

การพัฒนาแผ่นฟิล์มขิงละลายในช่องปาก Development of Ginger Orally Dissolving Film

ศรดา สังสินชัย¹ อีรพัฒน์ เต็มธีรพรพิมล¹ อีรานุช ศรีศรีธัญญา¹ ภัทรา วัฒนพันธ์² และ ชลิตา เนียมบุญ¹
Sungsinchai, S.¹ Termteerapornpimol, T.¹ Srisarunya, T.¹ Wattanapan P.² and Niamnuy, C.¹

Abstract

The objective of this work was to study effect ratio of film forming agents on the properties of ginger orally dissolving film (ODF) for oral health. The film forming agents used in this work were xanthan gum, gelatin and pullulan. Extreme vertices method was used for the experimental design. Film was prepared by solvent-casting method. The procedure of ODF started with mixing film forming agents, ginger extract, glycerine, tween80 and sucralose. After that, degassing by ultrasonic technique. Next, the mixture was casted on a mold and dried using a hot air oven at 50 °C for 72 h. Finally, dried films were tested and analyzed. The result showed that the suitable ratio of three film forming agents (Pullulan: Gelatin: Xanthan gum) was 0.45:0.45:0.10. This condition presented the film with the lowest shrinkage and the shortest *in-vitro* dissolving time. The percentage of bioactive compounds retention in film was 38.33 ± 2.12.

Keywords: Ginger, Dissolving time, Shrinkage

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของสารก่อฟิล์มที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มขิงละลายในช่องปากเพื่อประยุกต์ใช้งานสำหรับสุขภาพอนามัยในช่องปาก สารก่อฟิล์มที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ แขนแทนกัม, เจลาติน และพุลลูแลน ออกแบบการทดลองด้วยวิธี Extreme Vertices ใช้วิธี Solvent-casting ในการผลิตแผ่นฟิล์ม โดยมีขั้นตอนดังนี้ เตรียมสารละลายของสารก่อฟิล์มทั้ง 3 ประเภทมาผสมรวมกับสารสกัดขิง กลีเซอริน ทวิน80 และซูคราโลส ผสมให้เข้ากัน นำไปใส่ฟองอากาศโดยใช้วิธีอัลตราโซนิกแล้วนำไปเทลงบนแม่พิมพ์ ทำการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะได้แผ่นฟิล์มขิงแล้วนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ จากการทดลองพบว่าแผ่นฟิล์มขิงที่มีอัตราส่วนของสารก่อฟิล์ม พุลลูแลน: เจลาติน: แขนแทนกัมที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.45:0.45:0.10 โดยอัตราส่วนนี้แสดงแผ่นฟิล์มที่มีการหดตัวน้อยที่สุด และใช้เวลาในการละลายสั้นที่สุด โดยมีร้อยละการคงเหลือของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในแผ่นฟิล์มเท่ากับ 38.33 ± 2.12

