

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากลำไยตกเกรด

Development of Crispy Jelly Product from Low-grade Longan

นรินทร์ เจริญพันธ์*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

Narin Charoenphun*

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus,

Suwanasorn Road, Watthana Nakhon, Sa Kaeo 27160

บทคัดย่อ

วุ้นกรอบเป็นขนมหวานที่มีส่วนผสมของผงวุ้น น้ำ น้ำตาล และส่วนประกอบอื่น เช่น เนื้อผลไม้ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม การใช้ประโยชน์จากเนื้อลำไยตกเกรดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นกรอบเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกลำไยได้ เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นหอมเฉพาะ มีรสหวานอร่อย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำ น้ำตาล และเนื้อลำไยสด ในการผลิตวุ้นกรอบต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน โดยใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำ น้ำตาล และเนื้อลำไยสดในการผลิตวุ้นกรอบเท่ากับร้อยละ 40, 30 และ 30 ตามลำดับ โดยมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเท่ากับ 7.87 ± 0.68 , 7.07 ± 0.69 , 7.37 ± 0.96 , 7.57 ± 1.04 และ 7.43 ± 0.86 คะแนน ตามลำดับ การศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งในตู้อบลมร้อนต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบวุ้นกรอบลำไย คือ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ลักษณะปรากฏของที่ดีของผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นน้ำตาลเคลือบที่ผิว เนื้อสัมผัสกรอบนอกนุ่มใน ไม่แข็งกระด้าง และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมจากผู้บริโภคสูงที่สุด (7.84 ± 0.85 คะแนน) โดยภาพรวมวุ้นกรอบลำไยเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจที่ได้อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ : ลำไย; วุ้นกรอบ; การทำแห้ง; น้ำตาล

Abstract

Crispy Jelly is dessert that is composed of water, agar, sugar and other such as flesh of fruits in the appropriate ratio. Decently, utilization of low-grade longan flesh as staple for producing crispy

jelly is an interesting option, and value added for longan farmers. It is actually an aromatic, delicious and also fairly sweet fruit. The objective of this research was to investigate the proper ratio of water, sugar and fresh longan flesh on the sensory evaluation of 30 untrained panelists by mixture design. The results showed that 40 % water, 30 % sugar and 30 % fresh longan flesh were the suitable ratio for crispy jelly. It had high score of sensory evaluation that appearance, flavor, test, texture and overall liking were 7.87 ± 0.68 , 7.07 ± 0.69 , 7.37 ± 0.96 , 7.57 ± 1.04 and 7.43 ± 0.86 , respectively. The effect of drying temperatures in hot air oven on the sensory evaluation of crispy jelly were studied. Obviously, the optimum temperature for drying longan crispy jelly was 70 °C. It showed the good appearance of products that had crystal sugar on the surface. In term of texture, it had crisp-out soft-in and not hard. It had the highest overall liking scores (7.84 ± 0.85). All in All, longan crispy jelly was interesting product that had high nutritional value. It can be developed to industrial level in the future.

Keywords: longan; crispy jelly; drying; sugar

1. บทนำ

ลำไย (longan) เป็นไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อนที่มีลักษณะผลทรงกลมเป็นช่อ ผลดิบเปลือกสีน้ำตาลอมเขียว ผลสุกสีน้ำตาลล้วน เนื้อลำไยสีขาวหรือชมพูอ่อน เมล็ดสีดำเป็นมัน เนื้ออ่อนจากเมล็ด ลักษณะเฉพาะของลำไย คือ มีรสหวาน ฉ่ำน้ำ สามารถรับประทานสดได้ หรือนำไปแปรรูปได้หลายรูปแบบ อาทิ ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง และลำไยแช่แข็ง ลำไยถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ผลผลิตลำไยรวมทั้งประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 875,000 ตัน ผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 833 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออก [1] ขนาดของผลผลิตลำไยเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สำคัญในการกำหนดราคาซื้อขายผลผลิต ปัจจุบันมีการจัดชั้นคุณภาพหรือการจัดเกรดของลำไยเพื่อกำหนดเป็นราคาซื้อขายลำไย ลำไยตกเกรด หมายถึง ลำไยที่มีขนาดเล็กไม่ได้มาตรฐาน จะถูกคัดทิ้งหรือจำหน่ายในราคาถูกประมาณเกือบ 10 เท่า ของลำไยเกรด A หรือลำไยคุณภาพสูง ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากลำไยตกเกรดจึง

เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกลำไยได้

วุ้นกรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผงวุ้นมาละลายน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม เติมน้ำตาล ต้มให้เดือด อาจแต่งสี กลิ่น รส และส่วนประกอบอื่น เช่น เนื้อผลไม้ น้ำผลไม้ น้ำสมุนไพร เทใส่พิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็น อาจนำไปตัดเป็นชิ้นตามขนาดที่ต้องการ ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น จนเกิดแผ่นน้ำตาลหรือเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิว แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุ [2] วุ้นกรอบเป็นขนมไทย ปัจจุบันมีการดัดแปลงส่วนผสมและรูปแบบให้มีความหลากหลายมากขึ้น ได้แก่ การผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลมะพร้าว วุ้นกรอบเสริมใยอาหารจากสับปะรด แก้วมังกร ฝรั่ง มะม่วง และแอปเปิล เป็นต้น การนำลำไยตกเกรดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นกรอบ นอกจากจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับลำไยยังเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ เช่น วิตามินซี ไรโบฟลาวิน โพแทสเซียม

คอปเปอร์ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อลำไยประกอบด้วยไขมัน เส้นใย โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 81.10, 0.11, 0.28, 0.97, 0.56 และ 16.98 ตามลำดับ [3] ลำไยยังเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ในเชิงสุขภาพ อาทิ สารประกอบแทนนิน ชนิดแกลโลแทนนินและกรดเอลลาจิก ในปริมาณที่สูง [4] กรดเอลลาจิกเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และมีสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งแบบอะพอพโทซิส (apoptotic) เป็นกลไกที่เซลล์มะเร็งถูกเร่งให้แก่เร็วขึ้นและตายด้วยตัวเองโดยไม่มีผลกับเซลล์ปกติ [5] นอกจากนี้ลำไยยังเป็นผลไม้ที่ให้แคลอรีต่ำ โดยเนื้อลำไย 3 กรัม ให้ปริมาณพลังงานเพียง 2 แคลอรี เหมาะกับผู้บริโภคที่กังวลเรื่องน้ำหนักตัว และในทางการแพทย์แผนจีนลำไยจัดเป็นอาหารที่มีผลในการรักษาอาการนอนไม่หลับ กระตุ้นความจำ และโรคเกี่ยวกับระบบเลือด [6] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบ

ลำไย จากการประเมินสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบที่ผลิตได้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นสินค้าในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบลำไย

การทดลองหาสูตรเบื้องต้นที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบลำไย โดยใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ กำหนดปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 20-40 น้ำร้อยละ 10-80 และเนื้อลำไยสดบั่นละเอียดร้อยละ 0-100 คัดเลือกสูตรสำหรับใช้ในการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจุดบนพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ที่กระจายอยู่ทุก ๆ ส่วนของบริเวณที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสูตรในขอบเขตที่แปรผันส่วนประกอบมากที่สุดได้สูตรที่คัดเลือกมา 9 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรของวุ้นกรอบลำไยที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์

ส่วนผสม	สูตรที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
น้ำตาล	40	20	25	35	30	20	40	25	35
น้ำ	10	10	60	25	40	80	60	25	50
ลำไยสด	50	70	15	40	30	0	0	50	15
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100

การทดลองเริ่มจากการนำผลลำไยสด (*Dimocarpus longan* Lour) พันธุ์ดอ ซึ่งพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดี ทนแล้งและทนน้ำได้ดี โดยเลือกส่วนที่เป็นลำไยตากเกรด คี อมีขนาดเล็กไม่ได้มาตรฐาน ถูกคัตทั้ง และจำหน่ายในราคาถูก นำลำไยมาปอกเปลือก

คว้านเมล็ดออก และล้างด้วยน้ำสะอาด บั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องเครื่องปั่น (Philips, Model HR2115, Thailand) ที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 2 นาที ชั่งส่วนผสมหลักซึ่งประกอบด้วย น้ำตาล น้ำ ลำไยสดบั่นละเอียด และส่วนผสมอื่น ๆ คือ วุ้นผง 1 กรัม และแป้งท้าวายม่อม 0.5 กรัม ขั้นตอนการผลิตวุ้นกรอบลำไย

