

## ปริมาณไขอ้อยที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำตาล Sugarcane Wax Contents Obtained from Byproducts in the Sugar Production Process

ณัฐหทัย สุทธิวงษ์<sup>1</sup> เพ็ญญา ชลปฐมพิกุลเลิศ<sup>1</sup> และ ปียดา สุขดี<sup>1</sup>  
Sutthiwong, N.<sup>1</sup>, Chonpathompikunlert, P.<sup>1</sup> and Sukdee, P.<sup>1</sup>

### Abstract

Sugar production from sugarcane creates wastes/byproducts such as leaves, press mud, molasses, and bagasse. Currently, the extraction of wax from the press mud is of interest to researchers. However, sugarcane wax is a compound particularly found on the surface of sugarcane stems; therefore, it possibly remains in other byproducts obtained during sugar production processes. This research aimed to study the amount of sugarcane wax from byproducts of the sugar production process, including leaves, which is a waste generated from harvesting. The results of analysis of sugarcane wax content found that molasses had the highest content of wax (15.24%), followed by press mud (5.37%), bagasse (2.72%), and leaves (2.65%), respectively. Besides, the extract from molasses showed its potential against the *in vitro* activity of HMG-CoA reductase similar to Pravastatin.

**Keywords:** Sugarcane wax, Byproducts, Molasses

### บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้ง เช่น ใบอ้อย กากตะกอนหม้อกรอง กากน้ำตาล และขานอ้อย ปริมาณมาก ปัจจุบันการสกัดไขจากกากตะกอนหม้อกรองเป็นที่สนใจของนักวิจัย อย่างไรก็ตามไขอ้อยเป็นสารประกอบที่พบที่ผิวของลำต้นของอ้อย ดังนั้นจึงอาจตกค้างได้ในวัสดุเหลือทิ้งอื่นๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาล การวิจัยนี้ทำการศึกษาปริมาณไขอ้อยของผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล รวมทั้งใบอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวด้วย ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขอ้อยพบว่ากากน้ำตาลมีปริมาณไขอ้อยสูงที่สุด (15.24%) รองลงมาได้แก่ กากตะกอนหม้อกรอง (5.37%) ขานอ้อย (2.72%) และใบอ้อย (2.65%) ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ระดับหลอดทดลองพบว่ามีความใกล้เคียงกับ Pravastatin

**คำสำคัญ:** ไขอ้อย วัสดุเหลือทิ้ง กากน้ำตาล

### คำนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างมากต่อภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากสร้างรายได้จากการส่งออกเข้าสู่ประเทศหลายหมื่นล้านบาทต่อปี กระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by-products) หลากชนิด ได้แก่ ใบอ้อย ขานอ้อย (bagasse) กากน้ำตาล (molasses) และกากตะกอนหม้อกรอง (Press mud) ซึ่งการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลนั้นแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพการผลิตและสถานะการขนส่งการแจกจ่ายวัตถุดิบเหล่านั้นของแต่ละโรงงาน ปัจจุบันการงานวิจัยจำนวนมากมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับปริมาณและวิธีการสกัดสารสำคัญจากไขอ้อยที่ปะปนอยู่ในกากตะกอนหม้อกรอง (Chakhathanbordee และคณะ, 2016) อย่างไรก็ตามไขอ้อยเป็นสารประกอบที่พบที่ผิวของลำต้นของอ้อย ดังนั้นจึงอาจตกค้างได้ในวัสดุเหลือทิ้งอื่นๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยไขอ้อยที่ผิวของลำต้นอ้อยส่วนหนึ่งจะติดไปกับน้ำอ้อยขณะที่บางส่วนจะติดไปกับขานอ้อยในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งส่วนที่ติดไปกับน้ำอ้อยจะถูกแยกออกไปกับกากตะกอนหม้อกรองและกากน้ำตาล