คำสำคัญ: การหดตัว ขิง เวลาในการละลาย

คำนำ

ขิง (Ginger) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Zingiber officinale* Roscoe เป็นพืชวงศ์ขิง (ZINGIBERACEAE) ขิงเป็นสมุนไพรไทยที่มีสรรพคุณทางยาหลากหลาย อาทิ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลดอาการท้องเพื่อจุกเสียด บรรเทาอาการปวด เป็นต้น นอกจากนี้จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Hirata และคณะ, 2016; Kiyama, 2020) พบว่าขิงมีสรรพคุณยับยั้งแบคทีเรียในช่องปาก ด้านการอักเสบและสมานแผล รวมถึงการกระตุ้นการกลืนในผู้ที่มีภาวะกลืนลำบาก โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในขิง ได้แก่ 6-gingerol 8-gingerol 10-gingerol และ 6-shogaol การนำขิงมาใช้ในงานเพื่อสุขภาพอนามัยในช่องปาก รวมถึงกระตุ้นการกลืนถือเป็นการใช้ประโยชน์จากสารออกฤทธิ์จากธรรมชาติเพื่อลดการใช้ยาสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถเสื่อมสลายได้เร็วและมีความสามารถในการละลายต่ำหากอยู่ในรูปแบบสารสกัด การใช้สารออกฤทธิ์ในรูปของแผ่นฟิล์มละลายในช่องปากถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ทั้งนี้ชนิดและสัดส่วนของสารก่อฟิล์มถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติของแผ่นฟิล์ม โดยเฉพาะสารก่อฟิล์มได้แก่ เจลาติน แขนแทนกัม และพุลลูแลน ซึ่งนิยมใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มแตกตัวในช่องปาก เนื่องจากละลายน้ำได้ดี ใช้เวลาในการแตกตัวน้อย อีกทั้งยังเพิ่มสมบัติทางกลให้กับแผ่นฟิล์ม (Pacheco และคณะ, 2021) อย่างไรก็ตามการใช้สารก่อฟิล์มหลาย

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

² ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ถ.มิตรภาพ อ.เมือง ขอนแก่น 40002

² Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, 123 Mittapap Rd, Muang, Khon Kaen 40002

ชนิดรวมกันย่อมส่งผลโดยตรงต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์ม เช่น สมบัติการละลาย เป็นต้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้คือ เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนของสารก่อฟิล์มชนิดต่างๆที่มีต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มซึ่งละลายในช่องปาก

อุปกรณ์และวิธีการ

แผ่นฟิล์มซึ่งละลายในช่องปากเตรียมด้วยวิธีการเทโดยอาศัยตัวทำละลาย (solvent-casting) (Heinemann และคณะ, 2016) โดยเริ่มจากการเตรียมสารก่อฟิล์มจากพุลูลแลน เจลาติน และแซนแทนกัม ละลายในน้ำปราศจากไอออนที่ความเข้มข้น 10 10 และ 3% (w/v) ตามลำดับ จากนั้นผสมสารละลายของสารก่อฟิล์มทั้ง 3 ชนิดด้วยอัตราส่วนที่ได้จากการทดลองออกแบบส่วนผสม (mixture design) แบบ Extreme vertices ดังแสดงใน Table 1 นำส่วนผสมของสารก่อฟิล์มแต่ละสูตรปริมาณ 88.92% (w/w) มารวมกับสารสกัดชিং กลิเซอริน ทวีน 80 และซูคราโลสในปริมาณเท่ากับ 8.74 1.68 0.33 และ 0.33% (w/w) ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน นำไปใส่ฟองอากาศโดยใช้วิธีอัลตราโซนิคแล้วนำไปเทลงบนแม่พิมพ์ขนาด 10 × 13 × 0.3 เซนติเมตร ทำการอบแห้งซึ่งดัดแปลงวิธีการทดลองมาจาก Heinemann และคณะ (2016) โดยใช้ตู้อบลมร้อน (Redline by Binder, FD115, Tuttlingen, Germany) ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิค FTIR (Heinemann และคณะ, 2016) ความเป็นผลึกโดยเทคนิค XRD (Hazirah และคณะ, 2016) การหัดตัวเชิงพื้นที่และเชิงปริมาตรของแผ่นฟิล์มโดยซอฟต์แวร์ ImageJ (version 1.51k) (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) (Kurozawa และคณะ, 2012) เวลาที่ใช้ในการละลายของแผ่นฟิล์มในหลอดทดลองโดยวิธีของ Heinemann และคณะ (2016) และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของชিংในแผ่นฟิล์มได้แก่ 6-gingerol 8-gingerol 10-gingerol และ 6-shogaol โดย ดัดแปลงจากวิธีของ Ghasemzadeh และคณะ (2018) ทำได้โดยการนำตัวอย่างฟิล์มชิ่งขนาด 2x2 เซนติเมตร มาผสมกับน้ำลายเทียม (Sungsinchai และคณะ, 2017) คนให้ละลายเข้ากัน อบให้แห้งและนำเมทานอลมาละลายใหม่อีกครั้งเพื่อให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในชิ่งหลุดออกมา จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง สูง (SPD-M20A; Shimadzu, Kyoto, Japan) ที่มี UV detector ที่ความยาวคลื่น 282 nm ใช้คอลัมน์ Gemini C₁₈ (5 µm) ขนาด 250 × 4.6 mm อุณหภูมิคอลัมน์ 48 °C เฟสเคลื่อนที่เป็นน้ำและอะซิโตนไนโตรล (Ghasemzadeh และคณะ (2018) มีอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่เป็น 0.8 mL/min ปริมาตรในการฉีดคือ 50 µL เทียบกับสารมาตรฐาน 6- 8- 10-gingerol และ 6-shogaol ที่ละลายในเมทานอลที่ความเข้มข้น 0-200 µg/mL

