยางที่มีอยู่ในน้ำยางนั่นเอง แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตของต้นยางเป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเมตตาบอลิซึม ซึ่งขบวนการต่างๆ ต้องมีความสัมพันธ์และต่อเนื่องกัน โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต ประกอบด้วยปัจจัยภายนอก ได้แก่ พื้นที่ปลูกยาง (land ustilizattion) และองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดของบรรยากาศ แสงและความเข้มของแสง รวมทั้งอัตราการระเหย ปัจจัยภายในต้นยาง เป็นลักษณะภายในของพันธุ์ยาง (genotype) ซึ่งยางพันธุ์เดียวกันจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ลักษณะที่ปรากฏออกสู่ภายนอก (phenotype) อาจแตกต่างกันตามอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมนั้น (Ao, 1990)

สรุปผล

พื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางพาราสูง (N) มีการเจริญเติบโต ศักยภาพการให้ผลผลิตยางสะสม และองค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางพารา สูงกว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยางพารา (L2) และพื้นที่ที่มีขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตยางค่อนข้างสูง (L3) ซึ่งความสามารถในการให้ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเจริญเติบโต และค่าองค์ประกอบทางชีวเคมี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยยางหนองคาย ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยยาง, 2555, ข้อมูลวิชาการยางพารา, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุรจิต ภูภักดิ์ และ สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร, 2556, การประเมินศักยภาพที่ดินเพื่อปลูกยางพาราในจังหวัดอุบลราชธานี, ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Ao, S. and Gua, Y., 1990, Exploration of the High Yield Physiological Regulation *Heavea brasiliensis* in Xishuangbanna, Proceeding of IRRDB Symposium, Physiological and Exploitation of *Heavea brasiliensis*. 6-7 October 1990, Kunming, China, p. 83-92.

Jacob, J.L., Prevot, J.C., Roussel, D., Lacrotte, R., Serres, E., D'Auzac, J., Eschbach, J.M. and Omont, H., 1989a, Yield Limiting Factors, Latex Physiological Parameter, Latex Diagnosis and Clonal Typology, pp. 345-382. *In* J. d'Auzac, J.L. Jacob and H. Chrestin, eds. Physiology of Rubber Tree Latex. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida.

Lacrotte, R., 1991, Study of the Relations between Latex Sucrose Content and Rubber Production, Approach of Sucrose Loading Mechanisms within the Laticiferous cells of *Hevea Brasiliensis*. Ph.D. thesis, Montpellier II University.

Tupy, J., 1989, Sucrose Supply and Utilization for Latex Production, pp. 179-200. ***In*** J.d' Auzac., J.L. Jacob and H. Chrestin, eds. Physiology of Rubber Tree Latex. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida.

การผลิตไอศกรีมจากน้ำนมธัญพืช

Production of Ice Cream from Cereals Milk

ปิยนุสร์ น้อยด้วง[1] และปวีณา มณีพล[1]
Noiduang, P.[1] and Maneepon, P.[1]

Abstract

This research studied on production of ice cream from cereals milk by using varying proportion of three type of cereals milk, that were rice milk, corn milk and sesame milk. Four formulas with different ratio of rice milk, corn milk and sesame (1:1:1 (first formula), 2:1:1 (second formula), 1:2:1 (third formula) and 1:1:2 (fourth formula) were used. The physical properties of ice cream were investigated. The second and third formula showed no significant different in % overrun followed by fourth and first formula, respectively. The results found that second formula showed the highest viscosity of mixed ice cream followed by fourth, first and third formula, respectively. All four formulas showed nearly equal on color value and total soluble solid. Melting rate testing, all four formulas showed slow melting rate within 20 minutes and ice cream with fourth formula showed the slowest melting. The sensory evaluation, the third formula showed the highest hedonic score in color, odor, flavor and overall acceptance. According to texture and melting in mouth, all formula ice cream showed no significantly difference ($p>0.05$). The proximate analysis of third formula was protein 1.32%, lipid 25.93%, ash 3.32%, fiber 5.54% and carbohydrate 64.08% (dry basis). The results showed that fiber and fat content was higher, while carbohydrate and protein content was lower as compared to the control formula ($p < 0.05$).

Keywords: cereals milk ice cream, rice milk, corn milk, sesame milk

บทคัดย่อ

ศึกษาการผลิตไอศกรีมน้ำนมธัญพืชโดยทำการแปรอัตราส่วนของน้ำนมธัญพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมงา แบ่งเป็น 4 สูตร ซึ่งมีอัตราส่วนของน้ำนมข้าว : น้ำนมข้าวโพด : น้ำนมงา เท่ากับ 1:1:1 (สูตรที่ 1), 2:1:1 (สูตรที่ 2), 1:2:1 (สูตรที่ 3) และ 1:1:2 (สูตรที่ 4) ตามลำดับ จากการทดสอบทางด้านกายภาพ พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับสูตรที่ 2 รองลงมาเป็นสูตรที่ 4 และสูตรที่ 1 ตามลำดับ ส่วนความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ พบว่าสูตรที่ 2 มีความหนืดสูงที่สุด รองลงมาเป็นสูตรที่ 4 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ ส่วนค่าสีและปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ของไอศกรีมทั้ง 4 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน และทำการทดสอบอัตราการละลาย พบว่าไอศกรีมทั้ง 4 สูตร ละลายได้ช้ามากในช่วงเวลา 20 นาทีแรก และไอศกรีมสูตรที่ 4 ละลายช้าที่สุด และเมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมน้ำนมธัญพืชสูตรที่ 3 ได้คะแนนการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ส่วนด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปาก พบว่าไอศกรีมน้ำนมธัญพืชทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากนั้นนำไอศกรีมสูตรที่ 3 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 1.32 ไขมัน ร้อยละ 25.93 เถ้า ร้อยละ 3.32 เส้นใย ร้อยละ 5.54 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 64.08 โดยน้ำหนักแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมนมสูตรควบคุม พบว่าไอศกรีมน้ำนมธัญพืช มีปริมาณเส้นใยและไขมันสูงกว่า แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนต่ำกว่า

คำสำคัญ: ไอศกรีมน้ำนมธัญพืช น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโพด น้ำนมงา

คำนำ

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคสูง ซึ่งประกอบด้วย นม สารให้

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

ความหวาน สารให้ความคงตัว (stabilizer) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และอาจเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์จากไข่ และสี ซึ่งองค์ประกอบหลักของไอศกรีมเป็น นม และผลิตภัณฑ์จากนมที่จากน้ำนมวัว แต่ผู้บริโภคโดยเฉพาะภาคพื้นเอเชียส่วนใหญ่มักจะขาดเอ็นไซม์แลกเตส (lactase) ในลำไส้ จึงไม่สามารถย่อยนมวัวได้ ทำให้เกิดอาการท้องอืดหลังการดื่มนม (มนตรี, 2542) หรือเกิดจากการแพ้โปรตีนในนม (สกุลรัตน์, 2551) จึงมีการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจากพืช เช่น พืชน้ำมัน และนำธัญพืชมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเลียนแบบโดยตรง โดยน้ำนมธัญพืชที่ได้รับความนิยมในการบริโภค คือ น้ำนมถั่วเหลือง แต่ยังมีปัญหาด้านกลิ่นรส ซึ่งผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับทำให้การขยายตัวอยู่ในวงจำกัด (Crisanti และคณะ, 1990) โดยเครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผลิตได้ เช่น น้ำนมข้าวซึ่งมีรายงานการวิจัยว่าสามารถทดแทนในด้านคุณค่าทางโภชนาการในนมวัวได้ โดยมีใยอาหาร โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และวิตามิน ดื่มแล้วไม่ทำให้เกิดผลข้างเคียงเหมาะสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย และผู้ที่มีอาการแพ้นม (ราณี และคณะ, 2549) นอกจากนี้ยังมีการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากการผสมแป้งธัญพืช 5 ชนิด คือ ข้าวเจ้ากล้อง ข้าวเหนียวกล้อง ลูกเดือย เม็ดบัว และข้าวฟ่าง พบว่าสามารถให้พลังงานเนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ทำให้เป็นทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ไม่ยอมรับในกลิ่นและรสของถั่วเหลือง (อรพิน และคณะ, 2545) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำน้ำนมธัญพืชชนิดต่างๆ มาผลิตเป็นไอศกรีมที่เหมาะสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นม และไม่ชอบกลิ่นรสของถั่วเหลือง โดยศึกษาสูตรน้ำนมธัญพืชที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีม พร้อมทั้งทำการศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตไอศกรีมนมสูตรควบคุม ทำโดยชั่งหรือตวงส่วนผสมตามสูตร คือ นมสด วิปปิ้งครีม น้ำตาลทราย ไขไก่ สารให้ความคงตัว เกลือและ น้ำ เท่ากับ ร้อยละ 60, 7.5, 13, 2.5, 3, 0.05 และ 13.95 ตามลำดับ แล้วผสมส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ผ่านเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ ที่ความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่ 70°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นและนำไปบ่มที่ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำส่วนผสมไอศกรีมที่เตรียมได้ส่วนหนึ่งมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น LVT, USA จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม (ผลิตโดย ม.สยาม) นาน 15 นาที บรรจุใส่กล่องพลาสติกแช่ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไอศกรีมที่เตรียมได้ วัดค่าร้อยละการขึ้นฟู (%overrun) และอัตราการละลาย การเตรียมน้ำนมธัญพืช (ดัดแปลงจากราณี และคณะ, 2549)

การเตรียมน้ำนมข้าว โดยนำเมล็ดข้าวทำความสะอาด โม่ด้วยเครื่อง Stone mill ร่อนด้วยตะแกรงร่อน ผสมแป้งข้าวกับน้ำในอัตราส่วน 1:4 กรองด้วยผ้ากรอง ได้น้ำนมข้าว ส่วนน้ำนมข้าวโพด โดยแกะเมล็ดข้าวโพดออกจากฝัก ลวกในน้ำเดือด นาน 5 นาที นำมาปั่นกับเครื่องตีปั่น ใช้ข้าวโพดต่อน้ำ อัตราส่วน 1:4 กรองด้วยผ้ากรอง ได้น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมงา นำเมล็ดงามาทำความสะอาด คั่วด้วยไฟอ่อน นาน 20 นาที นำมาปั่นกับเครื่องตีปั่น ใช้งาต่อน้ำอัตราส่วน 1:4 กรองด้วยผ้ากรอง ได้น้ำนมงา แล้วนำน้ำนมธัญพืชที่ได้ไปผลิตไอศกรีม โดยแปรอัตราส่วนของน้ำนมธัญพืช คือ น้ำนมข้าว : ข้าวโพด : งา เป็น 4 สูตร ในอัตราส่วน 1:1:1 (สูตรที่ 1), 2:1:1 (สูตรที่ 2), 1:2:1 (สูตรที่ 3) และ 1:1:2 (สูตรที่ 4) ตามลำดับ และใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีม ร้อยละ 40 โดยให้ส่วนผสมอื่นคงที่ ได้แก่ น้ำมันพืช น้ำตาลทราย ไขไก่ สารให้ความคงตัว เกลือ และน้ำ เท่ากับร้อยละ 6, 13, 2.5, 3, 0.05 และ 35.45 ตามลำดับ ทำการผลิตไอศกรีมเช่นเดียวกับสูตรควบคุม แล้วทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี preference test (9-point hedonic scale) จำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไอศกรีมที่คุณภาพดีและได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด มาวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีและตรวจสอบจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ one sample t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมธัญพืชที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมน้ำนมธัญพืช โดยแปรอัตราส่วนของน้ำนมธัญพืช คือ น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโพด น้ำนมงาออกเป็น 4 สูตร ในอัตราส่วน 1:1:1, 2:1:1, 1:2:1 และ 1:1:2 ตามลำดับ เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมธัญพืชทั้ง 4 สูตร พบว่าไอศกรีมน้ำนมธัญพืชทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปาก อาจเนื่องมาจากไอศกรีมทั้ง 4 สูตรมีการใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดียวกัน คือ กัวร์กัมและ Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) และปริมาณการใช้เท่ากัน จึงทำให้การละลายในปากและเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ส่วนด้านสีไอศกรีมสูตรที่ 1, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากสูตรที่ 2 มีปริมาณของน้ำนมข้าวสูงที่สุด ซึ่งสีของน้ำนมข้าวเป็นสีขาวขุ่น ทำให้ไอศกรีมมีสีขาวขุ่นด้วย โดยจะแตกต่างจากไอศกรีมสูตรอื่นๆ ในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ไอศกรีมสูตร 3 และ 4 ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด และไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)แสดงผลการทดลองใน Table 1

Table 1 Means hedonic score of sensory evaluation of cereal milk ice cream

Attributes	Means hedonic score			
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
Color	6.78 ± 1.39^{a}	4.68 ± 1.93^{b}	7.10 ± 1.35^{a}	6.68 ± 1.69^{a}
Flavor	5.80 ± 1.22^{b}	4.85 ± 1.96^{c}	6.43 ± 1.65^{a}	6.18 ± 1.65^{ab}
Taste	5.75 ± 1.66^{b}	5.03 ± 2.02^{c}	6.50 ± 1.63^{a}	6.40 ± 1.53^{ab}
Texture	5.90 ± 1.68^{ns}	6.00 ± 1.74^{ns}	6.45 ± 1.65^{ns}	6.55 ± 1.62^{ns}
Melting in mouth	6.05 ± 1.43^{ns}	5.93 ± 1.95^{ns}	6.13 ± 1.74^{ns}	6.50 ± 1.74^{ns}
Overall acceptability	6.10 ± 1.35^{b}	5.45 ± 2.04^{c}	7.18 ± 1.35^{a}	6.92 ± 1.65^{a}

Note: Values with different letters in superscript in rows are significantly different ($p \leq 0.05$), ns = not significantly different (p>0.05)
Mean ± standard deviation (SD)

เมื่อนำมาทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพ พบว่าไอศกรีม สูตรที่ 3 มีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากส่วนผสมของน้ำนมธัญพืช และมีความหนืดไม่สูงมากจนขัดขวางการขึ้นฟู ทำให้อัดอากาศเข้าได้มากกว่า (วรรณาและวิบูลย์ศักดิ์, 2531) ส่วนความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมน้ำนมธัญพืชทั้ง 4 สูตร (Table 2) พบว่าสูตรที่ 2 มีความหนืดสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำนมข้าวสูง เมื่อละลายน้ำและให้ความร้อน จะทำให้แป้งเกิดเจล มีผลทำให้ความหนืดสูงขึ้น (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) แต่ในกรณีของสูตรที่ 3 มีน้ำนมงาเป็นส่วนประกอบหลัก ความหนืดเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากปริมาณไขมันในน้ำนมงา เมื่อนำมาวัดค่าสี พบว่า มีต่างกันเล็กน้อย ขึ้นกับส่วนผสมของน้ำนมธัญพืช ส่วนอัตราการละลายพบว่า สูตรที่ 4 มีอัตราการละลายช้าที่สุด (Figure 1) เนื่องจากสูตรที่ 4 มีน้ำนมงาเป็นองค์ประกอบหลัก จึงมีปริมาณไขมันสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งจะช่วยลดแรงตึงผิว ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและมีความข้นหนืดที่ดี จึงละลายได้ช้าลง (วันเพ็ญและมาลี, 2546) และมีอัตราการละลายที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมนม

Table 2 Physical properties of cereal milk ice cream and control (milk) ice cream

Formula of ice cream	Overrun (%)	Viscosity (cP)	Melting rate (g/min)	Color		
				L*	a*	b*
1 (1:1:1)	28.95 ± 0.35^{c}	916.67 ± 2.89^{d}	0.20 ± 0.01^{bc}	85.03 ± 0.37^{d}	-1.53 ± 0.11^{b}	9.03 ± 0.27^{d}
2 (2:1:1)	39.50 ± 0.69^{a}	$1,813.33 \pm 5.77^{a}$	0.22 ± 0.02^{ab}	83.39 ± 0.24^{c}	-0.60 ± 0.09^{a}	11.87 ± 0.13^{b}
3 (1:2:1)	40.19 ± 0.62^{a}	903.33 ± 2.89^{e}	0.19 ± 0.02^{c}	87.48 ± 0.19^{a}	-1.43 ± 0.05^{b}	10.89 ± 0.08^{c}
4 (1:1:2)	31.85 ± 0.58^{b}	$1,246.67 \pm 5.77^{b}$	0.17 ± 0.01^{c}	86.37 ± 0.28^{b}	-1.37 ± 0.05^{b}	11.82 ± 0.07^{b}
Control	32.58 ± 0.51^{b}	926.67 ± 2.89^{c}	0.24 ± 0.02^{a}	85.99 ± 0.74^{b}	-2.76 ± 0.11^{c}	12.98 ± 0.12^{a}

Note: Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$)
Mean ± standard deviation (SD)

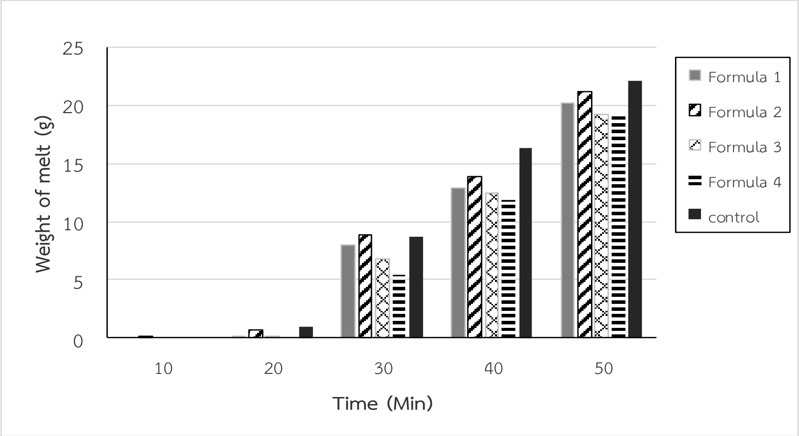


Figure 1 Melting rate of control (milk) and cereal milk ice cream

จากผลการทดสอบทางกายภาพและประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ซึ่งมีคะแนนในด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรที่ 4 แต่มีคะแนนความชอบในด้านอื่นๆ ที่สูงกว่า และมีค่าร้อยละการขึ้นฟูที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ จึงเลือกไอศกรีมสูตรที่ 3 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม พบว่าปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม เนื่องมาจากส่วนผสมของโปรตีนในนมและน้ำตาลแลกโตสที่เป็นส่วนประกอบของนมสดและวิปปิ้งครีม และธัญพืชที่ใช้จะมีโปรตีนน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรพินและคณะ (2545) แต่มีปริมาณเส้นใยและไขมันสูงกว่า ส่วนปริมาณของไขมันที่สูงกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม เนื่องจากมีน้ำมันพืชที่เติมลงไป และน้ำมันจากธัญพืชที่ใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมให้ใกล้เคียงกับไอศกรีมนมสูตรควบคุม และซึ่งไขมันเป็นตัวช่วยลดแรงตึงผิวและลดอัตราการละลายของไอศกรีมให้ช้าลง (อุมาพร, 2556) และปริมาณของเส้นใยที่สูงกว่าไอศกรีมนม เนื่องจากธัญพืชที่ใช้มีปริมาณเส้นใยเป็นส่วนประกอบอยู่ เมื่อนำมาใช้ในการผลิตไอศกรีม จึงส่งผลให้มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าไอศกรีมนม ดังแสดงใน Table 3 และเมื่อนำไปทดสอบทางด้านจุลชีววิทยา พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ระหว่าง 1.31-3.18 × 10^4 โคโลนีต่อกรัม และตรวจไม่พบจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 222) พ.ศ.2544 เรื่องไอศกรีม เนื่องจากขั้นตอนการผลิตไอศกรีม มีการพาสเจอไรซ์เซชันส่วนผสมไอศกรีม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์

Table 3 Chemical composition of control (milk) and cereal milk ice cream

Ice cream formula	Chemical composition (% dry basis)				
	Lipid	Protein	Fiber	Ash^{ns}	Carbohydrate
Control ice cream	19.33±0.87^b	7.98±0.53^a	2.81±0.36^b	2.78±0.23	67.09±0.42^a
Cereal milk ice cream	25.93±0.93^a	1.32±0.19^b	5.54±0.69^a	3.32±0.26	64.08±0.77^b

Note: Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$),
ns = not significantly different ($p>0.05$)
Mean ± standard deviation (SD)

สรุปผล

อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมงา ในการผลิตไอศกรีม คือ 1:2:1 และได้ไอศกรีมที่มีลักษณะที่ดี มีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูง และละลายช้า และเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าไอศกรีมน้ำนมธัญพืช มีปริมาณเส้นใยและไขมันสูงกว่า แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมนมสูตรควบคุม ซึ่งจะเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานไอศกรีมแต่แพ้นมวัว

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2544, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข 2544 (ฉบับที่ 222) เรื่องไอศกรีม, [สืบค้น]. แหล่งที่มา http://newsser.fda.moph.go.th/food/file/Laws/Notification%20of%20Ministry%20of%20PublicHealth/Law03P222.pdf [2 Junly 2014].

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 303.

มนตรี จุฬาวัฒนทล ชิษณุสรร สวัสดิวัฒน์ ยงยุทธ ยุทธวงศ์ ภิญโญ พานิชพันธ์ ประหยัด โกมารทัต พิณทิพ รื่นวงษา ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล บุรุชัย สนธยานนท์ สุมาลี ตั้งประดับกุล และ มธุรส พงษ์ลิขิตมงคล, 2542, ชีวเคมี, พิชรัชการพิมพ์, กรุงเทพฯ, หน้า 201.

ราณี สุรกาญจน์กุล, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และชำนาญ เจริญรุ่งเรือง, 2549, การผลิตน้ำนมข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ, วารสารอาหาร, ปีที่ 36, ฉบับที่ 1, หน้า 75-84.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531, นมและผลิตภัณฑ์นม, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 187.

สกุลรัตน์ อุษณารงค์, 2551, การแพ้อาหาร, วารสารศูนย์บรการวิชาการ [สืบค้น], แหล่งที่มา http://home.kku.ac.th/uac/journal/ year_15_3_2550/04_15_03_2550.pdf [2 Junly 2014].

อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ พร้อมลักษณ์ สรรพ่อค้า และ สุภัทร์ จันทร์วรชัยกุล, 2545, การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืช, วารสารอาหาร, ปีที่ 32 ฉบับที่ 3, หน้า 200-211.

อุมาพร มีเดช น้องนุช ศิริวงศ์ และ ศิริพร เรียบร้อย, 2556, ผลของชนิดของไขมันพืชต่อคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัสของไอศกรีมดัดแปลง, การประชุมหาดใหญ่วิชาการ, ครั้งที่ 4, วันที่ 10 พฤษภาคม 2556, หน้า 56-64.

Crisanta, F., Galvez, F., Resurrecion, A.V.A. and Kochlev, D.E., 1990, Optimization of Processing of Peanut Beverage, Journal of Sensory Studies, 5, 1-17.

ผลของกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนส

Effect of Ferulic Acid and Oryzanol on Physical and Chemical Changes of Mayonnaise

วิภาวี ดีหมื่นไวย์[1] วิไลลักษณ์ จั่นจำรูญ[1] อัมภิกา ประวัติวงษ์[1] นิตยา เทพปฐม[1] และ สุภัทรา ลิลิตชาญ[1]

Deemuenwai, W.[1], Janjamroon, W.[1], Prawatwong, U.[1], Teppathom, N.[1] and Lilitchan, S.[1]

Abstract

Mayonnaise is an 65 % oil-in-water emulsion. The lipid oxidation is the main cause of deterioration in the quality of mayonnaise. Deterioration of mayonnaise is rancidity, change of texture and appearance, shelf life and nutritional value. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of ferulic acid and oryzanol on physical and chemical properties of mayonnaise. The results showed that ferulic acid and oryzanol have affected the physical change of mayonnaise on both the color and viscosity, where as no effect was observed on the phase separation. It was also found that ferulic acid and oryzanol can inhibit the lipid oxidation in mayonnaise. Oryzanol was found to be more effective suppressor of lipid oxidation than ferulic acid ($p \leq 0.05$). At 0.1% oryzanol, the mayonnaise had most emulsion stability.

Keywords: ferulic acid, oryzanol, mayonnaise

บทคัดย่อ

มายองเนสจัดเป็นอาหารประเภทอิมัลชัน (Emulsion) ชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water) ซึ่งมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 65 โดยน้ำหนักของมายองเนส ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำมันจึงเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียคุณภาพของมายองเนส (Mayonnaise) ซึ่งการเสื่อมเสียนั้นประกอบด้วย การเกิดกลิ่นหืน การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ อายุการเก็บและคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลการใช้กรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลเพื่อเป็นสารต้านออกซิเดชั่นธรรมชาติในมายองเนสต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของมายองเนส จากการศึกษาพบว่าการเติมกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมายองเนสทั้งค่าสีและความหนืด แต่ไม่มีผลต่อการแยกชั้นของเหลวออกมา นอกจากนี้พบว่ากรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นในมายองเนสได้ โดยโอรีซานอลสามารถต้านออกซิเดชั่นได้มากกว่ากรดเฟอรูลิกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มายองเนสที่เติมโอรีซานอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีความคงตัวมากที่สุด

คำสำคัญ: กรดฟีนอลิก โอรีซานอล มายองเนส

คำนำ

มายองเนสจัดเป็นอาหารประเภทอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water) ซึ่งมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 โดยน้ำหนักของมายองเนส เนื่องจากมายองเนสมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่จึงมักจะเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายในช่วงการเก็บรักษาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำมัน การเสื่อมเสียนั้นประกอบด้วยการเกิดกลิ่นหืน การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส อายุการเก็บ ลักษณะปรากฏ และคุณค่าทางโภชนาการ จึงมีการใช้สารต้านออกซิเดชั่น (antioxidant) เพื่อยับยั้งการเสื่อมเสียต่างๆ ตามที่กล่าวข้างต้น สารต้านออกซิเดชั่นที่นิยมใช้ทั่วไปเป็นสารประกอบที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น บิวทิวเลตเทตไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisol, BHA) บิวทิวเลตเทตไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Shahidi และคณะ (1992) พบว่าสารต้านออกซิเดชั่นสังเคราะห์บางชนิดเป็นอันตรายต่อตับและเป็นสารก่อมะเร็ง ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยสนใจศึกษาหาสารจากธรรมชาติมาใช้ทดแทน เช่น กรดเฟอรูลิก (ferulic acid, FA) และโอรีซานอล (oryzanol, ORZ) เป็นสารต้านออกซิเดชั่นธรรมชาติที่พบมากในรำข้าว ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดออกซิเดชั่นที่ดีในน้ำมันทอดและน้ำมันสลัด (Nicolosi และคณะ, 1991)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลการใช้กรดเฟอรูลิกและโอรีซานอล เพื่อเป็นสารต้านออกซิเดชั่นในมายองเนสต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของมายองเนส

[1]ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี ราชเทวี กทม. 10400

[1]Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Rajchavithi Rd., Rajchathevee, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมมายองเนสตามวิธีของสุทธินันท์ และคณะ (2552) เตรียมส่วนผสมของมายองเนสโดยใช้ ไข่แดง น้ำตาลทราย เกลือ มัสตาร์ด และน้ำส้มสายชู อัตราส่วนร้อยละ 1, 0.63, 0.18, 0.1 และ 3.2 ตามลำดับ ลงในเครื่องปั่นผสม ปั่นให้ละลาย นาน 1 นาที จากนั้นเติมน้ำมันรำข้าว ร้อยละ72.5 โดยค่อยๆเติมลงไป ตีส่วนผสมจนครบ 30 นาที ที่ความเร็วปานกลางจนได้เป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งหมด 7 สูตร ได้แก่ มายองเนสเติมเฟอรูลิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.025, 0.05 และ0.1 มายองเนสที่เติมโอรีซานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.025, 0.05 และ0.1 และมายองเนสสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมสารต้านออกซิเดชันใดใด โดยการเติมกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลจะละลายสารดังกล่าวในน้ำมันก่อนนำไปปั่นผสม เมื่อปั่นเสร็จแล้วนำมายองเนสใส่โหลแก้ว เป่าไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มายองเนสด้วยการวัดค่าต่างๆ ดังนี้ คือ วัดค่าของสีตามวิธีการของ CIE (1986) วัดค่าสีระบบ CIE L*, a*, b* ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Camera: Model CR-400, Japan) วัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer รุ่น DV – II+ โดยใช้หัวเข็มหมายเลข 3 จับเวลา 3 นาที หรือจนกว่าค่าความหนืดนิ่ง และวัดความคงตัวดัดแปลงจากวิธีของโสรยา และคณะ (2554) โดยใช้ปิเปตดูดตัวอย่างมายองเนส 5 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลอง เขย่าด้วย Vortex mixer 10 นาที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที วัดของเหลวที่แยกออกมาโดยเทใส่ในกระบอกตวง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนสด้วยการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้คือ ค่าความเป็นกรด (acid value) ตามวิธี AOCS (2009), ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ตามวิธี AOCS (2003), ค่าพาราอะนิซิดีน (*p*-Anisidine, p-AV) ตามวิธี IUPAC (1979), การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทั้งหมด (total oxidation, totox) โดยการคำนวณจากค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าพาราอะนิซิดีนที่วิเคราะห์ได้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มายองเนส

1.1 ค่าสีของผลิตภัณฑ์มายองเนส

ผลการวัดค่าสีของมายองเนสทั้ง 7 สูตร พบว่าค่า L*, a*, b* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 ค่าความสว่าง (L*) และค่าแสดงความเป็นสีแดง (a*) ของมายองเนสมีค่าลดลง ส่วนค่าแสดงความเป็นสีเหลือง (b*) ของมายองเนสมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลที่เติมในมายองเนสเพิ่มขึ้น

1.2 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์มายองเนส

ผลการวัดค่าความหนืดของมายองเนสทั้ง 7 สูตร มีค่าอยู่ในช่วง 53,300 – 94,133 cPs โดยพบว่ามายองเนสที่เติมกรดเฟอรูลิกมีความหนืดมากกว่าสูตรควบคุม (control) (Table 1) ส่วนการเติมโอรีซานอลมีผลทำให้มายองเนสมีความหนืดลดลง เนื่องจากโอรีซานอลมีฤทธิ์เป็นสาร anti-polymer (Wang, 2002) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามายองเนสทุกสูตรมีความคงตัวไม่มีของเหลวที่แยกชั้นออกมา

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนส

2.1 ค่าความเป็นกรด (Acid value)

การเติมกรดเฟอรูลิกทุกความเข้มข้น และโอริซานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (โดยน้ำหนัก) มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดของมายองเนสเพิ่มขึ้น และมายองเนสทุกสูตรที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Table 2)

2.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลมีผลทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ลดลง (Figure 1) ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เมื่อระยะเวลา 8 วัน จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.99±0.10 และ 1.84±0.05 meq peroxide/g oil ตามลำดับ เนื่องจากกรดเฟอรูลิกสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในน้ำมันทอด และน้ำมันสลัดได้ เช่นเดียวกับโอรีซานอลที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และยังเป็นสารธรรมชาติที่ดีในการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมัน (Wang, 2002)

2.3 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทั้งหมด (Total oxidation value)

จากการศึกษาพบว่ามายองเนสสูตรควบคุมมีค่า TOTOX มากที่สุด เนื่องจากไม่มีสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ส่วนมายองเนสที่เติมกรดเฟอรูลิกหรือโอรีซานอลที่ร้อยละความเข้มข้นเท่ากัน พบว่ามายองเนสที่เติมโอรีซานอลจะมีค่า TOTOX ต่ำกว่ามายองเนสที่เติมกรดเฟอรูลิกที่ร้อยละความเข้มข้นเดียวกัน แสดงว่ามายองเนสที่เติมโอรีซานอลมีฤทธิ์ยับยั้ง

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่ากรดเฟอรูลิก (Figure 2) และมายองเนสที่เติมโอรีซานอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า TOTOX น้อยที่สุด

Table 1 Color value and viscosity of mayonnaise samples prepared by using different ferulic acid and oryzanol concentrations

Concentrations (%)	Color			Viscosity
	L*	a*	b*	(cP)
Control (0)	48.54±0.28^{g}	-3.20±0.03^{a}	13.77±0.09^{b}	53300 ± 100^{c}
Ferulic acid				
0.025	46.53±0.21^{e}	-2.75±0.08^{b}	13.82±0.03^{b}	62566.67 ± 723.42^{d}
0.05	45.16±0.08^{c}	-2.59±0.03^{c}	12.91±0.12^{a}	64166.67 ± 152.75^{e}
0.1	43.13±0.11^{a}	-2.22±0.11^{d}	14.96±0.25^{c}	94133.33 ± 152.75^{f}
Oryzanol				
0.025	47.60±0.09^{f}	-2.57±0.03^{c}	15.54±0.96^{d}	45766.67 ± 152.75^{b}
0.05	46.23±0.16^{d}	-2.79±0.00^{b}	15.32±0.22^{d}	45233.33 ± 152.75^{b}
0.1	44.24±0.13^{b}	-2.55±0.57^{c}	16.09±0.07^{e}	39166.67 ± 152.75^{a}

Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Values are mean (n = 3) ± standard deviations

Table 2 Acid value (% oleic acid) of mayonnaise samples prepared by using different ferulic acid and oryzanol concentrations

Concentrations (%)	Acid value (% oleic acid)		
	Storage period (day)		
	0	4	8
Control	0.33±0.01^{aA}	1.22±0.04^{bA}	1.47±0.03^{cA}
Ferulic acid			
0.025	0.40±0.05^{aB}	1.33±0.00^{bC}	1.52±0.02^{cB}
0.05	0.48±0.01^{aC}	1.29±0.02^{bBC}	1.52±0.04^{cB}
0.1	0.63±0.02^{aD}	1.41±0.05^{bE}	1.61±0.03^{cC}
Oryzanol			
0.025	0.34±0.01^{aA}	1.25±0.01^{aAB}	1.44±0.01^{cA}
0.05	0.35±0.00^{aA}	1.39±0.03^{bDE}	1.47±0.02^{cA}
0.1	0.41±0.01^{aB}	1.32±0.04^{bCD}	1.44±0.00^{cA}

Means in the same column with different capital letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Means in the same row with different small letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Values are mean (n = 3) ± standard deviations

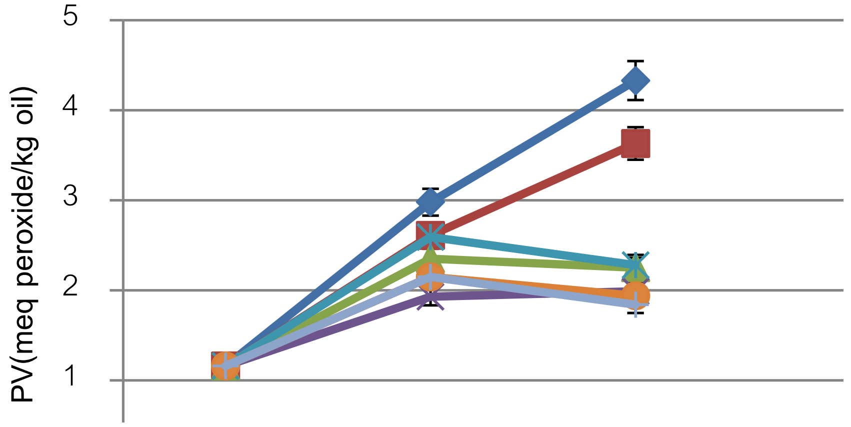


Figure 1 Peroxide value (meq kg^{-1}) plot against storage periods of mayonnaise samples prepared by using different ferulic acid and oryzanol concentrations

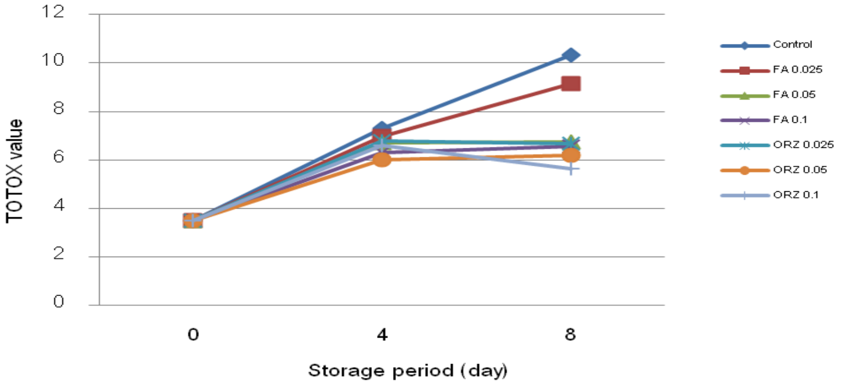


Figure 2 Total oxidation (TOTOX) value plot against storage periods of mayonnaise samples prepared by using different ferulic acid and oryzanol concentrations

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าการเติมกรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมายองเนสทั้งค่าสีและความหนืด แต่ไม่มีผลต่อการแยกชั้นของเหลวออกมา นอกจากนี้พบว่ากรดเฟอรูลิกและโอรีซานอลสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นในมายองเนสได้ โดยโอรีซานอลสามารถต้านออกซิเดชั่นได้มากกว่ากรดเฟอรูลิกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มายองเนสที่เติมโอรีซานอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีความคงตัวมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

สุทธินันท์ สันติประเสริฐ รมณี สงวนดีกุล และ ยุทธนา พิมลศิริผล, 2552, ผลของสารสกัดพรอพอลิสต่อการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มายองเนส, ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โสรยา เกิดบูลย์ จักรพงษ์ โสวะพันธ์ ประกาย ผิวทอง และ อรอนงค์ ฐาปนพันธ์นิติกุล, 2554, ผลของอิมัลซิไฟเออร์และเวลาที่ใช้ในการผสมต่อสมบัติเชิงกายภาพของฟักทองสเปรด, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 16, ฉบับที่ 1, หน้า 32-40.

Nicolosi, R.J., Ausman, L.M. and Hegsted, D.M., 1991, Rice Bran Oil Lowers Serum Total and Low Density Lipoprotein Cholesterol and apo B Level in non-Human Primates, Atherosclerosis, 88, 133-142.

Shahidi, F., Janitha, P.K. and Wanasundara, P.D., 1992, Phenolic Antioxidants, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32, 67-103.

Wang, T., Hicks, K.B. and Moreau, R., 2002, Antioxidant activity of Phytosterols, Oryzanol and Other Phytosterol Conjugates, Journal of the American Oil, Journal of the American Oil Chemists' Society, 79, 1201-1206.

ผลของวิธีการปรุงต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของใบตำลึง

Effect of Cooking Methods on Carotenoids, Chlorophyll and Sensory Evaluation of Ivy Gourd Leaves

พริมา พิริยางกูร[1] กนกวรรณ พุ่มนิล[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]

Phiriyangkul, P.[1], Phumnil, K.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

Ivy gourd (*Coccinia grandis*) is a unique tropical plant, which has medicinal properties. The edible parts of ivy gourd are differing from place to place due to variation in food habit. In Thailand, leaves are the most famous edible part, whereas in India and Hawaii consume ivy gourd fruit. The purpose of this research was to evaluate the content of carotenoids, total chlorophyll and sensory evaluation of ivy gourd leaves after blanching, steaming and microwave for 1, 2, 3 and 4 minutes and compared with fresh leaves (control). Sensory evaluation on color, odor, texture and overall acceptability were evaluated using a nine-point hedonic scale. The result showed that after cooking for 1-4 minutes by steaming and microwave, carotenoids increased about 10-61% and total chlorophyll increased about 3-43% with statistics significant difference ($p<0.05$). After blanching for 1-2 carotenoids increased about 11-17%, and after blanching for 1 minute the content of total chlorophyll was increase 5%. Blanching more than 2 minute decreased the nutrition of ivy gourd, which lowers than fresh leaves. For the sensory evaluation of ivy gourd leave, the result showed that the consumer preferred to accept on ivy gourd cooked by blanching more than streaming and microwave. However, consumer should cooked ivy gourd leave by steaming and microwave for 1-4 minute, since nutrition values were higher than fresh leave.

Keywords: ivy gourd, blanching, streaming, microwave

บทคัดย่อ

ตำลึง (*Coccinia grandis*) เป็นผักเขตร้อนที่มีสรรพคุณเป็นยา โดยส่วนที่สามารถรับประทานได้แตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่เนื่องจากความแตกต่างของวัฒนธรรมในการรับประทานอาหาร ในประเทศไทยนิยมรับประทานใบแต่ในฮาวายและอินเดียรับประทานผล วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อใบตำลึงที่ผ่านการปรุงโดยวิธีการลวก การนึ่งและการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลานาน 1-4 นาที เปรียบเทียบกับใบตำลึงสด (ชุดควบคุม) การทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสวิเคราะห์จากสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผู้บริโภค โดยมีคะแนนความชอบ 9 ระดับ จากการทดลองพบว่าใบตำลึงที่ผ่านการปรุงโดยการใช้ไมโครเวฟและการนึ่งเป็นเวลานาน 1-4 นาที จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 10-61 และมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นร้อยละ 3-43 ซึ่งค่าที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) การลวกเป็นเวลานาน 1-2 นาที จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 11-17 และการลวกนาน 1 นาที จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 แต่พบว่าการลวกที่เวลานานกว่า 2 นาที จะทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อตำลึง พบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มให้การยอมรับใบตำลึงที่ผ่านการลวกสูงกว่าการนึ่ง และการใช้ไมโครเวฟ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผู้บริโภคควรปรุงใบตำลึงโดยวิธีการนึ่งและการใช้ไมโครเวฟเป็นระยะเวลานาน 1-4 นาที เนื่องจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าใบตำลึงสด

คำสำคัญ: ใบตำลึง การลวก การนึ่ง การใช้ไมโครเวฟ

[1] **สาขาวิชาชีวเคมี สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**

[1] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

[2] **สาขาวิชาจุลชีววิทยา สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**

[2] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

คำนำ

ตำลึงหรือ Ivy gourd (*Coccinia grandis*) จัดอยู่ในตระกูล Cucurbitaceae เป็นพืชผักเขตร้อน เจริญเติบโตได้ดีในประเทศอินเดีย ประเทศไทย และ ฮาวาย ส่วนของตำลึงที่นิยมนำมารับประทานจะแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ เช่น ประเทศไทยนิยมรับประทานใบ ฮาวายรับประทานทั้งใบและผล ส่วนอินเดียนิยมรับประทานผลสด ตำลึงเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์เนื่องจากราก ใบและผลมีสรรพคุณทางยา ช่วยสมานแผล ลดไข้ รักษาโรคเบาหวาน โรคดีซ่าน ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Ajay, 2009; Gunjan และคณะ, 2010) ตำลึงประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Mandal และคณะ, 2009) และเบต้าแคโรทีน (Tamilselvan และคณะ, 2011) สำหรับวิธีการรับประทานตำลึงจะนิยมปรุงในครัวเรือนโดยการลวก การนึ่ง และการใช้ไมโครเวฟ ซึ่งวิธีการปรุงอาหารจะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวิธีการปรุงและชนิดของพืชผัก (Chang และคณะ, 2013) และมีผลต่อความชอบของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของวิธีการปรุงต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อใบตำลึง

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกใบตำลึงที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่แก่เกินไป โดยมีระยะตำแหน่งของใบจากปลายยอดไม่เกิน 35 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างและผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปปรุงด้วยวิธีการลวก (น้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส) การนึ่ง (น้ำร้อน 100 องศา-เซลเซียส) และการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 425 วัตต์ เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที โดยใช้ใบตำลึงสดเป็นตัวควบคุม จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ (Arnon, 1949) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ คำนวณร้อยละการเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการ (Murphy และคณะ, 1975) ดังสมการด้านล่าง

$$\%\ \text{True retention} = \frac{\text{(nutrient content per g of cooked food x g of food after cooking}}{\text{(nutrient content per g of raw food x g of food before cooking)}} \times 100$$

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของใบตำลึงในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมทำโดยให้อาสาสมัครจำนวน 10 คนให้คะแนนความชอบ (Hedonic scaling test) แบบ 9 คะแนน (Nine–point hedonic scale) ซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 1-9 (ไม่ชอบมากที่สุดถึงชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan’s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows 16.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตำลึงที่ผ่านการปรุงโดยวิธีการนึ่งและการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลานาน 1-4 นาที และผ่านการลวก เป็นเวลานาน 1-2 หรือ 1 นาที มีปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์สูงกว่าใบตำลึงสด (Table 1) โดยมีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เท่ากับ 7.80-61.01 และ 1.05-43.46 ตามลำดับ (Figure 1) โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของใบตำลึงสดและใบตำลึงที่ผ่านการปรุงโดยวิธีการลวก การนึ่งและการใช้ไมโครเวฟเป็นเวลานาน 1-4 นาที แสดงดัง Figure 2 และพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อใบตำลึงที่ผ่านการปรุงมากกว่าใบตำลึงสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมกับใบตำลึงที่ผ่านลวกนาน 3 นาที สูงที่สุด (8.4 คะแนน) รองลงมาคือ ใบตำลึงที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลานาน 4, 3 นาที (7.6 และ 7.2 คะแนน ตามลำดับ) และใบตำลึงที่ผ่านการใช้ไมโครเวฟเป็นเวลานาน 4 นาที (7.1 คะแนน) (Figure 3) ซึ่งการปรุงอาหารจะส่งผลต่อคุณภาพของอาหารและความชอบของผู้บริโภคโดยรวม โดยการปรุงอาหารสามารถช่วยเพิ่มปริมาณสารอาหารที่มีประโยชน์ เนื่องจากช่วยทำลายผนังเซลล์พืช ส่งผลให้มีการปล่อยสารต่างๆ ออกมาจากสารประกอบเชิงซ้อนโปรตีน เช่นปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ในใบตำลึงที่ผ่านการปรุงจะมีปริมาณสูงกว่าใบตำลึงสด แต่อย่างไรก็ตามการปรุงอาหารก็สามารถทำลายหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (cis-trans) ของเบต้าแคโรทีนได้ (Bernhardt และ Schlich, 2006) โดยถ้าระยะเวลาในการปรุงนานขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ลดลงเนื่องจากความร้อน ออกซิเจน และแสงก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้แคโรทีนอยด์ถูกทำลาย (Rodriguez-Amaya, 1997) ซึ่งวิธีการปรุงที่ควรใช้เพื่อรักษาคุณค่าทางอาหารคือ การปรุงที่ใช้น้ำและเวลาในการให้ความร้อนสั้น (Xu และคณะ, 2014) จากการทดลองพบว่าการลวกเป็นวิธีการปรุงที่ควรหลีกเลี่ยงมากที่สุด เนื่องจากจะสูญเสียคุณค่าทางอาหารมากกว่าการนึ่งและการใช้ไมโครเวฟ

สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ รวมทั้งการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าควรรับประทานใบตำลึงที่ผ่านการนึ่งหรือการใช้ไมโครเวฟเป็นระยะเวลานาน 1-4 นาที และควรหลีกเลี่ยงการปรุงใบตำลึงโดยวิธีการลวกเพื่อให้ได้คุณค่าทางอาหารมากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดทอดเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2556 และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2556

Table 1 Carotenoids and total chlorophyll content of ivy gourd leaves and its retention after cooking.

Cooking method	Cooking time (min)	Carotenoids (mg/g FW)	% Retention of carotenoid	Total chlorophyll (mg/g FW)	% Retention of total chlorophyll
Fresh	0	26.03±0.26	0	0.78±0.01	0
Blanching	1	30.57±0.11	117.44	0.81±0.01	105.04
	2	29.01±0.40	111.45	0.73±0.01	93.82
	3	24.57±0.15	94.41	0.63±0.00	81.48
	4	23.95±0.13	92.01	0.62±0.00	79.71
Steaming	1	41.90±0.28	161.01	1.06±00.01	136.43
	2	36.63±0.28	140.74	0.96±0.01	124.10
	3	35.09±0.07	134.80	0.96±0.01	124.26
	4	32.67±0.12	125.52	0.91±0.01	116.78
Microwave	1	41.88±0.29	160.92	1.11±0.01	143.46
	2	35.52±0.33	136.46	0.94±0.01	120.91
	3	30.77±0.24	118.24	0.79±0.00	102.16
	4	28.06±0.30	107.80	0.78±0.01	101.05

Values are express as mean±S.D.

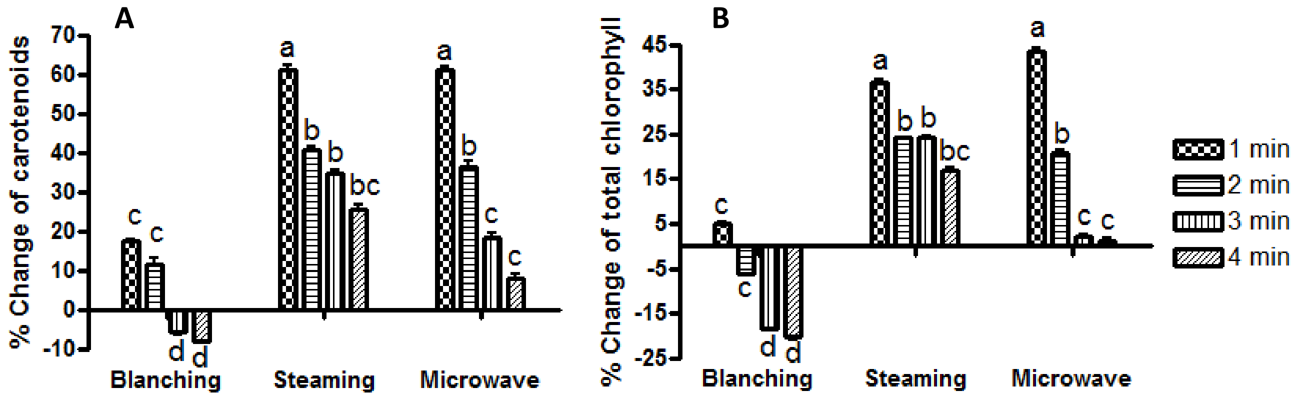


Figure 1 Percent change of carotenoid (A) and total chlorophyll (B) content of ivy gourd leaves after cooking. Values not sharing a common letter are significantly different at $p \leq 0.05$.

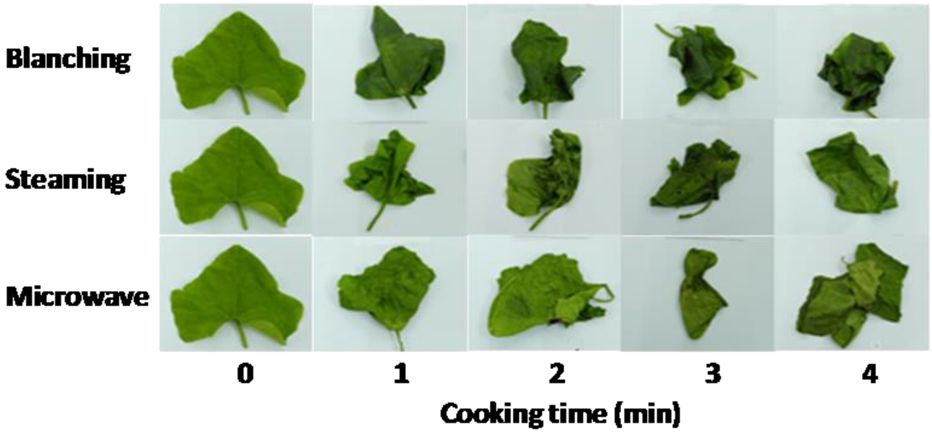


Figure 2 Visual appearance ivy gourd leaves after cooking.

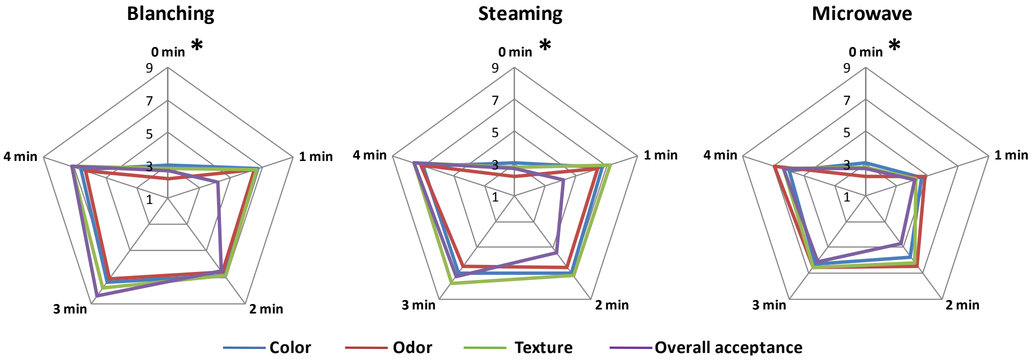


Figure 3 Sensory quality of fresh and cooked ivy gourd leaves. Data are means difference factor, asterisk (*) refer to means statistically different ($p \leq 0.05$).

เอกสารอ้างอิง

Ajay, S.S., 2009, Hypoglycemic Activity of *Coccinia indica* (Cucurbitaceae) Leaves, International Journal Pharm Tech Research, 1: 892-893.

Arnon, I.D., 1949, Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts, Polyphenoloxidase in Beta Vulgasts, Journal of Plant Physiology, 24: 1-15.

Bernhardt, S. and Elmar, S., 2006. Impact of Different Cooking Methods on Food Quality: Retention of Lipophilic Vitamins in Fresh and Frozen Vegetables, Journal of Food Engineering, 77: 327-333.

Chang, S.K., Prasad, N. and Amin, I., 2013, Carotenoids Retention in Leafy Vegetables Based on Cooking Methods, International Food Research Journal, 20: 457-465.

Gunjan, M., Jana, G.K., Jha, A.K. and Mishra, U., 2010, Pharmacognostic and Antihyperglycemic Study of *Coccinia indica*, International Journal of Phytomedicine, 2: 36-40.

Mandal, S.C., Kundu, M., Dewanjee, S., Maiti, A. and Das, G., 2009, Exploration of Antioxidant Efficacy of the Methanol Extract of Leaves of *Coccinia grandis* (L.) Voigt. (Family: Cucurbitaceae) with Some Selective in Vitro and Exvivo Models, Journal Hamdard medicus, 52: 76-81.

Murphy, E.W., Criner, P.E. and Gray, B.C., 1975, Comparison of Methods for Calculating Retention of Nutrients in Cooked Foods, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 23: 1153–1157.

Rodriguez-Amaya, D.B., 1997, Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Food. USAID. OMNI Project.

Tamilselvan, N., Thirumalai, T. Elumalai, E.K., Balaji, R. and David, E., 2011, Pharmacognosy of *Coccinia grandis*: a Review, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, S299-S302.

Xu, F., Zheng, Y., Yang, Z., Cao, S., Shao X. and Wang, H., 2014, Domestic Cooking Methods Affect the Nutritional Quality of Red Cabbage, Food Chemistry, 161: 162-167.

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนด

Physicochemical and Antioxidant Properties of Palm Sugar Sap

รพีพร เอี่ยมสอาด[1] **เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์**[1] **รัฐกรณ์ จำนงค์ผล**[1] **และ สุภาภรณ์ เลขวัตร**[2]

Aeimsard, R.[1], Thumthanaruk, B.[1], Jumnongpon, R.[1] and Lekhavat, S.[2]

Abstract

The objectives of this research were to compare the physicochemical properties and antioxidant activity in palm sugar sap with and without adding payorm woods. Chemical analysis showed that palm sugar sap (PSS) and control (PSS-C) had pH of 6.50 and 6.04, 14.32% and 15.68% total sugars, 1.85 % and 2.63% reducing sugar, 12.08 and 13.94°Brix of total soluble solid, 0.33 % and 0.38% protein. The same amount of fat content in PSS and PSS-C was 0.01%. The PSS had higher monosaccharides of glucose and sucrose, but disaccharides of sucrose and maltose were lower than the PSS-C. The hue values of PSS and PSS-C represented yellow-brown. The viscosities of these samples were slightly differences. The DPPH radical scavenging activity of PSS was higher than that of PSS-C. This could be due to the effect of phenolic content in payorm wood.