มีดังนี้ (1) แช่ขุ่นผงในน้ำ 5 นาที (2) นำไปต้มไฟปานกลางให้ขุ่นละลาย เติมน้ำเปล่าไล่ความขุ่น (3) เติมน้ำตาลทราย คนให้น้ำตาลละลาย (4) เติมน้ำตาลทรายที่ละลายในน้ำเตรียมไว้ (5) คนต่อจนครบ 15 นาที (6) เทใส่ถาดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้มีความสูง 1.5 เซนติเมตร (7) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (8) ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม กว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร (9) วางบนตะแกรงนำไปอบให้แห้ง และ (10) บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO, MASTER-M, China) ของสารละลายทั้ง 9 สูตร สังเกตลักษณะปรากฏของขุ่นรอบรสลาโยหลังการทำแห้ง และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนน 1 ถึง 9 (9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉย ๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ใช้วิธี one-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range test (DMRT) [7] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขุ่นรอบรสลาโยต่อไป

2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบในตู้อบลมร้อนต่อคุณภาพของขุ่นรอบรสลาโย

นำขุ่นรอบรสลาโยสูตรที่ถูกคัดเลือกในข้อ 2.1 มาอบในตู้อบลมร้อน (Memmert, ULM400, Germany) ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ติดตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวอย่างหลังการอบแห้งที่ระยะเวลาต่าง ๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกต

ลักษณะปรากฏของขุ่นรอบรสลาโยหลังการอบ วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta colorimeter CR-400, Japan) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 100 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้วิธี one-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range test (DMRT) [7] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ

2.3 การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขุ่นรอบรสลาโย

ทดลองเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งขุ่นรอบรสลาโยด้วยวิธีการทำแห้ง 2 วิธี คือ การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (วิธีการทำแห้งแบบดั้งเดิม) และการทำแห้งในตู้อบลมร้อน โดยการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์จะวางตัวอย่างขุ่นในมุ้งตากอาหาร ในระยะเวลาในการตากแห้ง 96 ชั่วโมง (4 วัน) ส่วนการทำแห้งในตู้อบลมร้อนคัดเลือกจากจากอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 2.2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งทั้ง 2 วิธี จะได้ผลิตภัณฑ์ขุ่นรอบรสลาโยที่ค่าวอเตอร์แอ็กทิวิตีไม่เกิน 0.6 จากนั้นนำขุ่นรอบรสลาโยที่ผ่านการทำแห้งบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วัน ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากการสังเกตลักษณะปรากฏ และตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค [8] เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 1221/2559) ขุ่นรอบรส [2]

2.4 การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณจุลินทรีย์และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขุ่นรอบรสลาโย

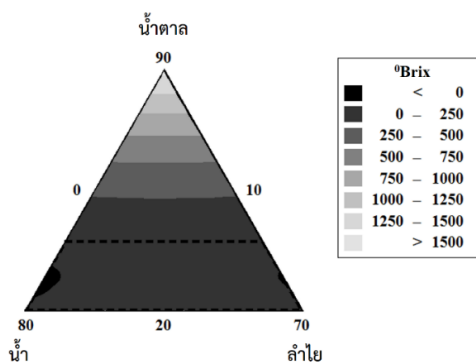
นำผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบลำไยสูตรที่ผ่านการคัดเลือกตามกระบวนการผลิตที่เหมาะสมมาประเมินสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี พลังงาน ความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย [9] ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay [10] และวัดค่าสี ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 1221/2559) วุ้นกรอบ [2] ทดสอบการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 100 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้วิธี one-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range test (DMRT) [7] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของน้ำ น้ำตาลทราย และเนื้อลำไยต่อคุณภาพของวุ้นกรอบลำไย