Table 1 The ratio of film forming agents designed by Extreme vertices method

Run no.	Pullulan (% dry solid)	Gelatin (% dry solid)	Xanthan gum (% dry solid)	Visual observation
1	0.10	0.10	0.80	ผิวขรุขระมาก มีฟองอากาศมาก แผ่นฟิล์มสม่ำเสมอ
2	0.10	0.80	0.10	ผิวขรุขระ มีรอยแตกร้าวทั้งแผ่นฟิล์ม
3	0.80	0.10	0.10	ผิวเรียบ ความหนาไม่สม่ำเสมอ
4	0.22	0.22	0.57	ผิวขรุขระ มีฟองอากาศมาก แผ่นฟิล์มสม่ำเสมอ
5	0.22	0.57	0.22	ผิวขรุขระ มีรอยแตกร้าวทั้งแผ่นฟิล์ม
6	0.57	0.22	0.22	ผิวเรียบ มีช่องว่างขนาดใหญ่ในแผ่นฟิล์ม
7	0.10	0.45	0.45	ผิวขรุขระ มีฟองอากาศมาก มีช่องว่างในแผ่นฟิล์ม
8	0.45	0.10	0.45	ผิวขรุขระ มีฟองอากาศมาก แผ่นฟิล์มสม่ำเสมอ
9	0.45	0.45	0.10	ผิวเรียบ มีฟองอากาศเล็กน้อย แผ่นฟิล์มสม่ำเสมอ
10	0.33	0.33	0.33	ผิวขรุขระ มีฟองอากาศมาก มีช่องว่างในแผ่นฟิล์ม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าหลังการอบแห้ง แผ่นฟิล์มชิ่งมีสมบัติแตกต่างกันไปตามสัดส่วนของสารก่อฟิล์มชนิดต่างๆ แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของพุลูลแลนมาก พบว่ามีการหดตัวมากและขาดความต่อเนื่องของแผ่นฟิล์ม ไม่เป็นแผ่นฟิล์มสมบูรณ์ ส่วนแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของเจลาตินมาก มีการเกิดรอยแตกเกิดขึ้นไม่สามารถคงเป็นแผ่นฟิล์มได้ และแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณของแซนแทนกัมมาก พบว่ามีฟองอากาศในแผ่นฟิล์มเกิดขึ้นเป็นปริมาณมาก ทำให้พื้นผิวของแผ่นฟิล์มไม่เรียบเนียน โดยแผ่นฟิล์มที่มีลักษณะผิวเรียบเนียนและสามารถคงสภาพความเป็นแผ่นได้มีจำนวน 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของพุลูลแลน เจลาติน และแซนแทนกัม เท่ากับ 0.10:0.10:0.80 (หมายเลข 1) 0.22:0.22:0.57 (หมายเลข 4) 0.45:0.10:0.45 (หมายเลข 8) และ 0.45:0.45:0.10 (หมายเลข 9) ตามลำดับ ซึ่งได้นำไปวิเคราะห์สมบัติอื่นๆต่อไป โดยแผ่นฟิล์มชิ่งที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดคือแผ่นฟิล์มตัวอย่างหมายเลข 9 ซึ่งมีอัตราส่วนของพุลูลแลน เจลาติน และแซนแทนกัมเท่ากับ 0.45:0.45:0.10 ตามลำดับ