Keywords: antioxidant, palm sugar sap, total phenolic content, payorm wood

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนดสดซึ่งใช้และไม่ใช้ไม้พะยอมเป็นวัตถุกันเสีย (ชุดควบคุม) โดยองค์ประกอบทางเคมีกายภาพของน้ำตาลโตนดสดและชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.50 และ 6.04 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 14.32 และ 15.68 น้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับร้อยละ1.85 และ 2.63 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 12.08 และ13.94 °Brix และโปรตีนร้อยละ 0.33 และ0.38 สำหรับปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.01 เมื่อวิเคราะห์ค่า Hue พบว่าน้ำตาลโตนดมีค่าสีเหลืองน้ำตาล เท่ากับ 86.54° และ 86.74° แต่มีค่าความหนืดแตกต่างกันเล็กน้อย กิจกรรมความสามารถต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยวิธี DPPH พบว่าน้ำตาลโตนดสดมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิคที่พบในไม้พะยอม

คำสำคัญ: การต้านอนุมูลอิสระ น้ำตาลโตนดสด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ไม้พะยอม

คำนำ

ตาลโตนด (*Borassus Flabellifer* Linn.) เป็นพืชที่พบขึ้นอยู่ทั่วไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Rungrodnimitchai, 2011) ได้แก่ ประเทศอินเดีย พม่า ศรีลังกา มาเลเซีย กัมพูชา และไทย (Awal และคณะ, 1995) สำหรับในประเทศไทยพบพื้นที่เพาะปลูกมากแถบพื้นที่เขตภาคกลางจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม เพชรบุรีและภาคใต้แถบจังหวัด สงขลา โดยเฉพาะจังหวัดเพชรบุรีนั้น ตาลโตนดจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตหลัก ได้แก่ ลอนตาลสด น้ำตาลสด จาวตาล และเนื้อตาลโตนด สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ จาวตาลเชื่อม ข้าวเหนียวลูกตาล ขนมเค้ก ขนมขี้หนู ไอศกรีม ขนมโตนดทอด และแกงหัวตาล นอกจากนี้ส่วนของไม้ตาลสามารถนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์จากไม้ตาลเป็นที่นิยม (จรุงศักดิ์, 2556) การผลิตน้ำตาลโตนดสดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าส่งออกทำรายได้เป็นอันดับ 1 ของจังหวัดเพชรบุรี (เพ็ชรดา, 2553) จากการค้นคว้าข้อมูลและสอบถามจากชาวบ้านพบว่าเปลือกไม้พะยอมช่วยลดปัญหาน้ำตาลโตนดสดเน่าเสีย ช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ระหว่าง

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[2] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

[2] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[2] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

รองรับน้ำตาลจากช่อดอก โดยเปลือกไม้พะยอมนิยมใช้ในจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสงคราม เป็นต้น (สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2550) แต่ยังไม่พบรายงานการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำตาลโตนดสด ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกายภาพ และศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระในน้ำตาลโตนดที่มีไม้พะยอมเป็นวัตถุกันเสีย ผลจากการวิจัยจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญของจังหวัดเพชรบุรี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดเก็บจากสวนตาลโตนดจังหวัดเพชรบุรี ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดอยู่ในช่วงระยะเดือนธันวาคม-มกราคม น้ำตาลโตนดจะสามารถเก็บวันละ 2 ครั้งช่วงเช้าและเย็น การทดลองนี้เลือกเก็บในช่วงเช้า เช็คทำความสะอาด และปาดงวงตาลแล้วรองรับด้วยภาชนะกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการลวกน้ำร้อนพร้อมใส่เปลือกไม้พะยอม (*Shorea flaribunda* Kurz.) จำนวน 3 กรัม/ลิตร รองรับน้ำตาลสดที่ไหลจากงวงเป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง ได้น้ำตาลสด (Palm Sugar Sap: PSS) และชุดควบคุมไม่ใส่เปลือกไม้พะยอม (PSS-C) นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์คุณสมบัติเคมีกายภาพในน้ำตาลโตนด

ตรวจสอบวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลโตนดสดด้านปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2000) ค่ากรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี AOAC (2000) และปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆ ด้วยเครื่อง HPLC (1200 Series Agilent Technology, USA) ใช้คอลัมน์ Zorbax Carbohydrate Analysis Column ขนาด 4.6 × 250 mm, 5 µm, flow rate 1.4 ml/min ปริมาตร 20 ไมโครลิตร การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) ค่าa_w และความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield synchorolectic viscometer (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA) โดยเลือกใช้หัวเข็มขนาดเบอร์ 1 ปรับความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที ให้หัวเข็มหมุนเป็นเวลา 1 นาที

การวางแผนและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 19.0

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

วิเคราะห์กิจกรรมของสารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay (DPPH) ดัดแปลงจากวิธีของ Singh และคณะ (2002) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค โดยวิธี Folin-Ciocalteau ดัดแปลงวิธีของ Al-Farsi และคณะ (2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลโตนดสด (PSS) และชุดควบคุม (PSS-C) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.50 และ 6.04 ใน PSS-C มีค่า pH ต่ำกว่าอาจเนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลกติก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 1.85 และ 2.63 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 14.32 และ 15.68 แตกต่างกันเนื่องจากเกิดการหมักของเชื้อจุลินทรีย์จึงใช้น้ำตาลโมเลกุลขนาดเล็กได้ดีกว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 12.08 และ 13.94°Brix ค่าa_wมีค่า 0.93 และ 0.95 ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันร้อยละ 80.65 และ 87.12, 0.33 และ 0.38, 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ (Table 1) ในน้ำตาลโตนดสดโดยที่ใช้ไม้เปลือกพะยอมเป็นสารกันบูดให้คุณภาพดี และมีการเสื่อมเสียที่ช้าลงนั้น เนื่องจากเปลือกไม้พะยอมมีสารแทนนิน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยชะลอการเสื่อมเสียของน้ำตาลโตนดได้ ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีสอดคล้องกับรายงานของ Naknean และคณะ (2010) รายงานคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำตาลโตนดสด ซึ่งเก็บเกี่ยวในพื้นที่จังหวัดสงขลาทั้งหมด 10 ตัวอย่าง แสดงค่ากรด-ด่างระหว่าง 4.19-5.23 ปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างร้อยละ 0.27-0.93 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 0.88-3.56 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 10.36-16.94 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10.80-17.40°Brix และโปรตีน 0.31-0.39 มิลลิกรัม/กรัม PSS ประกอบด้วยน้ำตาลฟรักโทส กลูโคส ซูโครส และ มอลโทส ร้อยละ 0.87, 0.95, 12.50 และ 0.51 ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไขมันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2) นอกจากนี้ยังสอดคล้อง

การศึกษาคุณสมบัติทั้งทางด้านเคมี กายภาพ ในน้ำตาลโตนดที่ใส่ไม้พะยอมโดยกนก (2531) ที่พบว่าน้ำตาลโตนดสด มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 16°Brix ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 16.8 ประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 1.8 และ 15.0 ค่า pH 5.5

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของ PSS พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเท่ากับ 26.97, -0.48 และ 7.95 ตามลำดับ ค่า Hue angle เท่ากับ 86.54° และ PSS-C มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเท่ากับ 26.65, -0.19 และ 3.34 ตามลำดับ ค่า Hue angle (°) เท่ากับ 86.74 แสดงค่าสีเหลืองน้ำตาล เนื่องมาจากสีของเปลือกไม้พะยอมที่ละลายออกมา สอดคล้องกับรายงานของเรณุกา (2545) พบว่าน้ำตาลโตนดสดที่ไม่ใส่เปลือกไม้พะยอมจะมีสีขาวขุ่น และน้ำตาลโตนดที่ใส่เปลือกไม้พะยอมจะมีสีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง ซึ่งเกิดจากสีของเปลือกไม้พะยอมที่ละลายในน้ำตาลโตนดสด ส่วนค่าความหนืดของ PSS และ PSS-C มีค่า 936.33 และ 987 cPs ตามลำดับ (Table 3)

การวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด โดยเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดกับสารมาตรฐานของกรดแกลลิค พบว่า PSS และ PSS-C มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดเท่ากับ 30.33 และ 22.36 มิลลิกรัมของกรดแกลลิค/100 มิลลิลิตร สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิคที่อยู่ในเปลือกไม้พะยอม ผลของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า PSS และ PSS-C มีกิจกรรมของ radical scavenging ร้อยละ 65.16 และ 50.72 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากสารในเปลือกไม้มีสารประกอบฟีนอลิคที่สามารถละลายออกมาจากไม้พะยอมได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Subramanian และคณะ (2013) รายงานว่าเปลือกไม้พะยอมที่สกัดด้วยเมทานอลประกอบด้วยสารฟีนอลิกทั้งหมด 67.67 µg/ml ซึ่งมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสารกลุ่มนี้จัดได้ว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติช่วยให้สารต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ดีขึ้น

สรุปผล

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำตาลโตนดสด พบว่าเปลือกไม้พะยอมมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และแสดงความสามารถต้านอนุมูลอิสระในน้ำตาลโตนดสด เนื่องจากสารฟีนอลิคทั้งหมดที่อยู่ในไม้พะยอมทำให้เกิดประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้ทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาห-กรรมระดับปริญญาโท และห้างหุ้นส่วนจำกัดเอทูซีที่ให้ความอนุเคราะห์ตลอดงานวิจัย สวนตาลโตนดนายหมู-นางอำไพ ศรีสังข์ จ.เพชรบุรี คุณอุดมศักดิ์ ทั่งเหล็ก ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และทุนอุดหนุนการศึกษาแก่นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และทุนบัณฑิตวิทยาลัยหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือประจำปี 2556

เอกสารอ้างอิง

กนก ติระวัฒน์, 2531, การวิจัยปรับปรุงน้ำตาลโตนด, รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์, ปีที่ 26, หน้า 157-168.

จรุงศักดิ์ ธรรมรักษ์, 2556, ตาลโตนด, [สืบค้น], http://www.phetchaburi.doae.go.th/pb2013/tan_phet/menu_tan.htm [29/ August/ 2013].

เพ็ชรดา เพ็ชรรัตน์, 2553, โครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น, รายงานผลการดำเนินโครงการบริหารวิชาการแก่สังคม, ศูนย์วิทยพัฒนามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, เพชรบุรี.

เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545, การผลิตไซรัปจากน้ำตาลสด, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2550, ตาลโตนด, พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, หน้า 88.

AOAC, 2000, Official methods of analysis (17th ed.), Association of Analytical Chemists, Arlington.

Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M. and Shahidi, F., 2005, Comparison of Antioxidant Activity, Anthocyanins, Carotenoids, and Phenolics of Three Native Fresh and Sun-Dried Date (*Phoenix dactylifera* L.) Varieties Grown in Oman, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 7592-7599.

Awal, A., Haq, Q.N., Quader, M.A. and Ahmed, M., 1995, Structural Study of a Polysaccharide from the Seeds of *Borassus flabellifer* Linn., Carbohydrate research, 277: 189-195.

Naknean, P., Meenune, M. and Roudaut, G., 2010, Characterization of Palm Sap Harvested in Songkhla province, Southern Thailand, International Food Research Journal, 17: 977-986.

Rungrodnimitchai, S., 2011, Novel Source of Pectin from Young Sugar Palm by Microwave, Procedia Food Science, 1: 1553-1559.

Singh, R.P., Murthy, K.N.C. and Jayaprakash, G.K., 2002, Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts using in Vitro Models, Journal Agricultural Food Chemistry, 50: 81-86.

Subramanian, R., Subbramaniyan, P. and Raj, V., 2013, Antioxidant Activity of the Stem Bark of Shorea Roxburghii and its Silver Reducing Power [Online], Available: http://www.Springerplus.com/content/2/1/28. [April 10, 2014].

Table 1 Chemical composition of palm sugar sap.

Sample	pH	Reducing sugar (%)	Total sugars (%)	Total soluble solid(°Brix)	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)
PSS-C	6.04±0.05	2.63±0.34	15.68±0.20	13.94±1.48	87.12±0.01	0.38±0.04	0.01±0.22
PSS	6.50±0.01	1.85±0.03	14.32±0.01	12.08±0.12	80.65±0.06	0.33±0.03	0.01±0.32

*All data are the mean ± SD of three replications. Means different are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 2 Quantity of monosaccharide and disaccharide of palm sugar sap.

Sample	Glucose (%)	Fructose (%)	Sucrose (%)	Maltose (%)
PSS-C	0.80±0.02	0.75±0.02	17.45±0.50	0.65±0.01
PSS	0.95±0.01	0.87±0.01	12.50±0.52	0.51±0.02

*All data are the mean ± SD of three replications. Means different are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 3 Physical properties of palm sugar sap.

Sample	L*	a*	b*	Hue angle (°)	A_w	Viscosity (cPs)
PSS-C	26.65±0.18	-0.19±0.05	3.34±0.25	86.74±0.12	0.95±0.01	987.00±8.02
PSS	26.97±0.02	-0.48±0.03	7.95±0.05	86.54±0.03	0.93±0.01	936.33±9.31

*All data are the mean ± SD of three replications. Means different are significantly different ($p \leq 0.05$).

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียว

Effect of pH to Physical Chemical Properties of Okra Mucilage

ญาธิปกร ธีระภัทรพลชัย[1] อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[1] และ เจริญ เจริญชัย[1]

Terapatponchai, T.[1], Oupathumpanont, O.[1] and Charoenchai, C.[1]

Abstract

This research is to study effect of pH in same condition as reality of inside stomach to physicochemical properties of Okra Mucilage. the results indicated that Okra mucilage gave viscosity values 0.3 to 0.6 poise. The viscosity changing observation by Rapid Viscosity Analyzer (RVA), it was found that pasting temperature and peak viscosity are 110 and 120 cP. The average final viscosity and setback about 104 and 37 cP, which of the most affected was the setback. It was found that the temperature of extraction and pasteurization. pH value about 6.30 and fiber of 0.04%. Biological property ,found that quality of all microorganism are less than 30 colonies per gram, yeast and fungi are less than 10 colonies per gram, coliform are less than 3 MPN/mg. The microbial counts were within the standards. The findings indicated that physical data analysis of Okra mucilage after pasteurization are found that okra mucilage could resist from pH level same condition inside and could keep their viscosity for coating surface inside stomach to protect peptic ulcers.

Keywords: physicochemical, okra mucilage and peptic ulcers

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับของกระเพาะอาหารต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียว โดยเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่ได้ มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 พ้อยซ์ ในด้านการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่วัดโดย RVA มีค่าเฉลี่ยของ Pasting temperature และ Peak viscosity เท่ากับ 110 และ 120 cP ค่า Final viscosity และค่า Setback มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104 และ 37 cP โดยผลกระทบที่มากที่สุดเกิดที่ ค่า Setback ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิในการสกัดและการพาสเจอไรซ์ ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.30 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.040 คุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN ต่อมิลลิกรัม อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียวในระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า สารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอไรซ์สามารถทนต่อการย่อยด้วยกรดในระดับเดียวกับกระเพาะอาหารได้โดยยังคงระดับค่าความหนืดที่มีความสำคัญต่อฤทธิ์การเคลือบแผลในกระเพาะอาหาร

คำสำคัญ: เคมีกายภาพ เมือกกระเจี๊ยบเขียว โรคแผลในกระเพาะอาหาร

คำนำ

ในปัจจุบันชีวิตผู้คนได้มีรูปแบบการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบมากขึ้นโดยเฉพาะ ทำให้รูปแบบการบริโภคอาหารในแต่ละวันเปลี่ยนไป เช่น การรับประทานอาหารไม่ตรงเวลา ส่งผลให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บได้ง่าย จากสถิติของโรคในระบบทางเดินอาหารที่เป็นปัญหาพบได้มากในสาเหตุการเจ็บป่วย 10 อันดับแรก คือ โรคกระเพาะ ซึ่งเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันการเกิดโรคกระเพาะอาหารและบรรเทาอาการระคายเคืองของเนื้อเยื่อที่อักเสบจากคุณสมบัติของเมือกกระเจี๊ยบเขียว ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียวจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์จากเมือกกระเจี๊ยบเขียวเพื่อใช้ในการเคลือบกระเพาะต่อไป

[1] คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110

[1] Faculty of Home Economics Technology Rajamangala University of Technology Thanyaburi 39 Muh1, Rangsit-Nakhonnayok Rd. Klong Hok, Thanyaburi Pathum Thani 12110

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับของกระเพาะอาหารต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียว

การเตรียมเมือกกระเจี๊ยบเขียว เลือกฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์พื้นเมือง อายุหลังการเก็บเกี่ยว 1-3 วัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1 เซนติเมตร ความยาวฝัก 5-12 เซนติเมตร นำฝักกระเจี๊ยบเขียวมาล้างให้สะอาด ตัดส่วนหัวท้ายออก หั่นกระเจี๊ยบเขียวตามขวางขนาด 1 เซนติเมตรใส่ภาชนะไว้ ชั่งกระเจี๊ยบเขียวต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 นำกระเจี๊ยบเขียวที่ชั่งไว้มาต้มกับน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที บีบเมือกกระเจี๊ยบเขียวโดยใช้ผ้าขาวบางเพื่อให้ได้เมือกออกมา นำเมือกกระเจี๊ยบเขียวไปฆ่าเชื้อโดยให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยา

ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับของกระเพาะอาหาร จากนั้นนำเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากข้อ 1.1 มาทดสอบผลของค่าความเป็นกรด-ด่างของเมือกกระเจี๊ยบเขียวในกรดระดับของกระเพาะอาหารมนุษย์ในหลอดทดลอง (in vitro) โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างแปรเป็น 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (สันทัด และคณะ, 2553) โดยนำเมือกกระเจี๊ยบเขียวปริมาตร 10 ml ใส่ในหลอดทดลองและเวลาในการบ่มสารละลายโดยแปรเป็น 2 ระดับคือ 10 และ 20 นาที (Huang และ Adams, 2004) ทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial inCRD จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลองดังแสดงใน Table 2 ทำการทดสอบผลของค่าความเป็นกรด-ด่างโดย เทเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่เตรียมได้ ปริมาณ 10 ml ใส่ในหลอดทดลอง ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างตามที่กำหนดโดยใช้สารละลาย HCl เข้มข้น 0.1 M นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ใน Water Bath ตามเวลาที่กำหนดและนำมาเขย่าทุกๆ 5 นาทีโดยใช้เครื่องผสมสารละลาย นาน 30 วินาทีต่อ 1 ครั้ง เก็บตัวอย่างสารละลายตามเวลาที่กำหนดมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่อง Viscometer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับของกระเพาะอาหารต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียว

การเตรียมเมือกกระเจี๊ยบเขียว เมือกกระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์พื้นเมือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล ขุ่น มีลักษณะข้นหนืดดัง Figure 3 เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอร์ไรซ์ได้ผลดัง Table 1 และ Figure 1

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ค่าความหนืด ของเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอไรซ์มีค่าความหนืด 0.50 พ้อยซ์ ในด้านความหนืดของเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอไรซ์อยู่ในระดับเดียวกับยาเคลือบแผลในกระเพาะอาหารที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือ 0.3-0.6 พ้อยซ์ โดยค่าความหนืดของยาเคลือบแผลในกระเพาะอาหารมีผลต่อการเคลือบแผลในกระเพาะอาหาร (อุกฤษ์ และอรพรรณ, 2536) สำหรับการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Figure 2) จากผลของค่าความหนืดสุดท้ายดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังจากการผ่านการให้ความร้อนในกระบวนการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียล และกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียล หลังจากนั้นเมือกกระเจี๊ยบเขียวถูกทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียล ระดับค่าความหนืดก็ยังคงมีความคงตัวอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เป็นประโยชน์ต่อการกำหนด การควบคุมอุณหภูมิในการสกัดและการฆ่าเชื้อโดยความร้อนด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อให้ระดับของค่าความหนืดอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเชิงอุตสาหกรรมในอนาคต

คุณภาพทางเคมีพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีค่าเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.3 ซึ่งมีลักษณะเป็นกรดเล็กน้อย-กลาง เหมาะกับการบริโภคได้ทันทีซึ่งกระเพาะอาหารจะมีสภาวะความกรดสูง (1-4 pH) จึงไม่ส่งผลให้กระเพาะอาหารเกิดการกระตุ้นการหลั่งกรดและเปปตินออกมาเพิ่มมากขึ้นเกินไป (อุกฤษ์ และอรพรรณ, 2536) ส่วนปริมาณเยื่อใย พบว่าเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.04 ต่อปริมาณเมือกกระเจี๊ยบเขียว 100 กรัม ซึ่งเยื่อใยของเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีคุณสมบัติพองตัวเมื่อรวมกับน้ำ ส่งผลให้เกิดการกระจายโครงสร้างลักษณะเป็นเจล (Gel Formation) ของเยื่อใย ซึ่งเยื่อใยประเภทนี้มีขั้วอิสระจำนวนมาก ทำให้สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำได้ดี และเมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดการแตกตัวและพองตัว ซึ่งมีผลทำให้กระเพาะอาหารว่างช้าลง จึงรู้สึกอิ่มได้นานขึ้น (ภูษิต, 2555)

คุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN ต่อมิลลิกรัม ซึ่งผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เมือกกระเจี๊ยบเขียวมีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำว่านหางจระเข้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540) เนื่องจากผลิตภัณฑ์เมือกกระเจี๊ยบเขียวได้ผ่านความร้อนในการต้มในกระบวนการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเวลา 10 นาทีและการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ

90 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที อุณหภูมิดังกล่าวสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เมือกกระเจี๊ยบเขียว มีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Tomoda และคณะ,1980)

Figure1 Okra mucilage

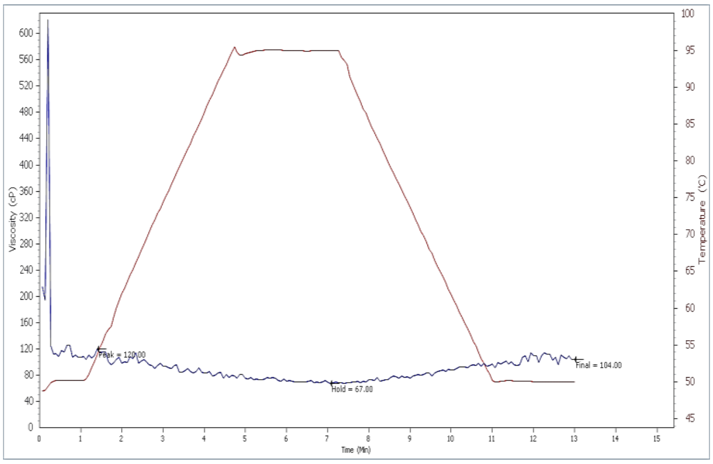


Figure 2 The change viscosity of okra mucilage

Table 1 Properties of physichochemical and microbiological of okra mucilage after pasteurization

Quality	Products			
	Antacil Gel	Belcid	Alum milk	Okra mucilage
Chemical				
- pH	7.243^{b}	7.463^{a}	7.346^{ab}	6.300^{c}
- crude fiber				
Physical				
- viscosity	0.300^{b}	0.600^{a}	0.533^{a}	0.500^{a}
Microorganism				
- total microorganism				<30
- Mold, colony/gram				<10
- Coliform count, MPN/gram				<3

Note : ns= not significantly different (p>0.05)

abc = Value with different letters in superscript in row are significantly different (p>0.05)

ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับของกระเพาะอาหาร ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับของกระเพาะอาหารที่ทดสอบด้วยเมือกกระเจี๊ยบเขียวพบว่าเมื่อทดสอบการทนต่อการย่อยด้วยสารละลายกรด HCl ในระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง 1, 3 และ 5 และระยะเวลาในการบ่ม คือ 10 และ 20 นาที พบว่าสิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ค่าความหนืดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 6 ดัง Table 3 และ Figure 5

Table 2 Experiments to test with simulated gastric conditions

Treatment	Incubation time (min)	pH value	viscosity
1	10	1	0.42^{c}
2	10	3	0.45^{b}
3	10	5	0.50^{a}
4	20	1	0.35^{e}
5	20	3	0.40^{d}
6	20	5	0.44^{bc}

Note : ns= not significantly different (p>0.05)

abc = Value with different letters in superscript in row are significantly different (p>0.05)

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียวในระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าเมื่อทดสอบการทนต่อการย่อยด้วยกรด (สารละลายกรด HCl) ในระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง 1, 3 และ 5 และระยะเวลาในการบ่ม คือ 10 และ 20 นาที พบว่า

สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ค่าความหนืดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 6 เมื่อวิเคราะห์จาก Table 2 จะเห็นว่าเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มที่จะมีค่าความหนืดต่ำลงที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำ และความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเป็นกรด-ด่างสูง (วชิราภรณ์, 2549) ระดับความเป็นกรดที่มากขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากฤทธิ์ความเป็นกรดสามารถทำลายโครงสร้างของเพคติน (Ramsden, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ndjouenkeu และคณะ (1996) พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวมีการตอบสนองต่อโมเลกุลที่มีประจุสายของพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวเมื่อละลายในน้ำจะมีลักษณะเป็นเกลียวที่จัดเรียงตัวกันแบบสุ่ม (Random Coils) และแผ่ตัวออกด้วยแรงผลักระหว่างโมเลกุล เมื่อเติมสารอิเล็กโทรไลต์ลงในสารละลายกระเจี๊ยบเขียวที่สกัดด้วยน้ำ ประจุบวกที่เกิดจากการแตกตัวของสารอิเล็กโทรไลด์จะไปลดแรงผลักระหว่างประจุในโมเลกุลพอลิแซ็กคาไรด์ ทำให้เกิดการจับตัวกันระหว่างสายเกลียวแต่ละสายแน่นมากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง (Ndjouenkeu และคณะ, 1996) และระยะเวลาในการบ่มที่มากขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดลดลงได้ (Huang และ Adams, 2004) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอร์ไรซ์สามารถทนต่อการย่อยด้วยกรดในระดับเดียวกับกระเพาะอาหารได้โดยยังคงระดับค่าความหนืดที่มีความสำคัญต่อฤทธิ์การเคลือบแผลในกระเพาะอาหาร ซึ่งค่าความหนืดยังอยู่ในระดับเดียวกับยารักษาแผลในกระเพาะอาหารที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

สรุปผล

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียว พบว่าเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่ได้ มีสีเขียว ขุ่น มีลักษณะข้นหนืด และเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอร์ไรซ์มีระดับความข้นหนืดอยู่ในระดับเดียวกับยาเคลือบแผลในกระเพาะอาหารที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือ 0.3-0.6 พ้อยซ์ ค่าเฉลี่ยของ Pasting temperature และ Peak viscosity เท่ากับ 600 และ 120 RVU ค่า Final viscosity และค่า Setback มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104 และ 37 RVU และอุณหภูมิมีผลต่อการคืนตัวของค่าความหนืดของเมือกกระเจี๊ยบเขียว ควรใช้อุณหภูมิในการสกัดและการพาสเจอไรซ์ไม่เกิน 80-90 องศาเซลเซียลเพื่อไม่ให้ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลงมากเกินไป ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.30 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.040 คุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัมยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN ต่อมิลลิกรัม อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเมือกกระเจี๊ยบเขียวในระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ค่าความหนืดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 6 แต่ค่าความหนืดของเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังจากทดสอบกับกรด HCl พบว่ายังอยู่ในระดับเดียวกับยารักษาแผลในกระเพาะอาหารที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียวหลังพาสเจอไรซ์สามารถทนต่อการย่อยด้วยกรดในระดับเดียวกับกระเพาะอาหารได้โดยยังคงระดับค่าความหนืดที่มีความสำคัญต่อฤทธิ์การเคลือบแผลในกระเพาะอาหาร

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2549, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำว่านหางจระเข้, มอก.1218.

สันทัด วิเชียรโชติ วรพนิต จันทร์สุวรรณ์ และ ปรียา หมาดหลู, 2553, การประเมินความเป็นพรีไบโอติกของโอลิแซคคาไรด์จากเนื้อขนุนในระบบจำลองลำไส้ใหญ่มนุษย์, [สืบค้น], http://www.trf.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53:rdg5220032&catid=118&Itemid=154 [23 Junly 20014]

ภูษิต คำเส้า, 2555, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียว, แผนงานพิเศษ, ภาควิชาอาหารและโภชนาการ, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

วชิราภรณ์ หมั่นเพียร, 2549, การดัดแปรพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซต์และเอทิลเอมีน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อุกฤษฏ์ เปล่งวาณิช และ อรพรรณ ชินะภัค, 2536, Gastroenterology, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์กรุงเทพเวช

Huang, Y. and Adams, M.C., 2004, In Vitro Assessment of the Upper Gastrointestinal Tolerance of Potential Probiotic Dairy Propionic Bacteria, International Journal of Food Microbiology, 91: 253-260.

Ndjouenkeu, R., Goycooolea, F.M., Morrisa, E.R. and Akingbala, J.O.,1996, Rheology of Okra (*Hibicusesculentus* L.) and Dika Nut (Irvingiagabonensis) Polysaccharides, Carbohydrate Polymer, 29: 263-269.

Ramsden, L., 2004, Plant and Algel Gums and Mucilages. In P. Tomasik, ed. Chemical and Funtional Properties of Food Saccharides, CRC press LLC, New York.

Tomoda, M., Shimada, K., Saito, Y. and Sugi, M., 1980, Okra-Mucilage from the Immature Fruit of Abelmoschusesculentus. Plant Mucilage, Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 28(10): 2933-2940.

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมจีนแป้งสดโดยใช้แป้งข้าวโพด

Textural Improvement of Fresh Kanom-Jeen by Using Maize Flour

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์[1]
Ekthamasut, K.[1]

Abstract

This research was conducted to investigate the effects of maize flour on textural improvement of fresh Kanom-jeen. Flour blends prepared from rice flour: maize flour: cassava flour at the ratio of 8:0:2, 6:2:2, 4:2:2 and 2:6:2 (by weight) were studied in respect of some properties and also evaluated qualities of Kanom-jeen prepared from them. The results indicated that flour blends were not different in water absorption ($p>0.05$). High proportion of maize flour resulted in an increase of gelation properties and peak viscosity, but peak time and pasting temperature decreased ($p<0.05$). In addition, Kanom-jeen produced from the blends showed that as the levels of maize flour increased, L, whiteness and protein content decreased, but cutting force, hardness, springiness and carbohydrate content increased ($p<0.05$). The recipe with the blend from rice flour: maize flour: cassava flour at 4:4:2 resulted in the highest scores for all the evaluated sensory attributes.
Keywords: kanom-jeen (rice noodles), flour blends, maize flour

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวโพดในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมจีนแป้งสด โดยศึกษาถึงสมบัติบางประการของแป้งที่ผสมจากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 8:0:2 6:2:2 4:4:2 และ 2:6:2 โดยน้ำหนัก รวมทั้งศึกษาถึงคุณภาพของขนมจีนที่เตรียมจากแป้งผสมดังกล่าว ซึ่งผลการทดลองพบว่าแป้งผสมมีค่าการดูดซับน้ำที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวโพดสูงขึ้น มีผลให้สมบัติการเกิดเจลและค่า Peak viscosity เพิ่มขึ้น แต่ค่า Peak time และ Pasting temperature ลดต่ำลง ($p<0.05$) นอกจากนี้ขนมจีนที่ผลิตจากแป้งผสมนั้นแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวโพดเพิ่มขึ้น ขนมจีนมีค่าความสว่าง (L) ความเป็นสีขาว (whiteness) และปริมาณโปรตีนลดลง แต่ค่าแรงตัดขาด (cutting force) ความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) สูตรที่ใช้แป้งผสมที่อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวโพด: แป้งมันสำปะหลังเป็น 4:2:2 จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุกๆ ด้าน
คำสำคัญ: ขนมจีน แป้งผสม แป้งข้าวโพด

คำนำ

"ขนมจีน" เป็นอาหารที่นิยมบริโภคในทุกท้องถิ่นของประเทศไทย โดยที่ตัวเส้นขนมจีนจะผลิตจากข้าวเจ้าหรือแป้งข้าวเจ้าผสมน้ำและนำมาทำให้เป็นเส้น ซึ่งเส้นขนมจีนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามกระบวนการผลิต คือ ขนมจีนแป้งสด และขนมจีนแป้งหมัก โดยขนมจีนแป้งสดเป็นการผสมแป้งกับน้ำและทำให้สุกบางส่วน จากนั้นจึงบีบผ่านอุปกรณ์สำหรับทำเส้นขนมจีน ต้มให้สุกและสามารถรับประทานได้เลย ในขณะที่ขนมจีนแป้งหมักต้องมีการหมักแป้งหรือข้าวก่อนเป็นเวลาประมาณ 3-7 วัน แล้วจึงจะนำมาผสมและบีบเส้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคขนมจีนแป้งหมักมากกว่า เนื่องจากมีเส้นที่เหนียวกว่าขนมจีนแป้งสด แต่ก็จะมีสีคล้ำและมีกลิ่นหมัก ซึ่งผู้บริโภคบางคนอาจไม่ชอบกลิ่น และในกระบวนการหมักจะอาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพให้สม่ำเสมอได้ รวมทั้งถ้ากระบวนการผลิตไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะที่ดี อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมจีนแป้งสดให้มีความเหนียวมากขึ้นเพื่อถูกปากผู้บริโภคและสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่ายกว่าการทำขนมจีนแป้งหมัก โดยการนำแป้งข้าวโพดเข้ามาใช้เป็นส่วนประกอบ เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีปริมาณอะมิโลสที่สูงกว่าแป้งข้าวเจ้า (Waterschoot และคณะ, 2014) มีความข้นใสและไม่คืนตัวง่าย สามารถนำมาใช้เพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์ Rice noodle ชนิดอื่นๆ ได้ (Supasri และคณะ, 2002)

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

แป้งข้าวเจ้าชนิดโม่น้ำ (ช้างสามเศียร) แป้งข้าวโพด (คนอร์) แป้งมันสำปะหลัง (ปลาทอง 5 ดาว)

การทดสอบสมบัติบางประการของแป้งผสม

ผสมแป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวโพด:แป้งมันสัมปะหลัง ที่อัตราส่วน 8:0:2 6:2:2 4:4:2 และ 2:6:2 โดยน้ำหนัก ทำการผสมแป้งด้วยการร่อนแป้งให้ผสมเข้ากันจำนวน 2 รอบ และนำแป้งผสมที่ได้ไปทดสอบสมบัติ ดังนี้

การดูดซับน้ำ (Water absorption) และสมบัติการเกิดเจล (Gelation properties) ดัดแปลงจากวิธีของ Guerrero และคณะ, 2002 โดยคำนวณค่าการดูดซับน้ำเป็นกรัมของน้ำที่ถูกดูดซับไว้ต่อกรัมของตัวอย่าง และวิเคราะห์สมบัติการเกิดเจลจากการหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดเจล โดยเตรียมตัวอย่างสารละลายแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5-0.9 (w/v) (กมลทิพย์, 2555)

สมบัติเพสติ้ง (Pasting properties) โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) model Super 3 (Newport Scientific Pty. Ltd., Australia) และสารละลายแป้งเข้มข้นร้อยละ 12 (w/v)

การทำขนมจีน

นำแป้งผสมที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวโพด:แป้งมันสำปะหลัง เป็น 8:0:2 6:2:2 4:4:2 และ 2:6:2 โดยน้ำหนัก มาผลิตเป็นขนมจีนโดยใช้แป้งผสม 500 กรัม เกลือ 0.005 กรัม และน้ำ 500 กรัม ผสมให้เข้ากันในอ่างผสม และคลุมด้วยพลาสติกทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นห่อด้วยผ้าขาวบางและนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที พักแป้งให้เย็นแล้วนำมานวดผสมกับน้ำอุ่น (อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส) 50 กรัม จนเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยผ้าขาวบางและเทใส่ที่โรยเส้นขนมจีน ทำการโรยเส้นขนมจีนในน้ำเดือด ช้อนเส้นที่สุกลอยใส่ในน้ำเย็น และจับเส้นขนมจีนให้เป็นจับสวยงาม

การทดสอบคุณภาพของขนมจีน

ค่าสี (color) ทดสอบด้วยเครื่อง Hunter Lab (Colorflex®) โดยวัดค่าสี L, a และ b และคำนวณค่าความเป็นสีขาว (Whiteness, *W*) จากสูตร $W = 100 - \sqrt{(100-L)^2 + a^2 + b^2}$

ค่าแรงตัดขาด (Cutting force) โดยใช้เครื่อง Lloyd texture analyzer (Model LRX, Lloyd instruments, Hampshire, UK.) ใช้หัวตัดขนาด 30 องศา และตั้งความเร็วของหัวตัดเท่ากับ 250 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงตัดสูงสุดเป็นค่าแรงตัดขาด (N)

ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้วิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Lloyd texture analyzer (Model LRX, Lloyd instruments, Hampshire, UK.) โดยนำเส้นขนมจีนมาจัดให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 3x3x3 เซนติเมตร ใช้หัวแบบกดอัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 250 มิลลิเมตร/นาที คำนวณค่า Hardness Cohesiveness และ Springiness โดยใช้โปรแกรมของเครื่อง Lloyd texture analyzer

องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตตามวิธีใน AOAC (1990)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยเสิร์ฟพร้อมกับน้ำแกงเขียวหวาน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบทางกายภาพและเคมี และแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แป้งที่ผสมจากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งมันสัมปะหลัง ที่อัตราส่วน 8:0:2 6:2:2 4:4:2 และ 2:6:2 โดยน้ำหนัก มีค่าการดูดซับน้ำไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดัง Table 1 ซึ่งค่าการดูดซับน้ำของแป้งผสมจะอยู่ในช่วง 5.18–5.67 gH_2O/g และเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวโพดสูงขึ้น แป้งผสมจะมีสมบัติการเกิดเจลดีขึ้น เพราะสามารถเกิดเจลได้ที่ความเข้มข้นต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะมิโลสสูงกว่าแป้งข้าวเจ้านั่นเอง (Waterschoot และ

คณะ, 2014) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวโพดเพิ่มขึ้นส่งผลให้แป้งผสมมีค่า Peak Viscosity และค่า Break down เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าอื่นๆ ได้แก่ Trough, Final Viscosity, Set back, Peak time และ Pasting temperature ลดลง แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวโพดส่งผลให้แป้งผสมเกิดการเจลาติไนซ์เซชั่น (Gelatinization) ได้ง่ายขึ้น เพราะอุณหภูมิในการเกิดเจล (Pasting temperature) และเวลาที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุด (Peak time) ลดต่ำลง ในขณะที่เจลที่ได้มีความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lai และคณะ (2004) ที่พบว่าแป้งข้าวโพดมีค่า Gelatinization temperature และ Peak time ต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า แต่มี Peak viscosity สูงกว่า เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า

Table 1 Water absorption, the least gelation concentration and pasting parameter of flour blends.

Parameter	Rice flour : Maize flour : Cassava flour			
	8:0:2	6:2:2	4:4:2	2:6:2
Water absorption (g H_2O/ g)	5.67^{a}±0.26	5.50^{a}±0.40	5.18^{a}±0.05	5.64^{a}±0.24
The least gelation concentration(% w/v)	0.85	0.80	0.65	0.65
Peak time (min)	6.82^{a}±0.12	6.10^{b}±0.04	5.69^{c}±0.04	5.60^{c}±0.00
Pasting temperature (^{o}C)	80.75^{a}±0.42	77.30^{b}±0.21	76.75^{bc}±0.57	75.95^{c}±0.49
Peak viscosity (RVU)	187.29^{b}±0.53	197.13^{a}±0.88	197.33^{a}±0.71	195.71^{a}±0.88
Trough (RVU)	159.25^{a}± 0.71	157.00^{a}± 0.71	150.42^{b}±2.24	145.54^{c}±1.59
Break down (RVU)	28.04^{c}±1.23	40.13^{b}±0.17	46.91^{a}±1.53	50.17^{a}±2.47
Final viscosity (RVU)	254.04^{a}±2.88	229.54^{b}±0.88	216.71^{c}±0.04	209.83^{d}±0.83
Set back (RVU)	94.79^{a}±4.77	72.54^{b}±1.94	66.29^{bc}±2.18	64.29^{c}±0.41

$^{a, b, c,}$… Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 2 Color, cutting force, texture profile analysis and proximate composition of Kanom-jeen.

Parameter	Rice flour : Maize flour : Cassava flour			
	8:0:2	6:2:2	4:4:2	2:6:2
L	67.82^{a}±0.48	64.68^{b}±0.21	64.68^{b}±0.21	62.00^{c}±0.83
a	-3.09^{a}±0.21	-3.40^{a}±0.15	-2.94^{a}±0.36	-2.95^{a}±0.21
b	2.37^{b}±0.07	1.82^{c}±0.43	2.22^{bc}±0.17	3.28^{a}±0.14
Whiteness (W)	67.58^{a}±0.46	64.47^{b}±0.17	62.01^{c}±1.02	60.85^{c}±0.85
Cutting force (N)	2.18^{c}±0.18	3.11^{b}±0.31	3.77^{b}±0.38	4.80^{a}±0.59
Hardness (N)	0.321^{b}±0.1	0.365^{b}±0.06	0.642^{a}±0.06	0.646^{a}±0.80
Cohesiveness (N)	0.165^{a}±0.97	0.171^{a}±0.31	0.272^{a}±0.61	0.089^{a}±0.22
Springiness (N)	2.040^{c}±0.55	4.410^{b}±1.29	5.917^{a}±1.42	5.569^{a}±0.58
Moisture (%)	62.80^{a}±0.19	60.82^{b}±0.23	65.90^{a}±0.48	59.88^{ab}±0.55
Crude protein (% dry basis)	7.64^{a}±0.08	6.11^{b}±0.54	4.64^{c}±0.18	3.10^{d}±0.28
Crude fat (% dry basis)	0.37^{a}±0.21	0.28^{b}±0.02	0.39^{a}±0.00	0.27^{b}±0.01
Ash (% dry basis)	0.45^{a}±0.09	0.22^{a}±0.03	0.49^{a}±0.20	0.19^{a}±0.19
Total carbohydrate (% dry basis)	91.54^{d}±0.15	93.38^{c}±0.53	94.48^{b}±0.22	96.42^{a}±0.45

$^{a, b, c,}$… Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 2 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวโพดเพิ่มขึ้น เส้นขนมจีนจะมีค่าสี L และ W ลดต่ำลง ในขณะที่ b เพิ่มสูงขึ้น (p<0.05) นั่นคือเส้นขนมจีนมีความสว่างและความขาวน้อยลง มีสีเหลืองมากขึ้น ลักษณะคล้ายกับขนมจีนแป้งหมัก และเมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีน พบว่า การเติมแป้งข้าวโพดเพิ่มขึ้น จะทำให้เส้นขนมจีนมี Cutting force, Hardness และ Springiness เพิ่มสูงขึ้น (p<0.05) แสดงว่าเส้นขนมจีนมีความแข็งแรง เหนียวและยืดหยุ่นมากขึ้น

เนื่องจากแป้งข้าวโพดทำให้แป้งผสมเกิดเจลได้ง่ายและดีขึ้น (Table 1) จึงส่งผลให้ขนมจีนมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Supasri และคณะ (2002) ที่พบว่าการแทนที่แป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวโพด 5-20% (โดยน้ำหนัก) ทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นเล็กมีค่า Tensile strength เพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือผลิตภัณฑ์มีความเหนียวเพิ่มขึ้นนั่นเอง

อัตราส่วนของแป้งผสมจะไม่ส่งผลต่อปริมาณเถ้าของเส้นขนมจีน ($p>0.05$) ในขณะที่เมื่อแป้งข้าวโพดเพิ่มขึ้นส่งผลให้เส้นขนมจีนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น แต่โปรตีนลดลง ($p<0.05$) ดัง Table 2 เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า แต่มีโปรตีนต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นขนมจีนสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวโพด:แป้งมันสำปะหลัง 4:4:2 มีคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบในทุกๆ ด้านสูงที่สุด และสูงกว่าสูตรควบคุม (8:0:2) (Table 3) จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การใช้แป้งข้าวโพดในส่วนผสมที่อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวโพด:แป้งมันสำปะหลังเป็น 4:4:2 จะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีนแป้งสด ทำให้ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้นกว่าขนมจีนแป้งสดสูตรควบคุม

Table 3 Sensory evaluation of Kanom-jeen.

Attributes	Rice flour : Maize flour : Cassava flour			
	8:0:2	6:2:2	4:4:2	2:6:2
Appearance	$5.23^{b}\pm1.43$	$4.46^{c}\pm1.97$	$6.56^{a}\pm1.45$	$5.42^{b}\pm1.47$
Color	$5.80^{b}\pm1.37$	$5.70^{b}\pm1.55$	$6.50^{a}\pm1.33$	$6.50^{a}\pm1.33$
Texture	$5.63^{b}\pm1.77$	$3.70^{c}\pm1.91$	$6.76^{a}\pm1.43$	$5.25^{b}\pm1.99$
Flavor	$5.70^{b}\pm1.36$	$4.96^{c}\pm1.71$	$6.56^{a}\pm1.45$	$5.76^{b}\pm1.35$
Overall acceptance	$6.13^{b}\pm1.52$	$5.03^{c}\pm1.84$	$7.10^{a}\pm1.47$	$5.93^{b}\pm1.36$

$^{a, b, c,}$… Means within rows followed by the same letter are not significant different at $p>0.05$ by DMRT.

สรุปผล

แป้งที่ผสมจากแป้งข้าวเจ้า:แป้งข้าวโพด:แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 8:0:2 6:2:2 4:4:2 และ 2:6:2 โดยน้ำหนักมีค่าการดูดซับน้ำที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวโพดสูงขึ้น มีผลให้แป้งผสมมีสมบัติการเกิดเจลและค่า Peak viscosity เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ขนมจีนที่ผลิตจากแป้งผสมที่ใช้แป้งข้าวโพดจะมีค่าความสว่าง และความเป็นสีขาวลดลง แต่ค่าแรงตัดขาด ความแข็ง และความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ขนมจีนสูตรที่ใช้แป้งผสมที่อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวโพด: แป้งมันสำปะหลัง เป็น 4:4:2 จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุกๆ ด้าน

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์, 2555, ผลของการให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมีและหน้าที่ของแป้งถั่วหรั่ง, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 32(2): 76-87.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis. 15th ed, Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Guerrero, L.C., Flores, V.P., Ancona, D.B. and Ortiz, G.D., 2002, Functional Properties of Flours and Isolates from Phaseolus lunatus and Canavalia ensifrormis Seeds, Journal of Agricaltural Food Chemistry, 50: 584-591.

Lai, L.N., Karim, A.A., Norziah, M.H. and Seow, C.C., 2004, Effect of Na_2CO_3 and NaOH on Pasting Properties of Selected Native Cereal Starches, Journal of Food Science, 69(4): FCT249-FCT256.

Supasri, R., Surojanametakul, V., Tungtakul, P. and Varanyanond, W., 2002, Effects of Partial Replament of Rice Flour with Various Starches on the Physicochemical and Sensory Properties of Sen Lek Noodle, Kasetsart Journal (Natural Science), 36(1): 55-62.

Waterschoot, J., Gomand, S.V., Fierens, E. and Delcour, J.A., 2014, Production, Structure, Physicochemical and Functional Properties of Maize, Cassava, Wheat, Potato and Rice Starches, Starch/Stärke, 66: 1-16.

การผลิตหอมแดงอย่างมีส่วนร่วมของชุมชน โดยใช้ปุ๋ยเคมีอัตราที่เหมาะสมร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

Participant Community of Shallot Production Using Appropriate Rate of Chemical Fertilizer Application Combined with Bio Fertilizer

ชินกฤต สุวรรณคีรี[1] ประมวล เครือมณี[2] นพดล สันยาย[2] นิตยา บุญทิม[3] สมศักดิ์ จีรัตน์[1] และ อนันต์ พานคำดาว[4]

Suwanakeree, C.[1], Kruemanee, P[2], Sunyai, N.[2], Boontim, N.[3], Jeerat, S.[1] and Pancomdown, A.[4]

Abstract

It was growing Shallot. The experiment was RCBD to 4 treatment 3 replication. T1 was use chemical fertilizer. T2 was use bio fertilizer namely AG5 of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. T3 was use bio fertilizer of farmer group. And T4 was use bio fertilizer of farmer group combined with chemical fertilizer. The analysis sampling plant to 10 clumps/replication and 3 replication/treatment was performed before harvesting to onion number per clump, height, fresh weight, mix dry weight and filled dry weight. *The result* was the onion number per clump, height, fresh weight, mix dry weight and filled dry weight every treatment found that not significant differently (P>0.05). The onion number per clump was showed that T2, T1, T3 and T4 to 6.43, 6.30, 5.83 and 5.50 bulb. The height was showed that T3, T1, T4 and T2 to 32.56, 30.68, 29.29 and 28.86 cm. The fresh weight was showed that T2, T1, T3 and T4 to 1381.2, 1320.1, 1306.6 and 979.6 gm. The mix dry weight was showed that T3, T2, T1 and T4 to 537.8, 508.3, 397.6 and 323 gm. The filled dry weight was showed that T3, T2, T1 and T4 to 406.1, 308.5, 284.8 and 241.1 gm, respectively.

Keywords: shallot, chemical fertilizer, bio fertilizer, AG5

บทคัดย่อ

ทำการปลูกหอมแดง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ คือ ตำรับ 1 ใช้ปุ๋ยเคมี ตำรับ 2 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตร เอจี5 ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำรับ 3 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกร และตำรับ 4 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรร่วมกับปุ๋ยเคมี ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตสุ่มเก็บตัวอย่าง 10 กอ ต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับ ทำการนับจำนวนหัวต่อกอ ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งดี ผลการวิจัยพบว่า จำนวนหัวต่อกอ ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งดีทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) คือ จำนวนหัวต่อกอตำรับ 2 เท่ากับ 6.43 หัว รองลงมาคือ ตำรับ 1, 3 และ 4 เท่ากับ 6.30, 5.83 และ 5.50 หัว ความสูงตำรับ 3 เท่ากับ 32.56 ซม. รองลงมาคือ ตำรับ 1, 4 และ 2 เท่ากับ 30.68, 29.29 และ 28.86 ซม. น้ำหนักสดตำรับ 2 เท่ากับ 1381.2 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 1, 3 และ 4 เท่ากับ 1320.1, 1306.6 และ 979.6 กรัม น้ำหนักแห้งรวมตำรับ 3 เท่ากับ 537.8 กรัม รองลงมาคือตำรับ 2, 1 และ 4 เท่ากับ 508.3, 397.6 และ 323 กรัม และน้ำหนักแห้งดีตำรับ 3 เท่ากับ 406.1 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 2, 1 และ 4 เท่ากับ 380.5, 284.8 และ 241.1 กรัมตามลำดับ

คำสำคัญ: หอมแดง ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เอจี5

---

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1] Faculty of Agriculture Chiang Mai University 50200

[2] สำนักงานเกษตรอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

[2] Doi Saket District Agricultural Office Chiang Mai Province 50220

[3] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[3] Science and Technology Research Institute Chiang Mai University 50200

[4] สำนักงานเทศบาลตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

[4] Maepong Subdistrict Municipal Office Doi Saket District Chiang Mai Province 50220

บทนำ

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนกับภาครัฐและเอกชน โดยเฉพาะชุมชนเกษตรกรมีมากยิ่งขึ้นในการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเลิกใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตทางการเกษตรโดยห่วงใยเรื่องสุขภาพอนามัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกษตรกรใช้ในการทดแทนปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ มีรากศัพท์มาจากปุ๋ยอินทรีย์ + ชีวภาพ หมายถึง สารธรรมชาติที่ได้จากกระบวนการหมักบ่มวัตถุดิบจากธรรมชาติต่างๆ ทั้งพืชและสัตว์จนสลายตัวสมบูรณ์เป็นฮิวมัส วิตามิน ฮอร์โมน และสารธรรมชาติต่างๆ ซึ่งเป็นทั้งอาหารของสิ่งมีชีวิตในดิน เป็นตัวเร่งการทำงานของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ที่อาศัยอยู่ในดินและปลายรากของพืชที่สามารถสร้างธาตุอาหารได้มากกว่า 93 ชนิดให้แก่พืช สำหรับหอมแดงนั้นมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* Linn. ชื่อสามัญคือ Shallot อยู่ในวงศ์ *Amaryllidaceae* มีถิ่นกำเนิดในเขตตะวันออกกลาง แถบประเทศอิหร่าน อัฟกานิสถาน และปากีสถาน ซึ่งเป็นพืชเขตร้อนกึ่งร้อนชื้น ละติจูดที่ 10 องศาเหนือ – 10 องศาใต้ ลองติจูดที่ 48 – 66 องศาตะวันออก ปัจจุบันปลูกมากในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ (นิรนาม, ม.ป.ป.) ประเทศไทยปลูกกันมากทางภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ พันธุ์พื้นเมือง ทางภาคเหนือเรียกว่า หอมบั่ว เป็นหอมที่มีเปลือกนอกสีเหลืองปนส้ม ขนาดหัวปานกลาง ใน 1 หัวแยกได้ 2-3 กลีบ กลิ่นไม่ฉุนจัด รสหวาน ระหว่างการเจริญเติบโตไม่มีดอกและเมล็ด เมื่อปลูก 1 หัว จะแตกกอให้หัวประมาณ 5-8 หัว อายุเมื่อหัวแก่เต็มที่ในฤดูหนาว 90 วัน และฤดูฝน 45 วัน ผลผลิตที่ได้ประมาณ 2-3 ตัน/ไร่ คุณภาพในการเก็บรักษาไม่ค่อยดีเพราะมีเปอร์เซ็นต์แห้งฝ่อและเน่าเสียหายมากถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์บางช้างหรือหอมแดงศรีสะเกษเป็นหอมแดงที่มีเปลือกนอกสีม่วงปนแดง เปลือกหนาและเหนียว ขนาดหัวใหญ่ มีลักษณะกลม ใน 1 หัว มี 1-2 กลีบ กลิ่นฉุนจัด มีรสหวาน ระหว่างการเจริญเติบโตจะสร้างดอกและเมล็ดมาก ต้องหมั่นตรวจดูและเด็ดทิ้ง มิฉะนั้นขนาดหัวจะเล็ก และจำนวนหัวน้อย เมื่อปลูก 1 หัว จะแตกกอให้หัวประมาณ 8-10 หัว การแตกกอและลงหัวช้ากว่าหอมบั่วเล็กน้อย มีอายุเมื่อหัวแก่เต็มที่ในฤดูหนาว 100 วันขึ้นไป และฤดูฝน 45 วัน ให้ผลผลิตประมาณ 1-5 ตัน/ไร่ คุณภาพในการเก็บรักษาดีกว่าหอมบั่ว (รัชฎา, ม.ป.ป.)

ด้วยเหตุที่กลุ่มเกษตรกรบ้านป่าไผ่ ต.แม่โป่ง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ซึ่งปลูกหอมแดงหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเป็นหลักมีความไม่มั่นใจในกระบวนการผลิตที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเป็นปัจจัยการผลิต เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีและเป็นที่ถกเถียงกันในชุมชน อีกทั้งเกษตรกรผู้ผลิตยังห่วงใยเรื่องปัญหาสารพิษตกค้างทั้งในผลผลิตและในร่างกายของตนเองและผู้บริโภค ตลอดจนสารเคมีเหล่านี้ยังตกค้างทั้งในดินในน้ำในบรรยากาศทำให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นคณะผู้ดำเนินการวิจัยซึ่งประกอบด้วยนักวิจัยจากมหาวิทยาลัย นักวิจัยในชุมชน และกลุ่มเกษตรกรจึงได้ร่วมกันปรึกษาหารือ และได้ทำการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้เพื่อเป็นแนวทางในการเลิกใช้สารเคมีทางการเกษตรในชุมชน โดยหันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทดแทนสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. จัดประชุมกลุ่มเกษตรกร ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน นักวิจัยในชุมชน นักวิจัยจากมหาวิทยาลัย และคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการวิจัยฯ และเตรียมแปลงปลูกหอมแดง ณ พื้นที่ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ

2. ทำการปลูกหอมแดงบนแปลงปลูก วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยมี 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 หลังปลูก 30 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 น้ำหนัก 30 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 45 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 14-14-21 และ 25-7-7 อัตราส่วน 3 ต่อ 1 น้ำหนัก 30 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังปลูก 60 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 14-14-21 น้ำหนัก 40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ตำรับการทดลองที่ 2 หลังปลูก 30 และ 45 วัน ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตร เอจี 5 ของหน่วยวิจัยและพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น้ำหนัก 30 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังปลูก 60 วัน น้ำหนัก 40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ตำรับการทดลองที่ 3 หลังปลูก 30 และ 45 วัน ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกร น้ำหนัก 30 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังปลูก 60 วัน น้ำหนัก 40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ตำรับการทดลองที่ 4 หลังปลูก 30 และ 45 วัน ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 14-14-21 อัตราส่วน 3 ต่อ 1 น้ำหนัก 30 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังปลูก 60 วัน น้ำหนัก 40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

3. การเก็บข้อมูล ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช จำนวน 10 กอต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับการทดลอง ทำการเก็บข้อมูล จำนวนหัวต่อกอ ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งดี

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Version 8 (Analytical Software, Inc.)