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตวุ้นกรอบลำไย โดยการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของน้ำ น้ำตาลทราย และเนื้อลำไยสดปั่นละเอียดได้สูตรการทดลองทั้งหมด 9 สูตร ในทุกสูตรมีการเติมผงวุ้นและแป้งท้าวยายม่อมในปริมาณที่เท่ากัน วุ้นเป็นไฮโดรคอลลอยด์ประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นพอลิแซ็กคาไรด์แบบเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ ผลิตจากสาหร่ายทะเล วุ้นไม่ละลายในน้ำเย็น เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลหรือเรียกว่าสารก่อเจล (gelling agent) ชนิดที่เปลี่ยนกลับเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน ลักษณะของเจลจากวุ้น แข็งกรอบ และยืดหยุ่น [11] ส่วนแป้งท้าวยายม่อมมีสมบัติที่ทำให้วุ้นกรอบมีเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม และเนื้อวุ้นใส ดูเงางาม [12] ผลจากการสังเกตลักษณะ

ปรากฏของวุ้นกรอบลำไยหลังการทำแห้งทั้ง 9 สูตรพบว่าวุ้นกรอบลำไยสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่มีลักษณะปรากฏดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น มีลักษณะใกล้เคียงกับวุ้นกรอบทั่วไป คือ มีแผ่นน้ำตาลหรือเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิว ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องกรอบนอกนุ่มใน ไม่แข็งกระด้าง มีสีตามธรรมชาติของวุ้นกรอบ และส่วนประกอบที่ใช้ มีกลิ่นหอมของลำไยชัดเจน ส่วนวุ้นสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างนุ่ม มีน้ำเยิ้ม และมีกลิ่นหอมของลำไยชัดเจน สูตรที่ 3 และสูตรที่ 9 มีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็งกระด้าง เกิดการหดตัวของวุ้น มีกลิ่นหอมของลำไยเล็กน้อย สูตรที่ 4 และสูตรที่ 8 เนื้อสัมผัสนุ่มบริเวณตรงกลาง มีกลิ่นหอมของลำไย สูตรที่ 6 และสูตรที่ 7 ซึ่งเป็นสูตรของวุ้นกรอบที่ไม่มีการเติมส่วนผสมของเนื้อลำไย พบว่ามีเนื้อสัมผัสเหมือนวุ้นกรอบทั่วไป ไม่มีกลิ่นหอม วุ้นสูตรที่ 6 เกิดการหดตัวของวุ้นมากที่สุด ส่วนสูตรที่ 7 เกิดเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าของวุ้นจำนวนมาก ในส่วนผสมของวุ้นกรอบมีน้ำตาลและลำไยเป็นส่วนผสม ซึ่งเนื้อลำไยมีความหวาน และมีกลิ่นหอมที่เป็นลักษณะเฉพาะ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตวุ้นกรอบ คือ การเกิดผลึกน้ำตาลหรือเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิวของวุ้น ร่วมกับการเกิดเจลในโครงข่ายของวุ้นในระดับที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนของส่วนผสมในระดับที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของวุ้น คือ ทำให้ได้ลักษณะที่ดีคือกรอบนอก นุ่มใน ผิวนอกมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบ การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของวุ้นทั้ง 9 สูตรด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ จากพื้นผิว mixture response surface contour plot (รูปที่ 1) พบว่าค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของวุ้นกรอบแปรผันตรงกับปริมาณน้ำตาล โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงที่สุด คือ 50 องศาบริกซ์ รองลงมา คือ สูตรที่ 7, 9, 4, 8, 2, 5, 3 และ สูตรที่ 6



รูปที่ 1 Mixture response surface contour plot แสดงผลของน้ำ น้ำตาล และน้ำมันต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของวุ้นกรอบ

มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเท่ากับ 46, 38, 33, 33, 30, 30, 26 และ 18 องศาบริกซ์ ตามลำดับ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 สูญเสียความสามารถในการเกิดเจลและการเกิดผลึกน้ำตาล อาจเนื่องจากผลของความไม่สมดุลของอัตราส่วนผสม ซึ่งมีปริมาณเนื้อลำไยสูงเกินไป ทำให้โครงสร้างของเนื้อลำไยไปขัดขวางโครงข่ายการเกิดเจลทำให้เจลที่เกิดขึ้นไม่เสถียร และการเกิดผลึกน้ำตาลต่ำ วุ้นกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลทรายต่ำมีการหดตัวมากที่สุดและมีปริมาตรน้อยที่สุด โดยปริมาตรของวุ้นกรอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาตรน้ำตาลทรายสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการสังเกตจากลักษณะปรากฏของวุ้นกรอบในสูตรที่ 6 (น้ำตาลทรายร้อยละ 20) และสูตรที่ 7 (น้ำตาลทรายร้อยละ 40) เนื่องจากในระหว่างการทำแห้ง น้ำในวุ้นจะเคลื่อนที่จากภายในและระเหยออก เมื่อวุ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงจะเกิดลักษณะเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าของวุ้นจำนวนมาก และกีดขวางไม่ให้น้ำที่อยู่ภายในระเหยออกสู่ภายนอก จึงทำให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่ำ ส่งผลให้วุ้นกรอบมีการหดตัวเนื่องจากการระเหยนํ้าน้อยกว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในปริมาณน้อย