ไข (wax) ของอ้อย เป็นสารตั้งต้นธรรมชาติที่สำคัญของสารที่มีคุณสมบัติลดคอเลสเตอรอลและต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น กรดไขมันสายยาว (very long chain fatty acids; VLFAs) โพลีโคซานอล (policosanol) ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) เอสเทอร์ (esters) และอื่นๆ ซึ่งพบว่าสาร 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ VLFAs, policosanol และ phytosterol มีรายงานการวิจัยทางการแพทย์อย่างกว้างขวาง ว่าสามารถลดคอเลสเตอรอล ลดระดับไขมันความหนาแน่นต่ำ (Low-density lipoprotein;

<sup>1</sup> ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120

LDL) ในเลือด และป้องกันการเกิดโรคหัวใจ รวมทั้งการต้านอนุมูลอิสระ (Gnanaraj, 2012)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณไขมันของผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล รวมทั้งใบอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากการเก็บเกี่ยว และคุณสมบัติเบื้องต้นต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล

### อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท น้ำตาลนครเพชร จำกัด ซึ่งมีโรงงานน้ำตาลและไร่อ้อยตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร เตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ใบอ้อย (leaves) ชานอ้อย (Bagasse) และกากตะกอนหม้อกรอง (Press mud) โดยการทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากกากน้ำตาล (Molasses) ซึ่งเป็นของเหลว มีลักษณะข้นและความหนืดค่อนข้างมาก ไม่ละลายเมื่อนำมาผสมกับตัวละลายเอทิลแอลกอฮอล์โดยตรง จึงทำการเจือจางด้วยน้ำโดยให้ความร้อนร่วมด้วย เมื่อสารผสมเข้ากันดีแล้วจึงนำมาสกัดแยกส่วนด้วยการผสมกับตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ที่วัตถุดิบอื่น ๆ คือ ใบอ้อย ชานอ้อย และกากตะกอนหม้อกรอง สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์โดยใช้ Soxhlet apparatus การสกัดจากวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง (ใบอ้อย ชานอ้อย และกากตะกอนหม้อกรอง) แต่ละชนิด สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์อัตราส่วน 1:30 (w/v) ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Bhosale และคณะ, 2012 และ Chen และคณะ, 2007) ขณะที่วัตถุดิบที่เป็นของเหลว คือ กากน้ำตาล สกัดด้วยวิธีการแยกส่วน โดยใช้ตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์อัตราส่วน 1:10:2 (v/v/v) ร่วมกับการให้ความร้อน นำสารสกัดชั้นเอทิลแอลกอฮอล์ที่ได้ออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จากนั้นนำภาชนะที่ใส่สารสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นใน Desiccator จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนเพื่อคำนวณปริมาณผลผลิต (% Yield; เท่ากับ (น้ำหนักของสารสกัด/น้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ) x 100)) สารสกัดที่ได้นำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ HMG-CoA reductase โดยใช้ชุดทดสอบ HMG-CoA Reductase assay kit (Sigma-Aldrich, Germany) แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตรด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Infinite 200 Pro, TECAN, Switzerland) ทุก ๆ 30 วินาที เป็นเวลา 10 นาที นำค่า OD ที่ได้มาคำนวณการเกิดปฏิกิริยายับยั้ง HMG-CoA Reductase เทียบกับสารมาตรฐาน Pravastatin (Bakaran และคณะ, 2015) สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{HMG-CoA activity (Unit/mg protein)} = \frac{(\Delta A_{340}/\text{min}_{\text{sample}} - \Delta A_{340}/\text{min}_{\text{blank}})}{12.44 \times V \times 0.6 \times \text{LP}} \times \text{TV}$$

เมื่อ A340	=	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร
TV	=	ปริมาตรทั้งหมดของตัวอย่างที่ต้องการวัดการเกิดปฏิกิริยา (mL)
V	=	ปริมาตรของเอนไซม์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (mL)
0.6	=	ความเข้มข้นของเอนไซม์ในหน่วย mg-protein (mgP)/mL (0.50–0.70 mgP/mL)
LP	=	Light path in cm (0.55 for plates)