Table 1 Experiment was to randomized complete block design.

T1	T2	T3	T4
R2	R2	R1	R3
R1	R3	R3	R1
R3	R1	R2	R2

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า จำนวนหัวต่อกอ ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งดีของหอมแดง แสดงดัง Table ผลการวิจัยพบว่า จำนวนหัวต่อกอ ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งดีของหอมแดง ทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ

จำนวนหัวต่อกอและน้ำหนักสด ตำรับที่ 2, 1, 3 และ 4 ให้จำนวนหัวต่อกอ เท่ากับ 6.43, 6.30, 5.83 และ 5.50 หัว ตามลำดับ และน้ำหนักสด เท่ากับ 1381.2, 1320.1, 1306.6 และ 979.6 กรัม ตามลำดับ

น้ำหนักแห้งรวมและน้ำหนักแห้งดี ตำรับที่ 3, 2, 1 และ 4 ให้น้ำหนักแห้งรวม เท่ากับ 537.8, 508.3, 397.6 และ 323 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งดี เท่ากับ 406.1, 380.5, 284.8 และ 241.1 กรัม ตามลำดับ

ส่วนความสูง ตำรับที่ 3, 1, 4 และ 2 เท่ากับ 32.56, 30.68, 29.29 และ 28.86 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรสามารถเลิกใช้ปุ๋ยเคมีในกระบวนการผลิตหอมแดงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใช้ปุ๋ยเคมีโดยตรงในตำรับการทดลองที่ 4 และ 1 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ไม่ว่าจะใช้ปุ๋ยเคมีหรือใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในกระบวนการผลิตหอมแดง ผลผลิตที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นเกษตรกรสามารถเลิกใช้ปุ๋ยเคมีได้ โดยหันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทดแทน

Table 2 The effect of treatments on yield and yield components of Shallot ; *Allium ascalonicum* Linn.

Description	Yield and Yield Components				
	Onion number per clump (ONPC)	Height (H=cm)	Fresh weight (FW=gm)	Mix dry weight (MDW=gm)	Filled dry weight (FDW=gm)
Tr1	6.30	30.68	1320.1	397.6	284.8
Tr2	6.43	28.86	1381.5	508.3	380.5
Tr3	5.83	32.56	1306.6	537.8	406.1
Tr4	5.50	29.29	979.6	323.0	241.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
$LSD_{0.05}$	1.45	5.62	377.58	262.33	212.85
C.V.(%)	12.10	9.28	15.12	29.73	32.47

Means in the same column followed by the same letter are not significant difference ($p<0.05$) by DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ns = not significantly differently * = significantly differently Tr = Treatment

สรุปผล

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตร เอจี 5 ของหน่วยวิจัยและพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นปัจจัยการผลิตตอบสนองต่อจำนวนหัวต่อกอ และ

น้ำหนักสดของหอมแดง สำหรับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรเป็นปัจจัยการผลิตตอบสนองด้านความสูง น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งดีของหอมแดง สรุปแล้วเกษตรกรในชุมชนสามารถนำองค์ความรู้จากงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอดในไร่นาของตนเองและกลุ่มเกษตรกรรายอื่นๆ ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่องนี้ส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2557 ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจากเทศบาล ต.แม่โป่ง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

รัชฎา ศีตะโกเศศ, ม.ป.ป., การปลูกหอมแดง, ฝ่ายส่งเสริมการเกษตร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290 [สืบค้น], http://www.it.mju.ac.th/ [24/ March/ 04].

นิรนาม, ม.ป.ป., การปลูกหัวหอมแดง [สืบค้น], http://myveget.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%E0%B8%94%E0%B8%87.html [24/ March/ 04].

ธงชัย มาลา, 2550, ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศักดิ์ชาย วรามิตร เบลเยี่ยม เจริญพานิช ประเสริฐ หนูจีน และสนั่น รัตนานุกูล, 2536, การศึกษาระยะเวลาและวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับหอมแดง, สรุปงานวิจัยหอม-กระเทียม กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [สืบค้น], http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/research_shallot/research_shallot14.pdf [24/ March/ 04].

อรพิน โปกุล, 2551, ปุ๋ยอินทรีย์, สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง

Antioxidant Activity of *Nelumbo nucifera* Gaerth. Extract

สุรัตน์วดี วงค์คลัง[1] เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์[1] และ อรุณพร อิฐรัตน์[2]
Wongklang, S.[1], Steinrut, L.[1] and Itharat, A[2].

Abstract

Nelumbo nucifera Gaertn. (Lotus) is an aquatic plant distributed throughout tropical regions. It is reported to have antidiarrhoeal, diuretic, antipyretic, antimicrobial, hypoglycemic and antioxidant activity. Lotus was long been used by Thai traditional doctors for treatment heart disease and diabetic patients. The objective of this study was to investigate the antioxidant activity of ethanolic extract from ten parts of *Nelumbo nucifera* Gaerth. (flower, pollen, seed, embryo, torus, leaf, young leaf, flower stalk, bud and root). The antioxidant activity was assayed by scavenging effect on DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical examination. Butylated hydroxytoluene (BHT) was used as positive control. The results were expressed as percentage inhibition by 50 % (EC_{50}). The ethanolic extract of flower was showed the highest antioxidant activity with the EC_{50} 16.32 µg/ml following by flower stalk and torus (EC_{50} = 17.98 and 38.23 µg/ml. respectively). The good antioxidant part of this plant was flower, therefore It's should be continued study and developed to be diabetic drug, health products against diabetes or promote consumption in daily food.

Keywords: antioxidant activity, hypoglycemic activity, DPPH, *Nelumbo nucifera*.

บทคัดย่อ

บัวหลวง *Nelumbo nucifera* Gaertn. ชื่อสามัญว่า Lotus บัวหลวงถือว่าเป็นราชินีแห่งพื้นน้ำเขตศูนย์สูตร มนุษย์รู้จักนำส่วนของพืชชนิดนี้ มาใช้ในเป็นสมุนไพรรักษาอาการท้องเดิน ขับปัสสาวะ แก้ไข้ ป้องกันเชื้อรา และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ตำรับยาแพทย์แผนไทยใช้บัวหลวงรักษาโรคหัวใจและโรคเบาหวาน วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆของบัวหลวง 10 ตัวอย่าง คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดี รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล ราก นำมาทำสารสกัด และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ผลการศึกษาพบว่า กลีบบัวมีฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระ ดีที่สุด โดยมีค่า EC_{50} ต่ำสุดคือ 16.32 µg/ml รองลงมาคือก้านดอกเท่ากับ 17.98 µg/ml รองลงมาคือ รังไข่เท่ากับ 38.23 µg/ml การทดลองสรุปได้ว่ากลีบบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือก้านดอกและรังไข่ อย่างไรก็ตามการนำกลีบบัวหลวงมาเป็นส่วนประกอบอาหารยังมีน้อยไม่แพร่หลาย จึงควรนำส่วนนี้มาใช้เป็นยารักษาเบาหวาน หรือส่งเสริมให้มีการบริโภคกลีบบัวให้มากขึ้น หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เบาหวาน DPPH *Nelumbo nucifera*.

คำนำ

บัวหลวง *Nelumbo nucifera* Gaertn. มีชื่อสามัญว่า Lotus ชื่อเรียกอื่นๆ ได้แก่ บัวหลวง บุณฑริก ปทุม ปทุมมาลย์ สัตตบุษย์ สัตตบงกช และอุบล บัวหลวงถือว่าเป็นราชินีแห่งพื้นน้ำ มีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย และไทย มนุษย์ได้รู้จักคุณค่าในการนำมาประกอบอาหารและสรรพคุณทางยาสมุนไพรของบัวหลวงมาช้านาน สรรพคุณทางเภสัชวิทยา มีการใช้ประโยชน์ในแทบทุกส่วนของบัวหลวง เช่น เมล็ดบัวบำรุงรักษาประสาทและไต แก้อาการท้องร่วง ดีบัวสีเขียวเข้ม ใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณ มีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เกสรตัวผู้ใช้เป็นส่วนผสม

[1] หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Graduate Studies ,Department of food and Nutrition, Faculty of Home Economic Technology Rajamangala University of Technology Thanyaburi 39 Moo1, Rangsit-Nakhonnayok Rd., Klong 6, Thanyaburi Pathum Thani. 12110

[2] สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

[2] Department of Applied Thai Teaditional Medicine, Kunakron Building, Faculty of Medicine Thammasat University (Rangsit Campus) 99 Moo 18 Paholyotin Road, Klongluang Patumthani 12120

ของยาหลายชนิด เช่น ยาลม ยาหอม หรือยานัตถุ์ ก้านใบและก้านดอกนำมาทำยารักษาอาการท้องร่วง รากหรือเหง้านำมาต้มน้ำดื่มแก้ร้อนในกระหายน้ำ ประโยชน์ทางสมุนไพรของบัวหลวงจึงมีอยู่มากมาย

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของบัวหลวง

1. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่พบในเกสร และดอกบัว มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเกสรตัวผู้ มีฤทธิ์จับอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีค่า EC_{50} 42.05 g/ml

2. ฤทธิ์ต้านเบาหวาน เกสรตัวผู้ยังมีฤทธิ์ยับยั้ง rat lens aldose reductase (RLAR) และ advance glycation end products (AGE) โดยมีค่า IC50 48.30 และ 125.48 g/ml ตามลำดับ ซึ่งการยับยั้ง RLAR และ AGEมีผลต่อการลด การเกิดภาวะเบาหวาน

3. ฤทธิ์ทำให้นอนหลับ สารแอลคาลอยด์ ที่พบในบัว มีผลทำให้หนูนอนหลับ สารสกัดเมทานอลจากเหง้าบัว ทำให้ ลดพฤติกรรม และกิจกรรมต่างๆในสัตว์ โดยเพิ่มการเกิด pentobarbitone-induced sleeping time ในหนู

4. ฤทธิ์ลดปวด และต้านการอักเสบ สารแอลคาลอยด์ ที่พบในบัว มีฤทธิ์ลดอาการปวด และแก้อักเสบสารสกัดเมทานอลจากเหง้าในขนาด 200 มก./กก. และ 400 มก./กก. ลดการอักเสบในหนู โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับ phenylbutazone และdexamethasoneทั้งการทดสอบในหลอดทดลอง และสัตว์ทดลอง

อนุมูลอิสระ (Free radical) มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดโรคต่างๆหลายชนิด การมีอนุมูลอิสระมากเกินสมดุลก่อให้เกิดภาวะที่เซลล์และร่างกายถูกออกซิไดซ์ หรือภาวะออกซิเดทีฟสเตรส (Oxidative stress) ซึ่งสามารถนำไปสู่การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ (โอภา, 2537) โดยทั่วไปการสร้างอนุมูลอิสระเกิดขึ้นตลอดเวลา แต่ร่างกายมีระบบในการป้องกันตัวเอง และสามารถช่วยลดความรุนแรงจากพิษของอนุมูลอิสระได้โดยอาศัยสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ซึ่งเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้โดยตรง เพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นสารที่สามารถชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายเช่น โปรตีน เอนไซม์ และดีเอ็นเอ ดังนั้นการใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกแดนท์ (Antioxidant) จะช่วยยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ประกอบของเซลล์ ในหลายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหาใจ และเบาหวาน (Chew และคณะ, 2008) สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่จำนวนมากทั้งที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น และที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ในพืชโดยทั่วไปจะพบสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ โคเอนไซม์ เอนไซม์ คิวเทน (Beyer, 1992) สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid), วิตามินอี (α-Tocopherol) และกลูตาไธโอน (Gluthatione) เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสมุนไพรและผักพื้นบ้านไทยหลายชนิดมีสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ป้องกัน การเกิดภาวะออกซิเดทีฟสเตรสเป็นองค์ประกอบ ทำให้ผู้คนเล็งเห็นถึงความสำคัญของการบริโภคผักและสมุนไพรพื้นบ้านที่ปลอดสารพิษมากขึ้นเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับ (สมหมาย, 2551) ที่กล่าวว่า พืชที่มีความสามารถใน การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมักจะมีสารประกอบหลัก คือ สารฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาวานอยด์ กรดฟีนอลิก และแอนโธไซยานิน ซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้นและเปลือกของพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ นำส่วนของบัวหลวงที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติจังหวัดนครปฐม 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก ทำให้แห้งด้วยการนำมาอบในตู้อบ ที่มีอุณหภูมิ 50°C

ข้อมูลทางสมุนไพรของบัวหลวง

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Nelumbo nucifera*
ชื่อวงศ์	Nelumbonaceae
ชื่อทั่วไป	Lotus
ชื่อไทย	บัวหลวง
เลขสมุนไพร	SKG 125141401
แหล่งวัตถุดิบ	นครปฐม

2. การทำสารสกัด นำวัตถุดิบมาบดให้ละเอียด หมักด้วย Ethanol 95% นาน 3 วัน จากนั้นนำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนที่กรองได้มาระเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสาร (evaporator) นำสารสกัดหยาบที่ได้ 3 ครั้ง มารวมกันและคำนวณหาค่า % ของสารสกัดที่ได้ เก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ -20°C

3. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (Yamasaki, 1994) โดยนำสารสกัดมาละลาย Absolute ethanol ปรับให้มีความเข้มข้น 1, 10, 50, 100 µg/ml ทดสอบด้วยสารละลาย DPPH และใช้ BHT (Butylated hydroxytoluene) เป็นสารมาตรฐาน มาใส่ใน 96-well plate ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที ให้เกิดปฏิกิริยา หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยเครื่อง microplate reader นำค่าที่ได้มาคำนวณค่า % Inhibition และคำนวณหาค่า EC_{50} ด้วยโปรแกรมปริซึม (Prism program) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

สูตรการคำนวณหา % inhibition

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{control} - \text{sample}}{\text{control}} \times 100$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดสมุนไพรด้วยเอทธานอล 95% จากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ตัวอย่าง โดยนำมาอบ บดให้ละเอียด หมักแล้วนำมากรอง และระเหยให้แห้งจนได้สารสกัดหยาบ (Crude fiber) ปริมาณสารสกัดจากส่วนของบัวหลวงที่ได้สูงสุดสามอันดับแรกคือ ใบแก่ กลีบดอก และดีบัว ปริมาณสารสกัดที่ได้ 13.82%, 12.54%, และ 10.53% ตามลำดับ

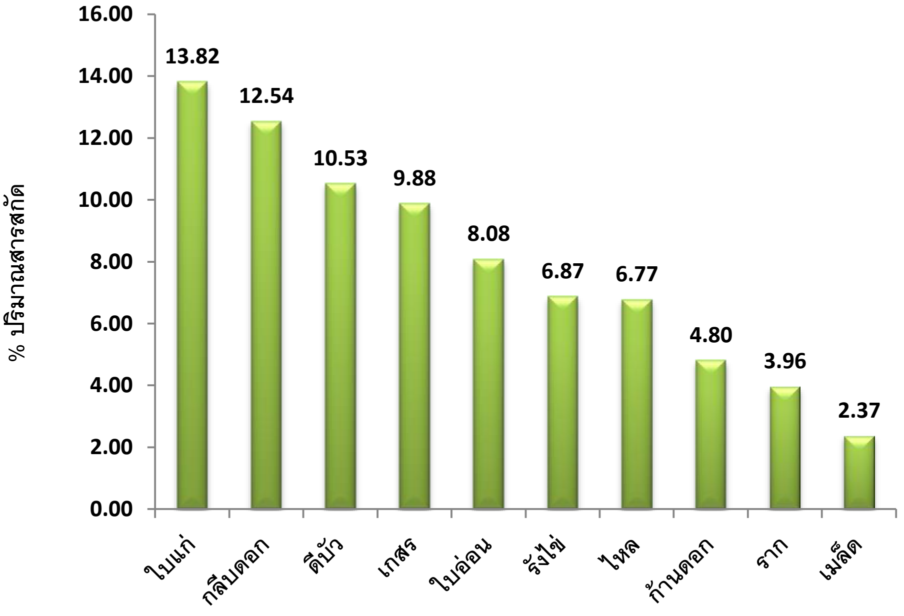


Figure 1 Yield percentage of extract from ten parts of *Nelumbo nucifera* Gaerth.

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้ Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็น สารมาตรฐาน ในการทดสอบ ซึ่งมีค่า EC_{50} = 13.19 µg/ml พบว่าส่วนประกอบของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน กลีบบัวและก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยกลีบบัวมีค่า EC_{50} ต่ำสุดคือ 16.32 µg/ml รองลงมาคือก้านดอกมีค่า EC_{50} เท่ากับ 17.98 µg/ml ส่วนรังไข่และดีบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปลานกลาง โดย รังไข่มีค่า EC_{50} เท่ากับ 38.23 µg/ml ส่วนดีบัวมีค่า EC_{50} เท่ากับ 45.81 µg/ml ส่วนรากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยต่ำที่สุด โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 68.05 µg/ml ส่วน เกสร, ใบอ่อน, ใบแก่, เมล็ด และไหลไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูล อิสระน้อย (EC_{50} > 100 µg/ml) ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่ากลีบบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือก้านดอก

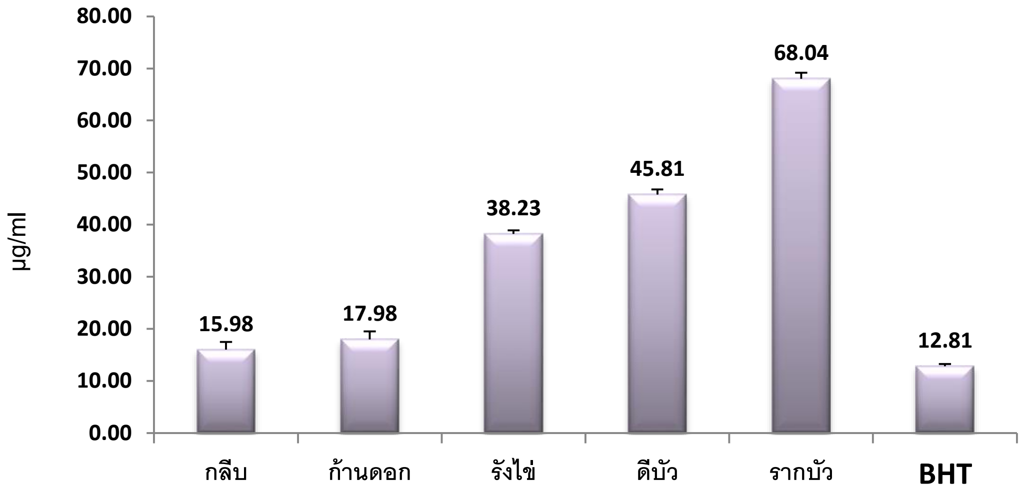


Figure 2 Antioxidant activity of ethanolic extract from five parts of *Nelumbo nucifera* Gaerth.

สรุปผล

ผลการศึกษาสรุปว่ากลีบบัวและก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนประกอบอื่นๆ ที่ทำการศึกษา จึงควรจะมีการส่งเสริมให้มีการบริโภคทั้งกลีบบัว และส่วนที่มีประโยชน์ทางสมุนไพรที่มีฤทธิ์ทางยา เพิ่มมากขึ้น ทั้งในเมนูอาหาร ขนม หรืออาหารว่าง หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพและผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อใช้ในกลุ่มคนที่รักสุขภาพ เพื่อป้องกันการเกิดโรคต่อไป

คำขอบคุณ

1. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2. สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม, 2554, อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์, 1(1): 59-70.

เดชา ศิริภัทร, 2546, สมุนไพรจากครัวไทย, สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ, หน้า 90-91.

สมหมาย ปัตตาลี, 2551, การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด, ปริญญาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2537, สารต้านอนุมูลอิสระ, นนทบุรี, หน้า 1-39.

Beyer, R.E., 1992, An Analysis of Role of Coenzyme Q in Free Radical Generation and As Antioxidant, Biochemistry and Cell Biology, 70: 390–403.

Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omal, M. and Khoo, K.S., 2008, Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia, Journal of Food Science and Technology, 41(6): 1067-1072.

Yamasaki, K., Hashimoto, A., Kokusenya, Y., Miyamoto, T. and Sato, T., 1994, Electrochemical Method for Estimating the Antioxidative Effects of Methanol Extracts of Crude Drugs, Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 42: 1663-1665.

การย่อยแป้งข้าวตกเกรดด้วยเอนไซม์อะไมเลสทางการค้า

Hydrolysis of Low Grade Rice Starch by Commercial Enzyme Amylase

เกศรินทร์ ไกลถิ่น[1] นงพงา คุณจักร[1] และ อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์[1]

Klaithin, K.[1], Khunajakr, N.[1] and Wongwicharn, A.[1]

Abstract

Low grade rice is the waste material from rice industry. It's composed of 77.42±0.20 carbohydrate. It can be used as starting material for sugar production such as maltose and glucose. In this study, the method was divided into 2 steps: liquefaction by commercial alpha-amylase (Liquozyme® Supra) and saccharification by commercial glucoamylase (Spirizyme® Ultra). Results show that for the first step, 1.12 units of Liquozyme® Supra at pH 5.5, 90-95°C and 1 hr. were the best conditions for maltose production (48.77±3.05 g/l). The second part, the best conditions for glucose production (86.23±1.44 g/l) were 4.5 units of Spirizyme® Ultra, pH 5.5, 60-65°C and 24 hr. The analyse indicated that hydrolysis of low grade rice by Liquozyme® Supra and Spirizyme® Ultra with optimized enzyme loading at 1.12 and 4.5 units, respectively, is a potential means to produce glucose, which can be applied in ethanol and vinegar industries.

Keywords: commercial enzyme, amylase, glucose, low grade rice

บทคัดย่อ

ข้าวตกเกรดเป็นวัตถุดิบของเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปข้าว ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือคาร์โบไฮเดรต 77.42±0.20% สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตน้ำตาล เช่น มอลโตสและกลูโคส เป็นต้น ในการทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการย่อยสลายแป้ง (liquefaction) ให้เหลวด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทางการค้า (Liquozyme® Supra) และขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนแป้งเหลวให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (saccharification) ด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสทางการค้า (Spirizyme® Ultra) จากผลการทดลองพบว่า Liquozyme® Supra 1.12 units เป็นปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยแป้งข้าวตกเกรดที่ความเข้มข้น 100 g/l ในสภาวะที่มี pH 5.5 ที่อุณหภูมิ 90-95°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลมอลโตสได้ 48.77±3.05 g/l จากนั้นนำไปย่อยต่อด้วย Spirizyme® Ultra 4.5 units ในสภาวะที่มี pH 5.5 ที่อุณหภูมิ 60-65°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลกลูโคสได้ 86.23±1.44 g/l จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณ Liquozyme® Supra 1.12 units และ Spirizyme® Ultra 4.5 units เป็นปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยแป้งข้าวตกเกรดให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป เช่น การผลิตเอธานอลหรือน้ำส้มสายชู เป็นต้น

คำสำคัญ: เอนไซม์ทางการค้า อะไมเลส กลูโคส ข้าวตกเกรด

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวประเภทต่างๆ ทั้งประเภทอบ ประเภทเส้น ประเภทแป้งสตาร์ชและผลิตภัณฑ์จากสตาร์ช กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศรวมทั้งหมด 710 โรง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550) วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหล่านี้ คือ ข้าวสารที่ต้องนำมาคัดแยกคุณภาพ ซึ่งจะได้ส่วนของข้าวตกเกรดอยู่ประมาณ 2.5% หรือคิดเป็น 2.75 แสนตันต่อปี จากปริมาณข้าวที่ผลิตได้ทั้งหมดต่อปีประมาณ 11 ล้านตัน (ยุทธศาสตร์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมข้าว ปี พ.ศ. 2554-2559, 2555) ข้าวตกเกรดเป็นส่วนของข้าวที่มีเมล็ดไม่สมบูรณ์ และข้าวที่มีสีไม่สม่ำเสมอ รวมทั้งมีสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น กรวด หิน และเมล็ดวัชพืช ฯลฯ (จุลมณี ไพฑูรย์เจริญลาภ, 2552) เมื่อนำข้าวตกเกรดที่ได้คัดแยกสิ่งเจือปนออกไป มาวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นพบว่ามีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักถึง 77.42±0.20% งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำข้าวตกเกรดมาใช้เป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในการผลิตน้ำตาลกลูโคส โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสทางการค้ามาช่วยย่อย ในการทดลองได้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทาง

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[1] Department of Microbiology, Faculty of science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd, Thung Khru, Bangkok 10140

การค้า (Liquozyme® Supra) มาย่อยแป้งให้เป็นเหลวซึ่งหลักๆ ประกอบด้วยน้ำตาลมอลโตส แอลฟาลิมิตเดรกตรินต์ และโอลิโกแซคคาไรด์ (liquefaction) และขั้นตอนที่สองเป็นการย่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (saccharification) ด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสทางการค้า (Spirizyme® Ultra)

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์สมบัติและองค์ประกอบทางเคมี โดยนำข้าวตกเกรดจากอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวของบริษัท ไทยเอเชียไรซ์โปรดักส์ จังหวัดแพร่ มาคัดแยกสิ่งเจือปน จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงร่อน (laboratory test sieve) ขนาด 80 mesh จากนั้นหาความชื้น และวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้า (AOAC, 1995)

การย่อยแป้งข้าวตกเกรดด้วยเอนไซม์ทางการค้าเพื่อหาปริมาณเอนไซม์และเวลาที่เหมาะสมในการย่อย โดยเตรียมสารละลายน้ำแป้งข้าวตกเกรดที่ความเข้มข้น 100 g/l ที่ pH 5.5 ปริมาตร 100 ml จากนั้นเจลาติไนซ์โดยนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมเอนไซม์ Liquozyme® Supra (Novozymes, Denmark) ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 8.44, 1.69 และ 1.12 units เขย่าให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิ 90-95 ^{O}C เป็นเวลา 120 นาที เก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวซ์ที่ความเร็วรอบ 7,000 rpm ที่อุณหภูมิ 25^{O}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลมอลโตสโดยวิธี DNS Method (Miller, 1959) และวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธี Starch- iodine assay (Xiao และคณะ, 2006) จากนั้นเป็นขั้นตอนการย่อยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนแรกด้วยเอนไซม์ Spirizyme® Ultra (Novozymes, Denmark) ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 9.0, 4.5, 1.8 และ 0.9 units ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิ 60-65^{O}C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7,000 rpm ที่อุณหภูมิ 25^{O}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสด้วย DNS Method (Miller, 1959) (ทุกการทดลองทำ 3 ซ้ำ)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวตกเกรด พบว่าแป้งข้าวตกเกรดมีความชื้น 9.80±0.14% และมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก 77.42±0.20% รองลงมาคือโปรตีน 9.81±0.03% และมีไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้า เท่ากับ 0.95±0.10%, 0.98±0.08%, 1.82±0.04% ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งพบว่าข้าวตกเกรดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวตามทฤษฎีคือ 79.2% (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ดังนั้นแป้งข้าวตกเกรดจึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตน้ำตาลกลูโคสได้

Table 1 Proximate composition of low grade rice

Proximate composition	Content (% w/w)
Moisture	9.80±0.14
Ash	1.82±0.08
Protein	9.81±0.03
Lipid	0.95±0.10
Crude fiber	0.98±0.04
Carbohydrate	77.42±0.20

ในขั้นตอนการย่อยแป้งข้าวตกเกรดด้วยเอนไซม์ทางการค้า ขั้นตอนแรกเป็นการย่อยแป้งข้าวตกเกรดที่ความเข้มข้น 100 g/l โดยแปรผันปริมาณเอนไซม์ Liquozyme® Supra ต่างๆ กัน ในสภาวะที่มี pH 5.5 ที่อุณหภูมิ 90-95^{O}C เป็นเวลา 120 นาที และเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลมอลโตสและแป้งที่เหลือจากการย่อย ที่เวลาต่างกันผลดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำตาลมอลโตสที่ได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ อย่างไรก็ดีเมื่อใช้ Liquozyme® Supra ทั้ง 3 ความเข้มข้น (8.44, 1.69 และ 1.12 units) พบว่าแป้งถูกย่อยเกือบทั้งหมด และที่เวลา 60 นาทีมีแป้งเหลือจากการย่อยเพียง 0.30±0.05, 3.46±0.24 และ 9.64±0.95 g/l ตามลำดับ มีปริมาณน้ำตาลมอลโตส 67.53±0.08, 56.61±0.23 และ48.77±3.05 g/l ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านอกจากน้ำตาลมอลโตสแล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้ อาจอยู่ในรูปของแอลฟาลิมิต

เดรกตรินต์ ที่ประกอบด้วยกลูโคส ตั้งแต่ 4 units ขึ้นไป และโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีความยาวแตกต่างกัน เนื่องจาก Liquozyme® Supra เป็นเอนไซม์ในกลุ่มแอลฟาอะไมเลสที่ย่อยแป้งแบบสุ่ม (van der Maarel และคณะ, 2002) ดังนั้น ปริมาณเอนไซม์ 1.12 units จึงเพียงพอต่อการย่อยแป้งให้เหลวก่อนนำไปย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคสในขั้นตอนต่อไป

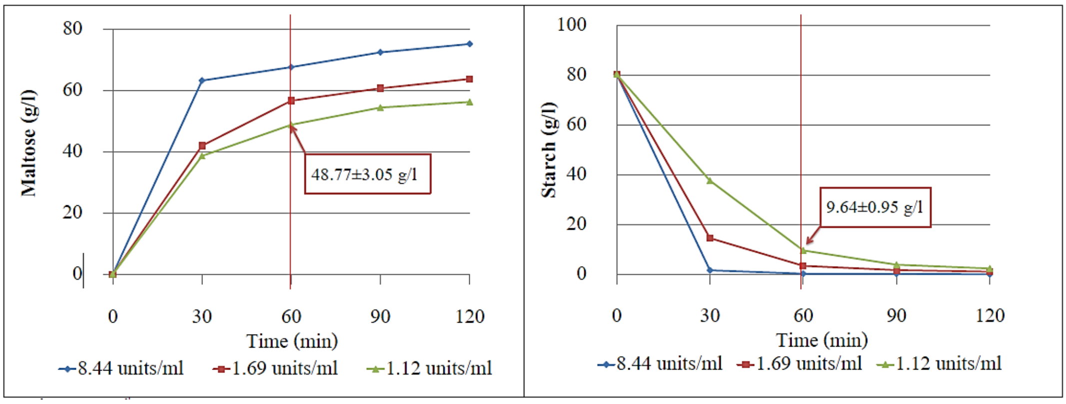


Figure 1 Maltose and starch content after hydrolyzed at various concentration of Liquozyme® Supra for 0 to 120 min.

ในขั้นตอนที่สองเป็นการผลิตน้ำตาลกลูโคสโดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนแรกมาย่อยต่อด้วยเอนไซม์ Spirizyme® Ultra ที่แปรผันปริมาณต่างกัน ในสภาวะที่มี pH 5.5 อุณหภูมิ 60-65°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จาก Figure 2 พบว่าเอนไซม์ Spirizyme® Ultra ปริมาณ 9.0 และ 4.5 units มีประสิทธิภาพในการย่อยใกล้เคียงกัน ซึ่งพบว่าการย่อยที่เวลา 24 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคส 86.24±1.67 และ 86.23±1.44 g/l ตามลำดับ และสูงกว่าปริมาณกลูโคสที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Spirizyme® Ultra ปริมาณ 1.8 และ 0.9 units ที่ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพียง 70.34±1.43 และ 69.86±3.97 g/l ตามลำดับ ดังนั้นเอนไซม์ Spirizyme® Ultra ในปริมาณ 4.5 units จึงเหมาะสมในการย่อยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนแรกให้เป็นน้ำตาลกลูโคส โดยใช้เวลาในการย่อยเพียง 24 ชั่วโมง และน้ำตาลที่ได้มีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับทฤษฎีการย่อยแป้ง คือ แป้ง 100 g/l จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลกลูโคส 96.00 g/l (Adinarayana และ Suren, 2005)

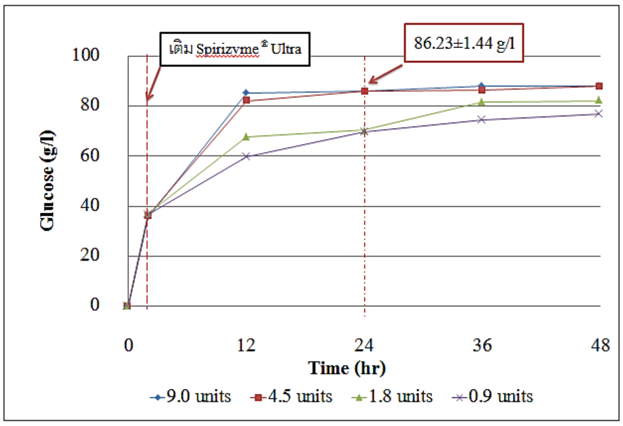


Figure 2 Glucose content of low grade rice after hydrolyzed at various concentration of Spirizyme ® Ultra for 0 to 48 hr.

สรุปผล

แป้งข้าวตกเกรดมีองค์ประกอบหลักคือคาร์โบไฮเดรต 77.42±0.20% จึงสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตน้ำตาลกลูโคสได้ และปริมาณเอนไซม์ทางการค้าที่เหมาะสมในการย่อยแป้งข้าวตกเกรด 100 g/l ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส คือ ขั้นตอนแรกย่อยด้วยเอนไซม์ Liquozyme® Supra 1.12 units ที่สภาวะ pH 5.5 อุณหภูมิ 90-95°C เป็นเวลา 60 นาที และตามด้วยขั้นตอนที่สองย่อยด้วยเอนไซม์ Spirizyme® Ultra 4.5 units ที่สภาวะ pH 5.5 อุณหภูมิ 60-65°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคส 86.23±1.44 g/l ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ ได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้าน และขอขอบคุณบริษัท ไทยเอเชียไรซ์โปรดักส์ จังหวัดแพร่ ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างข้าวตกเกรด

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550, โครงสร้างอุตสาหกรรมข้าวและผลิตภัณฑ์แปรรูปของไทย ปี 2551 [สืบค้น], http://www.diw.go.th/ [27/ January/ 2014].

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร

จุลมณี ไพฑูรย์เจริญลาภ, 2552, ข้าว:เทคโนโลยีการปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว, ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร, หน้า 157-158.

ยุทธศาสตร์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมข้าว (พ.ศ. 2554-2559), 2555, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 7.

Adinarayana, K. and Suren, S., 2005, Response Surface Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Maize Starch for Higher Glucose Production, Biochemical Engineering Journal, 27: 179-190.

Association of Official Analytical Chemisists (AOAC), 1995, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed., AOAC International, Arlington, Virginia, USA.

Miller, G. L., 1959, Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar, Analytical Chemistry, 31: 426-428.

Shariffa, Y.N., Karim, A.A., Fazilah, A. and Zaidul, I.S.M., 2009, Enzymatic Hydrolysis of Granular Native and Mildly Heat-Treated Tapioca and Sweet Potato Starches at Sub-Gelatinization Temperature, Food Hydrocolloids, 23(2): 434-440.

van der Maarel, M.J.E.C., van der Veen, B., Uitdehaag, J.C.M., Leemhuis, H. and Dijkhuizen, L., 2002, Properties and Applications of Starch-Converting Enzymes of the α-Amylase Family, Journal of Biotechnology, 94(2): 137-155.

Xiao, Z., Storms, R. and Tsang, A., 2006, A Quantitative Starch–Iodine Method for Measuring Alpha-Amylase and Glucoamylase Activities, Analytical Biochemistry, 351(1): 146-148.

การใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม

Using of Orange Peel Powder as a Fat Replacer in Salad Dressing

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] ชนิการณ์ นุ่มเอี่ยม[1] และ นัฐพล วิเชียรพจน์[1]
Tanganurat, P.[1], Numeaim, C.[1] and Wichianpod, N.[1]

Abstract

Effects of orange peel powder as a fat replacer in salad dressings at different concentrations (0, 3, 5 and 7%w/w) were studied. The quality and sensory attributes of products were investigated. The results had shown that viscosity increased with increasing orange peel powder concentration. Salad dressing using 7% orange peel powder showed the highest content of fiber (1.32%). The use of orange fiber as a fat replacer in salad dressing led to a 16.35% reduction of fat. For sensory evaluation, salad dressings used 3% orange peel powder was the most sensorial properties and acceptance. Orange peel powders have proven to be a promising alternative as a fat replacer in salad dressing.

Keywords: salad dressing, orange peel powder, fat replacer

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ความเข้มข้นต่างๆ (0, 3, 5 และ 7% โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม โดยทำการการวิเคราะห์คุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของผงเปลือกส้ม ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ความเข้มข้น 7% มีปริมาณ ใยอาหารมากที่สุด (1.32%) และการใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีมสามารถลดปริมาณไขมัน ในผลิตภัณฑ์ลงได้ 16.35% การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผง เปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมันที่ 3% มากที่สุด ผงเปลือกส้มเขียหวานจึงนับเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับใช้เป็นสาร ทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม

คำสำคัญ: น้ำสลัดครีม ผงเปลือกส้มเขียวหวาน สารทดแทนไขมัน

คำนำ

น้ำสลัดครีมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รู้จักกันทั่วไป และบริโภคมาเป็นเวลานาน มักรับประทานคู่กับผักสลัด โดยปกติ น้ำสลัดจะมีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพ เนื่องจากมีผลทำให้เกิดคลอเลสเตอรอลก่อให้เกิดโรคหลอดเลือด ไปเลี้ยงหัวใจตีบอันเป็นสาเหตุการตายอันดับต้นๆของประเทศ

กากส้มเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร ซึ่งมีปริมาณมากและมูลค่าต่ำ ส่วนใหญ่ ถูกนำไปทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ รวมทั้งนำไปสกัดเพคติน โดยกากใยส้มเป็นแหล่งของใยอาหารซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน หรือพรีไบโอติคซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติคที่มีอยู่ในลำไส้ของมนุษย์ (Sendra และคณะ, 2008) และยังเป็นองค์ประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพ หรือที่เรียกว่า functional foods (มลศิริ, 2545) โดยอาจนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันที่จัดอยู่ในกลุ่ม carbohydrate – based fat replacer ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin) กัม (gum) สตาร์ช (starch) ไฟเบอร์ (fiber) และ polydextrose (พริญดา, 2552) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมโดยใช้เปลือกส้มซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นสาร ทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม เพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาเพิ่มมูลค่า อีกทางหนึ่งด้วย

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1] Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกส้มเขียวหวานมาล้างน้ำเกลือ จากนั้นนำไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะ เวลา 18 ชั่วโมง จนเปลือกมีความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 4-5% จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดเป็นผง (อรุณี, 2541)

การศึกษาปริมาณของผงเปลือกส้มเขียวหวานที่เหมาะสมในการทำน้ำสลัดที่ระดับต่าง ๆ

ทำการผลิตน้ำสลัดที่ใส่ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดปริมาณ 0 3 5 และ 7% โดยน้ำหนัก ของผงเปลือกส้มเขียวหวานต่อน้ำมันข้าวโพด โดยนำส่วนผสมทั้งหมดตามอัตราส่วนมาทำตามสูตร ใช้สูตรควบคุมของ มะลิ และคณะ (2542) จากนั้นใช้เครื่องตีครีมตีไข่แดงกับเกลือจนเป็นครีมสีขาว จากนั้นเทนมข้นหวาน น้ำส้มสายชู และมัสตาร์ด ลงไปปั่นจนเป็นเนื้อเดียวกัน และค่อยๆ รินน้ำมันข้าวโพดลงไปในส่วนผสมที่ปั่นอยู่จนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำผงเปลือก ส้มเขียวหวานใส่ลงไปตามสูตรแล้วตีผสมให้เข้ากัน

จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องวัดความหนืดของอาหารด้วยเครื่อง Bostwick Consistometer และการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยทำการวิเคราะห์ปริมาณ ความชื้นของเปลือกส้มเขียวหวาน และปริมาณไขมัน โปรตีน ใยอาหาร ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) และค่าความ เป็นกรด-ด่าง รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดครีมที่ทดแทนไขมันด้วยผงเปลือก ส้มเขียวหวานทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติตกค้าง และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 60 คน และใช้แบบทดสอบชิม 9-point hedonic scale

การศึกษาคุณภาพของน้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมัน ทางกายภาพและเคมีใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design: RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยแสดงผลเป็น ANOVA ที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณลักษณะเปลือกส้มเขียวหวานอบแห้ง

จากการทดลองการอบแห้งเปลือกส้มเขียวหวาน โดยนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมง โดยมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 72.4% จนเปลือกมีความชื้นเหลืออยู่ที่ 4-5% หลังจากนั้นนำไปบดโดยใช้เครื่องปั่น ใช้เวลา 3 นาที พบว่าผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ได้มีลักษณะป่นเป็นผงละเอียด มีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นเปลือกส้มเขียวหวาน

2. การศึกษาคุณภาพของน้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมัน

จากการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมัน พบว่า ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของผงเปลือกส้มเขียวหวานมากจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความข้นหนืดมาก มีสี เหลืองอมเขียวมาก กลิ่นเปลือกส้มเขียวหวานแรงกว่ากลิ่นน้ำส้มสายชูเล็กน้อย รสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย มีรสขมมากขึ้น เมื่อมีการเติมผงเปลือกส้มปริมาณมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า L^* (ความสว่าง) ของน้ำสลัดครีมสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่สลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวาน 7% มีค่าความสว่างต่ำที่สุด เนื่องจากผงเปลือกส้มเขียวหวานมีลักษณะที่เป็นผงสีเขียวเข้ม เมื่อใช้ในปริมาณที่มีอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสว่างที่ลดลง ด้านค่าสี a^* เป็นบวก และ b^* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีแดงและสีเหลือง ในสูตรมีการใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ต่างกัน จึงได้ผลิตภัณฑ์มีสี เหลืองอมเขียวที่ต่างกัน ดังแสดงใน Table 1 สำหรับการวิเคราะห์ค่าความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือก ส้มเขียวหวานในปริมาณต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าอัตราส่วนของผงเปลือกส้มเขียวหวานมีผลต่อ ความข้นหนืดและค่าสีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเปลือกส้มเขียวหวานมีองค์ประกอบของเพคตินอยู่ ดังนั้นเมื่อนำผงเปลือกส้ม เขียวหวานใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์จะทำให้มีลักษณะข้นหนืด โดยเพคตินจะถูกดึงน้ำออกมีผลทำให้เพคตินมีประจุลบ จึงทำให้ ลดแรงระหว่างสายโซ่ ทำให้การอุ้มน้ำอิสระเอาไว้ เรียกว่าเกิดเจล ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืด สามารถใช้ในรูปของสาร ทดแทนไขมันได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ (วีรญา และ รัตติกาล, 2554)

Table 1 Changes in the color and viscosity of the salad dressing used orange peel powder as fat replacers.

Salad dressing	Color			Viscosity
	L^*	a^*	b^*	(cm)
Control	6.80^{a}	1.30^{c}	0.80^{d}	12.50^{a}
3%(w/w) orange peel powder	2.90^{b}	1.40^{b}	0.90^{c}	11.83^{b}
5%(w/w) orange peel powder	0.20^{c}	1.70^{a}	1.60^{b}	11.66^{c}
7%(w/w) orange peel powder	0.10^{d}	0.10^{d}	1.80^{a}	11.50^{d}

Mean values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ 0% 3% 5% และ 7% มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) มีปริมาณโปรตีนที่ไม่ แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าใยอาหารและไขมัน พบว่าน้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวาน 7% มีค่าไขมันน้อยที่สุด และใยอาหารมากที่สุด คือ ร้อยละ 40.45 และ 1.32 ตามลำดับ น้ำสลัดครีมสูตรควบคุม มีค่าไขมันมากที่สุดและใยอาหาร น้อยที่สุด คือร้อยละ 48.39 และ 1.08 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2 ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวาน เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยปริมาณไขมันอยู่ระหว่างร้อยละ 40.45-48.39 ซึ่งตามมาตรฐานได้กล่าวว่า ต้องมีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก แต่ไม่ถึงร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก เนื่องจากการใช้ผงเปลือกส้มเขียว หวานเป็นสารทดแทนไขมันโดยลดปริมาณของไขมันลง และใยอาหารในผงเปลือกส้มเขียวหวานยังมีความสามารถในการ ละลาย เกิดการอุ้มน้ำ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างไม่ควรเกิน 4.1 ตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด (ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540)

Table 2 Chemical analysis of the salad dressing used orange peel powder as fat replacers.

Salad dressing	pH	Acidity (%)	Fiber (%)	Protein (%)	Fat (%)
Control	3.66^{b}	0.90	1.08^{d}	2.81^{b}	48.39^{a}
3%(w/w) orange peel powder	3.63^{c}	0.96	1.19^{c}	2.75^{d}	46.84^{b}
5%(w/w) orange peel powder	3.61^{d}	0.90	1.27^{b}	2.79^{c}	46.21^{c}
7%(w/w) orange peel powder	3.69^{a}	0.96	1.32^{a}	2.82^{a}	40.45^{d}

Mean values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมัน ไม่พบเชื้อยีสต์ในน้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานที่ 0% 3% และ 5% แต่พบที่ 7% ไม่เกิน 100 cfu/g ซึ่งไม่เกิน มาตรฐานสำนักงานมาตรฐานโดยต้องมีปริมาณเชื้อยีสต์และราไม่เกิน 250 cfu/g (ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540) ส่วน โคลิฟอร์มไม่พบในผลิตภัณฑ์

Table 3 Sensory analysis of the salad dressing used orange peel powder as fat replacers.

Salad dressing	Color	Odor	Taste	Texture	After taste	Overall acceptance
Control	6.62	6.44	6.68^{b}	6.44	6.44^{b}	6.72
3%(w/w) orange peel powder	6.72	6.74	6.74^{a}	6.52	6.52^{a}	6.92
5%(w/w) orange peel powder	6.70	6.44	6.44^{c}	6.64	6.24^{c}	6.80
7%(w/w) orange peel powder	6.22	6.52	6.24^{d}	6.72	6.04^{d}	6.64

Mean values (n=60) in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รสชาติตกค้าง และความชอบโดยรวม พบว่ารสชาติและรสชาติตกค้างมีคะแนนความชอบต่ำเมื่อมีการเติมผงเปลือกส้มเขียวหวานมากขึ้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 3% ดังแสดงใน Table 3 โดยน้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมันที่ 3% 5% และ 7% มีรสขมเกิดขึ้น เนื่องจากในเปลือกส้มเขียวหวานมีสารจำพวก Polymethoxylated Flavones (PMFs) และสาร D-Limonene สารเหล่านี้ ส่งผลในด้านรสชาติโดยมีรสขม หากใช้ในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีรสขมมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุณี (2541) ที่ใช้เปลือกมะนาวเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม และการยอมรับด้านสี กลิ่น เนื้อ สัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมัน 7% มีสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าความข้นหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงที่สุด ในขณะที่มีไขมันน้อยที่สุด คือร้อยละ 40.45 แตกต่างจากสูตรควบคุม (ไม่เติมผงเปลือกส้มเขียวหวาน) จะมีค่าไขมันมากที่สุด คือร้อยละ 48.39 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีมที่ใช้ผงเปลือกส้มเขียวหวานเป็นสารทดแทนไขมัน 3% มีค่าคะแนนความชอบด้าน รสชาติ และรสชาติตกค้างมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

พชิญดา แก้วสวี, 2552, การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มะลิ เนติประมุข เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์, 2542, การพัฒนาน้ำสลัดครีมลดพลังงาน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลศิริ วีโรทัย, 2545, เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการจำกัด, 260 น.

วีรญา ปัญจะมะวัต และรัตติกาล รอดเล็ก, 2554, การสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วย, ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและสลัดครีม, กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

อรุณี ตรีศิริโรจน, 2541, การใช้เปลือกมะนาวเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

AOAC, 2000, Official Methods of the Association of official Analytical Chemists, 17th ed., Washington D.C., Association of Official Analytical Chemists.

Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E. and Perez-Alvarez, J.A., 2008, Incorporation of Citrus Fibers in Fermented Milk Containing Probiotic Bacteria, Food Microbiology, 25: 13–21.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 685-688 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 685-688 (2557)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะที่มีกรดไขมันอิสระสูง
Study on Potential of Biodiesel Production from Rambutan Seeds Containing High Free Fatty Acids

ศิวัสม์ ใสโต[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]
Saito, S.[1], Pairintha, R.[2] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

This research studied the production of biodiesel from oil extracted from rambutan seeds which are waste from agricultural industry. However, crude oil from rambutan seeds generally contain high free fatty acids affecting the trans-esterification process of biodiesel production. Therefore, studied parameters in this work are alcohol to oil mole ratio. The catalyst used is 2 mol/l sulfuric acid at temperature of 60°C with reaction time of 120 minutes. The result is compared to the standard of biodiesel. It is found that the yield of biodiesel from rambutan seed oils is approximately 90%, with the viscosity of 3 cSt and the cetane index of 64.01 which agree well with the biodiesel standard.

Keywords: biodiesel, esterification, rambutan seeds, high free fatty acids

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการผลิต คือ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6, 9 และ 12 ต่อน้ำมัน 1 ส่วน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดซัลริกความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 120 นาที แล้วเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน จากการทดลองพบว่าที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 จะให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 95.6% สรุปได้ว่าการใช้น้ำมันเมล็ดเงาะเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน จะให้ร้อยละการผลิต (%Yield) มากกว่า 90% มีค่าความหนืดเท่ากับ 3.0 เซนติสโตกส์ ค่าดัชนีซีเทนเท่ากับ 64.01 และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนแล้วไบโอดีเซลที่ได้สามารถผ่านค่ามาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล เอสเทอริฟิเคชัน เมล็ดเงาะ กรดไขมันอิสระสูง

คำนำ

ไบโอดีเซลเป็นหลังงานมาทดแทนและพลังงานทางเลือก ซึ่งในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญต่อพลังงานทางเลือกมากขึ้น เนื่องจากวิกฤตน้ำมันของโลกมีมากขึ้นเป็นลำดับ และราคาน้ำมันราคาน้ำมันดิบสูงมากเป็นประวัติการณ์ไม่มีท่าว่าจะลดลง ปัญหาต่าง ๆเหล่านี้ทำให้มีการมองหาพลังงานทดแทน ดังนั้นไบโอดีเซลจึงเข้ามามีบทบาท และคาดว่าจะเป็นเชื้อเพลิงหลักของโลกในอนาคต เนื่องจากไบโอดีเซลเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าน้ำมันดีเซล เมื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์แล้วพบว่ามีคุณสมบัติในการเผาไหม้ได้ดีไม่ต่างจากน้ำมันจากปิโตรเลียม แต่มีข้อดีกว่าหลายอย่าง คือ การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ไอเสียมีคุณภาพดีกว่า ไอเสียมีคุณภาพที่ดีกว่าอีกทั้งน้ำมันไบโอดีเซลเป็นน้ำมันทางเลือกใหม่ที่ผลิตจากพืช หรือไขในสัตว์ ทำให้มีการสันดาปที่สมบูรณ์ว่าน้ำมันดีเซลปกติ จึงมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่า และเนื่องจากไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซล จึงไม่มีปัญหาสารซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีเม่าคาร์บอนน้อย ไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียง่าย ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

เมล็ดเงาะเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลอย่างหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเงาะกระป๋องมีเมล็ดเงาะซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากและยังไม่นำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ดังนั้นถ้า

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร 0-2470-8662
[1] Energy of Technology Department, Faculty of School of Energy Environment and Materials King Mongkut's University of Technology Thonburi Thungkru, Bangkok 10140 Thailand
[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

สามารถนำเมล็ดเงาะที่เหลือไปผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลจะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลลงไปได้อย่างมากแต่เนื่องจากเมล็ดเงาะเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจะทำให้มีกรดไขมันอิสระสูงเซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุวัฒน์ (2552) จึงไม่สามารถทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทั่วไปได้ โดยจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการนำเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เมล็ดเงาะที่หาได้จากโรงงานเงาะกระป๋องมาลีสามพรานซึ่งเป็นของที่เหลือใช้โดยนำเมล็ดเงาะที่ได้มาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นแล้วจึงนำไปบดให้ละเอียดจากนั้นทำการแช่เมล็ดเงาะที่บดแล้วด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 1 วัน แล้วนำมาแยกเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสารเคมีที่ใช้ได้แก่ กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมทานอลเป็นสารตั้งต้น

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน โดยทำการตวงน้ำมันเมล็ดเงาะใส่กระบอกตวงปริมาตร 60 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์แล้วอุ่นใน water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นการอุ่นน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเมล็ดเงาะเป็น 6:1 9:1 และ12:1 เพื่อหาภาวะที่เหมาะสม ตวงเมทานอลที่ใช้ด้วยกระบอกตวงปริมาตร และตวงกรดซัลฟูริกในกระบอกตวงค่อยๆเทกรดซัลฟูริกที่ตวงไว้ใส่ในเมทานอลแล้วนำสารละลายที่ได้ผสมกับน้ำมันเมล็ดเงาะที่อุ่นไว้ จากนั้นจับเวลาที่ 60 90 และ120 นาที ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาจะต้องปิดจุกที่คอให้มิดเพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอล เก็บตัวอย่างทุกช่วงเวลาด้วยปิเปตใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ปล่อยให้แยกชั้นเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หรือ 1 คืน เมื่อสารละลายแยกตัวเป็น 2 ชั้น แยกกลีเซอรีนที่อยู่ชั้นล่างออกไปจากนั้นนำชั้นบนที่เป็นไบโอดีเซลที่ได้ไปล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส โดยล้างน้ำทั้งหมด 3 ครั้งจนกว่าน้ำล้างจะใสหรือล้างจนกว่าชั้นของไบโอดีเซลจะมีค่า pH ประมาณ 7 แยกน้ำออกไป นำชั้นไบโอดีเซลที่ได้ใส่โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเพื่อกำจัดน้ำที่อาจเหลืออยู่ในน้ำมันแล้ววิเคราะห์การเกิดเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC (%)

การวิเคราะห์การเกิดของเมทิลเอสเทอร์ โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ชนิดPhenogelขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.8 mm ความยาว 300 mm ขนาดบรรจุอนุภาค 100 ^{o}A ความพรุน 5 µm ใช้เครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative Light Scattering Detector (ELSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดเงาะที่นำมาทดลองจะทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนโดยนำเมล็ดเงาะประมาณ 5 กิโลกรัมมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดแล้วแช่ในตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นทำการแยกเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหย จะพบว่าน้ำมันที่ได้จะมีปริมาณ 30% โดยน้ำหนักของเมล็ดแห้ง นำน้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระด้วยการไตเตรทตามมาตรฐาน ASTM D5555-95 พบว่ามีกรดไขมันอิสระเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 4.6% ซึ่งถือว่าสูงมากและไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันทำให้เป็นสบู่ ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้ปฏิกิริยาเอสริฟิเคชั่นโดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

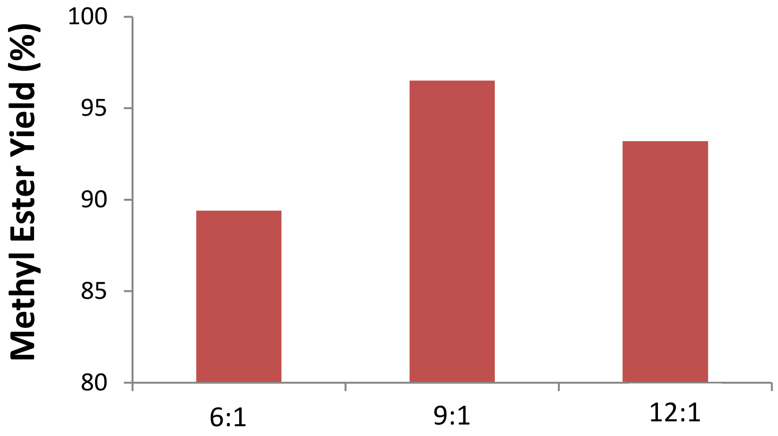


Figure 1 The catalyst used is 2 mol/l sulfuric acid at temperature of 60 °C with reaction time of 120 minutes

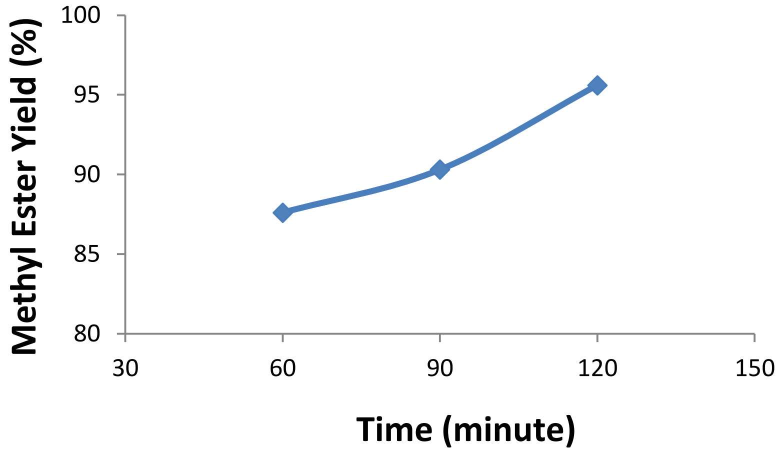


Figure 2 The molar ratio is 9:1 catalyst used is 2 mol/l sulfuric acid at temperature of 60°C

จาก Figure 1 เมื่อทำการศึษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตที่ได้กับอัตราส่วนโดยโมลที่ 6, 9, และ 12 ต่อน้ำมัน 1 ส่วน พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จะเป็น 89.4, 96.5, 93.2% ตามลำดับจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอลในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นแต่เมื่อเมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอลเป็น 12:1 จะทำให้ปริมาณเมทิลเอส-เทอร์ลดลงเนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณเมาทานอลจะทำให้ปฏิกิริยาเดินหน้าได้เร็วขึ้นและทำให้มีผลพลอยได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นคือน้ำเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันจึงทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ลดลงซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marchetti และ Errazu (2008) จาก Figure 2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเมทิลเอสเทอร์กับเวลาในการทำปฏิกิริยาพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกริยาจะทำให้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากเมื่อเวลามากขึ้นทำให้โอกาสในการทำปฏิกิริยาของสารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับ Ma และ Hanna (1998) ที่ทดลองที่ภาวะเดียวกันปริมาณเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นตามเวลา

$$CI = 43.3 + \frac{54.58}{SN} - 0.225IV \qquad (1)$$

จากนั้นนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปตรวจสอบค่าความหนืดด้วยเครื่องรุคฟิลพบว่าจะได้ค่าความหนืดเฉลี่ยอยู่ที่ 3 cSt และคำนวณค่าดัชนีซีเทนจากสมการที่ 1 จะได้ค่าดัชนีซีเทนอยู่ที่ 64.01 ซึ่งเมื่อเทียบตามข้อกำหนดของกระทรวงพลังงานแล้วถือว่าผ่านตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

สรุปผล

เมล็ดเงาะเมื่อนำมาสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายจะได้น้ำมันประมาณ 30%ปริมาณกรดไขมันอิสระเท่ากับ 4.6% อัตราส่วนโดยโมลที่ 9:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ 2 โมลต่อลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นเนื่องจากมีปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดคือ 96.5% ไบโอดีเซลที่ได้จะมีความหนืดอยู่ที่ 3 cSt และค่าดัชนีซีเทนอยู่ที่ 64.01 เมื่อทำการเทียบมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนจะพบค่าที่วัดได้สามารถผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัยขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Ma, F. and Hanna, A. M., 1998, Biodiesel Production a Review, Journal of Bioresource Technology, 70(1): 1-15.