จาก Table 2 เมื่อพิจารณาการหดตัวของแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของพุลูลูแลน เจลาติน และแซนแทนกัมเท่ากับ 0.10:0.10:0.80 (หมายเลข 1) 0.22:0.22:0.57 (หมายเลข 4) 0.45:0.10:0.45 (หมายเลข 8) และ 0.45:0.45:0.10 (หมายเลข 9) ตามลำดับ พบว่าแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณแซนแทนกัมมากแสดงการหดตัวทั้งเชิงพื้นที่และเชิงปริมาตรมากกว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากสภาวะอื่นๆ สภาวะที่มีการหดตัวน้อยที่สุดคือสภาวะหมายเลข 9 และเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการละลายของแผ่นฟิล์มในหลอดทดลอง พบว่าสภาวะหมายเลข 4 และสภาวะหมายเลข 9 เป็นสภาวะที่ใช้เวลาในการละลายของแผ่นฟิล์มขิงยาวที่สุด และสั้นที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากความสามารถในการละลายน้ำได้ดีของพุลูลูแลนและเจลาติน ขณะที่แซนแทนกัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดี แต่ความสามารถในการละลายต่ำกว่าพุลูลูแลนและเจลาติน เมื่อทำการเตรียมแผ่นฟิล์มที่ได้จากการเตรียมด้วยสภาวะหมายเลข 9 ที่ไม่มีการเติมสารสกัดขิงมาทดสอบเวลาที่ใช้ในการละลายของแผ่นฟิล์มในหลอดทดลอง พบว่าสามารถละลายเร็วกว่ากรณีที่มีการเติมสารสกัดขิงประมาณ 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ซึ่งพบว่าแผ่นฟิล์มที่มีการเติมสารสกัดขิงมีความเป็นผลึกสูงกว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัดขิงที่อัตราส่วนสารก่อฟิล์มเดียวกัน (ไม่แสดงข้อมูลการวิเคราะห์) ผลการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าปริมาณพุลูลูแลนและเจลาตินเท่ากัน และมีแซนแทนกัมน้อยกว่าสารก่อฟิล์มอื่นประมาณ 4.5 เท่าจะทำให้ฟิล์มขิงที่มีการหดตัวน้อยที่สุดและใช้เวลาในการละลายของแผ่นฟิล์มในหลอดทดลองสั้นที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้สารก่อฟิล์มที่อัตราส่วนอื่นๆ

เมื่อนำแผ่นฟิล์มขิงที่สภาวะหมายเลข 9 ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพก่อนและหลังการอบแห้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 3 โดยพบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 6-gingerol 8-gingerol 10-gingerol และ 6-shogaol มีปริมาณลดลง โดย 6-gingerol มีความเสถียรต่ำที่สุด การลดลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสารสกัดขิงนี้เกิดจากการเสื่อมสลายเนื่องจากความร้อน (Thermal degradation) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation degradation) ในระหว่างการอบแห้ง

Table 2 Shrinkage and *in vitro* dissolution time of ginger orally dissolving films

Run no.	Ratio of film forming agents (P : G : XG)	Shrinkage by area (%)	Shrinkage by volume (%)	<i>In vitro</i> dissolution time (min)
1	0.10 : 0.10 : 0.80	3.36	76.45	81.17
4	0.22 : 0.22 : 0.57	0.95	78.21	131.57
8	0.45 : 0.10 : 0.45	3.10	79.01	88.29
9	0.45 : 0.45 : 0.10	0.07	75.35	18.26
9 (without ginger extract)	0.45 : 0.45 : 0.10	-	-	9.54