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคำนวณปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบใบอ้อยที่ได้ (Crude wax) จากวัตถุดิบ 4 ชนิด พบว่ากากน้ำตาลมีปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ 15.24% รองลงมาได้แก่ กากตะกอนหม้อกรอง (5.37%) ชานอ้อย (2.72%) และใบอ้อย (2.65%) ตามลำดับ (Figure 1) จากผลการวิเคราะห์นี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น เช่น Chakhathanbordee และคณะ (2016) ที่ทำการศึกษาระดับปริมาณไขมัน โดยใช้วัตถุดิบที่ได้จากโรงงานน้ำตาลในจังหวัดชัยภูมิ ได้รายงาน % Yield ของสารสกัดจากกากตะกอนหม้อกรองที่สกัดด้วย Soxhlet apparatus และใช้ตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ คือ 9.03% แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของวัตถุดิบ (โรงงานน้ำตาล) มีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณไขมันที่สกัดได้ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์พลอยได้ของแต่ละโรงงานที่นอกเหนือจากความแตกต่างทางด้านภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และสายพันธุ์ของอ้อยที่เพาะปลูกแล้ว (Asikin และคณะ, 2012) วิธีเตรียมพื้นที่ก่อนการตัดอ้อยก็อาจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียของไขมันที่สกัดได้ เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่จะเลือกใช้วิธีการเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อกำจัดใบอ้อย ทำให้การเก็บเกี่ยวทำได้ง่ายขึ้น (Attard, 2015)

จากนั้นนำสารสกัดหยาบไขมันจากกากน้ำตาลซึ่งให้ % Yield สูงสุดมาทำการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Pravastatin ซึ่งเป็นยาในกลุ่ม statin หรือ HMG-CoA reductase inhibitors ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ที่ร่างกายใช้สร้าง cholesterol โดยผลที่ได้จะแสดงเป็นค่า HMG-CoA activity (Unit/mg

protein) ซึ่งค่า HMG-CoA activity ยิ่งน้อยแสดงว่าสารสกัดมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของ HMG-CoA reductase ได้ดี พบว่า สารสกัดหยาบไขอ้อยจากกากน้ำตาลมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase เท่ากับ  $-0.1056$  ยูนิต์ต่อ มิลลิกรัมโปรตีน คิดเป็น 84.34% เมื่อเปรียบเทียบกับยา Pravastatin ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $-0.1252$  ยูนิต์ต่อมิลลิกรัมโปรตีน งานวิจัยที่ ผ่านมา เช่น Arruzazabala และคณะ (2004) รายงานว่า D-003 ซึ่งเป็นสารที่แยกจากไขอ้อยมีคุณสมบัติในการลดคอเลสเตอรอล และลดการเกาะตัวของเกล็ดเลือดในอาสาสมัครที่เข้าร่วมการทดสอบ และการศึกษาของ Pérez และคณะ (2013) ที่รายงานว่า สาร policosanol และ D-003 ซึ่งแยกได้จากไขอ้อยมีคุณสมบัติในการลดคอเลสเตอรอลเมื่อทดสอบในระดับ in vitro โดยการใช้ enzyme microsomal ที่เตรียมจาก platelets ของหนู ด้วยเหตุนี้จึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดหยาบไขอ้อยที่ได้จากศึกษานี้มี สารสำคัญที่มีคุณสมบัติในการลดคอเลสเตอรอล ซึ่งการแยกสารสำคัญที่มีรายงานว่าพบในไขอ้อยและมีคุณสมบัติดังกล่าวอยู่ ระหว่างการศึกษา