Marchetti, J.M. and Errazu, A.F., 2008, Esterification of Free Fatty Acids Using Sulfuric Acid as Catalyst in the Presence of Triglycerides, Biomass and Bioenergy, 32: 892-895.

อนุวัฒน์ ยอดอรัญ, 2552, การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากฝักมะค่าโมง (1 ขั้นตอน) และถ่านฝักมะค่าโมง (2 ขั้นตอน) ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก

Prepartion of Activated Carbon from Makhamong Pods(1 step) and the Char of Makhamong Pods (2 steps) Activated by Phosphoric acid

สุชาดา ละม้ายพันธุ์[1] และ ภควดี สุขอนันต์[1]

Lamaiphan, S.[1] and Sukananta, P.[1]

Abstract

Activated carbons were prepared from *Afzeliaxylocarpa (Kurz) craib*(makhamong pods) and the Char of Makhamong Pods (2 steps) activated by phosphoric acid. The factors were carbonization temperature (350 and 400^{o}C), carbonization times (1 2 and 3 hrs), phosphoric acid/material ratios (3:1 and 4:1) and activation temperature (500 and 600^{o}C) might effect on the surface properties of activated carbons. The surface properties were characterized with several method including SEM, methylene blue and nitrogen gas adsorption, Boehm titration and FTIR. Materials were used as adsorbent for the removal of Cu (II). The results showed that the optimized conditions were carbonization at 400^{o}C for 1 hr. The makhamong pods were successful prepared with impregnated ratios 3:1 and 4:1 for one step and two steps of activation, and they were heated at 600^{o}C for 1 hr. The SEM micrographs revealed that pore structure, 0.5-2 µm, were highly developed inside both activated carbons. The surface area of one step activated carbon (S_{MB} = 815.5 and S_{BET} = 1,700 m^2/g) was higher than that of two steps activated carbon (S_{MB}=163.8 and S_{BET}=866.8 m^2/g). Boehm titration result demonstrated the existence of large amount of acidic group's more than basic groups on the activated carbons surface. FTIR spectrums showed that the functional groups contained oxygen and hydrogen decreased while the phosphorus functional group containing occurred in both activated carbons. Percent of removal Cu(II) as representative of main local toxic contaminant found in industrial wastewater, which were used one step activated carbons as adsorbent (29.2-36.7%) were higher than those of two steps activated carbons (24.1- 25.2%).

Keywords: activated carbon, phosphoric acid, surface area, makhamong pods

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์จากฝักมะค่าโมง (1 ขั้นตอน) และถ่านฝักมะค่าโมง (2ขั้นตอน) ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก โดยศึกษาอุณหภูมิการเผาถ่านที่ 350และ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 และ 3 ชั่วโมง อัตราส่วนโดยน้ำหนักในการแช่เป็น 3:1 และ 4:1 เผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 และ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วศึกษาสมบัติพื้นผิวด้วยเทคนิค SEM การดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู (MB) และแก๊สไนโตรเจน วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Boehm titration และFTIR และศึกษาความสามารถในการกำจัด Cu(II) เนื่องจาก Cu(II) เป็นสารปนเปื้อนพบในน้ำเสียอุตสาหกรรม จากการศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมคือเผาถ่านที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เตรียมถ่านกัมมันต์แบบ 1 และ 2 ขั้นตอนแช่ที่อัตราส่วน 3:1 และ 4:1 ตามลำดับ เผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จากสัณฐานวิทยาพบว่าถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 แบบ มีรูพรุนขนาด 0.5 - 2 ไมโครเมตรเกิดขึ้นจำนวนมาก สำหรับถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 1 ขั้นตอนมีพื้นที่ผิว (S_{MB} = 815.5 และ S_{BET} = 1,700 m^2/g)สูงกว่าถ่านกัมมันต์เตรียมแบบ 2 ขั้นตอน (S_{MB} = 163.8 และ S_{BET} = 866.8 m^2/g) ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันกรด–เบส ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบที่ผิวพบว่าถ่านกัมมันต์มีหมู่ฟังก์ชันกรดมากกว่าเบส ส่วนการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR พบว่าการกระตุ้นทำให้หมู่ฟังก์ชันที่มี O และ H เป็นองค์ประกอบลดลง และมีหมู่ฟังก์ชันที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเกิดขึ้น การศึกษาการกำจัด Cu(II) พบว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 1 ขั้นตอนสามารถกำจัด Cu(II)(29.2-36.7%) ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 2 ขั้นตอน (24.1- 25.2%)

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ กรดฟอสฟอริก พื้นที่ผิว ฝักมะค่าโมง

[1] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Chemistry program, Faculty of science and technology, Phranakhon si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon si Ayutthaya 13000

คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมขยายตัวอย่างรวดเร็วประกอบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เนื่องจากทั้งโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนเมืองมีการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำทำให้น้ำเน่าเสีย วิธีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำมีหลากหลายวิธี โดยงานวิจัยนี้สนใจกระบวนการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์(activated carbon หรือ activated charcoal) เนื่องจากถ่านกัมมันต์สามารถผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีคุณสมบัติในการดูดซับสูง สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์นั้นเรียกว่าการกระตุ้น (activation) แบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ 1.การกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) เป็นการกระตุ้นโดยใช้สารเคมี ได้แก่ กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) และ 2.การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical activation) เป็นการกระตุ้นด้วยอากาศ สำหรับงานวิจัยนี้สนใจฝักมะค่าโมง (*Afzeliaxylocarpa* (Kurz) Craib) เป็นวัตถุดิบสำหรับเตรียมถ่านกัมมันต์แบบ 1 และ 2 ขั้นตอน เนื่องจากฝักมะค่าโมงเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มีการใช้ประโยชน์เพียงเล็กน้อย การนำฝักมะค่าโมงเป็นวัตถุดิบเพื่อเตรียมถ่านกัมมันต์ จึงเป็นการลดต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์และเพิ่มมูลค่าให้กับฝักมะค่าโมง

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมถ่านฝักมะค่าโมง

ผู้วิจัยนำชิ้นฝักมะค่าโมงที่แห้งแล้วมาเผาที่อุณหภูมิ 350 และ400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง จากนั้นเลือกถ่านที่เหมาะสมเพื่อเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอนต่อไป

วิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์แบบ 1 และ 2 ขั้นตอน

การเตรียมถ่านกัมมันต์แบบ 1 ขั้นตอนทำได้โดยนำชิ้นฝักมะค่าโมง 1 กรัม แช่กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยน้ำหนักของกรดฟอสฟอริกต่อฝักมะค่าโมงเป็น 3:1 และ 4:1 ที่อุณหภูมิห้อง กวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 และ 600 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยน้ำกลั่น อบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำการบดและร่อนคัดขนาดให้เล็กกว่า 250 µm ส่วนวิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอนทำได้โดยนำถ่านฝักมะค่าโมงไปผ่านกระบวนการเหมือนการเตรียมถ่านกัมมันต์แบบ 1 ขั้นตอน

วิธีการศึกษาสมบัติพื้นผิวของวัสดุที่เตรียมได้

1. ศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุโดยการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู

ทำการศึกษาเวลาที่สมดุลในการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูที่ความยาวคลื่น 664.9 nm ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer จากนั้นคำนวณหาพื้นที่ผิวของวัสดุจากการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้นต่างๆ

2.วิธีวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของฝักมะค่าโมง ถ่านและถ่านกัมมันต์

ชั่งฝักมะค่าโมง ถ่าน และถ่านกัมมันต์เติมสารละลาย NaOH Na_2CO_3 $NaHCO_3$ และ HCl จากนั้นเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการกรองแล้วไทเทรตกับสารละลาย HCl และ NaOH

วิธีการศึกษาการกำจัด Cu(II) ของฝักมะค่าโมง ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้

ชั่งวัสดุประมาณ 0.1 g เติมสารละลาย Cu(II) เข้มข้น 50 mg/L ปริมาตร 50 mL ทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดปริมาณ Cu(II) ที่เหลืออยู่ โดยใช้เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 324.8 nm

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาสมบัติพื้นผิวของฝักมะค่าโมง ถ่าน และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้

1. ผลจากการศึกษาสัณฐานวิทยาของวัตถุดิบ ถ่านและถ่านกัมมันต์

จาก Figure 1 SEM micrograph ของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 1 ขั้นตอน (Figure 1(b)) และ 2 ขั้นตอน (Figure 1(c)) แสดงให้เห็นถึงลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีรูพรุนขนาด 0.5-2 ไมโครเมตร เกิดขึ้นจำนวนมาก ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับฝักมะค่าโมง (Figure 1(a)

2. ผลจากการศึกษาพื้นที่ผิว

จาก Table 1 พบว่าถ่านกัมมันต์แบบ 1 ขั้นตอนนั้นมีพื้นที่ผิว (S_{MB} = 815.5 และ S_{BET} = 1,700 m^2/g) สูงกว่าถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอน (S_{MB} = 163.8 และ S_{BET} = 866.8 m^2/g) ถ่าน (S_{MB} = 76.5และ S_{BET} = 14.81 m^2/g) และฝักมะค่าโมง (S_{MB}= 96.0 m^2/g) ตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกช่วยทำให้วัสดุเริ่มต้นมีรูพรุน

ขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมาก ส่งผลให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวสูงขึ้นสอดคล้องกับผลของSEM ส่วนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 2 ขั้นตอนนั้นวัสดุเริ่มต้นเป็นถ่านคุณภาพดีที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 400ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ได้จากการทดลองเผาถ่านที่อุณหภูมิ 350 และ 400°C เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง) การเผาถ่านทำให้สารอินทรีย์ในฝักมะค่าโมงเกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำมันดินก่อนที่จะหลุดออกจากรูพรุนของถ่านแล้วไปเกาะที่ผนังรูพรุนของถ่าน ทำให้รูพรุนบางส่วนเกิดการอุดตันเป็นเหตุให้กระบวนการกระตุ้นช่วยสร้างรูพรุนเพียงเล็กน้อย (สราวุธ, 2550) ซึ่งทำให้ถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอน มีพื้นที่ผิวน้อยกว่าถ่านกัมมันต์แบบ 1 ขั้นตอน

3. ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่ผิวของฝักมะค่าโมง ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้

3.1 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันกรด-เบสที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

จาก Table 2 พบว่าถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 แบบ มีปริมาณหมู่ฟังก์ชันกรดสูงกว่าหมู่เบส อาจเป็นผลมาจากผู้วิจัยใช้กรดฟอสฟอริก ในการกระตุ้นแล้วยังพบว่าฝักมะค่าโมงและถ่านมีปริมาณหมู่กรด-เบสมากกว่าถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 แบบ เนื่องจากฝักมะค่าโมงและถ่านมีสารอินทรีย์อยู่จำนวนมากเมื่อผ่านกระบวนการกระตุ้นสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายจะระเหยออกส่งผลให้ถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 แบบ มีหมู่ฟังก์ชันกรด-เบสลดลง (Guo และ Rockstraw, 2006)

3.2 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR

จาก Figure 2 จะเห็นว่าสเปคตรัมของฝักมะค่าโมง (Figure 2a) มีพีคที่แคบจำนวนมาก และเมื่อนำฝักมะค่าโมงและถ่าน (Figure 2b) ไปเตรียมให้เป็นถ่านกัมมันต์แบบ 1 และ 2 ขั้นตอน (Figure 2c) พบว่าสเปคตรัมของถ่านมีพีคบางส่วนหายไป เนื่องจากการเผากระตุ้นที่ใช้อุณหภูมิสูงทำให้สารอินทรีย์บางส่วนระเหยออก แต่จะเห็นว่าสเปคตรัมของถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 แบบปรากฏ พีคที่เลขคลื่นประมาณ 1190-1200 cm^{-1} เป็นการสั่นแบบยืดหดของพันธะ P-O และ O-C ของ P-O-C (อะโรมาติก) แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกมีหมู่ฟังก์ชันที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเกิดขึ้น ซึ่งฟอสฟอรัสนั้นมีส่วนช่วยให้ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับ Cu(II) สูงขึ้น (Kriaa และคณะ, 2010)

ผลศึกษาการกำจัด Cu(II) ของที่เตรียมได้

จาก Table 3 พบว่าถ่านกัมมันต์แบบ 1 ขั้นตอนสามารถกำจัด Cu(II) (29.2-36.7%) ได้มากกว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 2 ขั้นตอน (24.1-25.2%) นอกจากนี้พบว่าถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิดสามารถกำจัด Cu(II) ได้มากกว่าถ่าน (23.1%) และฝักมะค่าโมง(13.1%) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Kriaa และคณะ (2010)

สรุปผล

จากการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์ พบว่าฝักมะค่าโมงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์ได้ และยังพบว่าการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 1 ขั้นตอน (S_{MB} = 815.5 และ S_{BET} = 1,700 m^2/g) มีพื้นที่ผิวสูงกว่าถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอน (S_{MB} = 163.8 และ S_{BET} = 866.8 m^2/g) และสามารถกำจัด Cu(II) ได้ดีกว่า 11.5%

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ดร. ภควดี สุขอนันต์ ที่ให้ข้อคิด คำปรึกษาและดูแลตลอดเวลาในการทำงานวิจัยนี้จนเสร็จลุล่วง และขอขอบพระคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ให้ทุนสนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สราวุธ ศรีคุณ, 2550, การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน, วิศวกรรมเคมี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 209 หน้า.

Kriaa, A., Hamdi, N. and Srasra, E., 2010, Removal of Cu(II) from Water Pollutant with Tunisian Activated Lignin Prepared by Phosphoric Acid Activation, Journal of Desalination, 250: 179-187.

Guo, Y. and Rockstraw David, A., 2006, Physical and Chemical Properties of Carbons Synthesized from Xylan, Cellulose and Kraft Lignin by H_3PO_4 Activation, Journal of Carbon, 44: 1464-1475.

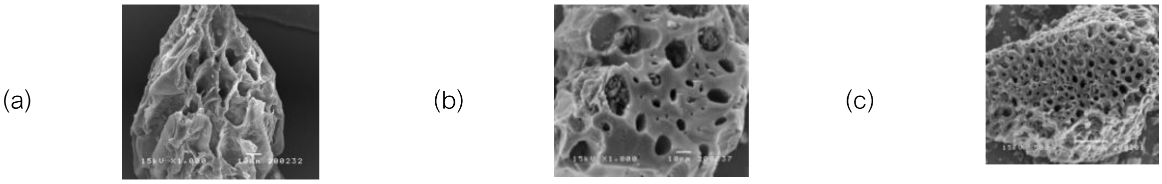


Figure 1 SEM micrographs (1000X) of (a) Makhamong pods (b) one step activated carbon and (b) two steps activated carbon (500X).

Table 1 Surface area from methylblue and nitrogen gas adsorption of preparing material.

Sample code	Methylene blue, S_{MB} (x ± S.D.)(m^2/g)	BET, S_{BET} (m^2/g)
R (Makhamong pods)	96.0 ±1.9	-
C (Makhamong charcaol)	76.5 ± 0.0	14.81
ACR35 (one step activated carbon, 3:1 weight ratio, 500°C)	448.5 ± 0.0	-
ACR36 (one step activated carbon, 3:1 weight ratio, 600°C)	815.5 ± 0.0	1,700
ACR45 (one step activated carbon, 4:1 weight ratio, 500°C)	550.4 ± 0.0	-
ACR46 (one step activated carbon, 4:1 weight ratio, 600°C)	489.3 ± 0.0	-
ACC35 (two steps activated carbon, 3:1 weight ratio, 500°C)	135.9 ± 0.0	-
ACC36 (two steps activated carbon, 3:1 weight ratio, 600°C)	125.5 ± 3.2	-
ACC45 (two steps activated carbon, 4:1 weight ratio, 500°C)	116.8 ± 2.9	-
ACC46 (two steps activated carbon, 4:1 weight ratio, 600°C)	163.8 ± 0.0	866.8

Table 2 Acidic and basic functional groups in preparing material.

Sample code	Caboxylic (mmol/g)	Lactonic (mmol/g)	Phenolic (mmol/g)	Total acidic groups (mmol/g)	Total basic groups (mmol/g)
R	3.1±0.2	4.2±0.1	2.5±0.2	9.8±0.5	3.7±0.2
C	2.7±0.2.	4.0±0.4	1.2±0.2	7.9±0.8	1.8±0.1.
ACR36	1.6±0.2	1.4±0.1	0.8±0.1	3.8±0.4	3.1±0.3
ACC46	0.3±0.1	0.6±0.1	0.81±0.7	1.7±0.9	0.6±0.2

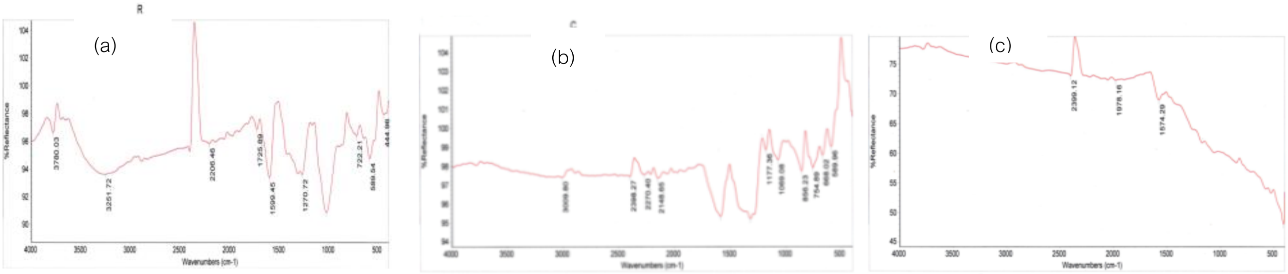


Figure 2 FTIR Spectrums of (a) Makhamong pods (b) Makhamong charcoal (c) one activated carbon.

Table 3 The percent removal Cu (II).

Sample code	percent removal Cu(II)
R	13.1
C	23.1
ACR36	36.7
ACC46	25.2

การศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย

Study of Shelf-Life Index and Prediction of Khaotan with Butter

ราณี หวังถวัลย์[1] ชัชวาล วัชราเรืองวิทย์[2] วรพจน์ สุนทรสุข[1] และ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์[1]
Wangthaval, R.[1], Watchararuangwit, C.[2], Suntornsuk, W.[1] and Tuitemwong, P.[1]

Abstract

This study was conducted to evaluate the shelf life index and to perform shelf life prediction of Khaotan with butter using accelerated shelf-life testing (Q_{10} method). The product were incubated at 35, 45 and 55°C and sampled weekly for quality check on physical and chemical changes. The control product had the Lightness (L*) of 47.38±0.70, Redness (a*) 8.62±0.54, Yellowness (b*) 14.26±0.63, Hue value 58.86± 1.60, Aw 0.26±0.00, pH 5.03±0.03, Peroxide value 2.65±0.05 meq/kg and total microbial load of 2200 CFU/g. It was found that quality index of Khaotan with butter was rancidity (Peroxide value of 19.87±0.28). The estimated shelf-life of Khaotan with butter using the Q_{10} method was 290 days or 10 months.

Keywords: Khaotan with butter, shelf-life testing, accelerated method, shelf-life index

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย โดยใช้วิธีเร่ง จากนั้นทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Q_{10} โดยการเร่งอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส และวัดดัชนีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีค่าความสว่าง (L^*) 47.38±0.70 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) 8.62±0.54 ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 14.26±0.63 ค่าฮิว หรือ เฉดสี (h^o) 58.86±1.60 ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) 0.26±0.00 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.03±0.03 ปริมาณค่าเพอร์ออกไซด์ (POV) 2.65±0.05 meq/kg ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 2200 CFU/g หลังการบ่มลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีการเปลี่ยนแปลงโดยเกิดกลิ่นหืนมีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคือค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 19.87±0.28 meq/kg ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีอายุการเก็บรักษาโดยวิธีการทำนายแบบ Q_{10} คือ 290 วัน หรือ 10 เดือน

คำสำคัญ: ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย การทดสอบอายุการเก็บ วิธีเร่ง ดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสีย

คำนำ

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากองค์ประกอบภายในของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนั้น ผู้ประกอบการจึงมีความจำเป็นในการศึกษาและเข้าใจถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ตลอดการเก็บรักษาเพื่อกำหนดจุดสิ้นอายุของการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้ยังคงมีลักษณะที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้คือการหาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียเพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์และหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยด้วยวิธี Q_{10}

จากผลงานวิจัยต่างๆที่มีองค์ประกอบของอาหารคล้ายกันพบว่าการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบซึ่งมีการเสื่อมเสียอันเกิดมาจากการเกิดกลิ่นหืนเช่นในผลิตภัณฑ์น้ำพริกเผาและน้ำมันน้ำพริกเผามีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคือการเกิดกลิ่นหืนโดยการวิเคราะห์หาค่า TBA และค่า POV ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ (จินดา, 2553) และในผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสุญญากาศมีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์คือการเกิดกลิ่นหืนโดยมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงในผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ค่า TBA p-AV และ ค่า TOTOX ในผลิตภัณฑ์ (คงวุฒิ, 2549)

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ 10140
[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University Technology of Thonburi 126 Pracha uthit Rd. Bangmod, Thung Khru Bangkok, 10140
[2] ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ 10140
[2] Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University Technology of Thonburi 126 Pracha uthit Rd. Bangmod, Thung Khru Bangkok, 10140

อุปกรณ์และวิธีการ

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยบรรจุในพลาสติกปิดสนิทจากวิสาหกิจชุมชนบ้านต้นส้มเก็บในสภาวะอุณหภูมิเร่งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลารวม 13 สัปดาห์ โดยมีการสุ่มตัวอย่างออกมาวัดลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เพื่อหาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียโดยศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องวัดสีระบบ Hunter Lab ในการติดตามลักษณะการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ในด้านของค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลือง ค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ในแต่ละอุณหภูมิ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหา ค่าฮิวหรือเฉดสี (Hue) ค่าความบริสุทธิ์ของสี (Chroma) และการเกิดสีน้ำตาล (Browning value) ดังสมการ $h^{o} = \tan^{-1}(b^{*}/a^{*})$, $\Delta C^{*} = ((\Delta a^{*})^{2} + (\Delta b^{*})^{2})^{1/2}$, Browning value $= (\Delta L^{*}/\Delta L^{*}_{0}) \times 100$ ตามลำดับ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีโดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A.O.A.C., 1995) โดยใช้เครื่อง pH meter การวัดปริมาณน้ำอิสระ (AW) โดยใช้เครื่อง Aw sprint การวิเคราะห์ปริมาณเพอร์ออกไซด์ (A.O.A.C., 1995) โดยคำนวณหาค่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ได้จาก POV (meq/kg) = $(S \times N)/W \times 1000$

ทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ANOVAเพื่อวัดค่าความแปรปรวนและความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บ

การคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Q_{10} สามารถคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้จากสมการ Q_{10} = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C (วัน)/ อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55°C (วัน)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังFigure 1a และ 1b เมื่อเปรียบเทียบที่ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์และแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใน Table 1

Figure 1a Initiation product

Figure 1b Final product

Table 1 Appearance of Khaotan with butter at initiation and final

	Initiation Product	Final Product
Color Lightness (L*)	47.38 ± 0.70	43.66 ± 2.91
Redness(a*)	8.62 ± 0.54	7.89 ± 0.78
Yellowness (b*)	14.26 ± 0.63	12.99 ± 2.46
Hue Angle (h°)	58.86 ± 1.60	55.82 ± 3.60
pH Value	5.03 ± 0.03	5.10 ± 0.03
Peroxide Value (meq/kg sample)	2.65 ± 0.05	19.87 ± 0.28
Water activity (Aw)	0.26 ± 0.00	-
Total Count (CFU/g)	2,200	8,000

Remark: - = Less than lower detection limit

ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคือค่าเพอร์ออกไซด์ (POV) โดยปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนแสดงในรูปของค่าเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลง Figure 2

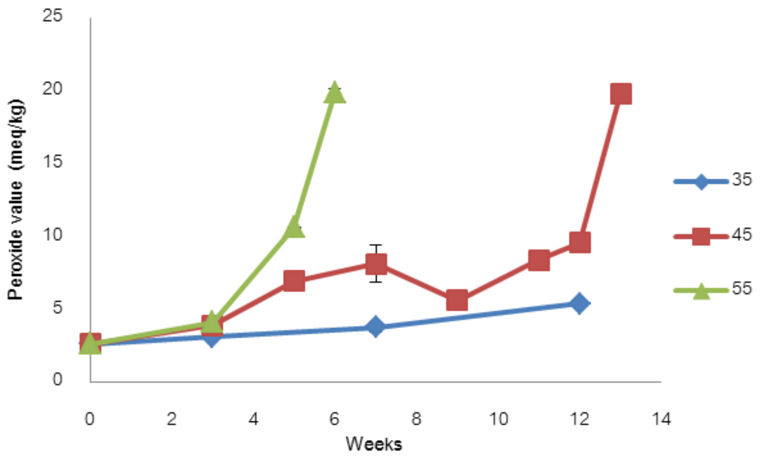


Figure 2 Relationship between the time of storage and increase in peroxide value at 35, 45 and 55°C of Khaotan with butter

การทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้เทคนิค Q_{10}

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55°C = 42 วัน และ อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45° C = 91 วัน

จากสมการ $Q_{10} = \dfrac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 45^{\circ}\text{C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 55^{\circ}\text{C (วัน)}}$

$= 91 / 42 = 2.1667$

จาก $Q_1 = Q_{10}^{\ 0.1} = 1.0804$

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30°C สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาได้จาก

จากสมการ $Q_1^{\Delta T} = \dfrac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 30^{\circ}\text{C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 55^{\circ}\text{C (วัน)}}$

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C $= Q_1^{\Delta T} \times$ อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55°C (วัน)

$= 6.9122 \times 42 = 290.31$ วัน

ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีค่าเท่ากับ 290 วัน

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองพบว่าดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์คือค่าเพอร์ออกไซด์ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของไขมันไม่อิ่มตัวในเนยที่ผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์กับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดกลิ่นหืนซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้จากการเร่งปฏิกิริยาโดยอาศัยอุณหภูมิเป็นปัจจัยในการเร่ง ซึ่งตามมาตรฐาน Codex ระบุไว้ว่าในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบต้องมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 20 meq/kg เนื่องจากเป็นปริมาณค่าต่ำสุดของค่าเพอร์ออกไซด์ที่ไม่ได้รับการยอมรับและสามารถตรวจจับกลิ่นผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งจากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยที่อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 55 และ 45 องศาเซลเซีย สมีค่าเพอร์ออกไซด์ ณ จุดสิ้นสุดอายุการเก็บที่ 19.87±0.28 meq/kg และ 19.84±0.29 ตามลำดับ จาก Figure 2 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 42 และ 91 วันตามลำดับทำให้สามารถคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจากวิธี Q_{10} โดยผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษา 290 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สรุปผล

จากผลการทดลองในการหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนยมีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคือค่าเพอร์ออกไซด์ ซึ่งเมื่อผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนอันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีไขมันจากเนยเป็นองค์ประกอบจึงก่อให้เกิดกลิ่นหืนเมื่อมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของค่าเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย(การเกิดกลิ่นหืน)ที่อุณหภูมิเร่งสามารถหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้โดยผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 290 วันโดยวิธี Q_{10}

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C., 1995, Official methods of analysis, 17th ed., Gaithersburg, MA, USA.

Codex Alimentarius Commission, 1981, CODEX STAN 19-1981: Codex Standards for Edible Fats and Oils [Online], Available: http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/ [1/ July/ 2013].

Labuza, T.P., 1982, Open Shelf-life Dating of Food, Food and Nutrition Press Inc., West Port, USA, 499 p.

คงวุฒิ นิรัตนสุข, 2549, การศึกษาการประเมิณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสูญญากาศ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร, 80 หน้า.

จินดา รัตนถาวรกิติ, 2553, การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกเผาและน้ำมันพริกเผาด้วยวิธี Q_{10} และแบบจำลองจลนพลศาสตร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 87 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.36/2546 ข้าวแตน [สืบค้น], http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps36_46.pdf [31/ August/ 2013].

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อความชื้น และค่าสีขมิ้นชันแห้ง

Effects of Temperature and Velocity of Superheated Steam on Moisture Content and Color of Dried Turmeric

ยาตรา ยมสูงเนิน[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] และ อนันต์ ทองทา[3]

Yomsungnoen, Y.[1], Waiprib, Y.[2] and Tongta, A.[3]

Abstract

The effects of temperature (120, 130 and 140 ºC), and velocity (1.17, 1.46 and 1.72 ms^{-1}) of superheated steam on drying time and color (L*, a* and b*) of dried turmeric with the final moisture content of 12 %db were investigated. The operating temperature at 140ºC with velocity of 2.01 ms^{-1} demonstrated the shortest length of drying time (40.00±5.00 min.), while operating temperature at 120ºC with velocity of 1.17 ms^{-1} resulted in the longest length of drying time (105.00±5.00 min.). Furthermore, the result demonstrated the effects of drying temperature and velocity of superheated steam on the b* value of dried turmeric. The use of lowest temperature and velocity of superheated steam in this study minimized a decrease in b* value of dried turmeric ($p<0.05$). In addition, the superheated steam dried turmeric showed the lowest L* and b* values than those of the commercial dried and hot air dried turmeric products ($p<0.05$).

Keywords: turmeric, drying, superheated steam, color

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิ (120 130 และ 140 ºC) และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (1.17, 1.46 และ 1.72 ms^{-1}) ต่อการลดความชื้น และค่าสี (L*, a* และ b*) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12 % มาตรฐานแห้ง พบว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิ 140ºC ร่วมกับความเร็วลม 2.01 ms^{-1} มีผลให้ความชื้นลดลงในอัตราที่เร็วที่สุด ใช้เวลาในการทำแห้งต่ำสุด (40.00±5.00 นาที) ในขณะที่การทำแห้งที่อุณหภูมิ 120ºC ร่วมกับความเร็วลม 1.17 ms^{-1} มีผลให้ความชื้นลดลงในอัตราที่ช้าที่สุด เวลาการทำแห้งนานขึ้นมากสุด (105.00±5.00 นาที) นอกจากนี้พบว่า อุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง มีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) โดยงานวิจัยนี้เมื่อใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วต่ำสุด มีผลทำให้ค่าสีเหลืองของขมิ้นชันแห้งลดลงต่ำสุด ($p<0.05$) รวมทั้งขมิ้นชันที่ทำแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับขมิ้นชันแห้งทางการค้า และขมิ้นชันทำแห้งด้วยอากาศร้อน ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน การทำแห้ง ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง สี

บทนำ

ขมิ้นชัน (Turmeric) เป็นพืชวงศ์ขิง มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Curcuma longa* L. เป็นพืชสมุนไพร มีความสำคัญและการใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนใหญ่นิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศโดยการทำแห้ง (Tain และ Grenis, 1993) พบว่ามีวิธีการทำแห้ง ได้แก่ การตากแดด การทำแห้งด้วยอากาศร้อน และการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เป็นต้น (อาทิตย์, 2550; Balladin และคณะ, 1996; Prasad และ Vijay, 2005) ซึ่งการทำแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เป็นการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ที่ความดันที่กำหนด ข้อดีคือ ช่วยลดเวลาการทำแห้ง อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานในการทำแห้งเนื่องจากการหมุนเวียนของไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ (ยรรยง, 2550) งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อความชื้น และค่าสีผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Sciense, Faculty of Science, Burapha University, 169 Long-Hard Bangsaen Rd, Saensook, Muang, Chonburi 20131

[2] ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Phahon Yothin Rd. Chatuchak, Bangkok 10900

[3] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[3] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง ล้างขมิ้นชัน ปอกเปลือก สไลด์ตามยาวของเหง้าให้เป็นแผ่นบางหนา 0.30 cm ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดเตรียมเข้าห้องทำแห้งในเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ใช้เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่เป็นห้องทำแห้งแบบงวด (Batch Dryer) โดยกำหนดอุณหภูมิในการทำแห้ง 120 130 และ 140 °C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.17 1.46 และ 1.72 ms^{-1} ทำแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จนได้ความชื้น 12 % d.b. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกน้ำหนักของขมิ้นชันที่เวลาใด ๆ เพื่อคำนวณหาความชื้นที่เวลาใดๆ ระหว่างการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง และวิเคราะห์ค่าสีของขมิ้นชันแห้งโดยเครื่องวัดสีอาหาร (Miniscan XE plus, Hunter Lab, USA) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย L* แสดงค่าความสว่าง (lightness) a* แสดงค่าสีแดงและสีเขียว และค่า b* แสดงค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial Design ที่ระดับ 3x3 สำหรับการศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้ง และค่าสีของขมิ้นชันแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ต่อมาวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าสีของขมิ้นชันแห้งที่อบแห้งด้วย ไอน้ำร้อนยวดยิ่งกับขิงแห้งทางการค้า และการทำแห้งด้วยอากาศร้อน วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อความชื้น และค่าสี ของขมิ้นชันแห้ง พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้งอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพิ่มขึ้นเวลาการทำแห้งลดลง แสดงได้ดัง Figure 1 นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง มีผลต่อค่าสีของขมิ้นชันแห้ง โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งลดลง ค่าความสว่าง ($p \geq 0.05$) และค่าสีเหลืองลดลง ($p<0.05$) แสดงได้ดัง Figure 2

ต่อมาเมื่อเปรียบเทียบค่าสีของขมิ้นชันแห้งที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง กับขมิ้นชันแห้งด้วยอากาศร้อน และขมิ้นชันแห้งทางการค้า พบว่าการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองต่ำสุด ($p<0.05$) แสดงได้ดัง Figure 3

วิจารณ์ผล

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อการลดลงของความชื้น พบว่า เมื่ออุณหภูมิและความเร็วเพิ่มขึ้นความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เวลาการทำแห้งลดลง ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วสูง เกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในระหว่างการทำแห้งได้ดีกว่าที่อุณหภูมิและความเร็วต่ำ มีผลให้อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น เวลาการทำแห้งลดลง (Moreira, 2001; Tang และคณะ, 2005) สอดคล้องกับรายงานของ อาทิตย์ (2550) ศึกษาการทำแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 110-150 °C ความเร็ว 0.3-3.4 ms^{-1} เมื่ออุณหภูมิและความเร็วเพิ่มขึ้น เวลาการทำแห้งลดลง

ผลของอุณหภูมิ มีต่อค่าสีของขมิ้นชันแห้ง พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลืองลดลง ($p<0.05$) อาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิสูงมีผลให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard reaction) และคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) เป็นต้น (Jamradloedluk และคณะ, 2007) ดังนั้นขมิ้นชันทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิสูงมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง สอดคล้องกับรายงานของ อาทิตย์ (2550) พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง นอกจากนี้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับเวลาการทำแห้ง ปิยะวรรณ และ ยุวนารี (2550) รายงานว่า ค่าสีเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาการทำแห้ง เมื่อเวลาการทำแห้งนานขึ้นค่าความสว่างลดลง ต่อมาเมื่อเปรียบเทียบขมิ้นชันทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งกับการทำแห้งด้วยอากาศร้อน และทางการค้า พบว่าค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองต่ำกว่าการทำแห้งด้วยอากาศร้อนและทางการค้า ($p<0.05$) เนื่องจากการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่าลมร้อนทั่วไป จึงมีผลให้ค่าความสว่างต่ำ อย่างไรก็ตามแม้ว่าการทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่าความสว่างต่ำ และค่าสีเหลืองต่ำ แต่การทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งช่วยลดเวลาการทำแห้ง อีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานในการทำแห้ง (ยรรยง, 2550) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทำแห้งขมิ้นชันได้

สรุปผล

อุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อค่าสีเหลืองของขมิ้นชันแห้ง ($p<0.05$) การใช้อุณหภูมิ และความเร็วต่ำทำให้ ขมิ้นชันแห้งมีค่าสีเหลืองลดลงน้อยสุด ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าการทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของขมิ้นชันแห้งต่ำกว่าขมิ้นชันแห้งทางการค้า และขมิ้นชันทำแห้งด้วยอากาศร้อน ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

ปิยะวรรณ มาศิริ และยุวนารี นามสงวน, 2550, อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของลำไยแบบคว้านเมล็ดออกภายใต้การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและลมร้อน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(5): 375-378.

ยรรยง ศรีสม, 2550, อบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี, 191: 133-139.

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, 2550, การอบแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Balladin, D.A., Chang Yen, I., McGaw, D.R. and Headley, O., 1996, Solar Drying of West Indian Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Rhizome Using a Wire Basket Dryer, Renewaable Energy, 7(4): 409-418.

Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S., 2007, Influences of Drying Medium and Temperature on Drying Kinetics and Quality Attributes of Durian Chip, Journal of Food Engineering, 78: 198-205.

Moreira, R.G., 2001, Impingment Drying of Foods Using Hot Air and Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 49: 291-295.

Prasad, J. and Vijay, V.K., 2005, Experimental Studies on Drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* l. and *Tinospora cordifolia* in Solar-biomass Hybrid Drier, Renewable Energy, 30: 2097–2109.

Tain, D.R. and Grenis, A.T., 1993, Spice and Seasonings: A food Technology Handbook, VCH, New York.

Tang, Z., Cenkowski, S. and Izydorczyk, M., 2005, Thin-layer Drying of Spent Grains in Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 67: 457-465.

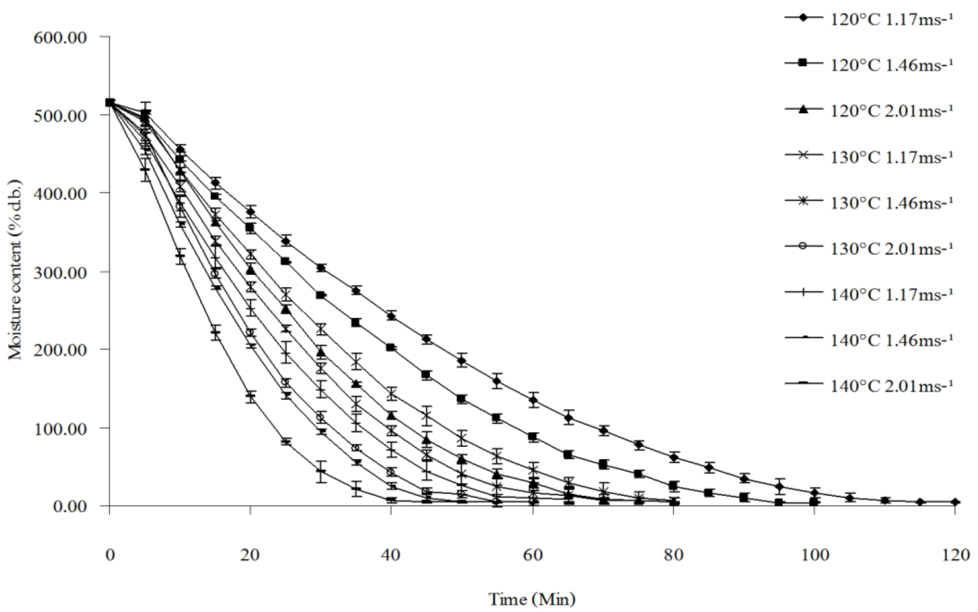


Figure 1 The effects of temperature and velocity of superheated steam on drying time of dried turmeric products.

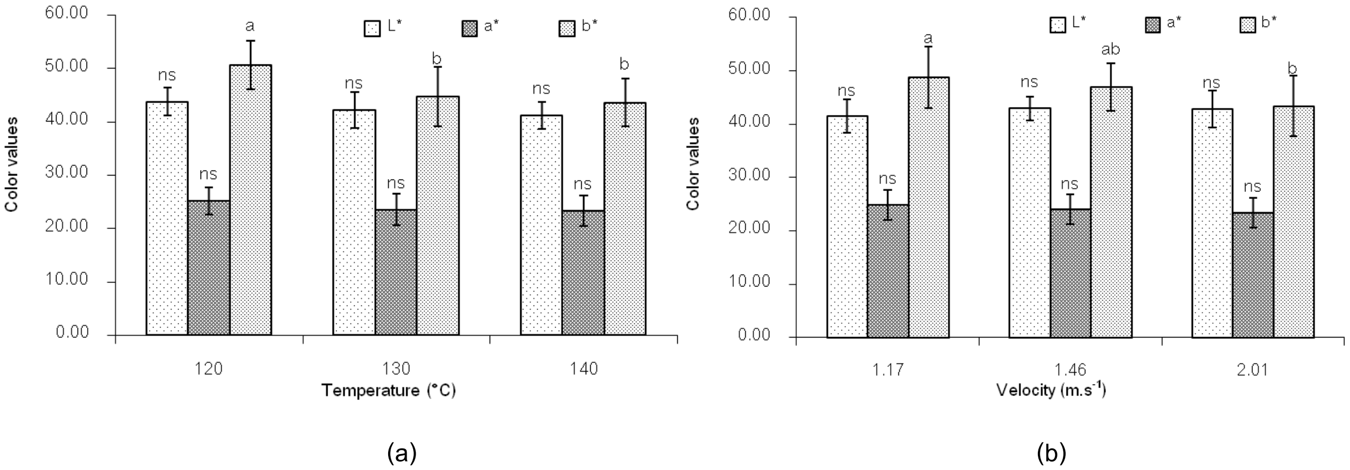


Figure 2 The effects of superheated steam temperature (a) and velocity (b) on L*, a*, and b* values of dried turmeric products. [a,b,c] Means followed by different letters on top of each bar are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$) between bars for each parameter tested.

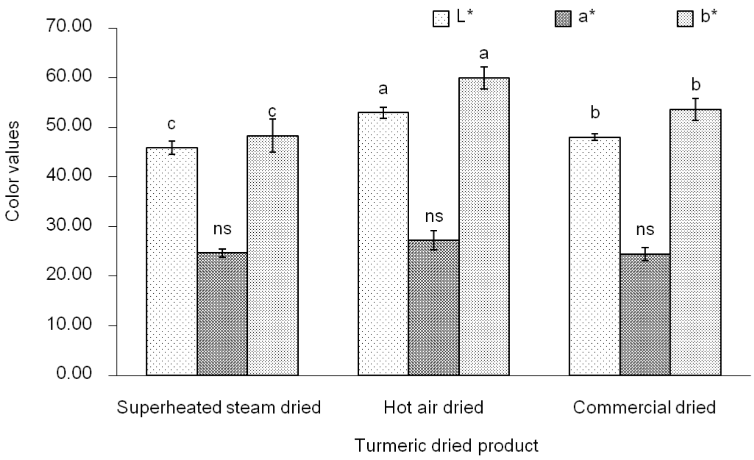


Figure 3 Comparison of the color (L*, a*, and b*) values of superheat dried, hot air dried, and commercial dried turmeric products. [a,b,c] Means followed by different letters on top of each bar are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$) between bars for each parameter tested.

การเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นในระบบอควาโปนิคส์

Growth and Yield of Japanese Cucumber in Aquaponics System

สรรลาภ สงวนดีกุล[1] อุธร ฤทธิลึก[1] และ ศรัณยา รักเสรี[1]

Sanguandeekul, S.[1], Rittiruk, U.[1] and Rakseree, S.[1]

Abstract

This research aims to study the growth and yield of Japanese cucumber in aquaponics system both single crop and accompany with vertiver grass compared to soil. Randomized complete block design with 3 treatments and 3 replications was used at the Department of Fishery, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan Ok, Chonburi, Thailand. The result revealed that soil grown Japanese cucumber had better growth and yield than aquaponics grown crops. Growing Japanese cucumber both single crop and accompany with vertiver grass in aquaponics system reduce total nitrogen, total phosphorus, BOD and suspended solid in the waste water from tilapia growing.

Keywords: aquaponics, Japanese cucumber, vertiver grass

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นในระบบปลูกอควาโปนิคส์แบบเดี่ยวและแบบร่วมกับหญ้าแฝกในระบบอควาโปนิคส์กับแปลงดิน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มี 3 สิ่งทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ทำการทดลอง ณ สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกวิทยาเขตบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่วันที่1 9 มิถุนายน 2556 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2556 ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของแตงกวาญี่ปุ่นในแปลงดินมีการเจริญเติบโตดีกว่าการปลูกในระบบอควาโปรนิกส์ทั้งแบบเดี่ยวและปลูกร่วมกับหญ้าแฝก ในด้านผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นพบว่าการปลูกในแปลงดินมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าการปลูกในระบบอควาโปรนิกส์ทั้งแบบเดี่ยวและปลูกร่วมกับหญ้าแฝกซึ่งไม่แตกต่างกัน ในด้านค่าการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงปลาพบว่าการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในระบบอควาโปรนิกส์ทั้งแบบเดี่ยวและปลูกร่วมกับหญ้าแฝกลดค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส บีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เกิดจากการเลี้ยงปลานิลแดงได้

คำสำคัญ: การปลูกพืชระบบอควาโปนิคส์ แตงกวาญี่ปุ่น หญ้าแฝก

คำนำ

ระบบอควาโปนิคส์เป็นการทำการเกษตรแบบผสมผสานระหว่างการปลูกพืชไร้ดินและการเลี้ยงปลา โดยมีหลักการคือการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์และแร่ธาตุที่เป็นของเสียจากการเลี้ยงปลา ให้เป็นแร่ธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรีย และนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพืช เพื่อลดปัญหาทางด้านสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตและเป็นการหมุนเวียนน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงปลามาใช้เป็นธาตุอาหารให้กับพืชปลูก และที่สำคัญการทำเกษตรในปัจจุบันมุ่งเน้นแนวทางการทำเกษตรแบบยั่งยืนมากยิ่งขึ้น คือการทำการเกษตรที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางธรรมชาติและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้มีราคาที่สูงขึ้น พืชที่สามารถเจริญเติบโตในระบบไฮโดรโปนิคส์ที่ใช้น้ำเสียจากการเลี้ยงปลาได้แก่ พืชกลุ่ม ผักขม โหระพา คะน้า มะเขือเทศ พริกหวาน และแตงกวา แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพอากาศร้อน จึงมองเห็นถึงความสำคัญของการปลูกพืชที่สามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนและให้ผลผลิตที่มีราคาสูงซึ่งได้แก่แตงกวาญี่ปุ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

เลี้ยงปลานิลแดงขนาดเฉลี่ย 224.28 กรัม หนาแน่น 10 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในบ่อดินขนาด 130 ตารางเมตร ลึก 90 เซนติเมตร ความจุน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร เติมอากาศระบบแอร์ลิฟท์ 2 จุด เลี้ยงปลาให้อาหารเม็ดลอยน้ำมีโปรตีน 35

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก บางพระ ชลบุรี 20110

[1] Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan Ok, Bangpra, Chonburi, Thailand 20110

เปอร์เซ็นต์ อัตรา 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน เตรียมแปลงปลูกขนาด 1.5 X 4 เมตร ด้วยดินเลนก้นบ่อ และแปลงปลูกระบบอควาโปนิคส์ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ตั้งแปลง 1.5 เมตร ร่องน้ำด้านข้างๆละ 0.25 เมตร จำนวน 9 แปลงปลูกระบบ Media Filled Bed Technique ใช้หินเกล็ดหนา 40 เซนติเมตรเป็นวัสดุปลูกเพื่อกรองน้ำเลี้ยงปลา ย้ายกล้าแตงกวาญี่ปุ่นพันธุ์เพรตตี้สวอลโล่ 279 อายุ 10 วันในแปลงทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 3 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ตรวจสอบค่าความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ปลูกหญ้าแฝก 4 แถวด้านข้างแปลง 2 แถวและกลางแปลง 2 แถว ระหว่างแถว 20 เซนติเมตรแต่ละกอห่างกัน 20 เซนติเมตรและตัดใบหญ้าแฝกที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร ปลูกแตงกวาญี่ปุ่นระหว่างแถวหญ้าแฝก 2 แถว สูบน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาด้วยปั๊มใต้น้ำขนาด 1 ต่อ 3 วัตต์ ท่อน้ำออกเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว อัตราการไหล 90 ลิตรต่อนาที ปล่อยลงบ่อตกตะกอนขนาด 7 ตารางเมตรลึก 90 เซนติเมตรจำนวน 8 บ่อ ก่อนระบายลงแปลงทดลองและปล่อยไหลกลับคืนบ่อเลี้ยงปลา บันทึกผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่น วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีบรูซีน ฟอสฟอรัสทั้งหมดวิธี Ascorbic acid บีโอดีโดยวิธี Winkler Method และปริมาณของแข็งแขวนลอยโดยการกรอง และการเจริญเติบโตของปลาทุก 2 สัปดาห์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษา การเจริญเติบโตของแตงกวาญี่ปุ่นในแปลงดินเปรียบเทียบกับปลูกเดี่ยว (Figure 2) และปลูกร่วมกับหญ้าแฝกในระบบอควาโปนิคส์ (Figure 1b) พบว่าการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในแปลงดินมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงลำต้น จำนวนใบ ความยาวใบและความกว้างใบดีกว่าการปลูกในระบบอควาโปนิคส์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป ทั้งนี้เนื่องจากแปลงดินเป็นดินเลนก้นบ่อเลี้ยงปลาที่มีอินทรีย์วัตถุสูงและมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำการปลูก แต่ในระบบอควาโปนิคส์ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเนื่องจากเป็นการผลิตระบบอินทรีย์ การปลูกในระบบอควาโปนิคส์แบบปลูกเดี่ยว (Figure 1a) และปลูกร่วมกับหญ้าแฝกไม่ทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน (Table 1)

Table 1 Growth of Japanese cucumber grown in soil compared with single crop and accompany with vertiver grass in aquaponics system.

Treatment	Shoot height		Leaf number		Leaf length		Leaf width	
	Week 4	Week 6	Week 4	Week 6	Week 4	Week 6	Week 4	Week 6
Soil grown	86.60^{a}	210.00^{a}	15.26	27.66^{a}	15.35^{a}	17.97^{a}	20.55	24.56^{a}
Aquaponics	62.73^{b}	150.13^{b}	14.53	24.00^{b}	11.82^{b}	13.10^{b}	15.41	17.14^{b}
Aquaponics+Vertiver grass	49.13^{b}	141.33^{b}	11.53	21.33^{b}	11.23^{b}	14.26^{b}	18.18	18.22^{b}
CV %	10.81	3.45	9.93	6.02	7.50	3.60	19.89	6.57
F – test	**	**	ns	*	*	**	ns	**

Column values followed by the same letter are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$)

ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเริ่มเก็บเกี่ยวตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 หลังย้ายปลูกพบว่า แตงกวาญี่ปุ่นที่ปลูกในแปลงดิน (Figure 3) ให้ผลผลิตสูงกว่าในระบบอควาโปนิคส์ทั้งการปลูกเดี่ยวและปลูกร่วมกับหญ้าแฝกในทุกสัปดาห์ (Table 2) ส่วนผลผลิตที่ไม่สามารถจำหน่ายได้ไม่มีความแตกต่างกันในทุกสัปดาห์

Table 2 Marketable yield (grams per plant) of Japanese cucumber from each treatment after transplanting

Treatment	Week 6 gm/plant	Week 7 gm/plant	Week 8 gm/plant	Week 9 gm/plant	Week 10 gm/plant
Soil grown	266.55^{a}	274.25^{a}	305.90^{a}	276.12^{a}	178.34^{a}
Aquaponics	85.27^{b}	145.93^{b}	140.85^{b}	169.17^{b}	81.33^{b}
Aquaponics + Vertiver grass	47.70^{b}	134.00^{b}	166.10^{b}	157.33^{b}	95.17^{b}
CV %	22.65	25.56	23.14	29.28	19.39
F – test	**	*	*	*	*

Column values followed by the same letter are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$)

ผลการเปรียบเทียบภาวะของเสียที่มีอยู่ในน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงและน้ำที่ผ่านการกรองด้วยแปลงแตงกวาญี่ปุ่นและแตงกวาญี่ปุ่นร่วมกับแฝก พบว่าสามารถลดไนโตรเจนทั้งหมด เหลือเพียงร้อยละ 53 และ 43 ฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือเพียงร้อยละ 38 และ 21 บีโอดีเหลือเพียงร้อยละ 33 และ 21 และของแข็งแขวนลอยเหลือเพียงร้อยละ 44 และ 36 ตามลำดับ (Table 3) การเจริญเติบโตของปลาในระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่ามีอัตรารอดตายร้อยละ 98.60 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยตัวละ 179.37 กรัม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันร้อยละ 1.05 ใช้อาหารรวม 334 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราแลกเนื้อ 1.92 (Table 4)

Table 3 Parameters indicating water quality from red tilapia growing compared to water from aquaponics systems

Parameters	Total Nitrogen		Total Phosphorus		BOD		Suspended solid	
	mg/l	Percentage	mg/l	Percentage	mg/l	Percentage	mg/l	Percentage
Waste water	3.37	100	0.17	100	5.20	100	357.0	100
Single crop	1.80	53.4	0.06	35.2	1.73	33.26	157.3	44
With Vertiver grass	1.46	43.3	0.04	23.5	1.13	21.7	128.0	35.8

Table 4 Growth performance of red tilapia in earth pond during 8 weeks in aquaponics system

Week	0	2	4	6	8	0 – 8
Average weight (gm.)	224.28	278.34	322.27	361.73	403.65	-
Average weight gain (gm.)	-	54.06	43.93	39.46	41.92	179.37
Scepific growth rate per day (%)	-	1.54	1.04	0.82	0.78	1.05
Feed rate (kg.)		63	80	90	101	334

Survival rate = 98.6 % Feed conversion rate = 1.92

สรุปผล

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของแตงกวาญี่ปุ่นที่ปลูกแบบเดี่ยวและการปลูกร่วมกับหญ้าแฝกในระบบอควาโปนิคส์ เปรียบเทียบกับการปลูกในแปลงดิน พบว่าการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในแปลงดินมีการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยมีค่าความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ และจำนวนใบมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกับการปลูกแบบเดี่ยวและการปลูกร่วมกับหญ้าแฝก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านผลผลิตพบว่า การปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในแปลงดินมีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น แตกต่างกับการปลูกแบบเดี่ยวและการปลูกร่วมกับหญ้าแฝกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าบ่งชี้สภาวะของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงปลานิลแดงพบว่า การปลูกแตงกวาญี่ปุ่นแบบเดี่ยวและการปลูกร่วมกับหญ้าแฝกสามารถช่วยบำบัดค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส บีโอดี และของแข็งแขวนลอย ที่เป็นของเสียจากการเลี้ยงปลาได้เป็นอย่างดีซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบปลูกพืชแบบอควาโปนิคส์สามารถช่วยบำบัดค่าน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงปลาได้จริง แต่ทางด้านการเจริญเติบโตและด้านผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นทั้งการปลูกแบบเดี่ยวและการปลูกร่วมกับหญ้าแฝกยังให้ผลที่ไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในแปลงดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์, 2539, การปลูกแตงกวา กลุ่มพืชผักกองส่งเสริม พืชสวนกรมส่งเสริมการเกษตร [สืบค้น], http://www.baanjomyut.com/library_3/extension5/agricultural_knowledge/vegetables_herbs/10.html [23/ June/ 14]

อุธร ฤทธิลึก สรรลาภ สงวนดีกุล และศรัณยา รักเสรี, 2556, การวิจัยพัฒนาระบบอควาโปนิคส์สำหรับบำบัดน้ำเสียในระบบเลี้ยงปลาดุกลูกผสมแบบใช้น้ำหมุนเวียน, รายงานวิจัยคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก,ชลบุรี, 10 หน้า.