[13]

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบลำไยทั้ง 9 สูตร (ตารางที่ 2) พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของวุ้นกรอบลำไยทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมต่ำที่สุด แต่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุด อาจเนื่องจากเป็นสูตรที่มีกลิ่นหอมของลำไยชัดเจน เมื่อพิจารณาจากส่วนผสมพบว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีปริมาณเนื้อลำไยในสูตรสูงถึงร้อยละ 50 และ 70 ตามลำดับ ลำไยมีรสหวานและมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ โดยน้ำตาลที่พบในลำไยประกอบด้วยฟรุคโทส (2.77 %) กลูโคส (3.91 %) และซูโครส (14.21 %) ซึ่งง่ายต่อการดูดซับในร่างกายมนุษย์ [14] กลิ่นหอมของลำไยสดเกิดจากสารระเหยหลายชนิด เช่น ethanol, ethyl acetate และ trans and cis-(β)-ocimene เมื่อผ่านการให้ความร้อน สารระเหยเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็น 3-methyl butanol, 3-methyl butanal และ phenyl ethyl alcohol [15]

เมื่อพิจารณาในภาพรวมสูตรที่มีคะแนนการยอมรับสูงเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นวุ้นกรอบลำไย คือ สูตรที่ 5 เนื่องจากมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูง อยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเกตจากลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ ดังนั้นสูตรที่ 5 (ประกอบด้วยน้ำ น้ำตาลทราย และเนื้อลำไยร้อยละ 30, 40 และ 30 ตามลำดับ) จึงเป็นสูตรที่ถูกคัดเลือกเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบลำไยในขั้นตอนต่อไป

3.2 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของวุ้นกรอบลำไย

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบลำไยทั้ง 9 สูตร

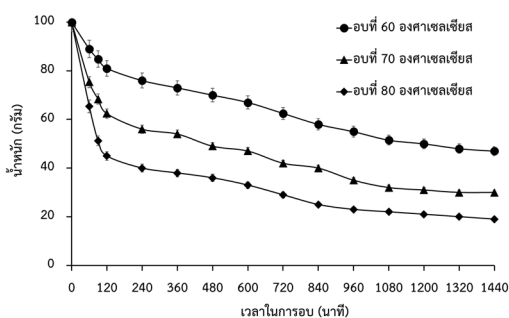
สูตรที่	การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	1.43±0.50 ^a	7.97±0.76 ^d	6.17±2.04 ^c	1.60±0.67 ^a	1.87±0.90 ^a
2	1.63±0.93 ^a	7.93±1.31 ^d	6.37±1.16 ^c	2.27±1.01 ^b	2.20±1.00 ^a
3	5.43±1.01 ^b	3.40±1.79 ^a	4.33±1.65 ^a	5.03±1.40 ^c	5.00±0.74 ^b
4	6.33±1.27 ^c	7.90±0.76 ^d	5.20±1.06 ^b	6.77±1.22 ^e	6.80±0.76 ^d
5	7.87±0.68 ^d	7.07±0.69 ^c	7.37±0.96 ^d	7.57±1.04 ^f	7.43±0.86 ^e
6	7.40±1.04 ^d	3.63±1.90 ^a	7.30±1.09 ^d	7.70±0.92 ^f	7.57±0.73 ^e
7	7.53±0.90 ^d	3.50±0.20 ^a	7.77±0.68 ^d	7.90±0.96 ^f	7.70±0.79 ^e
8	6.13±0.78 ^c	7.07±0.45 ^c	5.27±0.64 ^b	5.03±0.76 ^c	5.33±0.76 ^b
9	5.90±1.18 ^{bc}	5.33±0.96 ^b	5.53±0.90 ^b	5.70±0.92 ^d	5.87±0.82 ^c