### สรุปผล

การสกัดไขอ้อยจากวัตถุดิบ 4 ชนิด ได้แก่ ใบอ้อย ชานอ้อย กากตะกอนหม้อกรอง และกากน้ำตาล ซึ่งเป็นผลพลอยได้ และวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อย ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนโดยใช้ Soxhlet apparatus (สำหรับใบอ้อย ชาน อ้อย และกากตะกอนหม้อกรอง) และการสกัดแบบแยกส่วน (สำหรับกากน้ำตาล) พบว่าสารสกัดหยาบไขอ้อย (Crude wax) จาก กากน้ำตาลมี % Yield สูงที่สุด คือ 15.24% รองลงมาได้แก่ กากตะกอนหม้อกรอง (5.37%) ชานอ้อย (2.72%) และใบอ้อย (2.65%) ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดหยาบไขอ้อยที่ได้จากกากน้ำตาลไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ระดับหลอดทดลอง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับ Pravastatin (84.34%)

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท น้ำตาลนครเพชร จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบสำหรับใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Chakhathanbordee, R., Khotavivattana, S., and Sriroth, K., 2016, Development of Sugarcane Wax Extraction Methods from Sugarcane Filter Cake for Value Creation, VRU Research and Development Journal of Science and Technology, 3: 95-105.
- Gnanaraj, R.A., 2012, Applications of Sugarcane Wax and Its Products: A Review, International Journal of ChemTech Research, 4: 705-712.
- Bhosale, P.R., Chonde, S.G., and Raut, P.D., 2012, Studies on Extraction of Sugarcane Wax from Press Mud of Sugar Factories from Kolhapur District, Maharashtra, Journal of Environmental Research and Development, 6(3): 715-720.
- Chen, G.L., Guo, H.R., Wang, X.F., and Li, R.Y., 2007, Extraction and Characterization of Aliphatic Alcohol from Sugar Wax, Sugar Technology, 9(4): 1-5.
- Baskaran, G., Salvamani, S., Ahmad, S.A., Shaharuddin, N.A., Pattiram, P.D., and Shukor, M.Y., 2015, HMG-CoA Reductase Inhibitory Activity and Phytochemical Investigation of *Basella alba* Leaf Extract as a Treatment for Hypercholesterolemia, Drug Design, Development and Therapy, 9: 509-517.
- Athukorala, Y., Mazza, G., and Oomah, B.D., 2009, Extraction, Purification and Characterization of Wax from Flax (*Linum usitatissimum*) Straw, European Journal of Lipid Science and Technology, 111(7): 705-719.
- Asikin, Y., Takahashi, M., Hirose, N., Hou, D.X., Takara, K., and Wada, K., 2012, Wax, Policosanol, and Long-Chain Aldehydes of Different Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Cultivars, European Journal of Lipid Science and Technology, <http://www.org.doi/10.1002/ejlt.201100300>.
- Attard, T.M., 2015, Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of Waxes as Part of a Holistic Biorefinery, Doctoral dissertation, University of York, <https://core.ac.uk/download/pdf/30268356.pdf>.
- Arruzazabala, M.L., Mas, R., Molina, V., Carbajal, D., Fernández, L., Illnait, J., Castaño, G., Fernández, J., and Mendoza, S., 2004, Effects of D-003, a New Substance Purified from Sugar Cane Wax, on Platelet

Aggregation and Plasma Levels of Arachidonic Acid Metabolites in Healthy Volunteers, *International Journal of Clinical Pharmacology Research*, 24(2-3): 55-63.

Pérez, Y., Mas, R., Oyarzábal, A., Jiménez, S., and Molina, V., 2013, Effects of Policosanol (Sugar Cane Wax Alcohols) and D-003 (Sugarcane Wax Acids) on Cyclooxygenase (Cox) Enzyme Activity *In Vitro*, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 4: 18-23.

Rosin, S., Ojansivu, I., Kopu, A., Keto-Tokoi, M., and Gylling, H., 2015, Optimal Use of Plant Stanol Ester in the Management of Hypercholesterolemia. *Cholesterol*, <http://www.doi.org/10.1155/2015/706970>.