Rafiee, G. and Saad, C.R., 2005, Nutrient Cycle and Sludge Production during Different Stages of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Growth in a Recirculating Aquaculture System, Aquaculture, 244(14): 109-118.

Van Rijn, J., Yossi, T. and Schreier, H.J., 2006, Denitrification in Recirculation Systems: Theory and Applications, Aquacultural Engineering, 34: 364-376.

Figure 1 Japanese cucumber in aquaponics system

Remark: a = single crop

b = accompany with vertiver grass

Figure 2 Soil grown Japanese cuucumber

Figur 3 Yield of Japanese cucumber

สารหอมระเหยและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ของโฟมแป้งเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร

Volatile Compounds and Antibacterial Activity of Starch Foam Coated Herbs Essential Oils

ขวัญชนก กลิ่นกลั่น[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Klinklan, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohankunjit, N.[1]

Abstract

This experiment aimed to study volatile compound of 4 plants; coriander (*Coriandrum sativum* L.), cassod tree (*Senna siamea* L.), dill (*Anethum graveolens* L.) and yanang (*Tiliacora triandra*) extracted by simultaneous distillation extraction (SDE). The chemical composition of essential oils was analyzed by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) and their antimicrobial activities were observed against 3 bacterial strains; *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* sp. Results showed that major components of coriander were decanal, 2-decenal, p-vinylguaiacol, lauric aldehyde and 2-dodecenal. Main components of Cassod tree oil were p-vinylguaiacol, α-gurjunene and geranylacetone. Main components of dill were α-phellandrene, β-cymene, β-pinene, dill ether, myristicin and apiol. Major components of Yanang were β-linalool, α-terpineol and β-ionone. Moreover, starch foam coated with coriander essential oil had the highest antimicrobial activity followed by cassod tree, dill and yanang essential oils, respectively.

Keywords: volatile compounds, antibacterial activity, starch foam, essential oils

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารหอมระเหยจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ ผักชี (*Coriandrum sativum* L.) ขี้เหล็ก (*Senna siamea* L.) ผักชีลาว (*Anethum graveolens* L.) และย่านาง (*Tiliacora triandra*) สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction, SDE) ด้วย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) และศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด (*Escherichia coli, Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* sp.) พบสารสำคัญในผักชี ได้แก่ decanal, 2-decenal, p-vinylguaiacol, lauric aldehyde และ 2-dodecenal เป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับขี้เหล็กมีสาร p-vinylguaiacol, α-gurjunene และ geranylacetone เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนผักชีลาวมี α-phellandrene, β-cymene, β-pinene, dill ether, myristicin และ apiol เป็นองค์ประกอบหลัก และในย่านางมีองค์ประกอบหลักเช่น β-Linalool, α-terpineol และ β-ionone นอกจากนี้พบว่าโฟมเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากผักชีสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดดีที่สุดรองมาคือขี้เหล็ก ผักชีลาวและย่านาง ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารหอมระเหย การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โฟมแป้ง น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

เชื้อแบคทีเรียหลายชนิด เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคท้องร่วง ท้องเสีย และ อาหารเป็นพิษ โดยเฉพาะ *Salmonella* sp., *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียทีพบได้มากในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (Adam และ Moss, 2008) โดยมักปนเปื้อนมากับอาหารจากขั้นตอนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และอาจปนเปื้อนได้ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะเลี้ยง ซึ่งการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรค ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้สารกันเสีย เช่น สารประกอบไนเตรตและไนไตรต์ BHT และ BHA ซึ่งสารเหล่านี้หากร่างกายได้รับในปริมาณมากจะส่งผลให้เกิดมะเร็งได้ จึงมีการใช้สารสกัดจากสมุนไพรในการยับยั้งแบคทีเรียในอาหาร เช่น น้ำมันหอมระเหยจากผักชี สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (Filomena และคณะ, 2011) สารสกัดจากขี้เหล็กสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella typhi* (Doughari และ Okafor, 2008) น้ำมันหอมระเหยจากผักชีลาว สามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* และ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

Staphylococcus aureus (Dahiya และ Purkayastha, 2012) และ น้ำมันหอมระเหยจากใบย่านางสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, Escherichia *coli* และ *Salmonella* sp. (Naibaho และคณะ, 2012) นอกจากนี้ยังเป็นพืชสมุนไพรที่พบมากในประเทศไทย และสามารถนำมาประกอบอาหารได้ อย่างไรก็ตามการเติมสารสกัดจากธรรมชาติลงในอาหารโดยตรงอาจทำให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคลดลง (Yumin และคณะ, 2013) ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาสารหอมระเหยที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากผักชี ขี้เหล็ก ผักชีลาว และใบย่านาง และทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย โดยเคลือบน้ำมันหอมระเหยบนบรรจุภัณฑ์โฟมจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อนำไปพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ยับยั้งแบคทีเรียในอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผักชี ขี้เหล็ก ผักชีลาว และใบย่านางโดยการกลั่นพร้อมสกัดด้วยตัวทำละลาย นำตัวอย่างพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในหม้อต้มกลั่นขนาด 10 ลิตร จำนวน 1,000 กรัม เติมน้ำจนท่วมตัวอย่าง ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และนำตัวทำละลายเฮกเซนใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับหม้อต้มกลั่น ใช้อุณหภูมิ 70 องซาเซลเซียส กลั่นไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไประเหยเฮกเซนออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 156 บาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ส่วนโฟมแป้งใช้แป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรแล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเทคนิค baking in hot mold ด้วยเครื่อง hot baking mold

นำน้ำมันหอมระเหยไปวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-5 ใช้ helium เป็นแก๊สตัวพา ฉีดตัวอย่างแบบ SPME อุณหภูมิบ่ม 300 องศาเซลเซียส สกัด 20 นาที อุณหภูมิ oven เริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที อัตราการไหล 3 มิลลิลิตรต่อนาที ชนิดของสารระเหยเทียบกับ mass spectrum กับฐานข้อมูล NIST Library และ Wiley จากนั้นเตรียมเชื้อจุลินทรีย์โดยการ streak เชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus และ Samonella* sp. (จากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ลงบนอาหาร Nutrient Agar (NA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วใช้ลูปเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของเชื้อแต่ละชนิดลงในอาหาร Nutrient Broth (NB) นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบเท่ากับ 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่า การดูดกลืนแสงเทียบกับสารละลาย Mcfarland เบอร์ 0.5 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยให้ค่าที่วัดได้อยู่ระหว่าง 0.08-0.1 จึงนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดย spread เชื้อที่เตรียมไว้ลง Muller Hinton Agar (MHA) และวางโฟมแป้งขนาด 1x1 เซนติเมตร ที่หยดน้ำมันหอมระเหยที่เจือจางด้วยเอทานอล ให้มีความเข้มข้น 500, 1,000 และ 5,000 ppm และระเหยเอทานอลออกด้วยการวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกค่า clear zone (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากผักชี ขี้เหล็ก ผักชีลาวและใบย่านาง พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากผักชี คือ decanal, 2-decenal, p-vinylguaiacol, lauric aldehyde และ 2-dodecenal (Figure 1a) ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคล้ายกับน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี (Sriti และคณะ, 2011) สารหอมระเหยที่พบมากในขี้เหล็กได้แก่ สาร p-vinylguaiacol, α-gurjunene และ geranylacetone (Figure 1b) ในน้ำมันหอมระเหยจากผักชีลาวมี α-phellandrene, β-cymene, β-pinene, dill ether, myristicine และ apiol เป็นองค์ประกอบหลัก (Figure 1c) ซึ่งมีองค์ประกอบคล้ายกับน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชีลาวจากการศึกษาของ Leopold และคณะ (2003) และในน้ำมันหอมระเหยจากใบย่านางมี β-linalool, α-terpineol, β-ionone และ p-vinylguaiacol เป็นองค์ประกอบหลัก (Figure 1d)

นอกจากนี้ พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของโฟมเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพไม่เท่ากันโดยที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 5,000 ppm โฟมเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากผักชียับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus และ Samonella* sp. ได้ 20.00, 19.75 และ 19.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองมาคือ โฟมเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากขี้เหล็กยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus และ Samonella* sp. มี clear zone เท่ากับ 11.00, 13.75 และ 12.50 มิลลิเมตรตามลำดับ และโฟมเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากผักชีลาว ยับยั้งการเจริญได้แค่ *Escherichia coli และ Samonella* spp โดยยับยั้งได้ 13.75 และ 11.25 มิลลิเมตร ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบย่านาง ไม่สามารถยังยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งสามชนิดได้ (Table 1) ซึ่ง

ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปริมาณ และชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ผักชีมีองค์ประกอบหลักเป็น decanal และ p-vinylguaiacol ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Sadashiva และคณะ, 2010, Carson และ Riley, 1995) ขี้เหล็ก มีองค์ประกอบหลักเป็น p-vinylguaiacol ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม terpenoid ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียได้ (Carson และ Riley, 1995) ส่วนในผักชีลาวมีสารในกลุ่ม terpene ได้แก่ α-phellandrene เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Iscan และคณะ, 2012) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบย่านางมี p-vinylguaiacol ซึ่งเป็นสารกลุ่ม terpenoid แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้เนื่องจากมี มี p-vinylguaiacol ในปริมาณน้อย

สรุปผล

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า โฟมเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากผักชีสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด (*Escherichia coli, Staphylococcus aureus* และ *Samonella* sp.) ได้ดีที่สุดรองมาคือขี้เหล็ก ผักชีลาวและย่านาง ตามลำดับ เนื่องจากสารสำคัญในผักชีมีทั้ง decanal และ สารกลุ่ม terpene เป็นองค์ประกอบหลัก และขี้เหล็กมีสารกลุ่ม terpene componds เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนผักชีลาวมีองค์ประกอบหลักเป็น terpenoid จึงสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้แต่น้อยกว่าผักชี และขี้เหล็ก และใบย่านางถึงแม้ว่าจะมีองค์ประกอบหลักเป็น terpene componds แต่มีปริมาณน้อยทำให้ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้

เอกสารอ้างอิง

Adams, M.R. and Moss, M.O., 2008, Food Microbiology, United Kingdom: RSC Publishing, pp. 131-134.

Carson, C.F. and Riley, T.V., 1995, Antimicrobial Activity of the Major Components of the Essential Oil of *Melaleuca alternifolia*, Journal of Applied Bacteriology, 78(3): 264-269.

Dahiya, P. and Purrkayastha, S., 2012, Phytochemical Analysis and Antibacterial Efficacy of Dill Seed oil Against Multi Drug Resistant Clinical Isolates, Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 5: 62-64.

Doughari, J.H. and Okafor, N.B, 2008, Antibacterial Activity of *Senna siamae* Leaf Extracts on *Salmonella typhi*, African Journal of Microbiology Research, 2: 42–46.

Filomena, S., Susana, F., Joao, A.Q. and Fernanda, C.D., 2011, Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Essential oil: Its Antibacterial Activity and Mode of Action Evaluated by Flow Cytometry, Journal of Medical Microbiology, 60: 1479–1486.

Iscan, G., Kirimer, N., Demirci, F., Demirci, B., Noma, Y. and Baser, K.H., 2012, Biotransformation of (-)-(R)-α-phellandrene: Antimicrobial Activity of its Major Metabolite, Chemistry and Biodiversity, 9(8): 1525-1532.

Leopold, J., Gerhard B., Albena, S.S., Evgenii, V.G., and Stanka, T.D., 2003, Composition, Quality Control, and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of Long-Time Stored Dill (*Anethum graveolens* L.) Seeds from Bulgaria, Journal Agricultural Food Chemistry, 51: 3854-3857.

Naibaho, N.M., Laohankunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2012, Volatile Composition and Antibacterial Activity of Essential Oil from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves, Agricultural science journal, 43(2): 529-532.

Sadashiva, C.T., Sharanappa, P., Remashree, A.B., Raghu, A.V., Udayan, P.S. and Balachandran, I., 2010, I Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil from Basic of *Pittosporum dasycaulon*, Miq Advanced in Biological Research, 4(6): 301-304.

Sriti, J., Wannes, W.A., Talou, T., Vilarem, G., and Marzouk, B., 2011, Chemical Composition and Antioxidant Activities of Tunisian and Canadian Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Fruit, Journal Essential Oil Research, 23 (4): 7–15.

Yumin C., Weigang G., Jinjie Z., Yin C., Xingqian Y., Yaqin H. and Jianchu C., 2013, Effects of Chitosan, Aqueous Extract of Ginger, Onion and Garlic on Quality and Shelf life of Stewed-Pork During Refrigerated Storage, Food Chemistry, 141: 1655–1660.

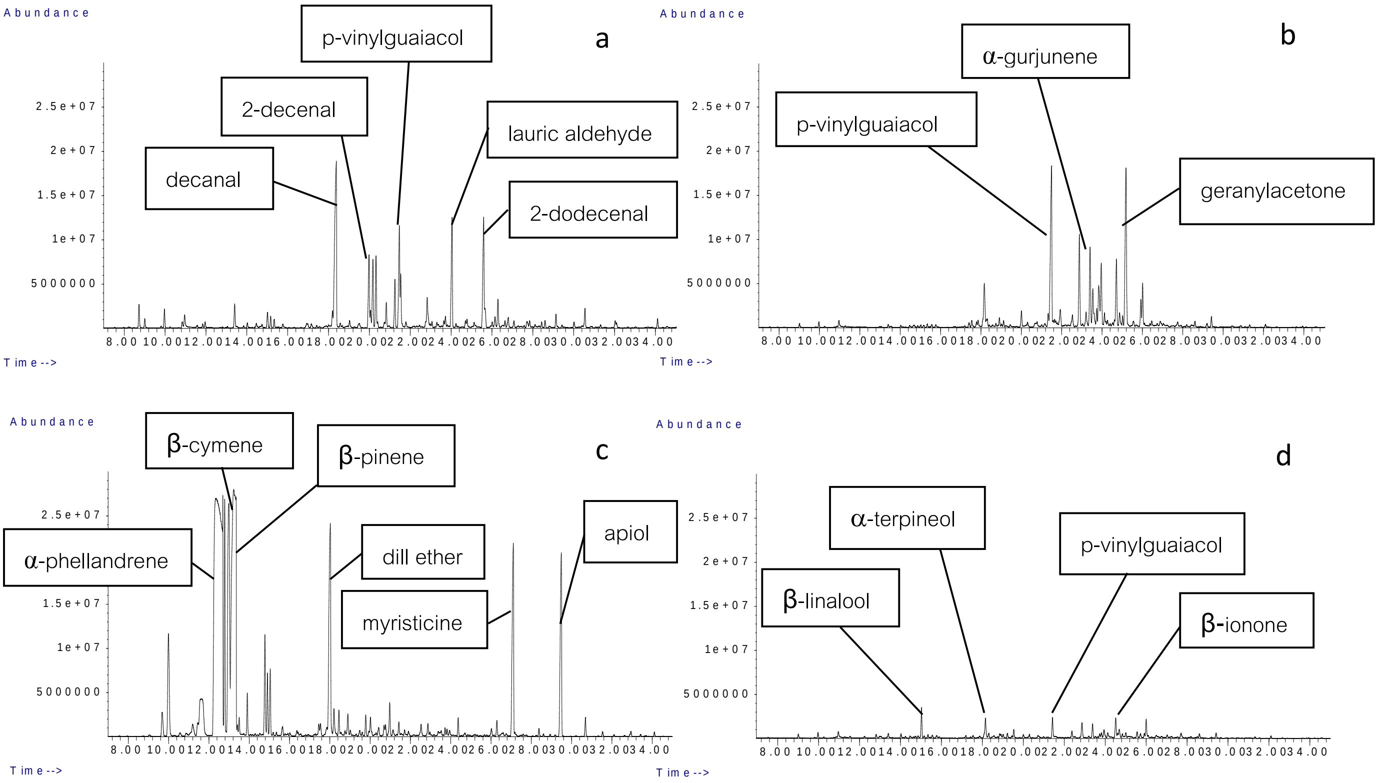


Figure 1 Chromatogram of essential oils from a) coriander, b) cassod tree, c) dill and d) yanang

Table 1 Antimicrobial activities of 4 essential oils against bacterial three strains; *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* sp.

Essential oil	Concentrations (ppm)	Inhtbition zone (mm)		
		Escherichia coli	*Staphylococcus. aureus*	*Salmonella* sp.
Coriander	500	13.75	0.00	0.00
	1000	15.00	15.00	12.50
	5000	20.00	19.75	19.50
Cassod tree	500	0.00	0.00	0.00
	1000	0.00	0.00	0.00
	5000	11.00	13.75	12.50
Dill	500	0.00	0.00	0.00
	1000	0.00	0.00	0.00
	5000	13.75	0.00	11.25
yanang	500	0.00	0.00	0.00
	1000	0.00	0.00	0.00
	5000	0.00	0.00	0.00

ลักษณะเฉพาะของเครื่องดื่มคอลลาเจน เพปไทด์ ชนิดกลิ่นองุ่นแดง ทับทิมและส้มแมนดารินผสมสารทดแทนความหวานจากธรรมชาติ รีบาวดิโอไซด์ เอ

Characterization of Red Grape, Pomegranate and Mandarin Orange-flavored Collagen Peptide Beverages with Added Natural Sweetener Rebaudioside A

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] ชานนท์ หนูทอง[1] และ รัชนี ไสยประจง[1]

Pinitglang, S.[1], Noothong, C.[1] and Saiprajong, R[1].

Abstract

The objectives of this study were to conduct descriptive sensory analysis of a beauty beverage and to design beverage utilizing collagen peptide, juices concentrate and rebaudioside A. Beverages formulation tested included 1.5% collagen peptide, 0.0265% rebaudioside A with 10.41% mandarin orange concentrate juice, 1.5% collagen peptide, 0.03% rebaudioside A with 5.28% pomegranate concentrate juice and mixed fruits and 1.5% collagen peptide, 0.0265% rebaudioside A with 13.10% red grape concentrate juice. Red grape-flavored collagen peptide was the highest overall scores quality and acceptability. Shelf stability of products was assessed. The descriptive sensory properties (visual, flavor, and texture/mouth-feel) of red grape, pomegranate and mandarin orange-flavored collagen peptide beverages with added low levels natural sweetener rebaudioside A. Beverages were determined using a descriptive panel (n= 30). Beverages were found to be stable at temperature 8°C throughout the 5-week storage period. The antioxidant properties of the beverages were assessed by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity assay. Replacing all beverages with natural sweetener rebaudioside A was associated with a predicted mean decrease in total energy of 120-130 kcal/serving 330 ml.

Keywords: collagen peptide, rebaudioside A, juice beverage

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาเครื่องดื่มเพื่อความงามโดยใช้คอลลาเจน เพปไทด์ผสมน้ำผลไม้เข้มข้นชนิดต่างๆ และใช้สารทดแทนความหวานจากธรรมชาติ รีบาวดิโอไซด์ เอ ทดแทนน้ำตาล ในการออกแบบสูตรเครื่องดื่มเพื่อการทดสอบใช้คอลลาเจน เพปไทด์และรีบาวดิโอไซด์ เอ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และน้ำผลไม้เข้มข้น 3 ชนิดได้แก่สูตรน้ำส้มแมนดารินเข้มข้นร้อยละ 10.41 คอลลาเจน เพปไทด์ ร้อยละ 1.5 และรีบาวดิโอไซด์ เอ ร้อยละ 0.0265, น้ำทับทิมเข้มข้นร้อยละ 5.28 คอลลาเจน เพปไทด์ร้อยละ 1.5 และรีบาวดิโอไซด์ เอ ร้อยละ 0.03 และในน้ำองุ่นแดงเข้มข้นร้อยละ 13.10 คอลลาเจน เพปไทด์ร้อยละ 1.5 และรีบาวดิโอไซด์ เอ ร้อยละ 0.0265 ผลการทดสอบสูตรผสมน้ำองุ่นแดง คอลลาเจน เพปไทด์ ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสให้การยอบรับมากที่สุด โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (ลักษณะปรากฏ รสชาติ และ เนื้อสัมผัส/ความรู้สึกในปาก)ในผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ยอมรับน้ำผลไม้ 3 ชนิดที่เติม รีบาวดิโอไซด์ เอ ในความเข้มข้นดังกล่าวมากที่สุด จากนั้นทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 สัปดาห์พบว่าน้ำผลไม้ยังไม่มีการเน่าเสีย และทำการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ในน้ำผลไม้ การใช้สารทดแทนความหวานจากสารสกัดจากธรรมชาติพบว่าสามารถลดพลังงานในน้ำผลไม้ได้โดยให้พลังงานเท่ากับ 120-130 กิโลแคลลอรี่/ หน่วยบริโภค 330 มล.

คำสำคัญ: คอลลาเจนเพปไทด์ รีบาวดิโอไซด์ เอ เครื่องดื่มน้ำผลไม้

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok,10400

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในตลาดผู้บริโภคสตรีที่ใส่ใจความสำคัญในการดูแลรักษาผิวพรรณและความงาม โดยทั่วไปเมื่ออายุมากขึ้นความเต่งตึงเปล่งปลั่งของผิวพรรณจะค่อยๆ เสื่อมสภาพลง ทั้งนี้เนื่องจากผิวสูญเสียคอลลาเจน วิธีที่จะนำคอลลาเจนกลับเข้าสู่ร่างกายสามารถทำได้สองวิธีคือ การฉีด และการรับประทาน คอลลาเจนส่วนใหญ่พบในปลาทะเลและเป็นโปรตีนหลักของชั้นผิวหนัง ประโยชน์ของคอลลาเจน นอกจากจะช่วยในเรื่องของผิวพรรณแล้ว ยังช่วยในการสร้างเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง ลดริ้วรอยเหี่ยวย่น ทำให้ผิวมีความชุ่มชื่นและนุ่มเนียน นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อกระดูกและข้อต่อต่างๆ ในร่างกาย ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากประโยชน์ของคอลลาเจนและตลาดผู้บริโภคแล้ว งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาเครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่มีส่วนผสมของคอลลาเจนเพปไทด์ที่สกัดได้จากปลาทะเล ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นอีกหนึ่งทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่ต้องการคอลลาเจนเข้าสู่ร่างกายได้ในรูปแบบการรับประทาน นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้นำสารสกัดที่ได้จากหญ้าหวาน รีบาวดิโอไซด์ เอ (Rebaudioside A) ซึ่งเป็นสารที่ให้ความหวานแต่ไม่ให้พลังงานมาใช้ทดแทนน้ำตาลอีกด้วย หญ้าหวานเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัยสูง เหมาะสำหรับใส่ลงในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหวาน โดยสามารถบริโภคได้ทั้งในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ รวมไปถึงผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก (Brusick, 2008) เนื่องจากปัจจุบันได้มีการรณรงค์ให้ลดการใช้น้ำตาลอันเนื่องจากปัญหาโรคอ้วนและโรคแทรกซ้อนอื่นที่จะตามมา โดยในงานวิจัยนี้ได้ผลิตน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความความงาม 3 ชนิดได้แก่ น้ำส้ม น้ำองุ่นแดง และน้ำทับทิมผสมน้ำผลไม้รวม จากนั้นเติมคอลลาเจนเพปไทด์ที่ได้ปลาทะเล และ รีบาวดิโอไซด์ เอ และทดสอบสมบัติทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส จุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การพัฒนาสูตรน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความงาม

ทำการเตรียมน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความงาม 3 ชนิดได้แก่ น้ำส้ม น้ำองุ่นแดงและน้ำทับทิมผสมผลไม้รวม ในการออกแบบสูตรเครื่องดื่มน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความงามโดยใช้คอลลาเจน เพปไทด์ (Proksch และคณะ, 2014) และรีบาวดิโอไซด์ เอ สารทดแทนความหวานแทนน้ำตาลทราย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำผลไม้เข้มข้น 3 ชนิด ได้แก่สูตรน้ำส้มแมนดารินเข้มข้นร้อยละ 10.41 น้ำทับทิมเข้มข้นร้อยละ 5.28 และในน้ำองุ่นแดงเข้มข้นร้อยละ 13.10 โดยเตรียมน้ำผลไม้ทั้ง 3 ชนิดปริมาตร 330 มิลลิลิตร (หนึ่งหน่วยบริโภค) เติมกรดแอสคอร์บิค มาลิกและซิตริก ลงไปตามสูตร จากนั้นเติมสี และกลิ่นธรรมชาติ

2.การวิเคราะห์ผล

นำเครื่องดื่มน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ และรีบาวดิโอไซด์ เอ ที่ได้มาศึกษาสมบัติในด้านต่างๆ ดังนี้ โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (ลักษณะปรากฏ รสชาติ และ เนื้อสัมผัส/ความรู้สึกในปาก) ในผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab colorimeter รุ่น Color Flex บริษัท คัลเลอร์ โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา, วัดค่าpH โดยใช้เครื่อง pH-meter รุ่น PH211 บริษัท HANNA Instrument ประเทศอิตาลี และวัดของแข็งที่ละลายได้ (^{o}Brix) โดยใช้ refractometer

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ พลังงานที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคโดยส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลาง ปริมาณโปรตีนทั้งหมดโดยวิธี Lowry (Lowry, 1951) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois และคณะ, 1956) และค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (Sharma และ Bhat, 2009) และตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อยีสต์และรา และปริมาณโคลิฟอร์ม โดยศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง

จากการออกแบบสูตรน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความงามที่ผสมคอลลาเจนเพปไทด์และรีบาวดิโอไซด์ เอ จากน้ำผลไม้ 3 ชนิด และนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความงามที่ผสมคอลลาเจน เพปไทด์และรีบาวดิโอไซด์ เอ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทั้ง 3 ชนิด พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรน้ำส้มแมนดารินเข้มข้นร้อยละ 10.41 คอลลาเจน เพปไทด์ร้อยละ 1.5 และรีบาวดิโอไซด์ เอร้อยละ 0.0265, น้ำทับทิมเข้มข้นร้อยละ 5.28 คอลลาเจน เพปไทด์ร้อยละ 1.5 และรีบาวดิโอไซด์ เอ ร้อยละ 0.03 และในน้ำองุ่นแดงเข้มข้นร้อยละ 13.10 คอลลาเจน

เพปไทด์ร้อยละ 1.5 และรีบาวดิโอไซด์ เอ ร้อยละ 0.0265 มากที่สุด โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (ลักษณะปรากฏ รสชาติ และ เนื้อสัมผัส/ความรู้สึกในปาก) ในผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ยอมรับน้ำผลไม้ 3 ชนิดที่เติม รีบาวดิโอไซด์ เอ ในความเข้มข้นดังกล่าวมากที่สุด

เมื่อนำน้ำผลไม้ที่เติมผสมคอลลาเจนเพปไทด์และรีบาวดิโอไซด์ เอ มาศึกษาสมบัติในด้านต่างๆ ของน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความงามที่ผสมคอลลาเจนเพปไทด์และรีบาวดิโอไซด์ เอ ทั้ง 3 ชนิด พบว่าสมบัติทางด้านกายภาพ พบว่าน้ำส้มจะให้ค่า L* a* สูงที่สุดในน้ำผลไม้ทั้ง 3 ชนิด (Table 1) โดยค่าสีของน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ทั้ง 3 ชนิด น้ำองุ่นแดง L* เท่ากับ +12.65 a* เท่ากับ +21.01และ b* เท่ากับ +8.23 น้ำส้ม L* เท่ากับ +28.49 a* เท่ากับ -0.95 และ b* เท่ากับ +27.22 และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวม L* เท่ากับ +13.16 a* เท่ากับ +7.89 และ b* เท่ากับ 4.03 จะเห็นว่าค่าสีของน้ำผลไม้ที่ได้จะอยู่ในเฉดสีสว่าง จากการทดสอบความชอบโดยรวมด้วยวิธี 5-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่มีต่อน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ 3 ชนิด พบว่าน้ำองุ่นแดงผสมคอลลาเจน เพปไทด์ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 4.40

Table 1 Mean values of protein content, total sugar content, energy content, pH, °Brix and percentage of antioxidant inhibitory activity of juice beverage mixed collagen peptide.

Fruit juice with collagen peptide	protein (g/330ml)	Total sugar (g/330ml)	Energy (kcal/330ml)	pH	°Brix	Antioxidant Inhibitory activity (%)
Red grape juice	8.87	6.34	60.84	3.61	11	63.93
Orange juice	9.31	3.40	50.12	3.91	8	30.6
Pomegranate with mixed fruits juice	6.47	9.18	62.6	3.1	12	52.18

และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้ทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำองุ่นแดงมีค่า pH เท่ากับ 3.61 น้ำส้มเท่ากับ 3.91 และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมเท่ากับ 3.1 ในน้ำส้มจะมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 9.31 กรัม/330 มิลลิลิตร ในขณะที่น้ำทับทิมผสมผลไม้รวมจะมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 6.47 กรัม/330 มิลลิลิตร และพบว่าในน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมจะมีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุดและให้ค่าพลังงานสูงที่สุดเท่ากับ 9.18 กรัม และ 62.6 กิโลแคลอรี่ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระพบว่าในน้ำองุ่นแดงจะให้ค่าร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 63.93 น้ำส้มเท่ากับร้อยละ 30.6 และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมเท่ากับร้อยละ 52.18 (Table 2) จากการทดสอบความชอบโดยรวมด้วยวิธี 5-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่มีต่อน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ 3 ชนิด พบว่าน้ำองุ่นแดงผสมคอลลาเจน เพปไทด์ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 4.40 จึงเลือกที่จะผลิตน้ำองุ่นผสมคอลลาเจนเพปไทด์ และรีบาวดิโอไซด์ เอ ปริมาตร 330 มิลลิลิตร ไปทำการศึกษาต่อโดยนำไปวิเคราะห์พลังงานทั้งหมด และศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์น้ำองุ่นผสมคอลลาเจนเพปไทด์ และรีบาวดิโอไซด์ เอ พบว่าในน้ำองุ่นหนึ่งหน่วยบริโภค 330 มิลลิลิตรจะให้ค่าพลังงานเท่ากับ 156.45 กิโลแคลอรี่ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทเท่ากับ 33.7 กรัม และปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.67 กรัม และจากการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด รา และยีสต์ และโคลิฟอร์มในน้ำองุ่นพบว่า ตรวจพบเชื้อราที่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา จำนวน 10 cfu/ml อย่างไรก็ตาม ตลอดอายุการเก็บรักษาตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม

Table 2 Mean Hunter colorimeter values for juice beverage with collagen peptide.

Hunter value	Red grape juice	Orange juice	Pomegranate with mixed fruits juice
L*	+12.65	+28.49	+13.16
a*	+21.01	-0.95	+7.89
b*	+8.23	+27.22	+4.03

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพและความความงามที่ผสมคอลลาเจนเพปไทด์และรีบาวดิโอไซด์ เอ ทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำองุ่นจะมีสมบัติในด้านต่างๆ ดีที่สุด ทั้งด้านกายภาพและทางด้านเคมี พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ทั้ง 3 ชนิด น้ำองุ่นแดงเท่ากับ 6.34 น้ำส้มเท่ากับ 3.40 และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมเท่ากับ 9.18 กรัมต่อหน่วยบริโภค 330 มิลลิลิตร ค่าพลังงานทั้งหมดของน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ทั้ง 3 ชนิด น้ำองุ่นแดงเท่ากับ 60.84 น้ำส้มเท่ากับ 50.12 และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมเท่ากับ 62.6 กิโลแคลลรี่ต่อหน่วยบริโภค 330 มิลลิลิตร ค่า pH ของน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ทั้ง 3 ชนิด น้ำองุ่นแดง น้ำส้ม และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมเท่ากับ 3.61 3.91 3.1 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ทั้ง 3 ชนิด ในน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมมีค่า ^{o}Brix สูงทีสุดเท่ากับ 12 ^{o}Brix เนื่องจากมีน้ำผลไม้ผสมกันหลายชนิดทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าน้ำผลไม้ชนิดอื่นที่มีน้ำไม้ชนิดเดียว และจากการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าน้ำองุ่นแดงมีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 63.93 เนื่องจากในสูตรที่เตรียมจะใช้น้ำองุ่นแดงในความเข้มข้นสูงกว่าน้ำผลไม้ชนิดอื่น และในน้ำองุ่นแดงมีสารประกอบประเภทพอลีฟีนอลในปริมาณสูงซึ่งสารเหล่านี้มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงทำให้ในน้ำองุ่นแดงมีปริมาณ DPPH สูงกว่าน้ำผลไม้ชนิดอื่น ส่วนในน้ำทับทิมผสมผลไม้รวมมีค่า DPPH เท่ากับร้อยละ 52.18 และน้ำส้มร้อยละ 30.6 และค่าสีของน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ทั้ง 3 ชนิด น้ำองุ่นแดง L* เท่ากับ +12.65 a* เท่ากับ +21.01 และ b* เท่ากับ +8.23 น้ำส้ม L* เท่ากับ +28.49 a* เท่ากับ -0.95 และ b* เท่ากับ +27.22 และน้ำทับทิมผสมผลไม้รวม L* เท่ากับ +13.16 a* เท่ากับ +7.89 และ b* เท่ากับ 4.03 จากการทดสอบความชอบโดยรวมด้วยวิธี 5-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่มีต่อน้ำผลไม้ผสมคอลลาเจน เพปไทด์ 3 ชนิด พบว่าน้ำองุ่นแดงผสมคอลลาเจน เพปไทด์ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 4.40

เอกสารอ้างอิง

Brusick, D., 2008, Rebaudioside A: An Assessment of Safety, Food and Chemical Toxicology, 46(7): S1 – S10.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., 1956, Colorimeter Method for Determination of Sugars and Related Substances, Analytical Chemistry, 28(3): 350-356.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Proksch, E., Segger, D., Degwert, J., Schunck, M., Zague, V. and Oesser, S., 2014, Oral Supplementation of Specific Collagen Peptides has Beneficial Effects on Human Skin Physiology: Adouble-Blind, Placebo-Controlled Study, Skin Pharmacology and Physiology, 27(1): 47-55.

Sharma, O.P. and Bhat, T.K., 2009, DPPH Antioxidant Assay Revisited, Food Chemistry, 113(4): 1202-1205.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 713-716 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 713-716 (2557)

ผลของสารทดแทนความหวานจากธรรมชาติ รีบาวดิโอไซด์ เอ และไฮโดรคอลลอยด์ต่อลักษณะทางคุณภาพของน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ลดพลังงาน

Effect of Natural Sweetener Rebaudioside A and Hydrocolloids on Quality Attributes of Reduced Calorie Strawberry Juice

รัชนี ไสยประจง[1] สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ ตันติกร จิตต์ไพโรจน์[1]

Saiprajong, R.[1], Pinitglang, S.[1] and Jitpairoj, T.[1]

Abstract

The objective of this study was to formulate reduced calorie strawberry beverage by adding stevia extracted, rebaudioside A substituted for sugar. Rebaudioside A was used at vary concentrations 100, 150, and 250 ppm with 0.1% hydrocolloids. The beverage was tested the overall sensory analysis acceptability of consumers. The results showed that the reduced calorie strawberry beverage with the usage of rebaudioside A at concentrations of 250 ppm had the highest overall scores acceptability. Physicochemical properties and microbiological analysis of reduced calorie strawberry beverages were evaluated. Nutrition values of reduced calorie strawberry beverage at pH 3.32 revealed that the protein content was 0.58 grams, total sugar was 6.98 g and energy consumption 68.77 kilocalories per serving size 330 ml. The amount of dissolved solids was 5 ^{o}Brix and the antioxidant activity was 22.60% as determined by 1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl (DPPH) method. Microbiological self- life evaluation were studied for total plate count, total yeast mold and coliform stored at a temperature of 4-10°C for up to 21 days. Analyses of microborganisms detected after 21 days for bacteria, Yeast and mold were 9.5 x 10^{2} cfu/ml and 2.3 x 10^{2} cfu/ml, respectively. However, the shelf life stability of beverage product does not detect coliforms.

Keywords: rebaudioside A, reduced calorie, strawberry juice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนความหวานสกัดจากหญ้าหวาน รีบาวดิโอไซด์ เอ ซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ ทดแทนการใช้น้ำตาลทราย ทำการทดลองโดยแปรระดับความเข้มข้นของ รีบาวดิโอไซด์ เอ ที่ 100, 150, 250 ppm ในน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ และเติมไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.1 จากนั้นทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภค พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ลดพลังงานที่ใช้รีบาวดิโอไซด์ เอ ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด นำน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ลดพลังงานมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่ลดพลังงาน 1 หน่วยบริโภค (330 มล.) มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.58 กรัม น้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 6.98 กรัม และมีจำนวนแคลลอรี่เท่ากับ 68.77 กิโลแคลอรี่ มีค่า pH เท่ากับ 3.32 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 5^{o}Brix มีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระร้อยละ 22.60 และจากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ ราทั้งหมด และโคลิฟอร์ม พบว่าสามารถเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส ได้สูงสุด 21 วัน โดยตรวจพบจุลินทรีย์หลังจาก 21 วัน พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 9.5×10^{2} cfu/ml และปริมาณยีสต์ ราทั้งหมดเท่ากับ 2.3×10^{2} cfu/ml อย่างไรก็ตามตลอดอายุการเก็บรักษาตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม

คำสำคัญ: รีบาวดิโอไซด์ เอ ลดพลังงาน น้ำผลไม้สตอเบอรี่

[1] **สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400**

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok,10400

บทนำ

สารสกัดจากหญ้าหวานที่มีชื่อว่ารีบาวดิโอไซด์ เอ (Rebaudioside A) ซึ่งเป็นสารที่มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 200-300 เท่า แต่เป็นความหวานที่ไม่ก่อให้เกิดพลังงาน ดังนั้นสารสกัดจากหญ้าหวานจึงกำลังได้รับความสนใจจากภาคธุรกิจในการประยุกต์ใช้เพื่อให้ความหวานทดแทนการใช้น้ำตาล ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานต่ำเหมาะกับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ รวมไปถึงผู้บริโภคที่มีปัญหาโรคอ้วน หรือเบาหวาน ดังนั้นหากมีการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำผลไม้พลังงานต่ำจึงน่าจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับผู้บริโภค เนื่องจากน้ำผลไม้นั้นดื่มง่ายและมีรสชาติดี ซึ่งมีมากมายหลายชนิด โดยสตรอเบอรีเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์สูงเนื่องจากอุดมไปด้วยสารต่อต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซีสูงสามารถช่วยป้องกันการเกิดโรคหวัดและเป็นผลไม้ที่เหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ต้องการจะลดน้ำหนักเนื่องจากสตรอเบอรีมีปริมาณไขมันน้อย น้ำตาลต่ำนอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้นำสารสกัดที่ได้จากหญ้าหวาน รีบาวดิโอไซด์ เอ (Rebaodioside A) ซึ่งเป็นสารที่ให้ความหวานแต่ไม่ให้พลังงานมาใช้ทดแทนน้ำตาลอีกด้วย หญ้าหวานเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัยสูงเหมาะสำหรับใส่ลงในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหวาน โดยสามารถบริโภคได้ทั้งในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ที่ใส่ใจสุขภาพรวมไปถึงผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก (Brusick, 2008) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาเครื่องดื่มเครื่องดื่มสตรอเบอรีพลังงานต่ำโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนการใช้น้ำตาล จากนั้นทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภคและการศึกษาอายุการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำผลไม้พลังงานต่ำ

เตรียมน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานรีบาวดิโอไซด์ เอ ทดแทนน้ำตาล โดยแปรปริมาณรีบาวดิโอไซด์ เอ เป็น 100, 150, 250 ppm เทียบกับสูตรมาตรฐานที่เติมน้ำตาลทราย รวมเป็น 4 สูตร จากนั้นเติมไฮโดรคอลลอยด์ (CaraJuice®) ร้อยละ 0.1 เติมกรดซิตริก กลิ่นและสีจากธรรมชาติ จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 20 คน ทั้งชายและหญิง ด้วยวิธี 5-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉยๆ 4=ชอบ 5 = ชอบมากที่สุด) เพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุด

การวิเคราะห์ผล

นำน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำที่ได้มาศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของน้ำผลไม้สตรอเบอรีพลังงานต่ำทั้ง 4 สูตร ได้แก่ การวัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab colorimeter รุ่น Color Flex บริษัท คัลเลอร์ โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH-meter รุ่น PH211 บริษัท HANNA Instrument ประเทศอิตาลี และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (^{o}Brix) โดยใช้ refractometer ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ พลังงานที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ปริมาณโปรตีนทั้งหมดโดยวิธี Lowry (Lowry, 1951)

เมื่อได้สูตรที่ได้รับการยอมรับโดยรวมดีที่สุด นำไปศึกษาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois และคณะ 1956) และค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (Sharma และ Bhat, 2009) และตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อยีสต์และรา และปริมาณโคลิฟอร์ม โดยศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซสเซียส พลังงานที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคโดยส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลาง ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และศึกษาอายุการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส โดยทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราและปริมาณโคลิฟอร์ม

ผลการทดลอง

การคัดเลือกสูตรน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำโดยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส น้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานรีบาวดิโอไซด์ เอ ทดแทนน้ำตาล โดยแปรปริมาณรีบาวดิโอไซด์ เอ เป็น 100, 150, 250 ppm เทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาลทราย โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน พบว่า น้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำที่มีส่วนผสม ของรีบาวดิโอไซด์ เอ ปริมาณ 250 ppm ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด (Table 1)

Table 1 Sensory analysis of strawberry juice by 5 – point hedonic scale.

	Control	Strawberry juice with Reb A (ppm)		
		Reb A 100	Reb A 250	Reb A 150
Total acceptability	1.95c	2.55b	3.60a	3.50a

a,b,c different letters in the same row are statistically different at $p \leq 0.05$.

และนำน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำ มาศึกษาสมบัติทางด้านต่างๆ ได้แก่ทางด้านกายภาพวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab โดย พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำทั้ง 4 สูตร ให้ค่าสีที่ใกล้เคียงกันกับสูตรควบคุม เมื่อนำมาหาค่า Total color difference (TCD) พบว่า โดยสูตรที่เติม Reb A 100 150 และ 250 ppm ให้ค่า TCD เท่ากับ 2.346 0.822 และ 0.971 ตามลำดับ (Table 2) จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นค่าสีของน้ำผลไม้สตรอเบอรี่สูตร Reb A 150 และ 250 แตกต่างจากสูตรควบคุมแบบ trace คือแตกต่างเล็กน้อย ในขณะที่น้ำผลไม้สตรอเบอรี่สูตร Reb A 100 แตกต่างแบบ noticeable เห็นความแตกต่างของสีได้ชัดเจน

Table 2 Physical and chemical analysis of strawberry juice Reb A and reference recipe.

	control	Strawberry juice with Reb A (ppm)		
		Reb A 100	Reb A 150	Reb A 250
pH	3.44	3.45	3.43	3.32
^{o}Brix	8	4	4.3	5
L*	+8.81	+ 9.57	+ 9.56	+ 9.55
a*	+8.79	+ 7.84	+ 8.54	+ 8.45
b*	+1.67	+1.81	+ 1.57	+1.33
TCD		2.346	0.822	0.971

จากผลการศึกษาเบื้องต้นโดยพิจารณาจากความชอบโดยรวมของผู้บริโภค จึงได้ใช้ความเข้มข้นของ Reb A 250 ppm ในการเตรียมน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำปริมาณ 330 มิลลิลิตร (1 หน่วยบริโภค (serving)) เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป โดยได้นำน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำและสูตรควบคุมไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหนึ่งหน่วยบริโภค ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และค่าพลังงานทั้งหมด และศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทเท่ากับ 16.4 กรัม ในขณะที่สูตรควบคุมเท่ากับ 27.85 กรัม ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.79 กรัม สูตรควบคุมเท่ากับ 0.43 กรัม มีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 68.77 กิโลแคลอรี่ และสูตรควบเท่ากับ 113.12 กิโลแคลอรี่ และเมื่อนำมาศึกษาสมบัติบางประการได้แก่ ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระร้อยละ 22.6 (Table 3)

และจากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ ราทั้งหมด และโคลิฟอร์ม พบว่าสามารถเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส ได้สูงสุด 21 วัน โดยตรวจพบจุลินทรีย์หลังจาก 21 วัน พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 9.5×10^{2} cfu/ml และปริมาณยีสต์ ราทั้งหมดเท่ากับ 2.3×10^{2} cfu/ml อย่างไรก็ตามตลอดอายุการเก็บรักษาตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม

Table 3 Chemical analysis of strawberry juice Reb A 250 ppm and control

	Strawberry juice with Reb A serving unit 330 ml.	
Chemical analysis	Test Recipe	Reference Recipe
pH	3.32	3.44
^{o}Brix	5	8
carbohydrate (g/330ml)	16.4	27.85
protein (g/330ml)	0.79	0.43
energy (kcal 330ml)	68.77	113.12
fat	0	0
ash	0.69	0.72
moisture	318.68	310.89
Antioxidant Inhibitory activity (%)	22.60	-

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานรีบาวดิโอไซด์ เอ ทดแทนน้ำตาล โดยแปรปริมาณรีบาวดิโอไซด์ เอ พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำที่มีส่วนผสมของรีบาวดิโอไซด์ เอ ปริมาณ 250 ppm ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด และเมื่อนำน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำปริมาณ 330 มิลลิลิตร (1 หน่วยบริโภค) โดยใช้ความเข้มข้นของรีบาวดิโอไซด์ เอ 250 ppm ไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหนึ่งหน่วยบริโภค ได้แก่ปริมาณคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และค่าพลังงานทั้งหมดพบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำมีปริมาณคาร์โบไฮเดรททั้งหมดเท่ากับ 16.4 กรัม 0.79 กรัม และ 68.77 กิโลแคลอรี่ ตามลำดับ ในขณะที่น้ำผลไม้สตรอเบอรี่สูตรควบคุมให้ค่าพลังงานเท่ากับ 113.12 กิโลแคลอรี่ จะเห็นว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำที่ใช้รีบาวดิโอไซด์ เอ สามารถลดพลังงานได้ประมาณครึ่งหนึ่งจากสูตรปกติ และเมื่อนำมาศึกษาสมบัติบางประการได้แก่ ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระร้อยละ 22.6 และจากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ได้แก่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ ราทั้งหมด และโคลิฟอร์ม พบว่าสามารถเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส ได้สูงสุด 21 วัน อย่างไรก็ตามตลอดอายุการเก็บรักษาตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม จากการศึกษาน้ำผลไม้สตรอเบอรี่พลังงานต่ำโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานรีบาวดิโอไซด์ เอ ทดแทนน้ำตาลและไฮโดรคอลลอยด์ต่อลักษณะพบว่าน้ำผลไม้ที่ได้ผู้บริโภคให้การยอมรับ ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาให้ด้านต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Brusick, D., 2008, Rebaudioside A: An Assessment of Safety, Food and Chemical Toxicology, 46(7): S1 – S10.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., 1956, Colorimeter Method for Determination of Sugars and Related Substances, Analytical Chemistry, 28(3): 350-356.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A. and Land Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Sharma, O.P. and Bhat, T.K., 2009, DPPH Antioxidant Assay Revisited, Food Chemistry, 113(4): 1202-1205.

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 717-720 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 717-720 (2557)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดพลังงานโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล

The Development of Reduced Calories Ice-Cream Using Sugar Substitution with Stevia Extract

วิชชุดา สังข์แก้ว[1] และ สุกฤษฎ์ ประดิษฐวัฒนะกุล[1]

Sangkaeo, W.[1] and Praditvattanakul, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to substitute stevia extract (rebaudioside A, (Reb A)) for sugar in 3 type of ice-cream products that were green tea milk, strawberry yoghurt and sherry berry sherbet ice-cream. The effect of sugar replacement with Reb A in ice-cream was investigated. In each type of ice-cream, 3 formulas were used : formular 1 or control for no sugar substitution, formular 2 for sugar substitution with Reb A and formular 3 for sugar substitution with Reb A and stabilizer addition. The result showed the decrease of viscosity and overrun in ice-cream which substitute Reb A for sugar ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation using 9-point hedonic scale showed that all types of formula 3 of ice–cream were not significant different sensory score in all attributes from control ($p > 0.05$).