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

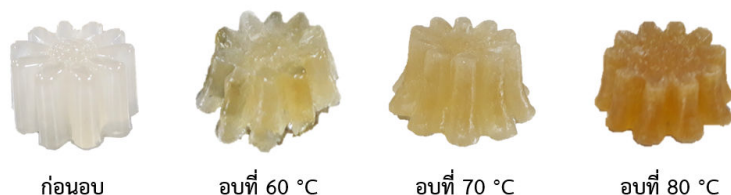
กระบวนการผลิตวุ้นกรอบต้องนำวุ้นกรอบไปทำแห้งเพื่อลดปริมาณน้ำทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของวุ้นกรอบ การทดลองใช้อูณหภูมิจากการอบแห้งที่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นน้ำหนักของวุ้นลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยที่อุณหภูมิการอบ 80 องศาเซลเซียส มีการลดลงของน้ำหนักมากที่สุด (รูปที่ 2 และ 3) วุ้นกรอบลำไยที่อบด้วยอุณหภูมิต่างๆ ให้ลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน โดยวุ้นกรอบที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด คือ วุ้นกรอบแห้งมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิว ลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบนอกนุ่มใน ไม่แข็งกระด้าง การทำแห้งวุ้นกรอบที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง สามารถลดปริมาณน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น น้ำหนักของวุ้นมีแนวโน้มลดลง การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับการรายงานของ อินทร์ธิดา และวรลักษณ์ [13] วุ้นกรอบลำไยที่อบด้วย

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีลักษณะนุ่ม การเกิดผลึกน้ำตาลน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวุ้นกรอบที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส

เนื่องจากการทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูงส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำในวุ้นสูง แต่การการใช้อูณหภูมิสูงทำให้ค่าสีของวุ้นกรอบมีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE โดยค่า



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาในการอบวุ้นกรอบลำไย



รูปที่ 3 รุ้นกรอบลำไยที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

L^* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a^* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว), ค่า b^* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน), ค่า C^* ความเข้มของสีที่ปรากฏ และ H° เข้าใกล้ 0 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ค่า H° เข้าใกล้ 90 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า H° เข้าใกล้ 180 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว ค่า H° เข้าใกล้ 270 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีนํ้าเงิน ผลจากการวัดค่าสีรุ้นกรอบที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 3) พบว่าค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ H° แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความสว่าง (L^*) ของรุ้นกรอบที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด คือ (24.34 ± 0.29) รุ้นที่อบด้วยอุณหภูมิสูงมีแนวโน้มสีเป็นสีนํ้าตาลเข้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากรุ้นกรอบมีนํ้าตาลและลำไยเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด สอดคล้องกับการ

รายงานของ รุ่งทิพย์ [16] การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดสาร 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) ในปริมาณสูง โดยการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีสารตัวกลางเกิดขึ้น คือ HMF ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของสาร 2 ชนิด คือ น้ำตาลรีดิวัลซึ่งกับกรดอะมิโนได้เป็นสาร 3-deoxyhexosulose มีการสูญเสียน้ำขณะทำปฏิกิริยาได้เป็นสาร 1,2 enol ของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทส การเกิดสีน้ำตาลที่สภาวะในการทำแห้งสูงจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดมากกว่าการเกิดสีน้ำตาลอื่น เนื่องจากความร้อนจะเร่งให้สารตั้งต้นได้แก่ น้ำตาลรีดิวัล และกรดอะมิโน โปรตีนหรือเพปไทด์ในเนื้อลำไยทำปฏิกิริยากันจนเกิดสีน้ำตาล เมื่อสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณสาร HMF จะเพิ่มสูงขึ้น

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของรุ้นกรอบลำไยที่อบด้วยอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จากผู้ทดสอบ 100 คน โดยใช้วิธี