De Jong, A., Plat, J. Bast, A., Godschalk, R. W. L., Basu, S., and Mensink, R. P., 2008, Effects of Plant Sterol and Stanol Ester Consumption on Lipid Metabolism, Antioxidant Status and Markers of Oxidative Stress, Endothelial Function and Low-Grade Inflammation in Patients on Current Statin Treatment, *European Journal of Clinical Nutrition*, 62: 263–273.

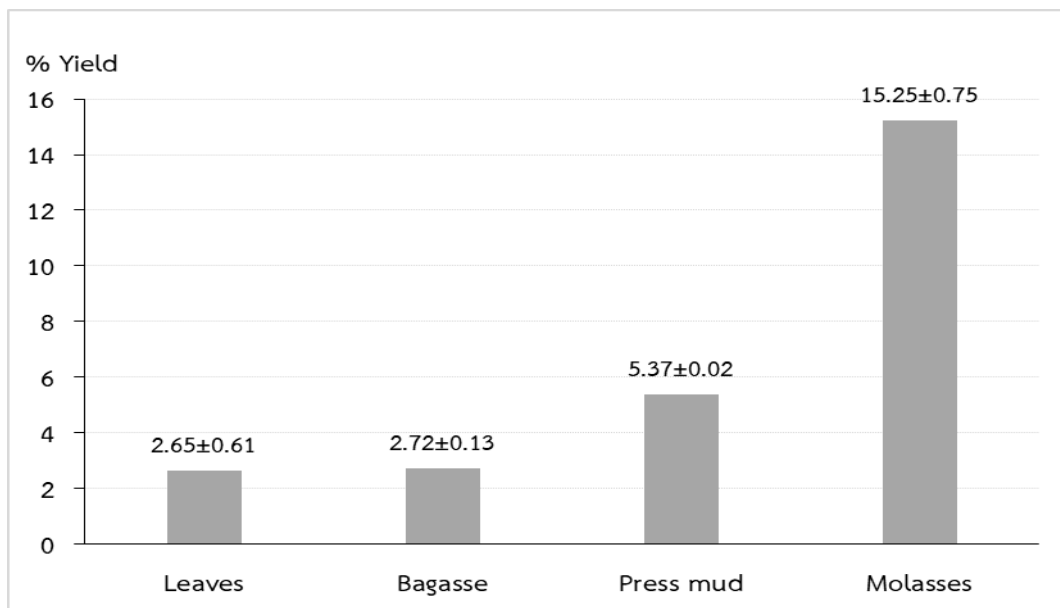


Figure 1 Yield of crude wax extracted from by-products and waste from sugar manufacturing.

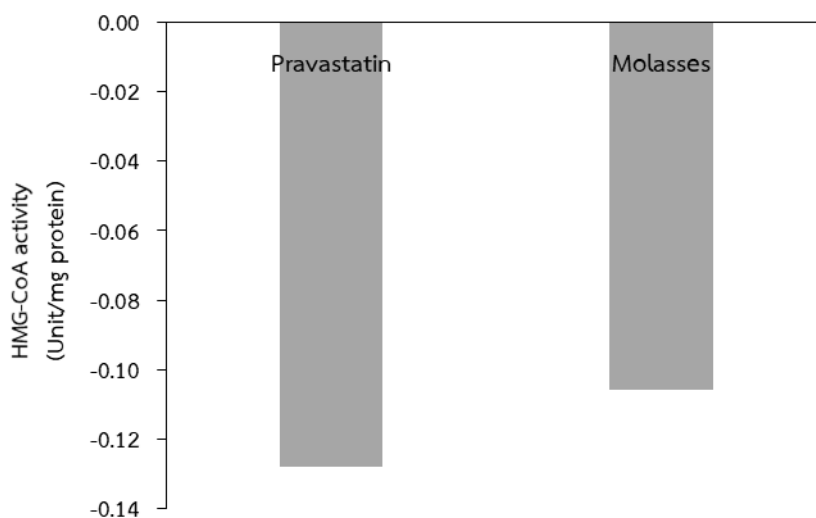


Figure 2 Comparison of the molasses extract and Pravastatin on the inhibitory effect against HMG-CoA reductase.