Keywords: stevia extract, rebaudioside A, green tea ice-cream, strawberry yoghurt ice-cream, sherry berry sherbet ice-cream

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดจากหญ้าหวาน กลุ่มรีเบาดิโอไซด์เอ (rebaudioside A : Reb A) มาทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม 3 ชนิด คือ ไอศกรีมนมรสชาเขียว ไอศกรีมโยเกิร์ตสตรอว์เบอร์รีและไอศกรีมเชอร์เบทเชอร์รีเบอร์รี ทดลองโดยผลิตไอศกรีมแต่ละชนิด 3 สูตร ดังนี้ คือ สูตร 1 คือสูตรควบคุม สูตร 2 ใช้ Reb A ทดแทนน้ำตาลทรายในสูตร และสูตร 3 ใช้ Reb A ทดแทนน้ำตาลทรายในสูตรและมีการเพิ่มปริมาณสารให้ความหนืดมากขึ้น ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ Reb A ทดแทนน้ำตาลทรายในไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด ไอศกรีมทุกชนิดมีความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูลดลง ($p < 0.05$) ไอศกรีมสูตร 3 ของไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ 9- point hedonic scale ในด้านต่างๆ ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: สารสกัดจากหญ้าหวาน รีเบาดิโอไซด์ เอ ไอศกรีมนมรสชาเขียว ไอศกรีมโยเกิร์ตสตรอว์เบอร์รี ไอศกรีมเชอร์เบทเชอร์รีเบอร์รี

คำนำ

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ประกอบด้วยนม ไขมัน สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ และอาจเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์จากไข่ สี สารให้กลิ่น (Marshall และ Arbuckle, 1996) สารให้ความหวานในไอศกรีมที่นิยมใช้คือน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีการใช้ในปริมาณที่สูงจึงทำให้ผู้บริโภคที่ให้ความสนใจกับสุขภาพกังวลกับการรับประทานไอศกรีม การลดปริมาณน้ำตาลซูโครสในสูตรไอศกรีม จึงเป็นแนวทางที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ การใช้สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานทดแทนน้ำตาลซูโครสสามารถลดปริมาณพลังงานในไอศกรีม จึงสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภค ที่ต้องการรับประทานไอศกรีม และสามารถควบคุมน้ำหนักและลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคอ้วนและโรคเบาหวาน ในปัจจุบันสารให้ความหวานที่นิยมใช้ในไอศกรีมพลังงานต่ำ เป็นสารให้ความหวานที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ แอสพาเทม, อะซีซัลเฟมเค จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำสารสกัดจากหญ้าหวานหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “สตีวิโอไซด์” ซึ่งเป็นสารสกัดธรรมชาติที่ได้จากพืชและไม่ให้พลังงานมาใช้ทดแทนน้ำตาล งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดจากหญ้าหวาน กลุ่มรีเบาดิโอไซด์เอ (rebaudioside A : Reb A) มาทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

สูตรมาตรฐานและวิธีการผลิตไอศกรีม

การผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล (ดัดแปลงจาก สมจิต, 2544) ชั่งวัตถุดิบตามสูตรใน Table 1 ผสมส่วนผสมที่เป็นของแห้งให้เข้ากัน นำน้ำไปตั้งไฟจนได้อุณหภูมิ 100 ± 1 องศาเซลเซียส จึงค่อยๆ เติมวัตถุดิบที่เป็นของแห้งลงไป คนจนละลายดี เติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวและเนื้อลงไปผสมให้เข้ากัน (สำหรับไอศกรีมเชอร์เบทเชอร์รีเบอร์รีให้เติมเนยขาวแล้วปั่น 1 นาทีจนเกิดเป็นอีมัลชันแล้วเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวและเนื้อลงไปผสมให้เข้ากัน) นำส่วนผสมที่ได้ไปปั่นในเครื่องปั่นผสมอาหารความเร็วสูงสุดนาน 1 นาที เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นการโฮโมจีไนซ์ไอศกรีมมิกซ์ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 4 ชั่วโมง นำไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม นาน 20 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิขณะปั่นให้อยู่ที่ 0 ± 1 องศาเซลเซียส บรรจุไอศกรีมปริมาณ 100 กรัมลงในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 ชั่วโมง การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไอศกรีมเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ ค่า pH โดยใช้ pH meter Hanna Model 211 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Llyod texture analyzer รุ่น LRX วัดค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer Model DV- II วัดร้อยละการขึ้นฟู (overrun) ร้อยละการหลอมละลาย ตามวิธีของ Arbuckle(1986) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยเครื่อง Refractometer Atago วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ในด้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเชิงพรรณนาของไอศกรีมทั้ง 3 ชนิดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

Table 1 Formula of Ice-cream

Ingredients (g)	Cherry Berry Sherbet			Green tea			Strawberry yoghurt		
	Formula			Formula			Formula		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sugar	110	10	10	120	20	20	110	10	10
Reb-A	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4
SEP (Stabilizer)	2	2	4	4	4	6	4	6	8
SER (Gelatin)	2	2	2	2	2	2	-	-	-
Hot water	300	300	300	125	125	125	120	120	120
Dextrose	30	30	30	10	10	10	40	40	40
Maltodextrin	30	50	50	40	40	60	20	40	50
Skim milk	10	10	10	50	50	60	10	10	10
Milk protein	-	-	-	10	10	10	10	10	10
Salt	1	1	1	-	-	-	-	-	-
White butter	20	20	20	-	-	-	-	-	-
Strawberry	30	30	30	-	-	-	250	250	250
Blueberry	20	20	20	-	-	-	-	-	-
Cherry Berry	500	600	600	-	-	-	-	-	-
Citric acid	3	3	3	-	-	-	1	1	1
Milk	-	-	-	500	500	550	-	-	-
Cream	-	-	-	200	200	200	95	95	95
Yogurt	-	-	-	-	-	-	350	400	400
Matcha powder	-	-	-	25	25	25	-	-	-
Green tea flavor	-	-	-	1	1	1	-	-	-

สูตรควบคุม ได้รับความอนุเคราะห์มาจาก คุณจตุรงศ์ สุวรรณชิวหกุล ที่เป็นเจ้าของสูตรไอศกรีม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานชนิด Reb A ทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตไอศกรีมนมรสชาเขียว ไอศกรีมเชอร์เบทเชอร์รีเบอร์รีและไอศกรีมโยเกิร์ตสตรอว์เบอร์รี พบว่าการใช้ Reb A ทดแทนน้ำตาลซูโครสในไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้ไอศกรีมทุกชนิดมีความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูลดลง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการลดปริมาณน้ำตาลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรลดลง ปริมาณน้ำอิสระจะเหลืออยู่มากซึ่งน้ำส่วนนี้จะกลายเป็นน้ำแข็งทำให้เนื้อไอศกรีมหยาบขนาดของฟองอากาศใหญ่ซึ่งจับอากาศไว้ได้ไม่ดีจึงส่งผลให้การขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง (Salem และคณะ,2003) นอกจากนี้การลดปริมาณน้ำตาลทำให้ไอศกรีมมีความหนืดลดลงส่งผลให้เกิดการจับอากาศไว้ในเนื้อไอศกรีมลดลงด้วย จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การขึ้นฟูลดลง (อุษา, 2541) ไอศกรีมสูตร 3 ของไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ 9- point hedonic scale ในด้านต่างๆ ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเชิงพรรณนาของไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด พบว่าไอศกรีมสูตร 3 ของไอศกรีมทุกชนิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

Table 2 Physical properties of Ice Cream

	Cherry Berry Sherbet			Green tea			Strawberry yoghurt		
Formula	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH	3.23^{b}	3.14^{a}	3.13^{b}	6.70^{b}	6.79^{a}	6.67^{b}	4.63^{b}	4.70^{a}	4.33^{c}
Total solid (^{O}Brix)	20.83^{a}	16.83^{c}	17.67^{b}	32.00^{a}	32.17^{a}	32.33^{a}	23.83^{a}	17.50^{b}	18.50^{b}
Viscosity Ps	85.45^{a}	72.25^{b}	57.55^{c}	78.43^{a}	76.85^{a}	74.30^{b}	69.03^{a}	67.13^{b}	68.00^{ab}
Texture (N)	77.31^{a}	59.55^{c}	72.25^{b}	67.48^{a}	67.48^{a}	64.26^{b}	63.71^{b}	68.83^{a}	69.18^{a}
Melting rate (%)	7.57^{a}	5.32^{a}	7.48^{a}	4.78^{a}	2.29^{a}	2.22^{a}	4.79^{a}	4.14^{a}	3.19^{a}
Overrun (%)	35.14^{a}	27.75^{b}	28.11^{b}	40.04^{a}	37.68^{b}	34.82^{c}	38.04^{a}	28.45^{b}	34.11^{a}

^{a,b,c} Means within a row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory analysis of Ice Cream by 9 – point hedonic scale

	Cherry Berry Sherbet			Green tea			Strawberry yoghurt		
Formula	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Firmness	6.80^{a}	6.74^{a}	6.70^{a}	6.60^{a}	5.50^{b}	6.75^{a}	6.25^{a}	6.55^{a}	7.10^{a}
Smoothness	6.55^{a}	6.35^{a}	6.50^{a}	6.70^{ab}	5.70^{b}	7.15^{a}	6.10^{a}	6.70^{a}	7.25^{a}
Sweetness	6.87^{a}	5.30^{a}	6.35^{a}	6.95^{a}	5.40^{b}	7.00^{a}	6.35^{ab}	5.90^{b}	6.90^{a}
Meltdown	6.95^{a}	6.50^{a}	6.80^{a}	7.00^{a}	6.00^{b}	6.55^{ab}	6.75^{a}	6.30^{a}	7.05^{a}
Aftertaste	6.85^{a}	6.45^{a}	6.95^{a}	6.35^{a}	6.00^{a}	6.55^{a}	6.75^{a}	6.10^{a}	6.80^{a}
Overall acceptability	6.80^{a}	6.75^{a}	7.00^{a}	7.20^{a}	6.05^{b}	6.90^{ab}	6.80^{b}	6.60^{b}	7.60^{a}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานชนิด Reb A ทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมรสชาเขียว ไอศกรีมเชอร์เบทเชอร์รีเบอร์รีและไอศกรีมโยเกิร์ตสตรอว์เบอร์รี ส่งผลให้ความหนืดของไอศกรีมลดลง ดังนั้นไอศกรีม สูตร 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการใช้ Reb A และมีการเพิ่มสารให้ความหนืดจึงมีลักษณะทางกายภาพและได้รับการยอมรับใกล้เคียงสูตรควบคุม

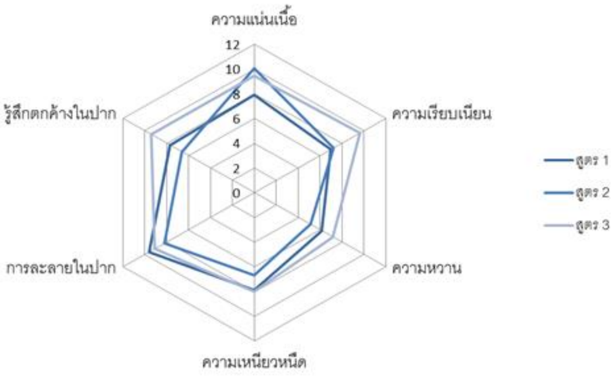


Figure 1 Sensory analysis of Green Tea Ice Cream by descriptive analysis

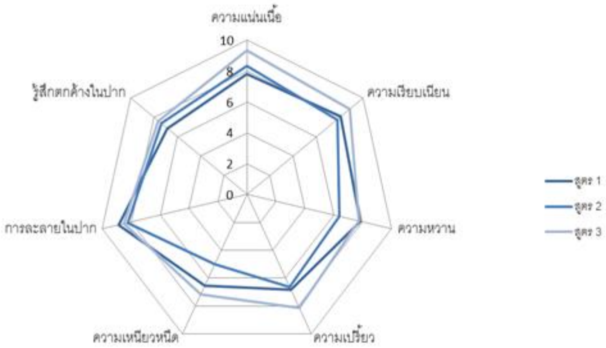


Figure 2 Sensory analysis of Strawberry yoghurt Ice Cream by descriptive analysis

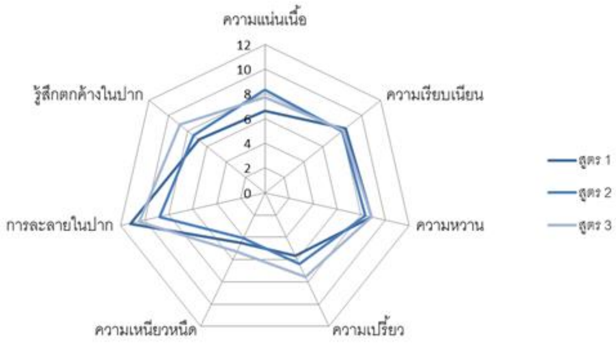


Figure 3 Sensory analysis of Cherry Berry Sherbet Ice Cream by descriptive analysis

เอกสารอ้างอิง

อุษา นาคจิรังกูล, 2541, ผลของสารคงตัวต่อไอศกรีมเชอร์เบทมิกซ์ผลไม้, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Garcia, R.S., Marshall, R.T. and Heymann, H., 1995, Low Fat Ice Cream from Freeze-concentrated versus Heat Concentrated Nonfat Milk Solid, Journal of Dairy Science, 78: 2345-2351.

Patel, M.R., Baer, R.J. and Acharya, M.R., 2006, Increasing the Protein Content in Ice Cream, Journal of Dairy Science, 89: 1400-1406.

Prindiville, E.A., Marshall, R.T. and Heymann, H., 1999, Effect of Milk Fat on the Sensory Properties of Chocolate Ice Cream, Journal of Dairy Science, 82: 1425-1432.

Salem, A.S., Abdel-Salam, A.M. and El-Shibiny, H., 2003. Preparation and Properties of Low Fat and Low Sugar Functional Ice Cream Varieties, Journal of Dairy Science, 31: 399-409.

Surapong, P., 2013, Stevia Extract Opens New Era of F&B Sweeteners, Asia Food Beverage Thailand, 11: 34-47.

อิทธิพลของฤดูกาลและระยะเวลาการตัดหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และผลิตภาพก๊าซชีวภาพ

Effect of Seassonal and Cutting Interval of Napier Paek-Chong 1 on Growth Biomass and Biogas Productivity

ภัศรา คูละสุวรรณ์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] นพ ตัณมุขยกุล[1] ประณต มณีอินทร์[1] อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1] และ นีรนุช วินิจชีวิต[1]

Kulasuwan, P.[1], Thobunluepop, P.[1], Tonmukayakul, N.[1], Mani-in, P.[1], Pongtip, A.[1], Muangpan, J.[1], ChangKaewmanee, J.[1] and Vinijchevit, N.[1]

Abstract

This research was aimed to evaluate the growth, biomass yield and efficiency of biogas production of Napier cv. Pak-Chong 1(PC1) under different field management. This experiment was designed by Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. It consist 2 factors which were season (wet and dry season) and cutting interval (45, 60, 120 and 180 days after first cutting) at Agronomy experimental field. The result showed that the highest number of leaf stem was cut at 120 and 180 days in wet season. However, PC1 was cut at 60 days interval showed Leaf Area Index (LAI) and Crop Growth Rate (CGR) had the highest value in wet season. Moreover, Net Assimilation Rate (NAR), at 45 days, PC1 was better than others in dry season. Moreover, the harvesting time at 120 and 180 days in wet season, PC1 had the highest number of dry weight significantly. However, in wet season at 180 days, PC1 produced the highest of biogas per area and methane per area which was significantly and it had positive correlation with number of leaf stem.

Keywords: biomass, biogas, cutting interval, Pak-Chong 1

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษา การเจริญเติบโตผลผลิตชีวมวล และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design (RBCD) ประกอบด้วย 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยการทดลอง คือ ฤดูกาล (ฤดูฝน และ ฤดุแล้ง) และ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต (45, 60, 120, 180 วันหลังจากการตัดครั้งแรก) ณ แปลงทดลองสภาพไร่นา จากการทดลองพบว่า จำนวนใบต่อต้นสูงสุดในฤดูฝน ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 120 และ 180 วัน อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก (LAI) และอัตราส่วนของน้ำหนักแห่งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่(CGR)สูงสุดในฤดูฝนที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต 60 วัน ส่วนประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง (NAR) สูงสุดในฤดูแล้งที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 45 วัน ในแง่ผลผลิตชีวมวลพบว่า ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 120 และ 180 วันในฤดูฝนให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อพื้นที่ และผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุดในฤดูฝน ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 180 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนใบต่อต้น

คำสำคัญ: ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ระยะเวลาการตัด หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

บทนำ

ในช่วงเวลา 40 ปีที่ผ่านมาการผลิตไฟฟ้าด้วยน้ำมันและพลังน้ำสัดส่วนลดลงโดยลำดับเนื่องจากข้อจำกัดของแหล่งพลังงานและราคาที่สูงขึ้น น้ำมันจะเป็นทรัพยากรที่จำกัดและมีแต่จะหมดไป โดยมีการคาดการณ์ไว้ว่าประมาณ 50 ปี น้ำมันจะเป็นพลังงานราคาแพงจนไม่คุ้มที่จะเป็นพลังงานหลักในการผลิตสินค้าอีกต่อไป จึงมีการส่งเสริมให้ใช้พลังงานทางเลือก ซึ่งหญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่กำลังได้รับความสนใจอยู่ในขณะนี้ เนื่องจากสามารถเก็บเกี่ยวได้ปีละ 5-6 ครั้ง ให้

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ผลผลิตน้ำหนักสดประมาณ 70-80 ตันต่อไรต่อปี (ไกรลาศ, 2556) ซึ่งผลการวิจัยพันธุ์หญ้ากว่า 20 ชนิดพบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น เนื่องจากมีโครงสร้างของสารอาหารที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดก๊าซ โดยมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 6,860-7,840 ลบ.ม./ไร่/ปี สามารถผลิตเป็นก๊าซ ไบโอมีเทนอัด (Compressed Bio Gas : CBG) ได้ประมาณ 3,118-3,563 กก./ปี สามารถนำมาใช้ทดแทนก๊าซ LPG และก๊าซ NGV ได้ อีกทั้งเมื่อพิจารณาร่วมกับคุณลักษณะอื่นๆ เช่น ง่ายต่อการเพราะปลูก ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าหญ้าชนิดอื่นเกือบ 7 เท่า จึงทำให้ได้รับความสนใจมากขึ้นในฐานะพืชพลังงาน (วารสาร, 2557)

อุปกรณ์และวิธีการ

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ปลูก ณ แปลงทดลองวิจัยหญ้าพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ ฤดูแล้ง (Dry Season) และฤดูฝน (Wet Season) โดยมีระยะปลูกระหว่างแถว และต้นที่ 75 เซนติเมตร x 75 เซนติเมตร และระยะการเก็บเกี่ยวที่ 45, 60, 120 และ 180 วัน หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต นำมาลดความชื้นด้วยตู้อบที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อเปลี่ยนรูปวัตถุดิบชีวมวลเป็นลักษณะหญ้าแห้ง และบดละเอียดให้มีขนาดอนุภาค 1 เซนติเมตร ทำการบันทึกข้อมูลผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวล ความเป็นกรดด่าง และประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

การทดสอประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยนำเข้าสู้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะการหมัก เริ่มด้วยกระบวนการ Hydolysis Acidogenesis และระยะ Methangenesis ในระยะการหมักแบบ Methanogenesis จะใช้มูลวัวเป็นแหล่งของเชื้อแบคทีเรียเริ่มต้น (Starter) ในการผลิตก๊าซมีเทน ระหว่างกระบวนการหมักจะมีการบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของระบบมักย่อย และปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ทุกๆ 5 วัน จนครบระยะเวลาของกระบวนการหมักจะนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซด้วยเครื่อง Gas Analyzer (MODEL Z92, Polysource)

ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่า เนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูก (CGR) ไม่แตกต่างระหว่างฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก (LAI) และผลผลิตชีวมวล (Biomass) สูงสุดในฤดูฝน (Wet Season) ขณะที่ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง (NAR) ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สูงในฤดูแล้ง (Table 1)

Table 1 Biomass yield, CGR, LAI, and NAR production to different season.

Season	LAI	NAR (g2cm2day-1)	CGR (g2cm2hr-1)	Biomass (Kg rai-1 year-1)
Dry Season	3.4044 b	2.2312 a	6.5255 a	13.597 b
Wet Season	8.0409 a	1.1387 b	8.3260 a	89.102 a

LSD = 0.05

ผลการเปรียบเทียบค่าการเจริญเติบโตระหว่างระยะเวลาการตัดของเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่า ค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูก (CGR),อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก (LAI) มีค่าสูงสุดที่ระยะเวลาการตัดที่ 2 (60วัน) ผลผลิตชีวมวล (Biomass) สูงสุดที่ระยะเวลาตัด ทุก 180 วัน และค่าประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบ (NAR) มีค่าสูงสุดที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวทุก 45 วัน (Table 2)

Table 2 Biomass yield, CGR, LAI, and NAR production on 4 cutting interval.

Cutting Interval (Days)	LAI	NAR (g2cm2day-1)	CGR (g2cm2hr-1)	Biomass (Kg rai-1 year-1)
45	3.8589 b	2.2584 a	5.157 b	20.780 c
60	8.4111 a	1.8108 b	11.192 a	37.102 b
120	6.3359 ab	1.5338 bc	8.530 a	70.605 a
180	4.2845 ab	1.1368 c	4.825 b	76.910 a

LSD = 0.05

ผลการเปรียบเทียบผลผลิต และผลผลิตต่อพื้นที่ของก๊าซชีวภาพ และก๊าซมีเทนในฤดูแล้ง และฤดูฝน พบว่า ผลผลิตก๊าซชีวภาพ และผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อพื้นที่สูงสุดที่ฤดูแล้ง (Dry Season) แต่ผลผลิตก๊าซมีเทน และก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุดที่ฤดูฝน (Wet Season) (Table 3)

Table 3 Feedstock specific and Area-specific of biogas and methane production to different season

Season	Feedstock-specific biogas yield (m3 ton-1ODM)	Feedstock-specific methane yield (m3 ton-1ODM)	Area-specific biogas yield (m3 rai-1 year-1)	Area-specific methane yield (m3 rai-1 year-1)
Dry Season	100.03 a	32.989 b	761.38 a	212.68 b
Wet Season	82.92 b	44.966 a	606.69 b	409.72 a

LSD = 0.05

ผลการเปรียบเทียบผลผลิตและผลผลิตต่อพื้นที่ของก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนของเนเปียร์ปากช่อง 1 ระหว่าง 4 ระยะเวลาการตัด พบว่า ผลผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนสูงสุดที่ระยะเวลาการตัดทุก 45 วัน และผลผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุดที่ระยะเวลาการตัดทุก 180 วัน (Table 4)

Table 4 Feedstock specific and Area-specific of biogas and methane production on 4 cutting interval.

Cutting Interval (Days)	Feedstock-specific biogas yield (m3 ton-1ODM)	Feedstock-specific methane yield (m3 ton-1ODM)	Area-specific biogas yield (m3 rai-1 year-1)	Area-specific methane yield (m3 rai-1 year-1)
45	111.74 a	39.880 a	401.71 d	146.94 c
60	94.02 b	39.165 ab	560.61 c	265.11 b
120	80.58 b	38.817 b	805.00 b	401.56 a
180	79.56 b	38.048 c	968.83 a	431.19 a

LSD = 0.05

วิจารณ์ผล

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (PC1) เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเขตร้อนอื่นๆพบว่า หญ้า Miscanthus และ หญ้า Switchgrass ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่า (Braun และคณะ, 2009) หญ้า Miscanthus ให้ผลผลิตก๊าซมีเทน 140 m^3 ton^{-1}ODM มากกว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 38.048 m^3 ton^{-1}ODM แต่เมื่อเปรียบเทียบกันต่อพื้นที่ 1 ไร่ พบว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สามารถให้ผลผลิตก๊าซมีเทนได้ใกล้เคียงกับหญ้า Miscanthus ถึงแม้ว่าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะให้ผลผลิตก๊าซมีเทนน้อยกว่าหญ้าอีก 2 พันธุ์ แต่เนเปียร์ปากช่อง 1 มีผลผลิตน้ำหนักแห้งมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบต่อพื้นที่ 1 ไร่ จึงสามารถให้ผลผลิตก๊าซมีเทนใกล้เคียงกันดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตก๊าซมีเทนของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ควรมีการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลเพื่อให้ผลผลิตก๊าซมีเทนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุปผล

เนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในฤดูฝน (Wet Season) และในช่วงระยะเวลาการตัดที่ 120 วัน ส่วนในด้านประสิทธิภาพการให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนสูงสุดที่ฤดูฝน (Wet Season) ที่ระยะเวลาการตัดที่ 180 วัน

เอกสารอ้างอิง

ไกรลาศ เขียวทอง, 2556, คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1, หจก.มิตรภาพการพิมพ์ 1995, นครราชสีมา, 32 หน้า.

วารสาร สานสุข, 2557, เนเปียร์ จาก “หญ้าเลี้ยงช้าง” สู่พืชพลังงานแห่งอนาคต [สืบค้น], http://www.vcharkarn.com/varticle/58938 [July 13, 2014].

Braun, R., Weiland, P. and Wellinger, A., 2009, Bioenergy from Energy Crop Digestion, in Energy from Biogas and Landfill Gas, IEA Bioenergy Report, Task 37.

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง

Nutritive Values of Inner Pilp from Ma-king Seed (*Hodgsonia heteroclite* susp. *Indochinensis*)

บรรดาศักดิ์ ขันทะสีมา[1] และ สมชาย จอมดวง[1]

Khuntaseema, B.[1] and Jomduang, S.[1]

Abstract

This research aimed to evaluate the chemical compositions, important fatty acid, important amino acid and mineral content of Ma-king inner pulp. When the collected Ma-king seeds were separated, it was found that the proportion of inner pulp was 32.79 ± 2.87% and outer seed was 67.15 ± 2.89%. Ma-king inner pulp had 11.53 ± 3.19% moisture content 26.69 ± 0.37% protein content and 33.58 ± 0.97% fat content, on a wet weight base. When Ma-king inner pulp was analyzed the fat types, it was found that the main fat was 27.31% of unsaturated fat, low trans fat content which was less than 0.01%. It was also found vitamin E in alpha-tocopherol form which was 11.08 mg/100g. When free fatty acids were analyzed, Ma-king inner pulp had the maximum amount of cis 9,12-Linoleic acid (22.15%) When its amino acids were analyzed, it was found that four essential amino acids which were the forth ranks amount, such as phenylalanine, leucine, histidine and lysine (2,815, 2,288, 1,929 and 1,852 mg/100g, respectively). When important minerals were analyze, Ma-king inner pulp had 1,220 mg/100g phosphorus (P), 830 mg/100g potassium (K), 410mg/100g magnesium (Mg), 6.73 mg/100g iron (Fe), 6.63 mg/100g zinc (Zn) and 1.26 g/100g manganese (Mn).

Keywords: fatty acid, trans fat, amino acid, minerals

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบเคมีพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของไขมัน กรดไขมันที่สำคัญ และกรดอะมิโนที่สำคัญ รวมไปถึงแร่ธาตุในเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง จากเมล็ดมะกิ้งที่เก็บรวบรวมได้ เมื่อทำการผ่าแยกเนื้อในเมล็ด พบว่ามีสัดส่วนของเนื้อในเมล็ดร้อยละ 32.79 ± 2.87 และเปลือกเมล็ดร้อยละ 67.15±2.89 ในส่วนของเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง พบว่ามีความชื้นร้อยละ 11.53 ± 3.19โปรตีนร้อยละ 26.69 ± 0.37 และไขมันร้อยละ 33.58 ± 0.97 คำนวณโดยน้ำหนักเปียก เมื่อนำเนื้อในเมล็ดมะกิ้งไปวิเคราะห์ชนิดของไขมัน พบว่าไขมันส่วนใหญ่เป็นไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 27.31 ส่วน trans fat มีน้อยมาก ต่ำกว่าร้อยละ 0.01 และยังพบว่ามีวิตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol อยู่ 11.08 mg/100g เมื่อวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ พบว่าในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีกรดไขมันชนิด cis 9,12-Linoleic acid อยู่ในปริมาณสูงสุดถึงร้อยละ 22.15 เมื่อวิเคราะห์ชนิดของกรดอะมิโน พบว่ามีกรดอะมิโนจำเป็น 4 ชนิด และมีปริมาณสูงเป็น 4 อันดับแรก ได้แก่ phenylalanine, leucine, histidine และ lysine (2,815, 2,288, 1,929 และ 1,852 mg/100g ตามลำดับ) เมื่อวิเคราะห์แร่ธาตุที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง พบว่ามี phosphorus, potassium, magnesium, iron, zinc และ manganeseอยู่ที่ 1,220, 830, 410, 6.73, 6.63 และ 1.26 mg/100g ตามลำดับ

คำสำคัญ: กรดไขมัน ทรานส์แฟท กรดอะมิโน แร่ธาตุ

คำนำ

มะกิ้ง (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis*) เป็นไม้เถาเนื้อแข็ง ยาวประมาณ 30 เมตร เจริญเติบโตในสภาพนิเวศแบบป่าดิบแล้ง และป่าดิบเขาที่ระดับความสูง 800-1,000 เมตร เลื้อยพันอยู่กับต้นไม้ใหญ่ ตามริมห้วย หรือบริเวณที่มีความชุ่มชื้น ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (Wilde,2001) มะกิ้งใช้เป็นอาหาร ถ้าเป็นผลอ่อนใช้รับประทานเป็นผัก เมื่อผลมะกิ้งแก่จัดจะหล่นจากต้น เนื้อผลจะย่อยสลายไปเอง เหลือเพียงเมล็ดมะกิ้ง ซึ่งเป็นส่วนที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีสีขาวขุ่น มีน้ำมันมาก เนื้อในเมล็ดมะกิ้งสามารถรับประทานได้ มักนำไปย่างไฟให้สุก น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดมะกิ้งใช้ในการทาผิวเพื่อป้องกันผิวแห้ง แตกลายงา และใช้เป็นส่วนผสมในยาตำรับพื้นบ้าน จากการที่มีการใช้ประโยชน์

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50100

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro – Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100 Thailand

จากมะกิ้งหลากหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นการสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น แต่พืชชนิดนี้ยังมีการทำวิจัยในเชิงลึกน้อยมาก เนื้อในเมล็ดมะกิ้งเป็นส่วนที่ถูกนำไปใช้ในการบริโภคและใช้ประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการ กรดอะมิโน ไขมัน และแร่ธาตุที่สำคัญ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการนำมาใช้ประโยชน์ในทางอาหาร โดยเฉพาะในการใช้เป็นอาหารสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้เมล็ดมะกิ้งที่ได้จากผลมะกิ้งแก่จัด สุก หล่นจากต้นตามธรรมชาติ ทำการผ่าแยกเนื้อในเมล็ดออกจากเมล็ดมะกิ้ง นำเฉพาะส่วนที่สมบูรณของเนื้อในเมล็ดสดไปทำการศึกษาองค์ประกอบเคมีพื้นฐานตามวิธีมาตรฐาน AOAC 2000 ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญโดยวิธี high performance liquid chromatography (Dionex D-500) (AOAC, 2000) ศึกษาชนิดของไขมันและกรดไขมันที่สำคัญโดยวิธี Gas chromatography(Agilent 6890N) คอลัมน์ขนาด 100m x 0.25mm . d . 0.2 micro m(AOAC, 2000) ศึกษาปริมาณวิตามินอีในรูป alpha-tocopherol โดยวิธี high performance liquid chromatography (AOAC, 2000) ศึกษาปริมาณแร่ธาตุในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry (AOAC, 2000)

ผลการทดลอง

จากเมล็ดมะกิ้งที่เก็บรวบรวมได้ เมื่อทำการผ่าแยกเนื้อในเมล็ด พบว่ามีสัดส่วนของเนื้อในเมล็ดร้อยละ 32.79± 2.87 และเปลือกเมล็ดร้อยละ 67.15±2.89 หลังจากนำเนื้อในเมล็ดไปวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐานพบว่า เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีความชื้นร้อยละ 11.53 ± 3.19 มีปริมาณไขมันและโปรตีนสูง คือร้อยละ 33.58 ± 0.97 และ 26.69 ± 0.37 คำนวณโดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ (Figure 1)

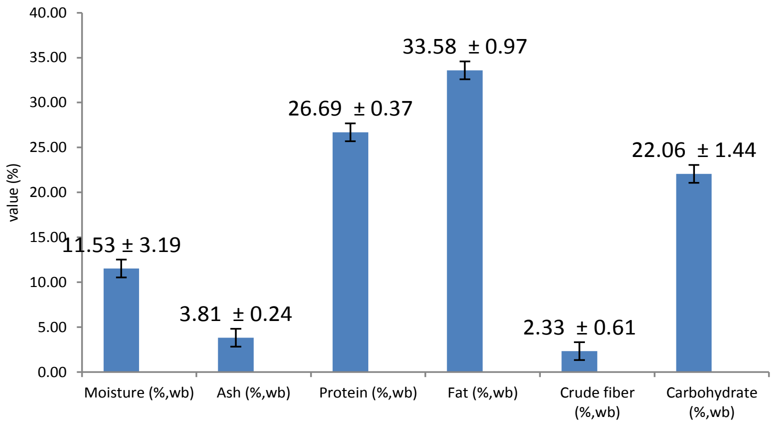


Figure 1 Chemical composition of Ma-king inner pulp from proximate analysis

จากการวิเคราะห์ชนิดของไขมันในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งพบว่า มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 27.31 g/100g ของน้ำหนักเนื้อในเมล็ดมะกิ้งสด (Table 1) ไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (22.17 g/100g) โดยเฉพาะกรดไขมันอิสระชนิด cis-9,12-linoleic acid ที่มีมากถึง 22.15 g/100g ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นในกลุ่มโอเมก้า 6 ที่ช่วยในการทำงานของสมองและช่วยในการเผาผลาญพลังงาน ทั้งยังช่วยในการลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือด (นิธิยา, 2557) นอกจากนั้นยังพบ Trans fat ในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งน้อยมาก (<0.01 g/100g) ซึ่ง Trans fat เป็นไขมันที่ส่งผลเสียต่อร่างกาย (Albert, 2007) และยังพบว่ามีวิตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol อยู่ 11.08 mg/100g เมื่อวิเคราะห์แร่ธาตุสำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีปริมาณ phosphorus, potassium และ magnesium สูง (1,220, 830 และ 410 mg/100g ตามลำดับ)

Table 1 Fatty acid composition and Mineral content of Ma-king inner pulp

Fat		value
	Unsaturated fat (g/100g)	27.31
	Trans fat (g/100g)	<0.01
	Polyunsaturated fatty acid (g/100g)	22.17
	Monounsated fatty acid (g/100g)	5.14
	Cis-9,12-Linoleic acid (g/100g)	22.15
Vitamin E (alpha-tocopherol) (mg/100g)		11.08
Minerals		
	Phosphorus (P) (mg/100g)	1,220
	Iron (Fe) (mg/100g)	6.73
	Manganese (Mn) (mg/100g)	1.26
	Zinc (Zn) (mg/100g)	6.63
	Magnesium (Mg) (mg/100g)	410
	Potassium (K) (mg/100g)	830

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งพบว่า มะกิ้งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมด 9 ชนิด คือ phenylalanine, leucine, histidine, lysine, isoluecine, valine, methionine, tryptophan และ threonine กรดอะมิโนจำเป็นชนิดที่มีปริมาณมากได้แก่ phenylalanine, leucine, histidine, lysine และ isoluecine (2,815, 2,288, 1,929, 1,852 และ 1,197 mg/100g ตามลำดับ) โดยเฉพาะ histidine ที่เป็นกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับเด็ก (นิธิยา, 2537)

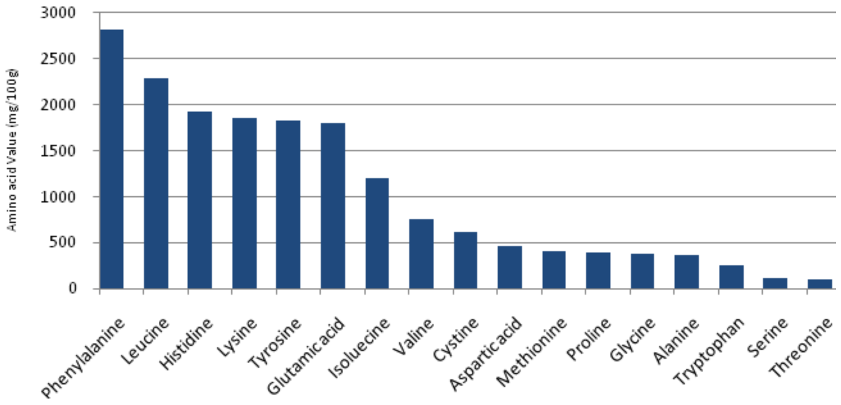


Figure 2 Amino acid composition of Ma-king inner pulp

วิจารณ์ผล

จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบข้อมูลทางโภชนาการของเนื้อในเมล็ดมะกิ้งว่า มีปริมาณไขมันและโปรตีนสูง ซึ่งโปรตีนในเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง มีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่หลายชนิด และมีถึง 4 ชนิดที่มีปริมาณมาก โดยเฉพาะ phenylalanine และ histidine โดยเฉพาะ histidine ที่เป็นกรดอะมิโนจำเป็นในเด็ก ซึ่งทั้ง phenylalanine และ histidine ในเนื้อเมล็ดมะกิ้ง มีปริมาณมากกว่าในเมล็ดถั่วเหลือง (USDA, 2013) ในด้านชนิดของไขมัน เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่สูง โดยมากเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน โดยเฉพาะกรดไขมันกลุ่ม linoleic ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นในกลุ่มโอเมก้า 6 มีปริมาณเทียบเท่ากับในเมล็ดดอกทานตะวัน ช่วยในการพัฒนาของสมอง และระบบการเผาผลาญพลังงาน รวมทั้งพบว่าในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีไขมันชนิด trans fat น้อยมาก ซึ่ง trans fat เป็นไขมันที่เพิ่มโอกาสในการเกิดโคเลสเตอรอลอุดตันในเส้นเลือด ในเนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีแร่ธาตุ phosphorus, potassium และ magnesium อยู่สูง ซึ่ง phosphorus, potassium และ

magnesium เป็นแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย จากข้อมูลในงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะในเด็กและสตรีในช่วงตั้งครรภ์

สรุปผล

เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีความชื้นต่ำ มีไขมันและโปรตีนสูง มีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ถึง 9 ชนิด ชนิดที่มีมากคือ phenylalanine, leucine, histidine, lysine และ isoluecine โดยเฉพาะ histidine ที่เป็นกรดอะมิโนจำเป็นในเด็ก มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง มีกรดไขมันอิสระ cis-9,12-linoleic acid อยู่มาก ซึ่งเป็นกรดไขมันอิสระในกลุ่ม โอเมก้า 6 พบ trans fat น้อยมาก มี phosphorus, potassium และ magnesium อยู่สูง มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพสำหรับเด็ก

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนาปนนท์, 2537, โภชนศาสตร์เบื้องต้น, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ วังบูรพา, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557, linoleic acid/กรดไลโนเลอิก, [สืบค้น], http://www/foodnetworksolution.com/wiki/word/1647/linoleiv-acid, [20/ January/ 2014]

Albert, J.D., Richard, J.H. and Hamm, W., 2007, Trans Fatty Acids, Wiley-Blackwell. USA.

AOAC, 2000, Official Methods of AOAC International. 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists. USA.

Wilde, W.J.J.O. and Duyfjes, B.E.E., 2001, Taxonomy of Hodgsonia (*Cucurbitaceae*) with a Note on the Ovules and Seeds, Blumea, 46: 169-179.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2013. “USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 16-1.” Nutrient Data Laboratory. [สืบค้น],http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp [20/ January/ 2013]

อิทธิพลของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ก๊าซชีวภาพ

Effect of Napier Grass Cultivars on the Change of Biogas Volume

นีรนุช วินิจชีวิต[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1*] นพ ตัณมุขยกุล[1] ประณต มณีอินทร์[1] จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1]

Vinijchevit, N.[1], Thobunluepop, P.[1*], Tonmukayakul, N.[1], Mani-in, P.[1], ChangKaewmanee, J.[1], Muangpan, J.[1] and Pongtip, A.[1]

Abstract

From statistic of Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand has imported more energy, raised up 0.1 percentages, from last year. The importance of energy had made a usage of energy increasingly. So that, the experiment studied about gas volume and gas composition from 3 Napier grasses. These Napier grasses were plant biomass for renewable energy. From the study of 3 Napier grasses; Pak-chong 1 (PC1), Bana, and Mott, showed that number of dried matters are 39103.75, 45212.5 and 31561.88 kg.hectar^{-1}.year^{-1} respectively. These three cultivars had highest biogas yield in first 5 days, but Bana still gain more biogas yield until 30 days. The pH value that suitable for biogas production was approximated 7 which Bana was conformed to this case and also gained the highest gas volume more than PC1 and Mott.

Keywords: biogas, napier grass, gas composition, biomass

บทคัดย่อ

จากการรายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ประเทศไทยพบว่ามีการนำเข้าพลังงานจากปี 2556 เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นถึงความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหญ้าเนเปียร์สามารถเป็นวัตถุดิบในการนำมาเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซชีวภาพ ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เกี่ยวกับการศึกษาอิทธิพลของหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยทดลองหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ คือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1, เนเปียร์บาน่า และเนเปียร์แคระ มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ จากการทดลองพบว่า หญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ เนเปียร์ปากช่อง 1 เนเปียร์บาน่า และเนเปียร์แคระ มีผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวล 39103.75, 45212.50 และ 31561.88 กิโลกรัมต่อแฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ หญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 พันธุ์ให้ปริมาตรก๊าซชีวภาพสูงสุดใน 5 วันแรก แต่เนเปียร์บาน่ายังคงให้ผลผลิตต่อเนื่องถึง 30 วัน ช่วงของค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 7 ซึ่งเนเปียร์บาน่ามีช่วงค่า pH ที่สอดคล้องกัน และเนเปียร์บาน่ายังให้ปริมาตรก๊าซชีวภาพสูงสุดมากกว่าเนเปียร์ปากช่อง1 และ เนเปียร์แคระ

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ หญ้าเนเปียร์ องค์ประกอบก๊าซ ชีวมวล

บทนำ

ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2556 ประเทศไทยมีการใช้พลังงาน 57,076 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 4.4 และประเทศไทยยังมีการนำเข้าพลังงานจากช่วงเดียวกันของปีก่อนเพิ่มขึ้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556) จากสถิติดังกล่าวสะท้อนถึงความสำคัญของพลังงาน และจากการคาดการณ์พบว่า มีแนวโน้มการใช้ และนำเข้าพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลังงานหลักที่ใช้ภายในประเทศเป็นพลังงานสิ้นเปลือง เมื่อใช้หมดแล้วไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือหามาทดแทนได้ทันความต้องการในเวลาอันรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถสร้างทดแทนขึ้นได้ในช่วงระยะเวลาอันสั้นจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชชีวมวลที่ให้ประสิทธิภาพสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยสามารถนำพลังงานมาใช้ได้ จากการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่าง Switch grass และมูลสัตว์ (Ahn และ Smith, 2008) โดยทำการหมักย่อยไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า การหมักร่วมระหว่าง Switch grass กับมูลสัตว์ (มูลวัว, มูลหมู และมูลไก่) เริ่มมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในระบบตั้งแต่ 5 วันแรกของการหมักและค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ที่ให้เกิดก๊าซชีวภาพได้สูงสุด ดังนั้น ในการ

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาหาปริมาตรก๊าซที่ได้จากหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ ซึ่งเป็นพืชชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

อุปกรณ์และวิธีการ

หญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เนเปียร์บาน่า และเนเปียร์ม็อท ซึ่งปลูก ณ แปลงทดลองวิจัยหญ้าพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ โดยมีระยะปลูกระหว่างแถว และต้นที่ 75 cm. x 75 cm. ระยะการตัดที่ 120 วัน หลังจากการตัดครั้งแรก และนำผลผลิตชีวมวลที่ได้นำมาลดความชื้นด้วยตู้อบที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเพื่อเปลี่ยนรูปวัตถุดิบชีวมวลเป็นลักษณะหญ้าแห้ง และบดละเอียดให้มีขนาดอนุภาค 1 เซนติเมตร ทำการบันทกข้อมูลผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวล ความเป็นกรดด่าง และประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

การทดสอประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างชีวมวลแห้งที่บดแล้ว แล้วนำเข้าสู้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะการหมัก เริ่มด้วยกระบวนการ Hydolysis Acidogenesis และระยะ Methangenesis ในระยะการหมักแบบ Methanogenesis จะใช้มูลวัวเป็นแหล่งของเชื้อแบคทีเรียเริ่มต้น (Starter) ในการผลิตก๊าซมีเทน ระหว่างกระบวนการหมักจะมีการบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของระบบมักย่อย และปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ทุกๆ 5 วัน จนครบระยะเวลาของกระบวนการหมัก

ผลการทดลอง

จากการบันทกผลข้อมูลผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่าหญ้าเนเปียร์บาน่ามีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดที่ 7.01 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ปากช่องมีผลผลิตน้ำแห้ง 6.7903 ตันต่อไร่ต่อปี และหญ้าเนเปียร์ม็อท 3.72 ตันต่อไร่ต่อปี

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์ม็อทมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่ไม่แตกต่างกัน มีค่า pH อยู่ที่ประมาณ 5-5.5 แต่หญ้าเนเปียร์บาน่ามีค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง 15 วันหลังจากการหมัก มีค่า pH ต่ำลงกว่าค่า pH เริ่มต้น (pH = 7) หลังจาก 15 วันหลังจากการหมัก pH อยู่ในช่วง 7-7.5 และยังพบว่าช่วงวันที่ 15 หญ้าเนเปียร์บาน่าให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด

หญ้าเนเปียร์บาน่ามีการผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 15-20 ml ในทุกๆ 5 วัน ซึ่งแตกต่างกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์ม็อทที่ผลิตก๊าซใน 5 วันแรก และไม่มีการผลิตก๊าซชีวภาพหรือผลิตได้น้อยมากในช่วงระยะเวลาของระบบการหมักแบบไร้อากาศ (Figure 1)

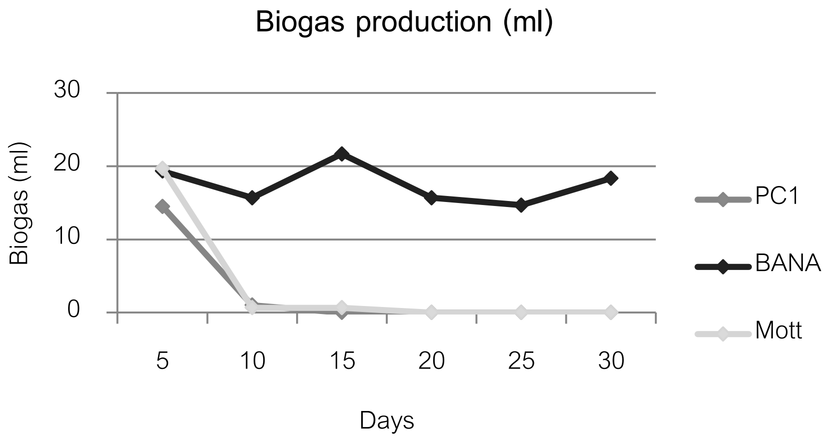
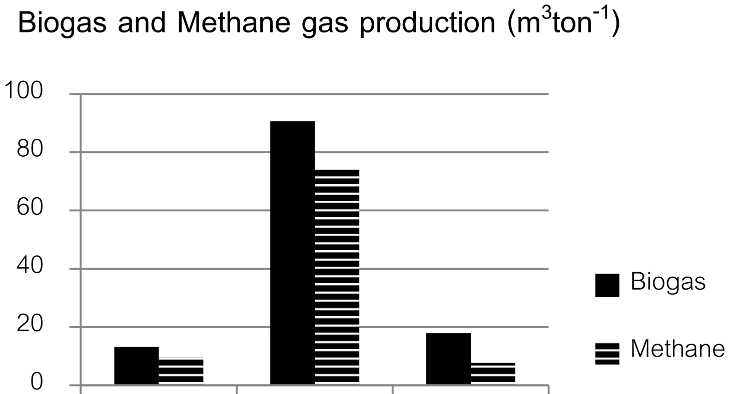


Figure 1 The effect of napier cultivars on biogas productivity during methanogenesis process

เมื่อนำปริมาตรก๊าซที่หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ผลิตได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซมีเทน พบว่า เนเปียร์ม็อทมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์อีก 2 พันธุ์ ส่วนเนเปียร์บาน่ามีสัดส่วนของก๊าซมีเทนมากสุดในหญ้า 3 พันธุ์ (Figure 2)



	PC1	BANA	Mott
Biogas	13.175	90.67	17.85
Methane	9.51	74.44	7.73

Figure 2 The effect of napier cultivars on biogas and methane yield

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ พบว่าหญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 พันธุ์ให้ปริมาตรก๊าซสูงสุดในช่วง 5 วันแรก แต่หญ้าเนเปียร์บาน่านั้นยังคงให้ปริมาตรก๊าซสูงกว่าหญ้าพันธุ์อื่นในระยะวันที่เก็บข้อมูลอีก 25 วัน ค่า pH ที่บันทึกพบว่า ค่า pH ที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดอยู่ที่ค่า pH ประมาณ 7 ซึ่งหญ้าเนเปียร์บาน่ามีค่า pH และปริมาตรก๊าซชีวภาพสอดคล้องกันในช่วงดังกล่าว เมื่อค่า pH ของระบบหมักย่อยลดลงมีผลต่อการลดลงของปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (Figure 3) สอดคล้องกับการศึกษาโดย Strik (2006) รายงานว่า เมื่อ pH มากกว่า 6.5 จะทำให้กิจกรรมของแบคทีเรีย (Methanaogen)ในกระบวนการหมักระยะ Methanogenesis มีความเหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

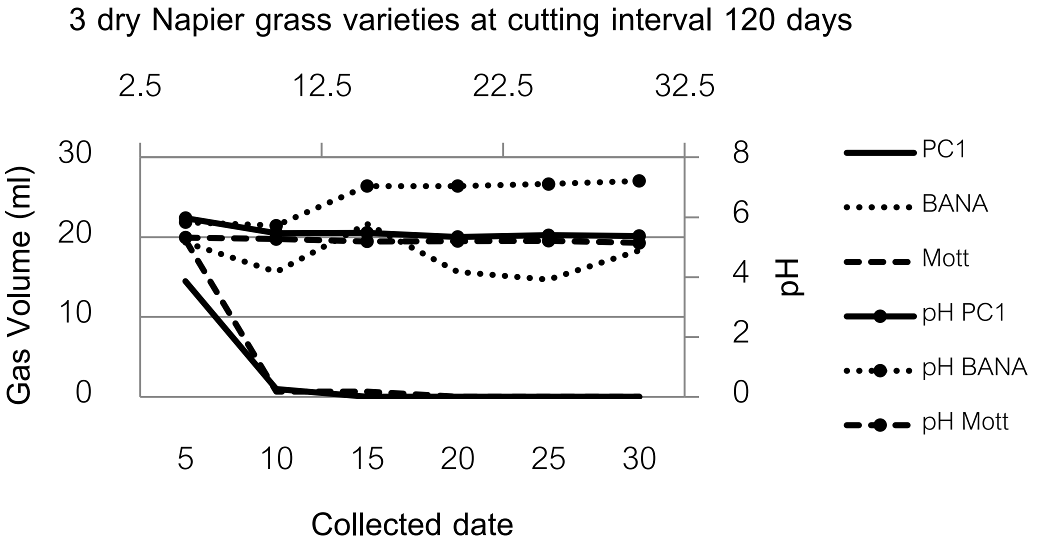


Figure 3 The relation between pH value and biogas production

สรุปผล

หญ้าเนเปียร์บาน่าเป็นวัตถุดิบชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงสุด และมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนสูงเมื่อเปรียบเทียบในหญ้าทั้ง 3 พันธุ์ที่นำมาทดสอบ

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากทุนต้นกล้าเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Strik, D.P.B.T.B., Domnanovich, A.M. and Holubar, P., 2006, A pH-based Control of Ammonia in Biogas During Anaerobic Digestion of Artificial Pig Manure and Maize Silage, Process Biochemistry, 41(2006): 1235-1238.

Ahn, H.K. and Smith, M.C., 2008, Biogas Production Potential from Switch Grass-animal Manure Mixture Using Dry Anaerobic Digestion, ASABE.

ผลของการใช้กระดาษเคลือบสารดูดซับเอทิลีน และบรรจุภัณฑ์ปลดปล่อยเอทิลีนต่อคุณภาพกล้วยไข่ภายหลังการขนส่ง

Effect of Ethylene Absorbent Coated Paper and Ethylene Releasing Sachet on Quality of 'Khai' Banana (*Musa* (AA group) after Transportation

วาริช ศรีละออง[1,3] กฤติกา ตันประเสริฐ[2,3] และ ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,3]
Srilaong, V.[1,3], Tanprasert, K.[2,3] and Pongprasert, N.[1,3]

Abstract

The removing of ethylene in a package of 'Khai" banana can extend storage life, however, ethylene is also important for consistency ripening of banana. This research aimed to develop a packaging of 'Khai' banana that can absorb ethylene during transportation and release ethylene inside packaging at destination market. 'Khai' bananas were packed in corrugated box, these were used as control treatment, and packed in corrugated box with combination of ethylene absorbent pad and ethylene releasing sachet. The changes of physiological, chemical compositions and overall acceptance were evaluated. 'Khai' bananas packed in corrugated box with combination of ethylene absorbent pad and ethylene releasing sachet were delayed the ripening during transportation while the ethylene releasing device could induce the ripening of banana after transportation. The green color of peel developed to be yellow color, also, the acceptance score increased. In addition, the changes of chemical compositions such as total soluble solids, titratable acidity and total ascorbic acid contents were not difference with those of the control. This revealed that 'Khai' banana incubated with ethylene had good eating quality as naturally ripen banana. Therefore, the use of corrugated box with combination of ethylene absorbent pad and ethylene releasing sachet might be an alternative packing method for exporting 'Khai' banana.

Keywords: Ethylene absorbent pad, ethylene releasing sachet, banana, quality

บทคัดย่อ

การกำจัดเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ของกล้วยไข่ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ ในขณะเดียวกันเอทิลีนก็จำเป็นต่อการสุกที่สม่ำเสมอของกล้วยไข่ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สามารถดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่งกล้วยไข่และสามารถบ่มกล้วยไข่ให้สุกได้ภายในบรรจุภัณฑ์เมื่อถึงตลาดปลายทาง โดยการศึกษาได้ทำการบรรจุกล้วยไข่ในบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีน เปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ขนส่งแบบปกติ (ชุดควบคุม) แล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี แลการยอมรับของผู้บริโภค พบว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีน สามารถชะลอการสุกของผลกล้วยไข่ในระหว่างการขนส่ง ในขณะที่ถุงปลดปล่อยเอทิลีนช่วยในการบ่มกล้วยไข่ภายหลังการขนส่งได้ โดยเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากล้วยไข่ที่บ่มให้สุกมีคุณภาพเทียบเท่ากับกล้วยไข่ที่สุกตามธรรมชาติในชุดควบคุม ดังนั้นการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีน จึงสามารถเป็นทางเลือกหนึ่งในการขนส่งกล้วยไข่ในอนาคตได้

คำสำคัญ: แผ่นดูดซับเอทิลีน ถุงปลดปล่อยเอทิลีน กล้วย คุณภาพ

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2] Biochemical Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10140
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

คำนำ

กล้วยไข่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยทั้งยังเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ ด้วยรูปร่าง สีเหลืองอร่าม และขนาดพอเหมาะของผล กล้วยไข่จึงถูกยกให้เป็นพืชเศรษฐกิจของไทย อย่างไรก็ตามการผลิตกล้วยไข่ให้มีคุณภาพเพื่อการส่งออกยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากกล้วยไข่เป็นผลไม้ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย เนื่องมาจากเอทิลีน ดังนั้นการกำจัดเอทิลีนในระหว่างการขนส่งกล้วยไข่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่ง อย่างไรก็ตามกล้วยไข่จำเป็นต้องบ่มให้สุกมีสีเหลืองสม่ำเสมอก่อนการวางจำหน่าย แต่การสร้างห้องบ่มเป็นการลงทุนที่สูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สามารถกำจัดเอทิลีนและสามารถบ่มกล้วยไข่ได้ภายในบรรจุภัณฑ์เดียวกัน ซึ่งทำให้ขั้นตอนการบ่มสามารถทำได้ที่ร้านค้าปลีก โดยอาศัยการปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนออกมาจาก Sachet เมื่อต้องการบ่มกล้วยไข่เพื่อวางจำหน่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลกล้วยไข่ระยะสุกทางการค้าจากสวนเกษตรกรในอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หลังจากนั้นทำการแบ่งกล้วยไข่ออกเป็น 3 ส่วนต่อหวี ทิ้งไว้จนน้ำยางหยุดไหล แล้วสุ่มผลกล้วยไข่บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ขนส่งปกติ (กล่องกระดาษลูกฟูกที่มีถุงพลาสติกด้านใน, ชุดควบคุม) และบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนขนาด 30×40 เซนติเมตร จำนวน ½ แผ่นด้านบน และ 1 แผ่นด้านล่าง (75%) ร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีน จำลองการขนส่งโดยใช้เครื่อง Package Shaker ตามวิธี ASTM D999 แบบ Repetitive shock test นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 เป็นเวลา 14 วัน แล้วจึงย้ายกล้วยไข่ไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 70-75) เพื่อทำการบ่ม โดยชุดควบคุมบ่มภายนอกบรรจุภัณฑ์โดยจำลองสภาวะการบ่มทั่วไป และชุดทดลองที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนและถุงปลดปล่อยเอทิลีนทำการบ่มในบรรจุภัณฑ์ ติดตามการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องซาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน และทุกๆ 2 วัน หลังจากย้ายไปวางที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสดโดยชั่งน้ำหนักผลกล้วยไข่ทุกวันเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter, Minolta) ทางด้านเคมี ได้แก่ การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids) ในเนื้อกล้วยไข่ด้วยเครื่อง Digital Refractometer ซึ่งรายงานค่าเป็นองศาบริกซ์ (^{O}Brix) วิเคราะห์ประมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (Total ascorbic acid) ตามวิธีการของ Roe และคณะ (1948) และทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านการเกิดจุดสีน้ำตาล และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคโดยการให้คะแนน ตามวิธีการของ วาริช และคณะ (2553)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ทั้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ปกติและที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนและถุงปลดปล่อยเอทิลีนมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วันแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน พบว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนและถุงปลดปล่อยเอทิลีนมีการสูญเสียน้ำหนักสดร้อยละ 3.19 ซึ่งน้อยกว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ปกติ (Figure 1) อภิญญา และคณะ (2554) รายงานว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีน มีการสูญเสียน้ำหนักในช่วงร้อยละ 3.0-4.0 ซึ่งเป็นช่วงที่กล้วยยังมีคุณภาพด้านลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับได้โดยไม่แสดงการเหี่ยวของเปลือก

การเปลี่ยนแปลงค่าสีรายงานโดยค่า Hue angle พบว่าค่า Hue angle ของกล้วยไข่ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ 119.20 ซึ่งเป็นค่าในกลุ่มสีเขียว เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ค่า Hue angle ของกล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีน มีค่าลดลงมากกว่าชุดควบคุม และเมื่อย้ายกล้วยไข่ออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่าเป็นเวลา 6 วัน พบว่ากล้วยไข่ที่ในบรรจุภัณฑ์ขนส่งทั้งสองชนิดมีค่า Hue angle อยู่ในกลุ่มสีเขียวเหลืองถึงเหลือง (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าก๊าซเอทิลีนกระตุ้นให้กล้วยไข่สุกเร็วกว่าการบ่มตามธรรมชาติ ซึ่งการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสุกในผักและผลไม้โดยใช้เอทิลีนนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ เช่นการเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น (จริงแท้, 2549)

เมื่อทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกระที่ไทเทรตได้ในเนื้อกล้วยไข่พบว่ากล้วยไข่ทุกชุดทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษากล้วยไข่ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน และ

กล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีนมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีแผ่นดูดซับและถุงปลดปล่อยเอทิลีน เมื่อย้ายกล้วยไข่มาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน (Figure 2) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีทั้งหมดพบว่าหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน ปริมาณวิตามินซีในกล้วยไข่ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีนมีค่าเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องพบว่าปริมาณวิตามินซีทั้งหมดมีค่าลดลงและไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับชุดทดลองตลอดระยะเวลาที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าการใช้แผ่นดูดซับเอทิลีนสามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ โดยในสภาพบรรยากาศที่มีเอทิลีนอยู่น้อยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาที่นำไปสู่การเสื่อมสภาพของเซลล์ดังนั้นวิตามินซีจึงถูกนำไปใช้ในการกำจัดอนุมูลอิสระในปริมาณที่น้อยกว่าในชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของเกษกานต์ (2545) กล่าวว่าในบรรยากาศที่มีเอทิลีนจะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลไม้เกิดได้เร็วขึ้น ทั้งการเปลี่ยนแปลงสีผิวและการอ่อนตัวของผลไม้ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในพืช และนอกจากนี้ยังมีผลต่อสรีรวิทยาและคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

การประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการเกิดจุดสีน้ำตาลมีค่าเพิ่มสูงขึ้น หลังจากย้ายกล้วยไข่มาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน โดยกล้วยไข่ชุดควบคุมมีการเกิดจุดสีน้ำตาล (ตกกระ) มากที่สุด ซึ่งเป็นอาการผิดผิดปกติทางสรีระที่เกิดขึ้นกับผลกล้วยไข่สุกที่เริ่มจะเข้าการสุกที่งอม และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสุกเพิ่มขึ้น (กฤษณ์ และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวมพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดทดลองและไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 3)

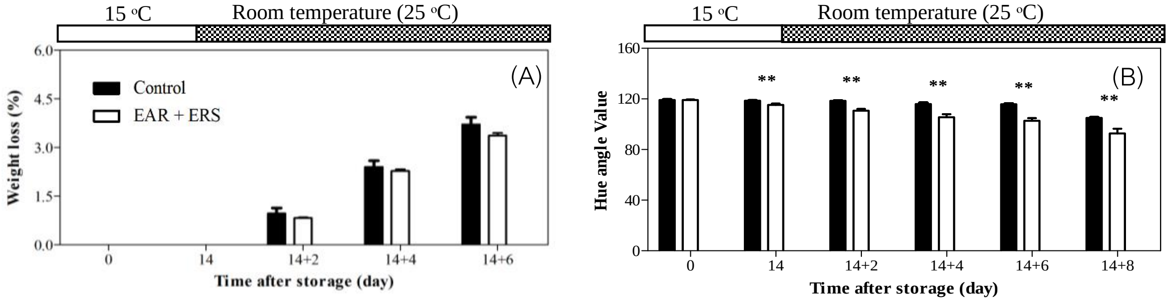


Figure 1 Weight loss (A) and Hue angle value (B) of 'Khai' banana packed in corrugated box (control) (■) or corrugated box with ethylene absorbent coated paper and ethylene releasing sachet (□), storage at 15^{o}C for 14 days and transferred to room temperature (25^{o}C).