Table 3 The bioactive compounds retention in ginger orally dissolving film (Run no. 9)

Bioactive compound	Content (µg/ g solid)	
	Before drying	After drying
6-gingerol	445.61	51.43
8-gingerol	1,488.46	380.02
10-gingerol	1,770.16	840.88
6-shogaol	11,561.80	4,579.90
Total	15,266.03	5,852.22
	% Retention	38.33

เมื่อพิจารณาที่หมู่ฟังก์ชันใน Figure 1b พบว่าลักษณะของพีค (peak) มีความแตกต่างจากสารก่อฟิล์มบริสุทธิ์ (Figure 1a) เนื่องจากการเกิดอันตรกิริยากันของสารประกอบที่อยู่ภายในแผ่นฟิล์ม อย่างไรก็ตามพบว่าสารสกัดขิงและฟิล์มขิงที่ได้จากการเตรียมด้วยสภาวะที่มีอัตราส่วนของพุลูลูแลน เจลาติน และแซนแทนกัมเท่ากับ 0.10:0.10:0.80 (หมายเลข 1) 0.80:0.10:0.10 (หมายเลข 3) 0.45:0.45:0.10 (หมายเลข 9) และ 0.33:0.33:0.33 (หมายเลข 10) ตามลำดับ มีหมู่ฟังก์ชัน O-H ที่ตำแหน่ง 3000-3700 cm^{-1} หมู่ฟังก์ชัน C-H ที่ตำแหน่ง 2800-3000 cm^{-1} หมู่ฟังก์ชัน amide C=O (amide-I) ที่ตำแหน่งระหว่าง 1600-1700 cm^{-1} และหมู่ฟังก์ชัน C-O ที่ตำแหน่ง 900-1100 cm^{-1} (Hazirah และคณะ, 2016) สังเกตได้ว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากการเตรียมด้วยสภาวะหมายเลข 1 และ 10 มีความเข้ม (Intensity) ของพีคหมู่ฟังก์ชัน amide-I สูงกว่า ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการละลายที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับแผ่นฟิล์มที่เตรียมด้วยสภาวะหมายเลข 3 และ 9 ในขณะที่แผ่นฟิล์มที่ได้จากการเตรียมด้วยสภาวะหมายเลข 3 แม้จะมีความเข้มของพีคหมู่ฟังก์ชัน amide-I ที่ต่ำ แต่มีการหดตัวมาก จึงไม่เหมาะสมในนำมาใช้เป็นสภาวะการเตรียมแผ่นฟิล์มขิง ทั้งนี้จะเห็นว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากการ

เตรียมด้วยสภาวะหมายเลข 9 มีความเข้มของพีกหมู่ฟังก์ชัน amide-I ที่ต่ำ และมีพื้นที่ของพีกของหมู่ฟังก์ชัน C-O ที่กว้าง บ่งบอกถึงสมบัติความเป็นผลึกต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการละลายที่สูงกว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมด้วยสภาวะอื่นๆ