ตารางที่ 3 ค่าสีของรุ้นกรอบลำไยที่อบด้วยอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ค่าสี				
	L^*	a^*	b^*	C^*	H°
60 °C	38.29 ± 0.17^c	0.69 ± 0.04^a	2.22 ± 0.26^a	2.55 ± 0.17^a	73.88 ± 0.86^b
70 °C	30.31 ± 0.59^b	2.27 ± 0.17^b	8.45 ± 0.27^b	8.69 ± 0.42^b	74.50 ± 0.18^b
80 °C	24.34 ± 0.29^a	3.43 ± 0.19^c	9.98 ± 0.06^c	10.68 ± 0.28^c	71.36 ± 0.55^a

ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบลำไยที่อบด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
60	4.81±1.34 ^a	6.67±0.93 ^a	7.57±0.54 ^{ns}	4.59±1.29 ^a	5.12±1.14 ^a
70	8.21±0.59 ^c	7.60±0.75 ^b	7.58±0.77 ^{ns}	7.95±0.70 ^c	7.84±0.85 ^c
80	6.52±1.11 ^b	8.10±0.88 ^c	7.59±0.81 ^{ns}	6.88±0.83 ^b	7.03±0.78 ^b

ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนผู้ทดสอบ 100 คน, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์นี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์นี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 ผลของวิธีการทำแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบลำไย

วิธีการทำแห้งและการเก็บรักษา	จำนวนวันที่เก็บรักษา									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
ทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
อบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
อบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- หมายถึง ปกติ ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด, + หมายถึง พบความผิดปกติ มีปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคเกินมาตรฐานที่กำหนด พบราขึ้นอย่างชัดเจน เกิดกลิ่นเน่าเสีย

9-point hedonic scale (ตารางที่ 4) พบว่าคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าการอบวุ้นกรอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วุ้นกรอบมีลักษณะใสไม่ขุ่น มีเกล็ดน้ำตาลที่ไม่หนา มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด คือ มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส น้อยที่สุด เนื่องจากได้วุ้นกรอบมีสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะเกล็ดน้ำตาลที่ผิวหน้าบาง มีเนื้อ

สัมผัสเหนียวนิ่ม ส่วนวุ้นกรอบที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีสีเข้ม มีลักษณะเกล็ดสีน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าหนา ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบวุ้นกรอบลำไยในการศึกษาครั้งนี้ คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยร่วมอื่น ๆ อาทิ ขนาดความหนาของวุ้น ปริมาณวุ้นที่ใช้การอบต่อครั้ง ลักษณะการทำงานของตู้อบ ฯลฯ

3.3 ผลของวิธีการทำแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบลำไย

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพของวุ้นกรอบลำไยที่ใช้วิธีทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ 96 ชั่วโมง และการทำแห้งในตู้อบลมร้อน

ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 30 องศาเซลเซียส โดยวัฏจักรรอบมีค่าอัตราการแอคติวิตีเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาไม่เกิน 0.6 และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด พบว่าการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ 4 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส วัฏจักรรอบเริ่มเสียเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาประมาณ 20 วัน สังเกตเห็นราอย่างชัดเจน ส่วนการเก็บรักษาวัฏจักรรอบที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 30 วัน การทำแห้งวัฏจักรรอบด้วยแสงแดดตามวิธีการแบบดั้งเดิม มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศสูงกว่าวิธีการทำแห้งในตู้อบลมร้อน การเก็บรักษาขนมถ้วยที่อุณหภูมิสูง (30 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลดลง

เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ลดการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น การทำแห้งด้วยวิธีการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 1221/2559) วัฏจักรอบ [2] ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์วัฏจักรอบต้องมีจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) น้อยกว่า 1×10^6 (CFU/g) และยีสต์และราน้อยกว่า 100 (CFU/g) วัฏจักรอบมีลักษณะปรากฏปกติ มีสีคล้ำขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาสั้น สามารถการเก็บรักษาวัฏจักรอบได้อย่างน้อยประมาณ 3 เดือน หากต้องการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายเป็นสินค้าที่มีอายุการเก็บที่ยาวนานขึ้น อาจมีการพัฒนารูปแบบของวิธีการบรรจุและบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การ

บรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ เป็นต้น

3.4 สมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณจุลินทรีย์ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวัฏจักรอบลำไย

วัฏจักรอบลำไยสูตรที่ถูกคัดเลือกประกอบด้วยน้ำ 40 กรัม น้ำตาลทรายขาว 30 กรัม ลำไยสดปั่นละเอียด 30 กรัม วัฏจักรอบ 1 กรัม และแป้งท้าวยายม่อม 0.5 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าวัฏจักรอบลำไยเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มากด้วยคุณค่าทางโภชนาการ มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 15.00, 0.78, 0.45, 0.38 และ 83.39 ตามลำดับ ค่าอัตราการแอคติวิตีเท่ากับ 0.55 ค่าพลังงานเท่ากับ 328.18 Kcal/100g การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในวัฏจักรอบลำไย แสดงค่าเป็น TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) พบว่ามีปริมาณ 29.04 mg TEAC/100g ซึ่งลำไยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง โดยสารประกอบฟีนอลิกที่พบในลำไย เช่น กรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก [17]

4. สรุป

การผลิตวัฏจักรอบจากเนื้อลำไยตากเกรดเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่สามารถพัฒนาเป็นสินค้าที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกลำไยได้ ทั้งยังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ สามารถต่อยอดการผลิตสู่ระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต อาจมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์วัฏจักรอบให้ยาวนานขึ้น การปรับปรุงคุณภาพของวัฏจักรอบหลังการเก็บรักษา รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัยดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่ สัญญา 5/2560

6. รายการอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560, แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/download/document_tendencyagri_situation2560.pdf, 11 สิงหาคม 2560.
- [2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 1221/2559) วุ้นกรอบ, แหล่งที่มา : <http://www.sptn.dss.go.th>, 26 สิงหาคม 2560.
- [3] สำนักงานคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ กรมวิชาการเกษตร, ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช : ลำไย, แหล่งที่มา : http://www.doa.go.th/pvp/images/stories/top03_doc_vichakarn/longan.pdf, 26 สิงหาคม 2560.
- [4] Soong, Y.Y. and Barlow, P.J., 2006, Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan seed and mango kernel and their effects on antioxidant activity, Food Chem. 97: 530-524.
- [5] Rangkadilok, N., Worasuttayayangkurn, L., Bennett, R. and Satayavivad, J., 2005, Identification and quantification of polyphenolic compounds in longan (*Euphoria longana* Lam.) fruit, J. Agri. Food Chem. 53: 1387-1392.
- [6] Woo, T.M. and Robinson, M.V., 2016, Pharmacotherapeutics for advanced practice nurse prescribers, F.A. Davis Company, Philadelphia, Pennsylvania.
- [7] Duncan, D.B., 1995, Multiple range and multiple F tests, Biometrics 11: 1-42.
- [8] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557, วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 2, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 220 น.
- [9] AOAC, 2012, Official Methods of Analysis of Association of Official Agricultural Chemists, 19th Ed., District of Columbia, Washington.
- [10] Yang, X., Yan, F., Huang, S. and Fu, C., 2014, Antioxidant activities of fractions from longan pericarps, Food Sci. Tech. 34: 341-345.
- [11] นิธิยา รัตนพานนท์, 2557, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 504 น.
- [12] อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล, 2556, หลักการประกอบอาหาร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 152 น.
- [13] อินทิมา หิรัญอัครวงศ์ และวรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์, 2558, การใช้ประโยชน์จากน้ำตาลสดในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ, วมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 3(2): 109-119.
- [14] Surin, S., Thakeow, P., Seesuriyachan, P., Angeli, S. and Phimolsiripol, Y., 2014, Effect of extraction and concentration processes on properties of longan syrup, J. Food Sci. Tech. 51: 2062-2069.

- [15] Lapsongphol, S., 2007, Effect of Drying Conditions on the Volatile Compounds and Phenolic Compounds in Dried Whole Longan and Longan Tea, M.Sc. Thesis, Silpakorn University, Bangkok, 112 p.
- [16] รุ่งทิพย์ วงศ์ต่อม, 2549, การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการอบแห้งลำไย (*Euphoria longana* Lam.) แบบทั้งผล, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ. 133 น.
- [17] ศรีณยา ลาภส่งผล, 2550, ผลของสภาวะการอบแห้งต่อสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสและสารประกอบฟีนอลิกในลำไยอบแห้งพร้อมเปลือกและชาลำไย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ. 112 น.