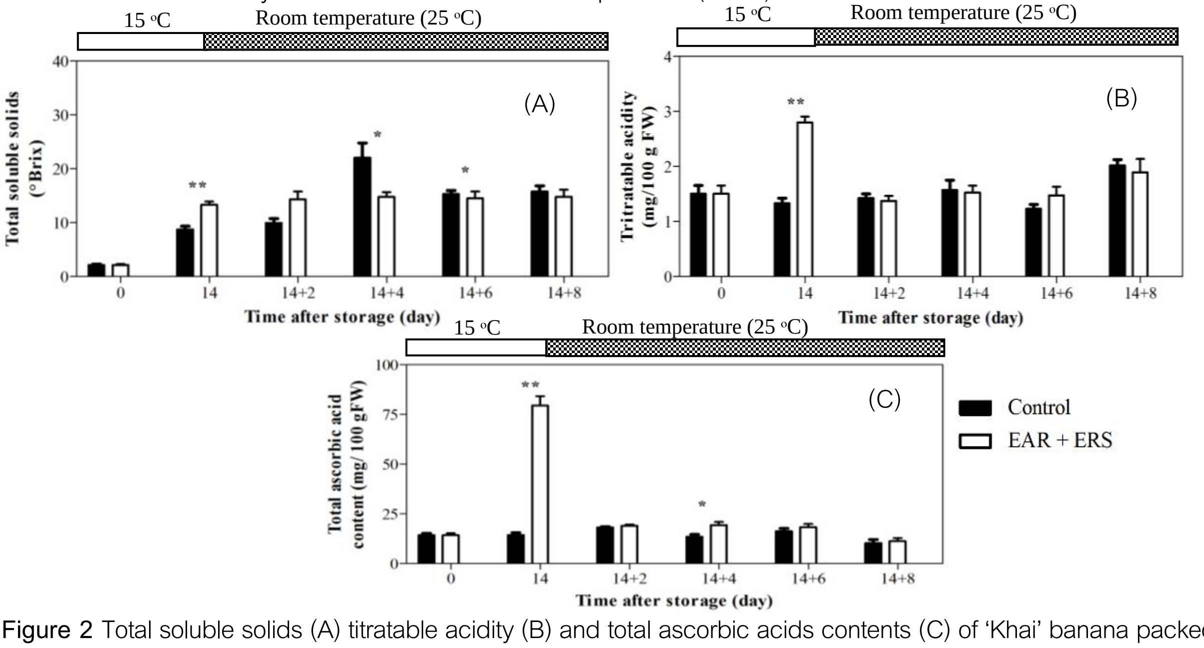


Figure 2 Total soluble solids (A) titratable acidity (B) and total ascorbic acids contents (C) of 'Khai' banana packed in corrugated box (control) (■) or corrugated box with ethylene absorbent coated paper and ethylene releasing sachet (□), storage at 15^{o}C for 14 days and transferred to room temperature (25^{o}C)

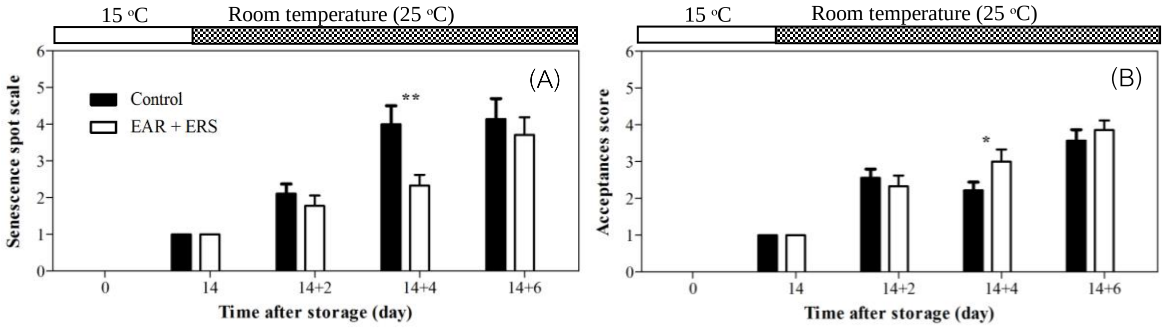


Figure 3 Senescence spot scale (A) and acceptances score of of 'Khai' banana packed in corrugated box (control) (■) or corrugated box with ethylene absorbent coated paper and ethylene releasing sachet (□), storage at 15^{o}C for 14 days and transferred to room temperature (25^{o}C).

สรุปผล

การใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นดูดซับเอทิลีนร่วมกับถุงปลดปล่อยเอทิลีน สามารถดูดชะลอการสุกของกล้วยไข่ได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือระหว่างการขนส่ง และสามารถปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนเพื่อกระตุ้นการสุกภายหลังการขนส่งได้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยตลอดโครงการ

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ สงวนพวก มัณฑนา บัวหนอง นัฐพร ใจแก้ว และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2554, การใช้ 1-Methylcyclopropene เพื่อลดอาการตกกระของผิวกล้วยไข่, วารสารวิทยาศาสตร์กษตร, 42(3)(พิเศษ): 37-40.

เกษกานต์ เกษโกมล, 2545, อิทธิพลของภาชนะบรรจุ อัตราการไหล O_2 : CO_2 และปริมาณสารดูดซับ เอทิลีนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อน, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 113 น..

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, หน้า 365-405.

วาริช ศรีละออง อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพญ จิตอารีย์รัตน์ ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา และสิรินันทน์ สุขทวี, 2553, การฉายรังสียูวีบีต่อคุณภาพกล้วยหอมทองและกล้วยไข่, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 149 หน้า.

อภิญญา แสงศิริโรจน์ สุชปา เนตรประดิษฐ์ และ กฤติกา ตันประเสริฐ, 2554, การเคลือบสารดูดซับเอทิลีนบนแผ่นกระดาษเพื่อยืดอายุการเก็บและกันกระแทกกล้วยหอมทอง, เอกสารการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 4. 7-8 กรกฎาคม 2554 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ, หน้า 341-348.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. AOAC International, Inc. Virginia, USA.

Roe, J.H., Mills, M.B., Oesterling, M.J. and Damron, C.M., 1948, The Determination of Diketo-lgulonic acid, Dehydro-l-ascorbic acid, and l-ascorbic acid in the Same Tissue Extract by the 2,4-dinitrophenylhydrazine Method, Journal of Biological Chemistry, 174: 201-208.

การเปลี่ยนรูปวัตถุดิบชีวมวลเบื้องต้นด้วยวิธีกล ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับปฏิกิริยาของระบบหมักย่อย และผลผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าพลังงานเขตร้อน

Mechanical Pretreatment of Biomass Raw Material on Digestive Reaction Changed and Biogas Yield of Tropical Energy Grasses

จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] นพ ตัณมุขยกุล[1] ประณต มณีอินทร์[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1]

Changkaewmanee, J.[1], Thobunluepop, P.[1], Tonmukayakul, N.[1], Mani-in, P.[1], Muangpan, J.[1] and Pongtip, A.[1]

Abstract

The biomass properties after harvesting might effect on digestive reaction change and biogas productivity. This, the experiment was aimed to evaluate the effect of mechanical pretreatment of biomass raw material on digestive reaction changed and biogas yield of tropical energy grasses. The experimental was designed in factorial in CRD with 3 replications. The experimental factors were; factor A was species of energy grasses (Dwarf and Pakchong1 Napier), factor B was the particle size of energy grasses raw material (coarse grinding energy grass particle size of about 10 mm, and fine grinding; particle size of about 2 mm.), and factor C was post-harvest management of raw materials experiment (fresh and hay). The experiment studied the change of digestion level and biogas productivity. The experiment found that the biogas yield from raw material were no significantly. The changes in acidity – alkalinity found that hay material was more acidic than fresh material. The acidity – alkalinity will decrease rapidly from initial pH (pH=6.5) to pH 5.4 during the first 0-5 days which is in the stage of acidogenesis. After that, the acidity – alkalinity decreased slowly or no change in the stage of methanogenesis.

Keywords: biogas, particle size, Napier grass

บทคัดย่อ

ผลผลิตก๊าซชีวภาพในระบบจะได้ปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพของวัตถุดิบชีวมวลที่ผ่านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง ภายในระบบหมักย่อย ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือการจัดการเปลี่ยนรูปวัตถุดิบชีวมวลเบื้องต้นด้วยวิธีกล ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับปฏิกิริยาของระบบหมักย่อยและผลผลิตก๊าซชีวมวล ของหญ้าพลังงานเขตร้อน โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ มี 3 ปัจจัยการทดลอง ดังนี้ ปัจจัยที่ A คือ พันธุ์หญ้าพลังงาน 2 พันธุ์ ได้แก่ เนเปียร์แคระ และปากช่อง1 ปัจจัยที่ B คือ การเปลี่ยนรูปวัตถุดิบเบื้องต้นโดยวิธีกลให้วัตถุดิบชีวมวลของหญ้าเนเปียร์มีลักษณะบดหยาบ (ขนาดอนุภาคประมาณ 10 มิลลิเมตร) และบดละเอียด (ขนาดอนุภาคประมาณ 2 มิลลิเมตร) ปัจจัยที่ C คือ ลักษณะการจัดการหลังการเก็บเกี่ยววัตถุดิบชีวมวล 2 ลักษณะ คือ ลักษณะของวัตถุดิบสด และวัตถุดิบแห้ง โดยทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงระดับปฏิกิริยาของระบบหมักย่อย และผลิตภาพก๊าซชีวภาพ จากผลการศึกษาพบว่า ก๊าซชีวภาพที่ได้ในวัสดุแห้ง และวัสดุสดของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 2 พันธุ์ ในลักษณะบดหยาบและบดละเอียดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างนั้น พบว่าหญ้าแห้งจะมีความเป็นกรดมากกว่าในหญ้าสด โดยระดับความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงอย่างรวดเร็วจาก pH เริ่มต้น 6.5 ลดลงเหลือ pH 5.4 ในช่วง0-5 วันแรก ที่เป็นการหมักของระยะ Acidogenesis หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างเลย ซึ่งเป็นระยะของ Methanogenesis ดังนั้น จากผลการศึกษาดังกล่าวจึงเสนอแนะถึงการจัดการช่วง pH ให้เหมาะสมต่อระยะการผลิตก๊าซชีวภาพของแบคทีเรียเพื่อให้ได้ผลผลิตก๊าซชีวภาพที่เป็นประโยชน์ในเชิงพลังงานต่อไป

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ ขนาดชิ้นส่วนหมัก หญ้าเนเปียร์

---

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพมีทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ระยะ Hydrolysis เป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่พวกคาร์บอน ไขมัน โปรตีน ที่อยุ่ในเซลล์พืช ให้อยู่ในสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาล กรดไขมัน และกรดอะมิโน โดยน้ำระยะที่ 2-3 คือ ระยะ Acidogenesis และ Acetogenesis เป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาล กรดไขมันและกรดอะมิโน รวมถึง คาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลที่ได้จากการย่อยของผนังเซลล์ในขั้นตอนของการทำ pretreament ด้วยโดยขั้นตอนนี้จะเปลี่ยนเป็น กรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดแอร์ซิก กรดแลตติก กรดโพพิโอนิก กรดบิวทาลิก ระยะที่ 4 คือ ระยะ Methanogenesis (Maghanaki และคณะ, 2013) ซึ่งทั้งหมดเป็นการหมักย่อยแบบไร้ออกซิเจน (anaerobic digestion) เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ การหมักย่อยต้องคำนึงถึงรูปแบบ ซึ่ง การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อให้ได้ปริมาณ และคุณภาพมากขึ้นอยู่กับการจัดการ และกระบวนการหมักที่เหมาะสม ซึ่งขนาดของชิ้นส่วนชีวมวลที่แตกต่างกัน คือ ขนาดหยาบ และละเอียดจะให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้แตกต่างกัน (Mshandete และคณะ, 2006) รูปแบบการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว คือ ลักษณะของชีวมวลแห้ง หรือสดก็เป็นเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เช่นกัน (Palmer และคณะ, 2005) ทั้งนี้รวมถึงชนิด และพันธุ์ของชีวมวลที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นแตกต่างกันด้วยเนื่องจากหญ้าที่นำมาเป็นวัตถุดิบแต่ละพันธุ์นั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน (Filhoa และคณะ, 2000) สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน (สวค.) กระทรวงพลังงาน กล่าวว่า สิ่งที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการทำงานของเชื้อแบคทีเรียในการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ สภาพของความเป็นกรด-ด่างที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งช่วงระดับปฏิกิริยา (pH) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง pH 6.5-7.5 ถ้า pH ต่ำกว่า 5 จะมีอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

ดังนั้น จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปวัตถุดิบชีวมวลเบื้องต้นด้วยวิธีกล ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับปฏิกิริยาของระบบหมักย่อย และผลผลิตก๊าซชีวมวลของหญ้าพลังงานเขตร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ 2 พันธุ์ จากแปลงที่มีระยะปลูก 0.75 x 0.75 เมตร ในรอบการตัด 45 วัน โดยปลูกทดสอบภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกร ณ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ มีกรรมวิธีทดลอง ดังนี้ ปัจจัยที่ A คือ พันธุ์หญ้าพลังงาน 2 พันธุ์ ได้แก่ เนเปียร์แคระ และปากช่อง1 ปัจจัยที่ B คือ การเปลี่ยนรูปวัตถุดิบโดยวิธีกลกระทั่งวัตถุดิบชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ ตัวอย่างมีลักษณะบดหยาบ (ขนาดอนุภาคประมาณ 10 มิลลิเมตร) และบดละเอียด (ขนาดอนุภาคประมาณ 2 มิลลิเมตร) ปัจจัยที่ C คือลักษณะการจัดการหลังการเก็บเกี่ยววัตถุดิบชีวมวล 2 ลักษณะ คือ ลักษณะของวัตถุดิบสด และวัตถุดิบแห้ง ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของระบบหมักย่อยแบบไร้อากาศ (pH of anaerobic digestion system change) และผลิตภาพก๊าซชีวภาพ (biogas productivity) โดยกระบวนการหมักย่อยมีสัดส่วนระหว่างตัวอย่างวัตถุดิบชีวมวลข้างต้น: น้ำมูลวัว (bacterial starter) ในอัตราส่วน 3:1 พร้อมทั้งใช้เครื่อง pH meter ตรวจวัดระดับปฏิกิริยาของระบบหมักย่อยภายในหลอดทดลองเป็นค่า เริ่มต้น จากนั้นบ่มทิ้งไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 36-38 องศาเซลเซียส บันทึกผลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุก 1 วัน และบันทึกการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของระบบหมักย่อยทุก 5 วัน โดยมีระยะเวลาทั้งสิ้น 30 วัน

โดยปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จริง สามารถนำมาคำนวณได้โดยใช้สูตร ดังนี้ $Y= (G \times D) / O$

โดยที่ Y คือ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบ ($m^3\ rai^{-1}$)

G คือ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จริง (mL)

D คือ น้ำหนักแห้งของพันธุ์หญ้านั้น ($g\ rai^{-1}$)

O คือ น้ำหนักของวัตถุดิบชีวมวลที่ใช้ในระบบหมัก (g)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ของหญ้าแห้ง และสด 2 พันธุ์ (เนเปียร์แคระ และ ปากช่อง 1) บดหยาบ และบดละเอียด พบว่า ก๊าซชีวภาพที่ได้ในหญ้าแห้ง และหญ้าสดทั้ง 2 พันธุ์ ในลักษณะบดหยาบและบดละเอียดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Show biogas measurement of hay and fresh grass two varieties (Dwarf Napier and Pakchong1 Napier) between two coarse grinding and fine grinding. Fermentation period of 30 days.

varieties	Gas volume (m^3 rai^{-1})			
	Hay		Fresh grass	
	coarse grinding	fine grinding	coarse grinding	fine grinding
Dwarf Napier	1,360.88	1,473.15	0	1,248.61
Pakchong1	1,949.68	2,124.99	0	0

P-Value 0.05

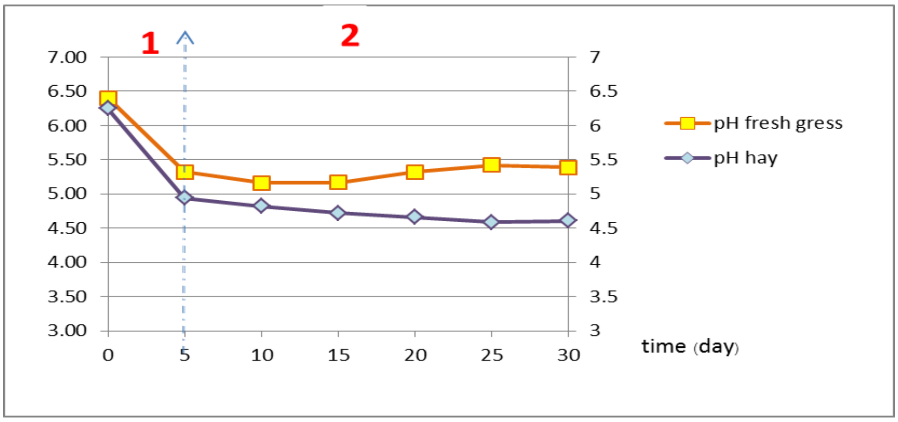


Figure 1 Show acidity - alkalinity in the hay and fresh grass, and the change in acidity - alkalinity. Fermentation period of 30 days.

ระบบปฏิกิริยา (pH) ในหญ้าแห้งมีค่าความเป็นกรด มากกว่าในหญ้าสด และค่าความเป็นกรด - ด่างภายในระบบจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 วันแรก หลังจากนั้นค่าวามเป็นกรด – ด่างภายในระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ (ลดลง) หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย (Figure 1)

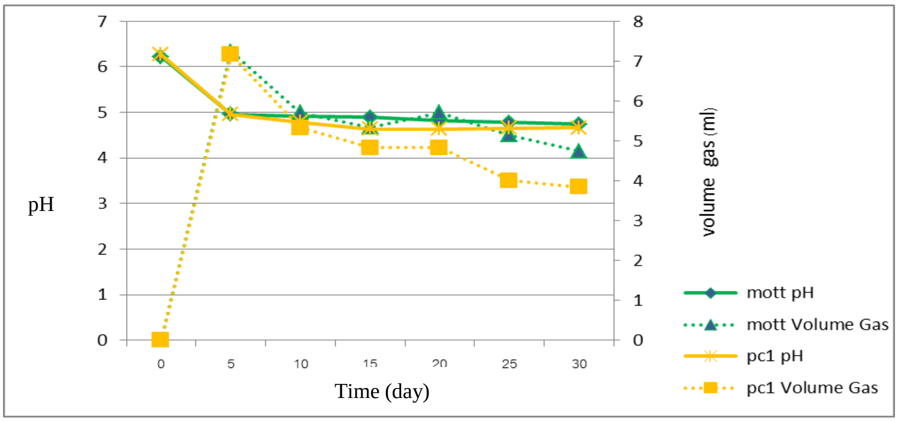


Figure 2 Show acidity - alkalinity in Dwarf Napier and Pakchong1, and the change volume gas period of 30 days.

เมื่อปฏิกิริยา (pH) มีค่าต่ำกว่า 5 พบว่าทั้งในหญ้าเนเปียร์ทั้ง 2 พันธุ์ (เนเปียร์แคระ และ ปากช่อง 1) มีผลผลิตก๊าซชีวภาพที่คงที่ หรือลดลง เนื่องจาก pH ลดต่ำลงเกินกว่าที่แบคทีเรียจะสร้างก๊าซชีวภาพขึ้นมาได้ (Figure 2)

วิจารณ์ผล

ในวัสดุแห้งของหญ้าพันธุ์เนเปียร์แคระ และปากช่อง 1 ของลักษณะบดละเอียดมีผลผลิตก๊าซชีวภาพมากกว่าในหญ้าที่บดหยาบ เป็นไปตามผลของ Mshandete และคณะ (2006) ส่วนผลผลิตก๊าซชีวภาพวัสดุแห้งมีมากกว่าในวัสดุสด ซึ่งขัดแย้งกับ Palmer และคณะ (2005) ที่กล่าวว่าวัสดุสดจะให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพมากกว่าวัสดุแห้ง สาเหตุที่ได้ผลขัดแย้งกัน เนื่องจาก ในการทดลองนี้ ตัวอย่างวัสดุสดที่มีน้ำหนักเท่าวัสดุแห้ง แต่ในวัสดุสดมีสารอินทรีย์น้อยกว่าในวัสดุแห้ง สารอินทรีย์ที่ได้จากวัสดุสดจึงไม่เพียงพอต่อระบบที่จะสร้างก๊าซชีวภาพขึ้นมา จึงส่งผลให้ไม่มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในระบบ และวัสดุแต่ละพันธุ์ก็ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพไม่เท่ากันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Filhoa และคณะ (2000)

ในหญ้าแห้งจะมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์มากกว่าในหญ้าสดซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก เมื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์ในหญ้าแห้งจะทำให้ภายในระบบเกิดความเป็นกรด มากกว่าในหญ้าสด โดยค่าของความเป็นกรด – ด่างซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา โดยระยะของ Acedogenesis จะเป็นระยะที่ความเป็นกรด – ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว (0-5 วัน) หลังจากระยะ Acedogenesis ผ่านไป ระบบหมักย่อยก็จะเข้าสู่ในระยะของ Methanogenesis ซึ่งในระยะนี้ความเป็นกรด – ด่างในระบบหมักย่อยจะลดลงอย่างช้าๆ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง ตลอดระยะเวลาประมาณ 25 วัน โดยเชื้อแบคทีเรียจะทำหน้าที่ผลิตก๊าซมีเทน และจะมีก๊าซอื่นปะปนด้วย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน Maghanaki และคณะ (2013)

สรุปผล

ก๊าซชีวภาพที่ได้ในหญ้าแห้ง และหญ้าสดทั้ง 2 พันธุ์ ในลักษณะบดหยาบและบดละเอียดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างนั้น พบว่าหญ้าแห้งจะมีความเป็นกรดมากกว่าในหญ้าสด โดยระดับความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงอย่างรวดเร็วจาก pH เริ่มต้น 6.5 ลดลงเหลือ pH 5.4 ในช่วง 0-5 วันแรก ที่เป็นการหมักของระยะ Acedogenesis หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างเลย ซึ่งเป็นระยะของ Methanogenesis

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณ แปลงการทดลองภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกร ณ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักวิจัย ค้นคว้าพลังงาน (สวค.), มปป, การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียปศุสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

Filhoa, J.C.M., Fondevilab, N.M., Urdaneta, A.B. and Ronquillob, M.G., 2000, In vitro Microbial Fermentation of Tropical Grasses at an Advanced Maturity Stage, Animal Feed Science and Technology, 83: 145-157.

Maghanaki, M.M., Ghobadian, B., Najafi, G. and Galogah, R.J., 2013, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28: 702–714.

Mshandete, A.L., Bjornssonb, A.K., Kivaisia, M.S., Rubindamayugia, T. and Mattiassonb, B., 2006, Effect of Particle Size on Biogas Yield from Sisal Fibre Waste, Renewable Energy, 31: 2385-392.

Palmer, M.J..A., Jessop, N.S., Fawcett, R. and Illius, A.W., 2005, Interference of Indirect Gas Produced by Grass Silage Fermentation Acids in an in vitro Gas Production Technique, Animal Feed Science and Technology, 123–124: 185-196.

การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทสจากเนื้อเมล่อน (*Cucumis melo* L.) สายพันธุ์ต่าง ๆ

Partial Purification Superoxide Dismutase from Mesocarp Tissue of Various Species of *Cucumis melo* L.

พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1] ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[1] รัชนี ไสยประจง[1] และ สุรพงษ์ พินิจกลาง[1]
Luangborisut, P.[1], Sittikityotin, P.[1], Saiprajong, R.[1] and Pinitglang, S.[1]

Abstract

The objective of this research is to study the partial purification of superoxide dismutase from mesocarp tissue of *Cucumis melo* L. species; 'Sweet melon', 'Pot orange', and 'Sun lady' and to investigate the protective effects of encapsulated superoxide dismutase with sodium alginate-whey protein. Crude enzymes were isolated by 95% ethanol precipitation, which their proteins were 0.228% (Sweet melon), 0.294% (Pot orange), 0.171% (Sun lady) protein. The precipitated crude enzymes were determined by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and whey protein mixed with sodium alginate blends at ratio of 2.125:1.00 resulted in a greater effective carrier to entrap the crude superoxide dismutase which its molecular weight was 24.85 kDa. The particle size distribution analysis revealed that the particle size diameter varied from 3.21 to 3.35 mm and all samples had round, smooth surface and non-adhesive granule structures in 'Sweet melon', 'Pot orange', and 'Sun lady' varieties.

Keywords: superoxide dismutase, melon, encapsulation

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสจากเนื้อเมลอน (Cantaloupe, *Cucumis melo* L.) สายพันธุ์สวีทเมลอน พอทออเร็นจ์ และซันเลดี้ และการทำเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตผสมกับเวย์โปรตีนเป็นตัวป้องกันเอนไซม์ ที่สกัดอย่างหยาบและถูกแยกโดยวิธีทำให้ตกตะกอนกับสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณโปรตีน 0.228 เปอร์เซ็นต์ (สวีทเมลอน) 0.294 เปอร์เซ็นต์ (พอทออเร็นจ์) และ 0.171 เปอร์เซ็นต์ (ซันเลดี้) เอนไซม์ส่วนที่ได้จากการตกตะกอนนี้ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี อิเล็กโทรโฟรีซีสแบบ SDS-PAGE และการใช้เวย์โปรตีนผสมกับโซเดียมอัลจิเนตอัตราส่วน 2.125:1.00 มีผลทำให้เกิดการห่อหุ้มเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส เอนไซม์สกัดอย่างหยาบมีน้ำหนักโมเลกุล 24.85 กิโลดาลตัน ผลการวิเคราะห์ได้ชี้ให้เห็นว่าอนุภาคได้กระจายออกจากกันเป็นเม็ดๆ มีลักษณะกลมผิวเรียบไม่ติดกันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.21 ถึง 3.35 มิลลิเมตรพบในสายพันธุ์สวีทเมลอน พอทออเรนจ์ และซันเลดี้

คำสำคัญ: ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส เมลอน เอนแคปซูเลชั่น

คำนำ

เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสสามารถพบได้ในเซลล์สัตว์ พืช สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเช่นยีสต์และแบคทีเรีย เอนไซม์นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ คอปเปอร์-ซิงค์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Copper–zinc superoxide dismutase;CuZn-SOD,SOD_1) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 32 กิโลดาลตัน แมงกานีส-ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Manganese- superoxide dismutase; Mn-SOD,SOD_2) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 96 กิโลดาลตัน และเอ็กตราเซลลูลาร์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Extracellular-superoxide dismutase; EC-SOD,SOD_3) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 135 กิโลดาลตัน ซึ่งส่วนใหญ่จะพบคอปเปอร์-ซิงค์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส สำหรับในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสามารถพบได้ทั้งสามชนิด (Zelko และคณะ, 2002) ในพืชมีรายงานว่าสามารถสกัดแยกจาก เมล็ดถั่ว (*Pisum sativum*) (Sawada และคณะ, 1972) ผักขม (spinach) (Asada และคณะ, 1973; Lumsden และ Hall, 1974) จากข้าวสาลีที่กำลังงอก (Beauchamp และ Fridovich, 1973) ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด ถั่ว (Constantine และคณะ, 1977) มีรายงานการวิจัยตรวจพบเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสในผลเมลอน (Cantaloupe, *Cucumis melo* L.) อีกด้วย

เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอนุมูลอิสระ ปัจจุบันได้มีการนำเอนไซม์นี้มาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมเคมี (Milind และ Kulwant, 2011) โดยเฉพาะในการ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee Rangsit Road, Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

ประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารแล้วเอนไซม์ส่วนใหญ่จะเสื่อมสภาพไปกับกระบวนการย่อยอาหารร่างกายไม่สามารถนำเอาเอนไซม์มาใช้ประโยชน์ได้การทำเอนแคปซูเลชั่นเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสนี้เท่ากับเป็นการประยุกต์ใช้สารไบโอโพลิเมอร์เวย์โปรตีนกับโซเดียม อัลจิเนตที่จัดเตรียมขึ้นในสัดส่วนที่เหมาะสมในสภาวะสถานะการณ์จำลองที่เกิดขึ้นในการประยุกต์ใช้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการทำให้เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสบริสุทธิ์บางส่วน จากเนื้อเมลอน (Cantaloupe, *Cucumis melo* L.) 3 สายพันธุ์ และการทำเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตผสมกับเวย์โปรตีนเป็นตัวป้องกันการเสื่อมสลายของเอนไซม์ก่อนที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดแยกเอนไซม์อย่างหยาบได้จากเนื้อเมลอน (Cantaloupe, *Cucumis melo* L.) 3 สายพันธุ์คือ สวีทเมลอน พอทออเร็นจ์ และซันเลดี้ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองซื้อจากสวน Hydrogreen โดยมีแหล่งเพาะปลูกที่จังหวัดพิษณุโลกและสวนราชสาส์นจังหวัดฉะเชิงเทรา

การเตรียมเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ

ทำการคัดแยกเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส จากเนื้อเมลอนสุกแก่อายุประมาณ 60-70 วัน หลังจากซื้อนำมาบ่มให้สุก มีกลิ่นหอม และขั้วหลุดจากผลประมาณ 10 วัน โดยสังเกตผิวตาข่ายของผลมีลักษณะความนูนหรือเป็นสัน ลดน้อยลง นำมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้แยกกาก (Moulinex Tefal, S/N 4309; China) กรองเอากากทิ้งด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง ได้ส่วนที่เป็นน้ำเมลอน จากนั้นนำมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:3 โดยกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำตะกอนที่ได้คือเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ หรือ crude enzyme ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน

การทำเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส

เตรียมโซเดียมอัลจิเนต 2 กรัม (Carlo Erba,70-366551, Italy) มาละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยต้มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนโซเดียมอัลจิเนตละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

เตรียมเวย์โปรตีน 12 กรัม (Milk Specialties Global, USA) มาละลายด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 8 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มใน incubator ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ขั้นตอนการตรึง crude enzyme ในเจลผสมโปรตีนและโซเดียมอัลจิเนต

โดยนำเวย์โปรตีนที่เตรียมไว้ ปริมาตร 62 มิลลิลิตร มาผสมกับโซเดียมอัลจิเนตที่เตรียมไว้ ปริมาตร 38 มิลลิลิตร โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตผสมกับเวย์โปรตีนให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenizer (รุ่น FT9-A, armfield, S/N 42y9-1; England) จากนั้นนำ crude enzyme 1 กรัม มาผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง homogenizer เช่นเดียวกัน ที่ความเร็วรอบ 15,800 เป็นเวลา 30 วินาที พัก 30 วินาที สลับกันไปจนครบเวลา 5 นาที เตรียมชุดเครื่องมือการทำเอนแคปซูเลชั่น ที่ประกอบด้วยเครื่อง peristaltic pump (รุ่น MPO3, EyELA, S/N 2701761; Japan) เลือกเข็มขนาดเบอร์ 18 จากนั้นโหลดสารละลายเข้าเครื่องหยดส่วนผสมลงในสารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้นร้อยละ 16.7 (w/v) ที่ผสม Tween 60 เข้มข้นร้อยละ 0.02 (v/v) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ความเร็วในการกวนสารละลายอยู่ที่ประมาณระดับ 7 เมื่อหยดส่วนผสมดังกล่าวจนหมดแล้ว แช่เม็ดเจลต่อในสารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้นร้อยละ 16.7 (w/v) ที่ผสมTween 60 เข้มข้นร้อยละ 0.02 (v/v) นาน 30นาที เพื่อให้เจลจับกันได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นล้างเม็ดเจลด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง นำเม็ดเจลที่ได้มาศึกษาลักษณะโดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้วยเครื่อง vernier caliper ทั้ง 3 ครั้ง แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยส่วนเม็ดเจลที่เหลือเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาในส่วนอื่นต่อไป

การทดสอบความบริสุทธิ์ของ crude enzyme ด้วย Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS PAGE) ตามวิธีของ Laemmli, 1970

ประกอบชุดเจลอิเล็กโตรโฟรีซีส (เครื่อง power supply ;Bucher instrument model no.4333650, USA, Amersham ECL Gel-Box no.28-9906-08, GE Healthcare, Life Sciences, USA) เปิดกระแสไฟฟ้าที่ 160 โวลต์ นำตัวอย่างโปรตีนที่ต้องการทดสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลมาต้มในอ่างน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ทิ้งให้เย็นลงแล้วแบ่งมา 15 ไมโครลิตรผสมกับสีย้อม bromophenol blue ปริมาณ 7 ไมโครลิตร เติมลงในช่องว่างสำหรับใส่ตัวอย่างโปรตีนบริเวณส่วนบนของ stacking gel โดยทำพร้อมกับโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล ปล่อยให้ตัวอย่างโปรตีนเคลื่อนที่ไปภายในเจล จนเห็นสีของ bromophenol blue เคลื่อนที่ลงไปจนสุดขอบล่างของเจล นำเจลและแม่พิมพ์ออกจากชุดทดสอบนำเจลที่ได้ไป Fix ด้วย fixing solution ประมาณ 30 นาที แล้วย้อมด้วยสีย้อม Coomassie Billiant Blue R-250 จะติดสีน้ำเงินนานประมาณ 10 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำ แล้วแช่เจลต่อใน Destaining solution ทำ 2-3 ครั้งๆ ละประมาณ 10 นาที จนกระทั่งส่วนที่เป็น background ใส

การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (1951)

นำสารตัวอย่างปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคาร์บอนเนต ในสารละลายโซเดียมไฮ-ดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม ในสารละลายโพแทสเซียมโซเดียมตราเตรท ร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 50:1 ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติม Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งในตู้ incubator 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร โดยใช้ bovine serum albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน

ผลการทดลอง

เอนไซม์สกัดอย่างหยาบ

จากการคัดแยกโปรตีนเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสจากเนื้อเมลอนสุกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม แต่ละสายพันธุ์ คือ สวีทเมลอน พอทออเร็นจ์ และซันเลดี้ ได้โปรตีนน้ำหนัก (dry weight) 2.28, 2.49, 1.71 กรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็น % yield เท่ากับ 0.23, 0.29 และ 0.17 ตามลำดับ

การทำเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส

ผลทดลองพบว่าอนุภาคของเอนแคปซูเลชั่นและอนุภาคของเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส กระจายออกจากกันเป็นเม็ดๆมีลักษณะกลม ผิวเรียบ ไม่ติดกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคเฉลี่ยของเอนแคปซูเลชั่น 3.21 มิลลิเมตร ในสายพันธุ์ สวีทเมลอน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.35 มิลลิเมตร พอทออเรนจ์ มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.225 มิลลิเมตร ซันเลดี้มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.205 มิลลิเมตร (Figure 1 A and B, C, D)

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสโดยวิธี SDS-PAGE

จากผลทดลองโดยการทำ SDS-PAGE เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐานทั้ง 11 แถบ ซึ่งที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 10-175 กิโลดาลตัน พบแถบโปรตีนเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส บนเจลทั้ง 3 สายพันธุ์ ติดสีย้อมอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันมีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 22-29 กิโลดาลตัน (Figure 2 A)วิเคราะห์หาค่า Rf ของโปรตีนมาตรฐานพบว่าอยู่ที่ 24.85 กิโลดาลตัน (Figure 2 B)

การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry

เมื่อนำทั้ง 3 สายพันธุ์ไปตรวจวัดปริมาณโปรตีนกับโปรตีนมาตรฐานพบว่าสายพันธุ์ สวีทเมลอน พอทออเร็นจ์ และซันเลดี้ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.0154, 0.0130, 0.0159 กรัมต่อมิลลิลิตร

สรุปและวิจารณ์ผล

การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสจากเนื้อเมล่อนโดยวิธีนี้ได้ผลดีกระบวนการไม่ซับซ้อนสามารถสกัดได้เอนไซม์ออกมาตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี SDS-PAGE การตรวจวิเคราะห์จากค่า Rf ของโปรตีนมาตรฐานพบว่าอยู่ที่ 24.85 กิโลดาลตัน ที่ใกล้เคียงกับที่พบในพืช เช่นละอองเกสรดอกของต้นข้าวโพดมีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน 30 กิโลดาลตัน (Oden และคณะ 1992) ส่วนที่เป็นเหง้าของว่านมหาเมฆมีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน 32.5 กิโลดาลตัน (Moon-ai และคณะ, 2012) ใบพืชชนิดหนึ่ง (Wutai tartary buckwheat leaves) มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน 31 กิโลดาลตัน (Zhuanhua และคณะ 1993) ในการสกัดเอนไซม์อย่างหยาบถ้าจะให้ได้ปริมาณโปรตีนตกตะกอนมากพอหลังจากที่ใส่เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์กวนให้เข้ากันแล้วควรทิ้งไว้ข้ามคืนหรือมากกว่านั้นก่อนนำมาปั่นเหวี่ยง ในการทดลองพบว่าสกัดได้ปริมาณของโปรตีนน้อยเมื่อเทียบกับน้ำหนัก และ % yield ที่ได้ก็น้อยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในแต่ละสายพันธุ์มียีนส์ในการสร้างโปรตีนในส่วนที่เป็นเนื้อจำนวนน้อย(Milind และ Kulwant, 2011) อย่างไรก็ตามทำให้ % yield ที่ได้น้อยตามซึ่งแต่ละสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน สำหรับการทำเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส ได้อนุภาคกระจายออกจากกันเป็นเม็ดๆ มีลักษณะกลม ผิวเรียบ ไม่ติดกัน แต่มีข้อที่ต้องควรระวังในการหยดเม็ดโพลิเมอร์นั้นในการทดลองนี้ใช้เข็มเบอร์ 18 ความเร็วในการหยด 200 รอบต่อนาที การใช้เวย์โปรตีนผสมกับโซเดียมอัลจิเนตทำให้เกิดการห่อหุ้มเอนไซม์นั้นได้สัดส่วนที่ดีผลการทดลองจะนำไปศึกษาในสภาวะจำลองของระบบทางเดินอาหารสภาพที่มีและไม่มีเอนไซม์เพปซินต่อไป อย่างไรก็ตามในการทำเอนแคปซูเลชั่นของเอนไซม์จะได้เม็ดเจลขนาดใหญ่อยู่มาก ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของเครื่องดื่มโดยการ Encapsution ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่งเสริมการวิจัยจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารอ้างอิง

Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature, 277: 680-685.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Milind, P. and Kulwant, S., 2011, Musk Melon is Eat-Must Melon, International Research Journal of Pharmacy, 2(8): 52-57.

Moon-ai, W, Niyomploy, P., Boonsombat, R., Sangvanich, P. and Karnchanatat, A., 2012, A Superoxide Dismutase Purified from the Rhizome of *Curcuma aeruginosa* Roxb. as Inhibitor of Nitric Oxide Production in the Macrophage-like RAW 264.7 Cell Line, Applied biochemistry and biotechnology, 166(8): 2138-2155.

Odén, P.C., Karlsson, G. and Einarsson, R., 1992, Demonstration of Superoxide Dismutase Enzymes in Extracts of Pollen and Anther of Zea mays and in Two Related Products, Baxtin and Polbax, Grana Palynologica, 31: 76-80.

Zelko, I.N., Mariani, T.J. and Folz, R.J., 2002, Superoxide Dismutase Multigene Family: A Comparison of the CuZn- SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) Gene Structures Evolution and Expression, Free Radical Biology and Medicine, 33(3): 337-349.

Zhuanhua, W., Rufa, L., Zheng, Z. and Mingde, Z., 1993, Purification and Characterization of Superoxide Dismutase from Tartary Buckwheat Leayes, Fagopyrum, 13: 31–34.

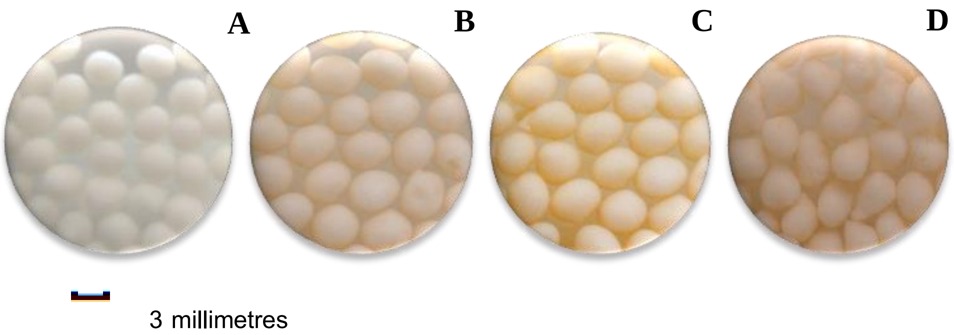


Figure 1 A Morphology of encapsulated sodium alginate-whey protein and B, C, D encapsulation in sodium alginate-whey protein mixed gel of crude enzyme. The particle size distribution revealed that all samples had a round, smooth surface and non-adhesive granules structure in (A)Encapsulated 3.21 mm.(Ø) and (B) Sweet melon 3.35 mm.(Ø), (C) Pot orange 3.225 mm.(Ø), (D) Sun lady 3.205 mm.(Ø) genotypes.

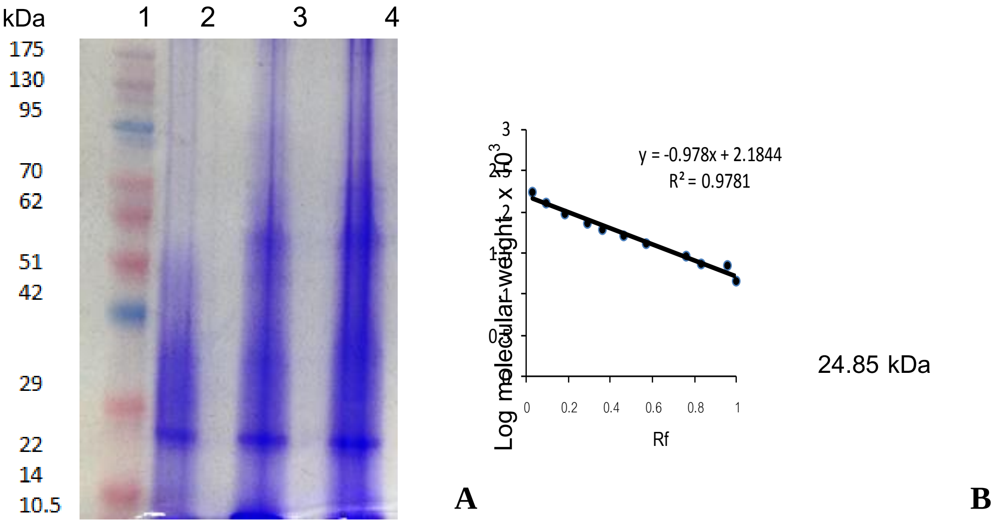


Figure 2 A Polyacrylamine gel electrophoresis of the partial purified of superoxide dismutase from mesocarp tissue of *Cucumis melo* L. Lane (1); Molecular weight standard protein : Cromatein Prestained Protein Ladder the range of 10-175 kDa. Lane 2 crude extraction of Sweet melon, Lane 3 crude extraction of Pot orange, and Lane 4 crude extraction of Sun lady genotypes. B The thick line represents Rf value of log molecular weight standard protein.

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ

Effect of Temperature on Quality Dehydrated Sweetened Pineapple by Vacuum Drying Oven

พวงชมพู หงษ์ชัย[1] และ เกศรวี ภาคีอรรถ[1]

Hongchai, P.[1] and Pakeeaurt, K.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the appropriate temperature for dehydrate product. Dehydrated sweetened pineapple was treated with vacuum drying oven carried on 3 levels as 50, 60 and 70^{O}C until the moisture became 14-15% of weight of product. At 50^{O}C, the product showed the highest L-value and b-value while a-value was the lowest. The product was measured the hardness value with texture analyzer using shear blade cut through the pineapple fiber, the lowest hardness is 47.67±0.32 N. Additional, the sensory evaluation testing revealed that the testers rated the most overall preference.

Keywords: dehydrated sweetened pineapple, vacuum drying oven

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศโดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 3 ระดับคือ 50, 60 และ70 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 14-15 พบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มากที่สุด ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) น้อยที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้หัววัดเป็นมีดโลหะตัดผ่านเส้นใยของสับปะรดมีค่าความแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 47.67±0.32 นิวตัน และเมื่อนำมาทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด

คำสำคัญ: สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง เครื่องอบแห้งสุญญากาศ

คำนำ

เนื่องจากสับปะรดมีปริมาณน้ำมาก จึงนิยมนำสับปะรดมาลดปริมาณน้ำโดยวิธีออสโมซิสหรือที่รู้จักกันดีคือการแช่อิ่ม ซึ่งมีการดึงน้ำบางส่วนออกจากสับปะรดอย่างช้าๆ ขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มความหวานให้แก่สับปะรดด้วยแล้วจึงนำไปอบแห้ง การอบแห้งแบบลมร้อนใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงจึงทำให้สูญเสียสารอาหารที่มีคุณค่าได้ง่าย เช่น วิตามินและเกลือแร่ต่างๆ เป็นต้น (ฤทธิไกร, 2547) รวมทั้งผลผลิตที่ได้มีสีเข้มขึ้น ในขณะที่การอบแห้งแบบสุญญากาศซึ่งเป็นการอบแห้งอีกวิธีหนึ่งที่อาศัยหลักการลดความดันอากาศเพื่อลดจุดเดือดของน้ำทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสดีและคงคุณค่าทางโภชนาการเท่ากับของสด (วสันต์, 2549) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งสับประรดแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศให้มีคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีเตรียมสับปะรดแช่อิ่ม (สุธีรา, 2540) มีดังนี้ นำสับปะรดล้างทำความสะอาดแล้วนำมาปอกเปลือก หั่นเป็นแว่นให้มีความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 9.5 เซนติเมตร และเจาะแกนให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 เซนติเมตร นำสับปะรดไปนึ่งด้วยไอน้ำนาน 10 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และการเจริญของจุลินทรีย์ หลังจากนั้นนำสับปะรดมาแช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 องศาบริกซ์ ใช้อัตราส่วนสับปะรดกับน้ำเชื่อมเท่ากับ 1 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก แช่ข้ามคืน (24 ชั่วโมง) วันต่อมานำน้ำเชื่อมที่ผ่านการแช่อิ่มสับปะรดมาปรับความหวานเพิ่มขึ้น 10 องศาบริกซ์จนกระทั่งความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 60 องศาบริกซ์ นำสับปะรดแช่อิ่มทีได้มาแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ ร้อยละ 0.01 เป็นเวลานาน 5 นาที จากนั้นนำมาศึกษาอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสม โดยนำ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Programe of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 13000

สับปะรดแช่อิ่มมาอบแห้งด้วยเครื่องอบสุญญากาศใช้อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 50, 60 และ70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นของผลิตภัณฑ์เหลือร้อยละ 14 -15 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางกายภาพได้แก่ วัดค่าสี วัดคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส(Texture Analyzer) และทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9 – Point Hedonic Scales วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบสุญญากาศ 3 ระดับ คืออุณหภูมิ 50, 60 และ70 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสี *L*, a*, b** ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด ค่าความเป็นสีแดง *(a*)* น้อยที่สุด และค่าความเป็นสีเหลือง *(b*)* มากที่สุด ดังผลที่แสดงใน Table 1 เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง *(a*)* เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีเหลือง *(b*)* ลดลง ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งนี้สับปะรดแช่อิ่มมีปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้น้ำตาลซูโครสที่อยู่บริเวณส่วนผิวถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reference) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ดังแสดงผลใน Figure 1 ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 50 องศาเซลเซียส

ผลของการวัดค่าความแข็งของสับปะรดแช่อิ่มที่อบแห้งด้วยเครื่องอบสุญญากาศโดยใช้อุณหภูมิ 50, 60 และ70 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแข็งของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สับปะรดแช่อิ่มที่ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 47.67±0.32 นิวตัน ดังแสดงผลใน Table 2 เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิอบแห้งยิ่งสูงขึ้นทำให้เกิดการระเหยของน้ำในส่วนของน้ำเชื่อมบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว จึงเกิดการไหม้ของน้ำตาลที่บริเวณผิว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง แข็งและกระด้างมากขึ้น reference) เมื่อนำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุดที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 และ 60 องศาเซลเซียส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ทั้งนี้ที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด

สรุปผล

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศคือ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมมากที่สุดและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด ค่าความเป็นสีแดง *(a*)* น้อยที่สุด และค่าความเป็นสีเหลือง *(b*)* มากที่สุด รวมทั้งยังมีค่าความแข็งน้อยที่สุดโดยมีค่าความแข็งเท่ากับ 47.67±0.32 นิวตัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลองในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ฤทธิไกร งามชุ่ม, 2547, การอบแห้งกล้วยหอมหั่นบางด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

วสันต์ กันธะบูล, 2549, การศึกษาคุณลักษณะการอบแห้งขนุนโดยระบบสุญญากาศ: การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสุญญากาศเพื่อศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งขนุน, ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี, ปราจีนบุรี.

สุธีรา เลิศวุฒิชัยกุล, 2540, การลดเวลาในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Table 1 Color of dehydrated sweetened pineapple.

Vacuum drying temperature (°C)	Color		
	L^*	a^*	b^*
50	39.27[a] ±0.65	7.78[b]±0.71	22.89[a]±0.83
60	37.01[b] ± 0.10	9.55[a]±0.57	22.89[a]±1.05
70	33.90[c]± 0.35	8.80[ab]±0.26	16.88[b]±0.48

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

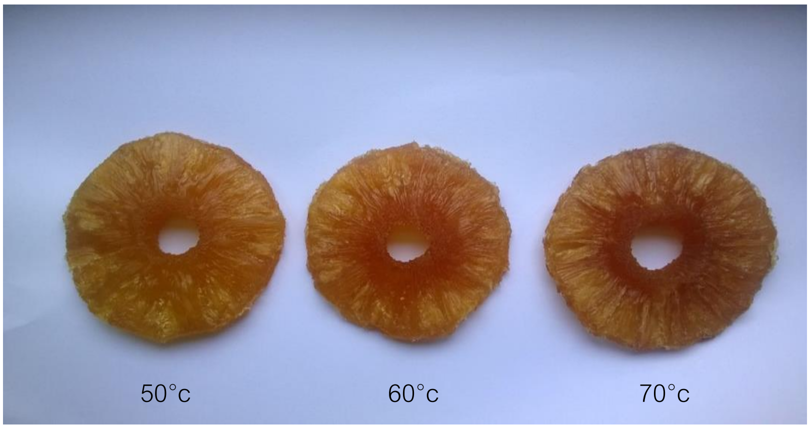


Figure 1 Dehydrated sweetened pineapple was treated with vacuum drying oven carried on 3 levels.

Table 2 Hardness of dehydrated sweetened pineapple.

Vacuum drying temperature (°C)	Hardness (N)
50	47.67[c] ±0.32
60	57.12[b] ±1.47
70	71.04[a] ±1.35

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

Table 3 Sensory score of dehydrated sweetened pineapple.

vacuum drying temperature (°C)	Sensory score				
	appearance	color	flavor	texture	overall preferance
50	8.05[a] ± 0.60	8.25[a]± 0.64	8.10[a] ± 0.72	8.15[a]± 0.81	8.55[a]± 0.60
60	7.75[ab]± 0.55	7.75[a]± 0.79	7.90[a] ± 0.79	7.90[a]± 0.97	8.10[b]± 0.64
70	7.55[b]± 1.00	7.70[a]± 1.52	7.75[a] ± 1.07	6.95[b]± 1.20	7.60[c]± 0.82

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

Agricultural Sci. J. 45(2)(Suppl.): 748-750 (2014) ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 748-750 (2557)

ความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

Opinion of Cassava Farmer toward Effect from Free Trade of Asian Economics Community

พิชัย ทองดีเลิศ[1] **สุภาภรณ์ เลิศศิริ**[1] **และ กิตติพันธ์ หันสมร**[1]

Tongdeelert, P.[1], Lertsiri, S.[1] and Hansamorn, K.[1]

Abstract

The objectives of this research were, to study personal characteristics of famer, to examine cassava production factors; to determine opinion of famer towards free trade of Asian Economics Community. Sample was purposively selected from farmers who had knowledge on free trade of Asian Economics Community. The total of 60 framers served as the respondent of this study. Questionnaire was used as research instrument. Data were analyze and presented through percentage, mean and t-test. Finding showed that most of famers were male with average age of 47 years old. The average cassava cultivation experience was 16 years, average yield per rai was 4.35 tons. Average cost of cassava production was 3,383 Baht per rai. Famers had average income from selling cassava 529,587 Baht per year. The average transportation of cassava per ton was 189 Baht. It was also found that 60% of respondents sold cassava to cassava ship factory. Most of famers said that there is no effect in all aspects of free trade of Asian Economics Community to cassava product and famers. Comparison of opinion indicated that famers who participated in cassava pledging scheme and famers who did not participated in pledging scheme had different opinion towards free trade of Asian Economics Community.

Keywords: cassava, farmer, AEC

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ศึกษาปัจจัยด้านการผลิตมันสำปะหลัง ความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังที่มีต่อการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และเปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงคือ ต้องเป็นเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลัง และมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการเปิดเสรีอาเซียน จำนวน 60 คน ในพื้นที่ 12 จังหวัด เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความคิดเห็นด้วยค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 47 ปี มีประสบการณ์ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 16 ปี ผลผลิตเฉลี่ย 4.35 ตันต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 3,383 บาทต่อไร่ มีรายได้จากการขายมันสำปะหลังเฉลี่ย 529,587 บาทต่อปี และมีค่าขนส่งเฉลี่ย 189 บาทต่อตัน เกษตรกร ร้อยละ 60 ขายผลผลิตให้ลานมัน เกษตรกรส่วนใหญ่แสดงความคิดว่า การเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนไม่มีผลกระทบในทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบความเห็นของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการรับจำนำมันสำปะหลัง กับเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการรับจำนำมันสำปะหลัง พบว่ามีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง เกษตรกร ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900

[1] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก มีเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 0.48 ล้านครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 8 ของเกษตรกรทั้งประเทศ และสามารถผลิตหัวมันสดได้ประมาณปีละ 26-27 ล้านตัน ถือได้ว่าเป็นแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ เพราะมีปริมาณผลผลิตที่มากที่สุดในทวีปเอเชีย และติดอันดับประเทศผู้ผลิตมันสำปะหลัง 1 ใน 5 ของโลก โดยมีส่วนแบ่งตลาดสูงถึงร้อยละ 70 ของตลาด ASEAN และไทยก็สามารถครองอันดับ 1 ในการส่งออกมาเป็นเวลานานกว่า 10 ปี เพราะประเทศไทยมีความต้องการใช้มันสำปะหลังในประเทศเพียงปีละไม่เกิน 10 ล้านตันเท่านั้น ทำให้ประเทศสามารถส่งออกมันสำปะหลังได้ประมาณ 16-17 ล้านตันต่อปี และนำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

จากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีอาเซียนที่กำหนด ให้ประเทศสมาชิกลดอัตราภาษีศุลกากรเหลือร้อยละ 0-5 ภายในปี พ.ศ. 2553 ถึงปี พ.ศ. 2558 ยกเลิกมาตรการจำกัดปริมาณการค้า ทำให้ช่วยเพิ่มสัดส่วนการค้าระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียน (Intra-regional Trade) อย่างต่อเนื่อง โดยสัดส่วนการส่งออกของไทยไปยังอาเซียนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.2 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมดของไทย ในปี พ.ศ. 2541 มาเป็นร้อยละ 21.3 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมดของไทยในปี พ.ศ. 2552 ส่งผลให้อาเซียนเป็นตลาดส่งออกอันดับ 1 ของไทย ดังนั้นการเปิดการค้าเสรีทางการค้าภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) จึงอาจส่งผลต่อปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง เนื่องจากประเทศไทยที่มีการผลิตและการส่งออกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังถึงผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน เพื่อจะนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ปัจจัยด้านการปลูกมันสำปะหลัง ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และการเปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกร โดยการใช้แบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sample) คือ ต้องเป็นเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังและมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการเปิดเสรีอาเซียน จำนวน 60 คน โดยสอบถามข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ข้อมูลการเพาะปลูกมันสำปะหลัง การจัดจำหน่ายมันสำปะหลัง ปัญหาและอุปสรรค รวมถึงความคิดเห็นที่มีต่อผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่า ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ เปรียบเทียบความคิดเห็นด้วยค่า t-test

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 71.7 มีอายุเฉลี่ย 47 ปี และมีประสบการณ์การปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 16 ปี ปัจจัยด้านการปลูกมันสำปะหลัง เกษตรกรส่วนมากมีพื้นที่มันสำปะหลังเฉลี่ย 64.17 ไร่ มีจำนวนแรงงานเฉลี่ย 10 คน ได้ผลผลิตเฉลี่ย 4.35 ตัน/ไร่ ต้นทุนการเพาะปลูกเฉลี่ย 3,387.97 บาท/ไร่ และมีรายได้จากการขายมันสำปะหลังเฉลี่ย 529,587.50 บาท ด้านการจำหน่ายผลผลิต พบว่าเกษตรกรมีค่าขนส่งเฉลี่ย 189.89 บาท/ตัน ส่วนมากจำหน่ายให้ลานมัน คิดเป็นร้อยละ 60 โดยใช้รถของตัวเองทั้งหมด และส่วนใหญ่รถที่ใช้เป็นรถอีแต๋นคิดเป็น ร้อยละ 40.