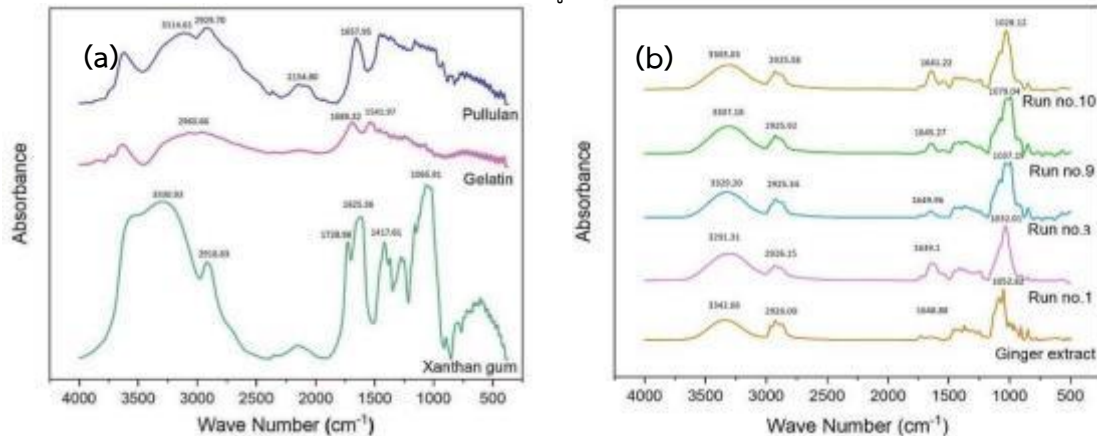


Figure 1 FTIR (a) and XRD (b) ginger orally dissolving film

สรุปผล

สภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตแผ่นฟิล์มซึ่งคือ การเตรียมแผ่นฟิล์มที่อัตราส่วนของพุลูลูแลน เจลาติน และแซนแทนกัม เท่ากับ 0.45:0.45:0.10 ตามลำดับ โดยพบว่าแผ่นฟิล์มมีการหดตัวของแผ่นฟิล์มน้อยที่สุด และใช้เวลาในการละลายในหลอดทดลองสั้นที่สุด ทั้งนี้พบว่าแผ่นฟิล์มซึ่งที่ได้มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพคงเหลือในแผ่นฟิล์มหลังการอบแห้งเท่ากับ $38.33 \pm 2.12\%$ ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในแผ่นฟิล์มก่อนการอบแห้ง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Dugasani, S., Pichika, M.R., Nadarajah, V.D., Balijepalli, M.K., Tandra, S. and Korkakunta, J.N., 2010, Comparative Antioxidant and Anti-inflammatory Effects of [6]-Gingerol, [8]-Gingerol, [10]-Gingerol and [6]-Shogaol, *Journal of Ethnopharmacology*, 127(2): 515–520.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z., Baghdadi, A. and Tayebi-Meigooni, A., 2018, Formation of 6-, 8-and 10-Shogaol in Ginger through Application of Different Drying Methods: Altered Antioxidant and Antimicrobial Activity, *Molecules*, 23(7): 1646.
- Heinemann, R.J.B., Vanin, F.M., Carvalho, R.A.D., Trindade, M.A. and Fávaro-Trindade, C.S., 2017, Characterization of Low Cost Orally Disintegrating Film (ODF), *Polimeros*, 27(1): 48–54.
- Hirata, A., Funato, H., Nakai, M., Iizuka, M., Abe, N., Yagi, Y., Shiraiishi, H., Jobu, K., Yokota, J., Hirose, K., Hyodo, M. and Miyamura, M., 2016, Ginger Orally Disintegrating Tablets to Improve Swallowing in Older People, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 39(7): 1107–1111.
- Kiyama, R., 2020, Nutritional Implications of Ginger: Chemistry, Biological Activities and Signaling Pathways, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 86: 108486.
- Kurozawa, L.E., Hubinger, M.D. and Park, K.J., 2012, Glass Transition Phenomenon on Shrinkage of Papaya during Convective Drying, *Journal of Food Engineering*, 108(1): 43–50.
- Pacheco, M.S., Barbieri, D., da Silva, C.F. and de Moraes, M.A., 2021, A Review on Orally Disintegrating Films (ODFs) Made from Natural Polymers such as Pullulan, Maltodextrin, Starch, and Others, *International Journal of Biological Macromolecules*, 178: 504–513.
- Sungsinchai, S., Niamnuay, C., Jaree, A. and Devahastin, S., 2017, Influences of Pretreatment and Drying Methods on Composition, Micro/molecular Structures and Some Health-related Functional Characteristics of Dietary Fibre Powder from Orange Pulp Residues, *International Journal of Food Science & Technology*, 52(10): 2217–2229.