ส่วนความคิดเห็นที่จะได้รับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นโดยรวมเกี่ยวกับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้ารวมในระดับไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อแยกพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านเทคโนโลยีการเพาะปลูกมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.35 รองลงมา คือด้านกำไรสุทธิมีค่าเฉลี่ย 3.20 ด้านราคาขายมีค่าเฉลี่ย 3.17 ด้านการขนส่งมีค่าเฉลี่ย 3.13 และด้านพันธุ์มันสำปะหลังมีค่าเฉลี่ย 3.11 ตามลำดับ และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านต้นทุนด้านแรงงานมีค่าเฉลี่ย 2.58

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นที่จะได้รับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ AEC ของเกษตรกร ด้วยค่า t-test พบว่า เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการรับจำนำมันสำปะหลังมีความแตกต่างจากเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการรับจำนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ที่ 0.05

วิจารณ์ผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้แบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sample) ซึ่งต้องเป็นเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังและมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการเปิดเสรีอาเซียน จำนวน 60 คน ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนค่อนข้างน้อย หากจะทำการวิจัยในครั้งต่อไปควรจะใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่านี้

สรุปผล

ผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 47 ปี มีประสบการณ์ปลูกมันสำปะหลัง เฉลี่ย 16 ปี ผลผลิตเฉลี่ย 4.35 ตันต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 3,383 บาทต่อไร่ มีรายได้จากการขายมันสำปะหลังเฉลี่ย 529,587 บาทต่อปี และมีค่าขนส่งเฉลี่ย 189 บาทต่อตัน เกษตรกร ร้อยละ 60 ขายผลผลิตให้ลานมัน เกษตรกรส่วนใหญ่แสดงความคิดว่า การเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนไม่มีผลกระทบในทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบความเห็นของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการรับจำนำมันสำปะหลังกับเกษตรกรที่ไม่เข่าร่วมโครงการ รับจำนำมันสำปะหลัง มีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน, 2556, หลักเกณฑ์และเงื่อนไขการดำเนินการโครงการแทรกแซงตลาดมันสำปะหลังปี 2555/56, [สืบค้น], http://www.dit.go.th/uploads/Cassava_Rules_55-56.pdf [12/ July /13].

ชัยสิทธิ์ อนุชิตวรวงศ์ นิภา ศรีอนันต์ และ สุวรรณา ตุลยวศินพงศ์, 2554, การศึกษามาตรการแทรกแซงตลาดมันสำปะหลังเพื่อป้องกันการทุจริต, สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555.

สุรินทร์ นิยมางกุร, 2553, การวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่าง ความพึงพอใจในสภาพความเป็นอยู่ปัจจุบันของเกษตรกรในชนบทแห่งหนึ่ง, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ฐานบัณฑิต.

คำสำคัญ

ก

กรดไขมัน 405, 725
กรดไขมันอิสระสูง 685
กรดฟอสฟอริก 689
กรดฟีนอลิก 397, 649
กรดฟูมาริก 441, 553
กรดอะมิโน 725
กระดังงาจีน 405
กระเทียม 297
กระบวนการอัดก้อน 93
กราฟการเจริญเติบโต 181
กล้วย 733
กล้วยไข่ 473
กล้วยตาก 29
กล้วยไม้ 177
กล้วยไม้สกุลหวาย 293, 505
กล้วยหมูสัง 557
กล้วยหอมทอง 49
กลาย 557
กลีบดอก 413
กลูโคส 677
กวางตุ้ง 9
กะเพรา 257
กะหล่ำดอกตัดแต่ง 441
กากกาแฟ 349, 577
กากถั่วเขียว 69
กากถั่วเหลือง 453
กากมะพร้าว 393
กากเมล็ดทานตะวัน 57
กากรำข้าว 397
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 129
ก๊าซชีวภาพ 457, 461, 721, 729, 737
ก๊าซไนโตรเจนข้าวฮางงอก 129
กาบา 469
การเก็บรักษา 77
การเก็บสภาวะทั่วไปปกติ 29
การเกิดฟอง 61
การเกิดราก 89
การเกิดอิมัลชั่น 61
การควบคุมโดยชีววิธี 421
การจัดการระยะปลูก 457
การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว 317
การเจริญเติบโต 89, 481, 505, 537
การฉายรังสีแกมมา 321
การชักนำแคลลัส 181
การชักนำปากใบ 289
การแช่ด้วยสารละลายแอมโมเนีย 305
การใช้ไมโครเวฟ 653
การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส 113
การดูดคืนน้ำ 37
การดูดใช้ธาตุอาหาร 637
การดูดใช้ไนโตรเจน 521, 613
การดูดซับน้ำมัน 393
การดูดน้ำ 549
การต้านอนุมูลอิสระ 53, 657
การต้านเอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเทอเรส 121
การเตรียมขั้นต้น 113
การเติบโต 5, 501
การทดแทนแป้งสาลี 169
การทดลองแบบผสม 41
การทดสอบความมีชีวิต 561
การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 573
การทดสอบอายุการเก็บ 693
การทำแห้ง 617, 697
การนึ่ง 469, 653
การโน้มกิ่ง 501
การบ่มด้วยความร้อน 25
การปรับสภาพเบื้องต้น 305
การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 9
การปลูกพืชระบบอควาโปนิคส์ 701
การเปรียบเทียบพันธุ์ 497
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ 29
การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ 333
การพองกรอบ 105, 265
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ 277, 401, 625
การพัฒนาสูตร 581
การฟื้นฟูตัวเร่งปฏิกิริยาและการนำกลับมาใช้ใหม่ 189
การย่อยด้วยเอนไซม์ 305, 341
การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส 133
การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 705
การยับยั้งอนุมูลอิสระ 101
การยับยั้งเอนไซม์ไลเปส 361
การรวมตัวกันบางส่วน 353

การลดความเปรี้ยว 21
การลวก 653
การละลายของโปรตีน 61
การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ 497
การวิเคราะห์ต้นทุน 93
การสกัด 1
การสกัดด้วยกรด 85
การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย 121
การสำรวจข้อมูลในแปลงปลูก 109
การหมัก 237, 465
การให้ความร้อน 437
การอบแห้งข้าวเปลือก 345
การอบแห้งแบบพ่นฝอย 493
การอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น 105
กิจกรรมการต้านจุลชีพ 141
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 97, 253
กิจกรรมการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 357
เกษตรกร 748
ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 445

ข

ขนมจีน 665
ขนมปัง 161
ขนาดชิ้นส่วนหมัก 737
ขนาดเมล็ด 549
ขนุนทอดกรอบ 569
ขนุนอบกรอบ 105, 113, 265
ขมิ้นชัน 697
ขยะจากครัวเรือน 409
ขยะจากอาหาร 409
ขยะอินทรีย์ 409
ขลู่ผง 101
ข้าว 521, 537, 609, 613, 637
ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล 273
ข้าวกล้องหอมนิลงอก 565
ขาวดอกมะลิ 105 537
ข้าวตกเกรด 677
ข้าวเต็มเมล็ด 629
ข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย 693
ข้าวไทย 629
ข้าวพันธุ์หอมปทุม 485
ข้าวโพด 517
ข้าวโพดหวาน 209
ข้าวไรซ์เบอรี่ 125
ข้าววัชพืช 185
ข้าวหอมนิล 229
ข้าวหอมมะลิ 377
ข้าวเหนียวดำ 153
ข้าวเหนียวดำหมัก 465
ข้าวอินทรีย์ 201
ข้าวฮาง 469
ขิง 617
ขี้เถ้าแกลบ 513
ขุยมะพร้าว 349

ค

คลื่นอัลตร้าโซนิค 397
ความแกร่ง 629
ความเข้มข้นของสารละลาย 9
ความคงตัว 149
ความคงตัวของอิมัลชัน 353
ความคงตัวต่อการเกิดครีม 353
ความงอก 349, 633
ความชื้น 29
ความดีเด่นของลูกผสม 509
ความมีชีวิต 561
ความร้อน 633
ความสามารถในการเกิดโฟม 57
ความสามารถในการเกิดอิมัลชั่น 57
ความสุก 77
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด 549
ความหนืดของน้ำแป้ง 169
ควินัว 481
คอลลาเจนเพปไทด์ 709
ค่าความร้อนเชิงพลังงาน 301
ค่าดัชนีน้ำตาล 621
คาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต (SC-CO_2) 157
กรดไขมัน 157
คาร์ราจีแนน 525
ค่าสีมาตรฐาน 569
คุณค่าทางโภชนาการ 401, 621
คุณภาพ 321, 733
คุณภาพการสี 629
คุณภาพของพาสต้า 541
คุณภาพผลผลิต 213
คุณภาพเมล็ดพันธุ์ 481
คุณภาพหลังการต้ม 533, 545
คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 465

เค้กชิฟฟ่อน 585
เคมีกายภาพ 661
เครื่องกะเทาะ 489
เครื่องดื่มชาพร้อมบริโภค 33, 41
เครื่องดื่มน้ำผลไม้ 709
เครื่องดื่มโปรไบโอติก 237
เครื่องดื่มสมุนไพร 277
เครื่องอบแห้ง 489
เครื่องอบแห้งข้าวเปลือก 345
เครื่องอบแห้งสุญญากาศ 745
เควอซิติน 213
แคลเซียมซิเตรท 601
แคลเซียมออกไซด์ 577
แคลลัสองุ่น 45
ไคโตซาน 317

ง

งามน 585

จ

จลนพลศาสตร์ 569
จลนพลศาสตร์การอบแห้ง 345
จังหวัดฉะเชิงเทรา 425
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 197
จุลินทรีย์ 437, 441

ช

ชนิดไขมัน 353
ช่องปาก 141
ชานอ้อย 137
ชาอูหลง 573
ชีวมวล 461, 721, 729
ชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นา 93
ชุดเห็ดเทศ 221
เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* 53
เชื้อในช่องปาก 145

ซ

ซองเมทัลไลซ์ 29
ซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ 325, 329
ซิงค์คลอไรด์ 389
ซูเปอร์ออกไซด์ 741
เซลล์แขวนลอย 181
เซลลูเลส 445
เซลลูโลส 341
เซลลูโลสผง 393
โซเดียมคลอไรท์ 313
ไซลาโนไลติกและเซลลูโลไลติก 329
ไซแลนสกัด 137

ด

ด้วงงวงข้าว 429
ดอกการเวก 413
ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล 313
ดัชนีความหลากหลาย 417
ดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสีย 693
ดาวเรือง 449
ดินเค็ม 637
ดินลูกรัง 205, 209, 517, 613
ดิสมิวเทส 741
โดนัทยีสต์ 169

ต

ต้นกล้า 381
ต้นเฉาก๊วย 173
ต้นทุน 385
ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสม 189
ตำแยตัวผู้ 249
ตำแยตัวเมีย 249
เตาเผาชีวมวลขนาดเล็ก 333
แตงกวาญี่ปุ่น 701

ถ

ถั่วแลบแลบ 205
ถ่านกัมมันต์ 389, 689
ถ่านชีวภาพ 605
ถ่านมังคุดดูดกลิ่น 333
ถุงปลดปล่อยเอทิลีน 733

ท

ทรานส์แฟท 725
ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี 73
ทุเรียนตัดแต่งสด 77
แทนนิน 53
ไทแรม 225

ธ

ธาตุอาหาร 537

น

นม 573
นมแมว 557
น้อยหน่า 217
นาข้าวอินทรีย์ 417
น้ำกระเจี๊ยบ 193
น้ำตาล 553, 573
น้ำตาลโตนด 281
น้ำตาลโตนดสด 657
น้ำตาลมะพร้าว 493
น้ำนมข้าว 645
น้ำนมข้าวโพด 645
น้ำนมงา 645
น้ำผลไม้สตอเบอรี่ 713
น้ำมันเมล็ดองุ่น 157
น้ำมันหอมระเหย 225, 369, 529, 705
น้ำยาบ้วนปาก 149
น้ำสลัดครีม 681
น้ำสลัดลดไขมัน 125
น้ำหนักสด 293
น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 605
น้ำหวานข้าวไรซ์เบอร์รี่ 285
เนื้อในเมล็ดมะม่วง 149
โนนิ 357
ไนเตรตไนโตรเจน 521
ไนโตรเจน 461, 481

บ

บร็อคโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค 553
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด 533, 545
บัตเตอร์เค้ก 453
เบต้ากลูแคน 153
เบาหวาน 673
แบคทีเรียกรดแล็กติก 21, 237, 465, 565
แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน 297
แบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟต 201
แบคทีเรียละลายฟอสเฟต 513
แบบจำลองการอบแห้ง 345
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 617
โบรมิเลน 477
ใบกะเพรา 161
ใบตำลึง 653
ใบเตย 585
ใบมะรุม 277
ใบสาบเสือ 245
ไบโอดีเซล 189, 261, 577, 685

ป

ปฏิกิริยา Maillard 69
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 189, 577
ปฏิกิริยาเมลลาร์ด 569
ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน 233, 748
ประสิทธิภาพการสกัด 153
ปริมาณกรดไขมันอิสระ 261
ปริมาณธาตุอาหาร 593
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด 657
ปุ๋ยคอก 517
ปุ๋ยเคมี 669
ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 605
ปุ๋ยพืชสด 613
ปุ๋ยโพแทสเซียม 637
ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 257
ปุ๋ยหมัก พด.1 605
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน 409
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 605
ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ 669
เปลือกแก้วมังกร 269
เปลือกข้าว 1
แป้งข้าวกล้องงอก 373
แป้งข้าวโพด 665
แป้งถั่วดำ 541
แป้งผสม 665
แป้งพรีเจลาทิไนซ์ 125
แป้งมันเทศสีม่วง 97
แป้งมันสำปะหลัง 525, 529
แป้งเมล็ดขนุนดัดแปร 165
แป้งสาลี 97, 453
แปะตำปึง 17
โปรตีนชนิดหลายโดเมน 445
โปรตีนไฮโดรไลเซท 65, 69, 477

ผ

ผงเปลือกส้มเขียวหวาน 681
ผงโรยข้าว 253
ผลตะขบ 193
ผลผลิต 505, 609
ผลผลิตชีวมวล 593
ผลผลิตรังไหม 497

ผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตพร้อมดื่ม 565
ผักใบเปรี้ยว 13
ผักสลัด 589
ผู้ประกอบการ 233
แผ่นดูดซับเอทิลีน 733
แผ่นแป้งฮะเก๋า 165
แผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็ว 525, 529

ฝ

ฝรั่ง 501
ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค 437
ฝักมะค่าโมง 689

พ

พร้อมบริโภค 601
พริก 5, 249, 361, 365, 633
พริกหวาน 81, 121
พริกแห้ง 297
พริกแห้งพันธุ์หัวเรือ 337
พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 129
พาสต้าข้าวเจ้า 541
พืชไทยที่ให้ความหวาน 73
พืชพื้นบ้านของไทย 13
พืชสมุนไพร 225
พื้นที่ชุ่มน้ำ 301
พื้นที่ที่มีศักยภาพ 641
พื้นที่ผิว 389, 689
พื้นผิวโครงร่างตอบสนอง 17
เพคติน 525, 529
เพลี้ยจักจั่นสีเขียว 229
เพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง 425
โพรไบโอติก 137
โพลีฟีนอลออกซิเดส 313

ฟ

ฟลาวร์มันมือเสือ 169
ฟลูอิไดซ์เบด 433
ฟางข้าว 117, 305
ฟิล์มบาง 317
ฟิล์มโปรตีน 25
โฟมแป้ง 705

ภ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 421
ภาคเหนือ 421
ภาคเหนือตอนบน 417
ภาชนะบรรจุ 377

ม

มหาพรหมราชินี 557
มอดแป้ง 429
มะเขือเทศ 213, 349
มะนาว 625
มะป่วน 557
มะพร้าวน้ำหอม 625
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 317
มะม่วงหิมพานต์ 53, 109
มังคุดเนื้อแก้ว 561
มันเทศ 237
มันสำปะหลัง 233, 748
มัฟฟิน 373
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 37
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 221
มายองเนส 649
เมทิลจัสโมเนท 45
เมล็ดเงาะ 685
เมล็ดพันธุ์ข้าว 433
เมล็ดพันธุ์แตงกวา 433
เมลอน 741
เมือกกระเจี๊ยบเขียว 661
แมงกะพรุน 477
ไม้พะยอม 657

ย

ยอ 357
ยอดและใบอ้อย 93
ยางพารา 381, 641
ยีสต์ปฏิปักษ์ 241
โยเกิร์ต 273

ร

ระดับการย่อยสลาย 57
ระดับความสุก 265
ระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ 229
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 593
ระบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดู 517
ระบบจัดการคุณภาพการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี 197
ระบบน้ำลึก 589

ระบบวัดและควบคุม 177
ระยะตัด 593
ระยะปลูก 173
ระยะพัฒนาดอก 633
ระยะเวลาการดูดน้ำ 549
ระยะเวลาการตัด 301, 721
ระยะเวลาในการเก็บรักษา 261
ระยะออกดอก 109
รังสีแกมมา 429
รังสีอินฟราเรด 485
รีบาวดิโอไซด์ เอ 709, 713, 717
แร่ธาตุ 725
โรคเน่าคอดิน 309
โรคเบาหวาน 13, 81
โรคเบาหวานชนิดที่ 2 133
โรคใบไหม้ 245
โรคแผลในกระเพาะอาหาร 661
โรคเมล็ดด่างของข้าว 241
โรคอ้วน 361
โรคอัลไซเมอร์ 121

ฤ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 673
ฤทธิ์ต้านเอนไซม์กลูโคซิเดส 13
ฤทธิ์ต้านเอนไซม์อะไมเลส 13

ล

ลดพลังงาน 713
ลองกอง 601
ลองกองตัดแต่งพร้อมบริโภค 597
ลักษณะทางเคมีกายภาพ 157
ลักษณะทางประสาทสัมผัส 533, 545
ลำไย 385
ลำอิเล็กตรอน 429
ลิกนิน 341
ลิกโนเซลลูโลส 473
ลูกพลับแห้ง 281
ลูทีน 449
โลจิสติกส์ 385

ว

วิธีการเตรียมขั้นต้น 393
วิธีการลวก 101
วิธีการอบแห้ง 101
วิธีเร่ง 693
ไวน์สับปะรด 21

ศ

ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว 417

ส

สเตรปโตมัยซีท 309
สเปรย์กำจัดเห็บสุนัข 581
สภาพบรรยากาศดัดแปลง 597
สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด 329
สภาวะอากาศดัดแปลง 177
ส้มแขก 37
ส้มจี๊ด 401
ส้มซ่า 369
สมบัติการเกิดโฟม 477
สมบัติเชิงกายภาพและเคมี 469
สมบัติดิน 205, 209
สมบัติในการจับอนุมูลอิสระ 85
ส้มโอ 33, 41
ส่วนประกอบทางพฤกษเคมี 141
สับปะรดกวน 621
สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง 745
สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย 321
สารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ 425
สารชะลอการเจริญเติบโต 449
สารต้านแบคทีเรีย 269
สารต้านอนุมูลอิสระ 33, 45, 65, 69, 217, 269, 325, 365, 369, 397, 449, 493
สารทดแทนไขมัน 681
สารทดแทนความหวาน 621
สารประกอบคาร์โบไฮเดรต 553
สารประกอบฟีนอลิก 25
สารประกอบฟีนอลิครวม 365
สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส 81
สารสกัดจากธรรมชาติ 229, 269
สารสกัดจากยอ 357
สารสกัดจากวัชพืช 185
สารสกัดจากหญ้าหวาน 717
สารสกัดถั่ว 133
สารสกัดฟลาโวนอยด์ 213
สารสกัดสมุนไพร 581
สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline 377
สารหอมระเหย 77, 705

สารให้กลิ่นรส 65
สารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ 49
สารให้ความหวาน 73
สารออกฤทธิ์ชีวภาพ 285
สาหร่ายเกลียวทอง 545
สาหร่ายผักกาดทะเล 533
สาหร่ายสีแดง 325
สี 697
สูตรอาหาร 293
เส้นใยอาหาร 1
โสน 389

ห
หญ้า 461
หญ้าเขตร้อน 457
หญ้าเนเปียร์ 301, 729, 737
หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 721
หญ้าแฝก 209, 701
หมั่นโถว 97
หมาก 489
หอมแดง 297, 669
เห็ดโคนญี่ปุ่น 65
เห็ดตับเต่า 5
โหระพา 257
ไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้าน 497
ไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านลูกผสม 509

อ
องค์ประกอบก๊าซ 457, 729
องค์ประกอบชีวเคมีน้ำยางพารา 641
อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ 137
ออสโมซิส 193
อะไมเลส 285, 677
อัตราการพ่น 433
อัตราการสังเคราะห์แสง 289
อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ 609
อัตราพันธุกรรม 509
อัตราส่วนระหว่าง C:N 289
อัลลีโลพาที 185
อาการไส้สีน้ำตาล 321
อายุการเก็บรักษา 625
อายุการวางจำหน่าย 597
อินฟาเรด 489
อิมัลชั่น 477
อุณหภูมิ 589
อุณหภูมิในการเก็บรักษา 377
อุณหภูมิเผาไหม้ 333
อุณหภูมิอบแห้ง 37
อุปกรณ์ปรับแรงดันลม 177
เอจี5 669
เอทานอล 473
เอนแคปซูเลชั่น 741
เอนไซม์ไคติเนส 309
เอนไซม์เชิงซ้อน 117
เอนไซม์เซลลูเลส 341
เอนไซม์เซลลูโลไลติก 117
เอนไซม์ทางการค้า 677
เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 45
เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส 17
เอนโดไฟติกแบคทีเรีย 201
เอสเทอร์ 405, 413
เอสเทอริฟิเคชัน 685
แอนโทไซยานิน 193
แอมโมเนียมไนโตรเจน 521
โอรีซานอล 649
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 697
ไอศกรีม 281
ไอศกรีมเชอร์เบทเชอร์รีเบอร์รี 717
ไอศกรีมนมรสชาเขียว 717
ไอศกรีมน้ำนมธัญพืช 645
ไอศกรีมโยเกิร์ตสตรอว์เบอร์รี 717

ฮ
ไฮโดรพอนิกส์ 9, 589
ไฮโดรไลซิส 473

A

2-acetyl-1-pyrroline 377
Acalypha indica 249
accelerated method 693
acetylcholinesterese inhibitor 17
acid extraction 85
activated carbon 389, 689
AEC 233, 748
AG5 669
allelopathy 185
alzheimer's disease 121
ambient storage 29
amino acid 725
ammonium-N 521
amylase 285, 677
Amylomyces rouxii TISTR 3182 285
antagonistic yeasts 241
anthocyanin content 193
anti-acetylcholinesterase 121
anti-amylase activity 13
antibacterial activities 141
antibacterial activity 705
antibacterial agent 269
antifungal activity 357
anti-glucosidase activity 13
antioxidant 33, 65, 69, 217, 269, 325, 369, 397, 449, 493, 657
antioxidant activity 45, 53, 97, 253, 365, 465, 673
aquaponics 701
aqueous ammonia soaking 305
Artabotrys hexapetalus 405
Artabotrys siamensis 413
Aspergillus sp. 485

B

baling process 93
banana (Kluai Khai; *Musa* (AA group)) 473
banana (KluayHom Tong) 49
banana 733
beta-glucan 153
betel nut 489
bio fertilizer 669
bioactive components 285
biochar 605
biodiesel 189, 261, 577, 685
bio-extract LDD 2 605
biofertilizer LDD 12 605
biogas 457, 461, 721, 729, 737
biological control 421
biomass 461, 721, 729
biomass yield 593
bitter orange 369
black bean flour 541
black glutinous rice 153, 465
blanching 653
blanching method 101
bolete 5
bread 161
bromelain 481
browning index 313
Burkhoderia sp. 513
butter cake 453

C

C:N ratio 289
calabura fruits 193
calcium citrate 601
calcium oxide 577
callus culture 45
callus induction 181
carbohydrate compound 553
carrageenan 525
cashew apple 53
cashew nut tree 109
cassava 233, 748
cassava mealybug 425
cassava starch 525, 529
Cassia alata L. 221
cell suspension 181
cellulase 341, 445
cellulolytic enzymes 117
cellulose 341
cellulose powder 393
cereals milk ice cream 645
chachoengsao province 425
chemical fertilizer 669
chiffon cake 585
chili 5, 249

chili pepper 361, 365
chitinase 309
chitosan 317
CO_2 129
coconut residue 393
coconut sugar 493
coconut water 625
cocoon yield 497
coffee ground 349
coir dust 349
collagen peptide 709
Colletotrichum gloeosporioide 381
Colletotrichum spp. 249
color 697
color standard 569
combustion temperatureodors 333
commercial enzyme 677
compost LDD 1 605
concentration 9
cooking quality 533, 545
corn 517
corn milk 645
correlation analysis 497
cost analysis 93
costs 385
cracker machine 489
creaming stability 353
crop spacing 457
cucumber seed 433
culture media 293
custard apple 217
cutting interval 593, 721
cutting intervals 301

D
damping off 309
deacidification 21
defatted rice bran 397
degree of hydrolysis 57
dehydrated crispy jackfruit 105, 113, 265
dehydrated sweetened pineapple 745
Dendrobium 293
Dendrobium orchid 505
derivative xylooligosaccharides 137
diabetes 13, 81, 133
dietary fiber 1
dirty panicle disease in rice 241
dog tick spray 581
DPPH 217, 673
dragon fruit peel 269
dried bananas 29
dried chili ‘Hua Rue’ 337
dried chili 297
dried persimmon 281
drinking yoghurt-like product 565
dryer machine 489
drying 617, 697
drying equation 345
drying kinetic 345
drying method 101
drying temperature 37
duration of water uptake 549
DWT 589

E
EC_{50} 217
economic damage level 229
electron beam 429
emulsifying capacity 57
emulsifying property 61
emulsion 481
emulsion stability 353
encapsulation 741
endophytic bacteria 201
entrepreneur 233
enzymatic hydrolysis 341
enzymatic saccharification 305
Escherichia coli 221
essential oil 369
essential oils 529, 705
ester 405, 413
esterification 685
ethanol 473
Ethylene absorbent pad 733
ethylene releasing sachet 733
Eudrilus eugeniae 409
Eupatorium odoratum L. 245
extracted xylan 137

extraction 1
extraction efficiency 153

F
farmer 748
fast dissolving film 525, 529
fat replacer 681
fat types 353
fatty acid 157, 405, 725
fermentation 237, 465
ferulic acid 649
field observation 109
field-based residue biomass 93
flavonoid extract 213
flour blends 665
flower development 633
flowering stage 109
fluidized bed 433
foaming 481
foaming capacity 57, 61
food waste 409
formula development 581
free radical inhibition 101
fresh cut durian 77
fresh weight 293
fresh-cut broccoli 553
fresh-cut cauliflower 441
fresh-cut guava 437
fresh-cut longkong 597
fried jackfruit 569
fruit quality 321
fumaric acid 441, 553
Fusarium solani 225

G
GABA 469
gamma irradiation 321
gamma ray 429
garcinia 37
garlic 297
gas composition 457, 729
germinated brown rice flour 373
germinated parboiled brown rice (GPR) 129
germinated rice 565
germination 349, 633
ginger 617
glucose 677
glycemic index 621
glycosyl hydrolases family 5 445
Good Agricultural Practices systems 197
Gracilaria fisheri 325
grape seed oil 157
grass 461
green leafhopper 229
green manure 613
green tea ice-cream 717
growth 5, 89, 501, 505, 537
growth curve 181
guava 501
Gynura procumbens 17
α-glucosdiase inhibitor 81, 133

H
Ha-Gao sheet 165
Hang rice 469
head rice yield 629
heat 633
heat curing 25
heat treatment 437
heating value 301
herbal beverage 277
herbal extracts 581
heritability 509
heterosis 509
Hevea brasiliensis 381
high free fatty acids 685
high temperature short time drying 105
high-quality organic fertilizer 605
holy basil 161
Hom Mali rice 377
Hom Nin brown rice 273
Hom Nin rice 229
hot water pre-treatment 337
Hoya kerrii 181
human bacterial pathogens 297
hybrid Thai native silkworm 509
hydrolysis 473
hydroponics 9, 589

hypoglycemic activity 673

I
IBA 89
ice-cream 281
index of species diversity 417
indian marsh fleabane powder 101
infrared 489
Infrared ray 485
internal browning 321
ivy gourd 653

J
Japanese cucumber 701
jellyfish 481
juice beverage 709

K
kanom-jeen (rice noodles) 665
KDML 105 129, 537
Khaotan with butter 693
kinetics 569
kumquat 401

L
lablab bean 205
lactic acid bacteria 21, 237, 465, 565
Laportea interrupta 249
lateritic soil 205, 209, 517, 613
latex biochemical components 641
legume extract 133
lignin 341
lignocellulose 473
lime 625
lipase inhibition 361
local plants 13
logistics 385
longan 385
longkong 601
low grade rice 677
lutein 449

M
M. keithii Ridl. 557
M. sirikitiae. 557
M. tomentosa. 557
Maillard reaction 569
Maillrad reaction products 69
maize flour 665
makhamong pods 689
mango seed kernel 149
mantou 97
manure 517
marigold 449
mathematical models 617
mayonnaise 649
medicinal plants 225
melon 741
metallized film pouches 29
methyl jasmonate (MeJA) 45
microorganisms 437, 441
microwave 653
milk 573
milling quality 629
minerals 725
minimally processed 601
mixed metal oxide catalyst 189
mixture design 41
modified atmosphere 177, 597
modified jackfruit seed starch 165
modular protein 445
moisture content 29
Morinda citrifolia 357
Morinda citrifolia extract 357
Moringa oleifera leaf 277
mouthwash 149
muffin 373
multienzyme complex 117
mungbean meal 69
mushroom 5

N
N_2 129
NAA 89
Nam Dok Mai No. 4’ mango 317
napier grass 301
napier grass 729, 737
natural enemy of rice pests insect 417

natural extract 269
natural extracts 229
Nelumbo nucifera 673
net photosynthesis rate 609
nitrate-N 521
nitrogen 461
nitrogen assimilation rate 593
nitrogen uptake 521, 613
non-fried instant noodle 533, 545
Noni 357
northeastern region 421
northern region 421
nutrient 9, 537
nutrient uptake 593, 637
nutrition fact 621
nutritive value 401

O
obesity 361
Ocimum sanctum 161
Ocimum, Melaleuca 145
odors absorbed mangosteens charcoal 333
oil absorption 393
okra mucilage 661
oolong milk tea 573
oral 141
oral pathogens 145
orange peel powder 681
orchid 177
organic paddy fields 417
organic rice 201
organic waste 409
oryzanol 649
osmosis 193
osmotic dehydration 113
oxygen limited condition 329

P
paddy dryer 345
paddy drying 345
paddy seed 433
Paenibacillus curdlanolytic B-6 329, 445
Pak-Chong 1 721
palm sugar 281
palm sugar sap 657
'Pattavia' pineapple 321
pandan 585
Pantoea dispersa 513
partial coalescence 353
particle size 737
pasta quality 541
pasting properties 169
payorm wood 657
pectin 525, 529
penalty analysis 369
Penicillium sp. 485
pepper 633
peptic ulcers 661
perilla seed 585
peroxidase 45
petal 413
phenolic acid 397
phenolic compounds 25
phosphate solubilizing bacteria 201, 513
phosphoric acid 689
photosynthetic rate 289
Phra Nakhon Si Ayutthaya province 197
physical changes 333
physicochemical 661
physicochemical characteristics 157
physicochemical properties 469
phyto-constituents 141
pineapple paste 621
pineapple wine 21
plant growth retardant 449
Platostoma palustre 173
polyphenol oxidase 313
potassium fertilizer 637
potential area 641
pregelatinized flour 125
pretreatment 113, 305
pretreatment method 393
probiotic 237
probiotics 137
product development 277, 401, 625
product quality 213
production 505
PROTEASE FP51® 61

protein film 25
protein hydrolysate 65, 69, 481
protein solubility 61
puffing 105, 265
pummelo 33, 41
purple sweet potato flour 97

Q
quality 733
quality changes 29
quercetin 213

R
radical scavenging activity 85
rambutan seeds 685
ready-to-drink tea 33, 41
rebaudioside A 709, 713, 717
red seaweed 325
reduced calorie 713
reduced fat salad dressing 125
regenerated and reused catalyst 189
regulator 177
rehydration 37
relay intercropping system 517
response surface methodology 17
rice 521, 609, 613, 637
rice blast disease 245
rice hull 1
rice husk ash 513
rice milk 645
rice pasta 541
rice pest insect 417
rice straw 117, 305, 537
riceberry 125
rice-seasoning 253
ripeness 77
ripening stage 265
rooting 89
rose roselle juice 193
rubber 641

S
Saccharomyces cerevisiae 53
salad crop 589
salad dressing 681
saline soils 637
sea lettuce 533
seed size 549
seedling 381
sensing and controlling system 177
sensory attribute 533, 545
sensory evaluation 573
sesame milk 645
Sesbaniajavanica (sano) 389
shallot 297, 669
shelf life 317, 597, 625
shelf-life index 693
shelf-life testing 693
sherry berry sherbet ice-cream 717
shoot bending 501
small scale biomass furnace 333
soaking cassava cuttings 425
sodium chlorite 313
soil properties 205, 209
soilless culture 9
solid-phase micro-extraction 49
solvent extraction 121
sour leaves 13
soy milk meal 453
spacing 173
spent coffee grounds 577
spiny yam flour 169
spirulina 545
spray drying 493
spray rate 433
stability 149
Staphylococcus aureus 221
starch foam 705
steaming 469
stevia extract 717
Stitophilus oryzae L. 429
stomatal conductance 289
storage 77
storage container 377
storage temperature 377
storage time 261
strains comparison 497
strawberry juice 713

strawberry yoghurt ice-cream 717
streaming 653
strength properties 629
Streptomyces sp. 309
sugar 553, 573
sugarcane bagasse 137
sugarcane trash 93
sulfated polysaccharide 325, 329
sunflower seed meal 57
supercritical carbon dioxide (SC-CO_2) 157
superheated steam 697
superoxide dismutase 741
surface area 389, 689
sweet basil 257
sweet corn 209
sweet pepper 81, 121
sweet potatoes 237
sweet Thai plants 73
sweeten rice drink 285
sweetener 621
sweeteners 73

T
tannins 53
temperature 589
Thai community product standard 37
Thai holy basil 257
Thai Industrial Standard 221
Thai native silkworm 497
Thai Phathum Thani fragrant rice 485
Thai rice 629
the amount of free fatty acid (FFA) 261
thickness of seed coat 549
thin film 317
thin layer chromatography 73
Thiram® 225
tomato 213, 349
total phenolic content 657
total phenolic contents 365
trans fat 725
transesterification 189, 577
translucent mangosteen 561
Tribolium castaneum Hbst. 429
tropical grass 457
TTC test 561
turmeric 697

U
U. grandiflora. 557
U. siamensis. 557
ultrasonication 397
Ulva intestinalis 85

V
vacuum drying oven 745
vermicompost 409
vermicomposts 257
vertiver grass 209, 701
viability 561
Vitis vinifera 45
volatile compound 65
volatile compounds 49, 77. 705
volatile oils 225

W
water uptake 549
weed extraction 185
weedy rice 185
wetland 301
wheat flour 97, 453
wheat flour replacement 169

X
xylanolytic enzymes 117
Xylanolytic-cellulolytic enzyme 329

Y
Yanangi Matsutake 65
yeast-raised doughnut 169
yield 609
yoghurt 273

Z
zinc chloride 389

ดัชนีชื่อผู้แต่ง

ก

กนก รัตนะกนกชัย 117, 137, 305, 325, 329, 341, 445
กนกพร รังสรรค์ 193
กนกวรรณ ทองแม้น 21
กนกวรรณ พุ่มนิล 653
กนกวรรณ ไพรพนาพงศ์ 157
กนกวรรณ เสรีภาพ 317
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ 665
กมลลักษณ์ คลังศิริ 357
กมลลักษณ์ มาสำโรง 269
กมลวรรณ จ้างมีศิลป์ 33
กฤติกา ตันประเสริฐ 733
กฤษณา บุญศิริ 175
กวิศร์ วานิชกุล 5, 501
กัญญ์พิชญาน์ เรืองแจ่ม 401
กัญญา บุญทา 5
กัญญาณี ศรีโพธิ์ 465
กัณฐมณี ทู้ไพเราะ 121, 365
กัลยารัตน์ เครือวัลย์ 13, 81, 121, 133
กาญจนา เหลืองสุวาลัย 505
กิจฐิสรณ์ ตริยาวธัญญู 221
กิตติ โพธิปัทมะ 405, 413, 561
กิตติชัย ชูสิง 489
กิตติพันธ์ หันสมร 233, 748
กีระติ ธรรมพันธ์ 73
กุลนาถ อบสุวรรณ 293
กุลนิภา ธนรุ่งรังสี 1
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ 97, 533, 541, 545
เกตน์ณนิภา วันชัย 513
เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์ 93
เกรียงไกร พัทยากร 469
เกศรวี ภาคีอรรถ 745
เกศรินทร์ ไกลถิ่น 677
เกศศิรินทร์ แสงมณี 605
เกษรา เพิ่มสุข 137
เก้ากันยา สุดประเสริฐ 189, 261, 577, 685
เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ 25
แก้วมณี พรหมพิทักษ์ 229

ข

ขวัญชนก กลิ่นกลั่น 705

ค

คณิตนันท์ เอซัน 493
คมกฤช ธัญวชิรวิทย์ 461, 593

จ

จรูญ เก่งเขตรวิทย์ 333
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ 117, 137, 305, 325, 329, 445
จักรพันธ์ พิณจีน 257
จักรมาส เลาหวณิช 485
จักรินทร์ ม่วงปั้น 301, 457, 593, 721, 729, 737
จันทร์สมร สายศรี 169
จาตุรงค์ จงจีน 245
จินดาพร คงเดช 65
จิรนาถ บุญคง 165
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ 157
จีรัณ กิ่งแก้ว 237
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล 277, 309, 437, 441, 553, 573, 653
จุฑามาศ ศุภพันธ์ 185
จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี 301, 457, 593, 721, 729, 737
จุฬาภรณ์ นกสกุล 425
จุฬาวรรณ ศิริติกุล 561
เจนจิรา ชุมภูคำ 89
เจริญ เจริญชัย 661

ฉ

ฉัตรทิพย์ กาศยปนันทน์ 397
ฉัตรภา หัตถโกศล 125
เฉลิมชัย วงษ์อารี 289, 297, 321, 337, 385, 413, 561

ช

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น 69
ชนิการณ์ นุ่มเอี่ยม 681
ชรินทร์ ธวันธา 201
ชลธิรา แสงศิริ 497
ชลัท ศานติวรางคณา 17, 133
ชลิดา ชลไมตรี 289
ชวนพิศ จิระพงษ์ 413
ชัชวาล วัชราเรืองวิทย์ 693
ชัยนาม ดิสถาพร 605
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร 437
ชาญชัย สาดแสงจันทร์ 221
ชานนท์ หนูทอง 709

ชาลิณี สังขจร 433
ชิดชนก พ่วงศิริ 405
ชินกฤต สุวรรณคีรี 669
ชื่นจิต แก้วกัญญา 205
ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา 21
ชื่นนภา หนันแดง 205
ชุติเดช เพิ่มศรีบูรสุข 341
ชุติมน ศรีสุวรรณ 401
ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ 177
เชาวนีย์ ชูพีรัชน์ 133

ฌ

เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ 213, 557

ญ

ญาธิปกร ธีระภัทรพลชัย 661
ญานิล ชัยณรงค์ 97

ฐ

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ 429

ณ

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ 481
ณัฏฐ์ชยธร นันทกรสุตนันท์ 365
ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ 1, 45, 49, 53, 57, 61, 65, 69, 73, 77, 85, 109, 125, 325, 329, 525, 529, 705
ณัฏฐภัทร จันทะวัง 569
ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ 733
ณัฐนิช สร้อยยอดทอง 565
ณัฐิรา อ่อนน้อม 621

ด

ดลฤดี ใจสุทธิ์ 333

ต

ตรี อินดรารินี เวียยันโทโร 353, 465
ตันติกร จิตต์ไพโรจน์ 713
ตามใจ มนตรีวัฒน 409
ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา 17, 365

ถ

ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์ 629

ท

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย 129, 297, 337, 433
ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล 297
ทวีศักดิ์ โอวาททัศนีย์ 117, 137
ทศพล แทนรินทร์ 429
ทัศนารถ กระจ่างวุฒิ 181

ธ

ธนจันทร์ มหาวนิช 25
ธนพร ขจรผล 497, 509
ธรรมรัตน์ สัมมะวัฒนา 37
ธัญญรัตน์ พุทธิมา 641
ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ 557
ธัญญาภรณ์ บอนแดง 29
ธัญลักษณ์ ธีระพรกิตติกุล 253
ธานี ศรีวงศ์ชัย 557
ธารารัตน์ มณีน่วม 377
ธารีรัตน์ วัชรชัยโสภณสิริ 361
ธิดารัตน์ เมธาวรากุล 213
ธิติมา วงศ์ชีรี 625
ธีระพัศธ์ ศิลปะสมบูรณ์ 421
ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน 589

น

นงพงา คุณจักร 677
นพ ตัณมุขยกุล 301, 457, 461, 481, 593
นพ ตัณมุขยกุล 721, 729, 737
นพดล สันยาย 669
นพมาศ จารย์คำมา 345
นภัสสร เพียสุระ 85
นภาภรณ์ แซ่ลี้ 109
นฤบดี ศรีสังข์ 489
นฤมล สืบสายสิงห์ 569
นฤมล เสือแดง 485
นวพร วรพาณิชย์ 369
นัฐพล ตั้งสุภูมิ 17
นัฐพล วิเชียรพจน์ 681
นันท์ชนก นันทะไชย 33, 41
นาฎลดา อ่อนวิมล 421
นิตยา เทพปฐม 649
นิตยา บุญทิม 669
นิพนธ์ อยู่สุข 505
นิพร เดชสุข 569
นิภาดา ราญมีชัย 129

นิลาวรรณ ทรงครุฑ 181
นิสานารถ กระแสร์ชล 101, 105, 113, 265
นีรนุช วินิจชีวิต 721, 729
นุชนภางค์ สุวรรณเทน 613
เนตรนภา สกุลซ้ง 273
เนตรนภา อินสลุด 537, 609
เนตรนภิส เขียวขำ 381, 485

บ
บงกช ธุระพันธ์ 393
บรรดาศักดิ์ ขันทะสีมา 725
บรรลือศักดิ์ เกิดทองดี 505
บัญชา ชิณศรี 449
บัณฑิต โสภณ 381
บัวสาย เพชรสุริยวงศ์ 369
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ 253, 477, 493, 657
เบญญา มะโนชัย 213, 217, 225, 449

ป
ปนัดดา จีนประสม 349
ประชาชาติ นพเสนีย์ 497
ประณต มณีอินทร์ 301, 457, 593, 721, 729, 737
ประภัสสร ลัดวิไลวงศ์ 609
ประภาพร ฉันทานุมัติ 177
ประภาพร ตั้งกิจโชติ 5
ประภาพรรณ ซอหะซัน 237
ประมวล เครือมณี 669
ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์ 625, 693
ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์ 333
ปราณี โรจน์สิทธิศักดิ์ 317
ปรารถนา เกตุบท 117
ปริญญา การสมเจตน์ 481
ปริณดา มโนรัตน์ 473
ปริปก พิศสุวรรณ 341
ปริยานุช จุลกะ 9, 349, 549, 589, 633
ปริยานุช ชุติปัญญาภรณ์ 133
ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร 177
ปวีณา มณีพล 645
ปัจจยา ตันติวีรสุต 125
ปารมี เพ็งปรีชา 157
ปาริฉัตร บุญยืน 549
ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ 621
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ 565, 681
ปิติพงษ์ โตบันลือภพ 301, 457, 461, 481, 593, 641, 721, 729, 737
ปิ่นทอง เม่งกิจ 565
ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง 481
ปิยนุสร์ น้อยด้วง 645
ปิยะ เฉลิมกลิ่น 557
ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล 417
เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล 221

ผ
ผกามาศ แก่นวิจิตร 241, 249
ผกามาศ แดงชอบกิจ 277
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ 289, 309, 313, 321
ผาณิต รุจิรพิสิฐ 585

พ
พชรอร แก้วเจริญ 93
พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย 129, 309, 385
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ 741
พรทิพย์ ศรีมงคล 209, 517, 521, 609, 613, 637
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ 369, 569
พรรณิภา เรืองเชื้อเหมือน 181
พรลดา จอมเมือง 441
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล 125
พริมา พิริยางกูร 441, 553, 653
พวงชมพู หงษ์ชัย 745
พัชระ อุ่นทรัพย์ 197
พัชรา เพ็ญไพจิตร์ 181
พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์ 469
พัชรี ชัยกิจวิสุทธิกุล 253
พัชรียา บุญกอแก้ว 481
พัตราพร จอมเมืองบุตร 153
พัตราภรณ์ แก้วศรี 33
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ 57
พิจิตรา แก้วสอน 225, 349, 549, 633
พิชชารีย์ ตันวราวุฒิกูล 225
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล 141, 145, 149
พิชัย ทองดีเลิศ 233, 748
พิทยา ใจคำ 285
พิมพ์ชนก สุขสมบุญ 33
พิราวรรณ บุญเสริม 485
พิสิฐ วงศ์สง่าศรี 477
พีรพล แก้วสุวรรณ 481
พุทธชา สอนจันทร์ 13, 81, 361

พุทธพร วิวาจารย์ 497, 509
พุทธิภณ ศิริมูล 637
เพ็ญระพี ทองอินทร์ 501

ภ
ภควดี สุขอนันต์ 389, 689
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน 741
ภัทรนันทร์ กมลนัทธ์ 157
ภัทรพร ศรีวราพันธุ์ 449
ภัทรา ผาสอน 117, 137, 305, 325, 329, 445
ภัศรา คูละสุวรรณ์ 721
ภานุพงศ์ อำไพชัยโชค 317
ภาวัช วิจารัตน์ 417
ภาวินี ดีแท้ 21, 237
ภาสกร ฟุ้งฟู 481

ม
มณฑิรา นพรัตน์ 369
มลนันทน์ กันเกตุ 205
มานะ จอมไกร 241
มาลีน่า สันเต๊ะ 453

ย
ยาตรา ยมสูงเนิน 697
ยุทธการ บุญยืน 189
เยาวภา ไหวพริบ 697

ร
รณฤทธิ์ ฤทธิรณ 377
รติยา ธุวพาณิชยานันท์ 333
รพีพร เอี่ยมสอาด 657
รัชฎาภรณ์ คะประสบ 53
รัชนี ไสยประจง 709, 713, 741
รัชพล พะวงศ์รัตน์ 277, 573
รัฐกรณ์ จำนงค์ผล 493, 657
รัตติยา แววนุกุล 117, 137, 305, 325, 329, 445
รัตนชัย ไพรินทร์ 189, 261, 577, 685
ราณี หวังถวัลย์ 693
รุ่งเกียรติ แก้วเพชร 417, 421
รุ่งทิพย์ อินทสังข์ 193
เรืองศักดิ์ กมขุนทด 217

ฤ
ฤดี หงส์เจริญ 573
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง 45

ล
ลลิตา นิยมสุข 553
ละมุล วิเศษ 485
ลักษณาพร มีสำราญ 175
เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ 673

ว
วจี ศรีสิทธิรักษ์ 397
วณิช ลิ่มโอภาสมณี 429
วณิชยา ผดุงฮะ 413
วรชัย วงษ์วัชระโยธิน 353
วรพจน์ สุนทรสุข 269, 693
วรพรรณี เผ่าทองศุข 221
วรรณนพ มั่นคง 577
วรางคณา ศรีจำนง 17, 81, 121
วรายุทธ จันทร์ปลอด 525, 529
วศิน สมกาญจนา 489
วัชระ ประชานิยม 589
วันชัย จันทร์ประเสริฐ 377, 633
วาริช ศรีละออง 297, 313, 337, 385, 733
วารุณี พรมประดิษฐ์ 393
วารุณี ลิ่มมั่น 261
วิชชุดา สังข์แก้ว 717
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล 101, 105, 113, 265
วิญญู ช่วยแก้ว 273
วิทวัส อ่อนบำรุง 201
วิบูล เป็นสุข 409
วิภาวี ดีหมื่นไวย์ 649
วิมลนันทน์ กันเกตุ 209, 521, 613, 637
วิไลลักษณ์ จั่นจำรูญ 649
วิวรรณยา คล้อยสาย 589
วิวัฒน์ สังวาลย์ 593
วิศณีย์ โพธิ์หล้า 337
วีรยุทธ พรหมจันทร์ 345
วีรวรรณ ทรัพย์กิจการ 369
วีระเกียรติ ทรัพย์มี 185

ศ
ศมาพร แสงยศ 417, 421
ศรัณย์ จิตรสิงห์ 633

ศรัณยา รักเสรี 701
ศศิภา เทียนคำ 89
ศักดิ์สิทธิ์ บุญดำ 9
ศานิต สวัสดิกาญจน์ 241
ศิริชัย กัลยาณรัตน์ 437
ศิรินทิพย์ โคตรรักษา 517
ศิริพร อาจณรงค์ 37
ศิริยุพา เต่าทอง 625
ศิริลักษณ์ อิ่มจงใจรัก 325, 329
ศิวัสม์ ใสโต 685
ศุภกฤต จันทรวิชญ์ 509
ศุภเชษฐ์ แซ่ตั้ง 445
ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช 209, 521, 609, 613, 637
โศรดา วัลภา 85, 345

ส

สมชาย จอมดวง 725
สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง 477
สมโภชน์ น้อยจินดา 405, 413, 561
สมศรี เจริญเกียรติกุล 81, 121, 361, 365
สมศักดิ์ จีรัตน์ 669
สมศิริ แสงโชติ 381, 485
สมาพร เรืองสังข์ 513
สรรลาภ สงวนดีกุล 701
สรศักดิ์ งามสง่า 49
สร้อยเพชร บัวงาม 397
สวามินี นวลแขกุล 621
สันติ แก่อินทร์ 237
สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ 345
สิทธิชัย บุญมั่น 497, 509
สิรินาถ ตัณฑเกษม 281
สิริมา ชินสาร 101, 105, 113, 265, 393, 401
สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์ 249, 257
สุกฤษฎ์ ประดิษฐวัฒนะกุล 717
สุกัญญา เอี่ยมลออ 313, 321
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ 229
สุขุมาลย์ เลิศมงคล 593, 641
สุชาดา ละม้ายพันธุ์ 689
สุดสายสิน แก้วเรือง 333
สุทธาสินี ปิ่นทอง 217
สุทธิพงศ์ เปรื่องค้า 409
สุธีรา เสาวภาคย์ 37
สุนทร โมลา 313
สุนทรี ทารพันธ์ 293
สุนันทา วงศ์ปิยชน 377
สุนิดา เมืองโคตร 297
สุพัตรา ศรีสุวรรณ 197, 425
สุภัทร หนูสวัสดิ์ 177
สุภัทรา ลิลิตชาญ 397, 649
สุภา พ่วงนิ่ม 309
สุภางค์ เรืองฉาย 281
สุภาภรณ์ เลขวัต 493, 657
สุภาภรณ์ เลิศศิริ 233, 748
สุภาวิณี แสนทวีสุข 453, 617
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก 581
สุมลรัตน์ อัมพวัน 169
สุเมธ อินเฉลิม 175
สุรชัย สุวรรณชาติ 605
สุรพงษ์ พินิจกลาง 709, 713, 741
สุรัตน์วดี วงศ์คลัง 673
สุริยะ วุ่นจินดา 221
สุวรรษา ทองหยู 93, 629
สุวิชญา รอดกำเหนิด 473
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ 161
เสาวลักษณ์ ยองรัมย์ 93
แสงทิพย์ ยอดคำ 565

ห

หนึ่งฤทัย สมสิงห์ 209
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ 141, 145, 149

อ

อติชาต ทัฬหชาติโยธิน 253
อธิยา คงเซ็น 261
อนันต์ ทองทา 697
อนันต์ พานคำดาว 669
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ 557
อนุชิต ฉ่ำสิงห์ 177
อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม 181
อโนชา สุขสมบูรณ์ 97, 169, 533, 541, 545
อภิชัย เจนจบ 321
อภิญญา เจริญกูล 373
อภิญญา ชีวะพันธ์ 397
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ 129, 289, 309, 313, 321
อภิรักษ์ เพียรมงคล 353, 465
อภิรักษ์ หามาลี 285
อภิสิทธิ์ ศรีไสยเพร็ช 489
อรพรรณ เสลามาศสกุล 61

อรพิน เกิดชูชื่น 1, 45, 49, 53, 57, 61, 65, 69, 73, 77, 85, 109, 289, 525, 529, 705
อรรจนา ด้วงแพง 201
อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ 661
อรสา สุริยาพันธ์ 29, 193
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ 77
อรัญญา พรหมกูล 469
อรุณพร อิฐรัตน์ 673
อสมาภรณ์ บันลือโชคชัย 569
อะกิฮิโกะ โคสึกิ 117, 137, 305, 445
อัญชนา อินสวาสดิ์ 25
อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ 377
อัมภิกา ประวัติวงษ์ 649
อาทิตย์ พงษ์ทิพย์ 301, 457, 593, 721, 729, 737
อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์ 677
อารยา อาจเจริญ เทียนหอม 89
อารีย์ อินทร์นวล 357
อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ 273
อิทธิพล อิศรางกูร ณ อยุธยา 217
อินทิรา ลิจันทร์พร 597, 601
อุทร ชิขุนทด 405
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ 13, 17, 81, 121, 125, 133, 361, 365
อุธร ฤทธิลึก 701
เอ็จ สโรบล 593, 641

I

IvánMatus, T. 481

J

Jeong Hwa Hong 217, 225

M

Matta, F.B. 45, 53, 61, 109

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 8

รศ.ดร. รวี เสรฐภักดี	ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง	ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
ศ. ดร. ปราณี อาจเปรื่อง	ผศ. รัชนี ไสยประจง	ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย	ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์	รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น	ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล	รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์	ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์	ดร. ทรงพล สมศรี
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย	ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์	ดร. อมรา ชินภูติ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย	ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์	ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง	ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น	ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง	ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์	ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย	ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี	ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย	ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์	ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์	ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์	ผศ. รัชนี ไสยประจง

คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 45 ฉบับที่ 2

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น	นางสาวนภาภรณ์ แซ่ลี้	นางสาวจินดาพร คงเดช
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์	นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ	นายวรายุทธ จันทร์ปลอด
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	นายณัติฐพล ไข่แสงศรี	นางสาวกุลนิภา ธนรุ่งรังสี
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย	นางนภัสสร เพียสุระ	นายฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์	นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์	นายสรศักดิ์ งามสง่า
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง	นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น	นางสาวขวัญชนก กลิ่นกลั่น
นางสาวรัชฎาภรณ์ คะประสบ	นางสาวอรัญญา นิพนธ์ศักดิ์	นางสาวสุญาณี มงคลตรีรัตน์
นางสาวอรพรรณ เสลามาศสกุล	นายกีระติ ธรรมพันธ์	นางสาวฆนรส เรืองศริ