การประยุกต์ใช้กากถั่วดาวอินคาในการทำผลิตภัณฑ์ขนมแผ่นอบกรอบ

จิราภรณ์ บุราคร[1*], ปรานต์ ปิ่นทอง[1], ทรงพร ไกรสิทธิ์[1] และ ณัฐชา ศิริวาริน[1]

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ กองผลิตภัณฑ์อาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร
[*]ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล : juntarama@yahoo.com
รับเมื่อ 8 มีนาคม 2567 **แก้ไขเมื่อ** 21 พฤษภาคม 2567 **ตอบรับเมื่อ** 24 พฤษภาคม 2567

จุดเด่น

- การเพิ่มปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาส่งผลให้ขนมแผ่นอบกรอบมีค่าความแข็ง ความเปราะ และความกรอบเพิ่มขึ้น
- ผลิตภัณฑ์ขนมแผ่นอบกรอบที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้แป้งถั่วดาวอินคาได้ถึง 20%
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมแผ่นอบกรอบจากแป้งถั่วดาวอินคา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มมูลค่ากากถั่วดาวอินคา ที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้ว โดยกากถั่วดาวอินคานำมาผ่านกระบวนการผลิตแป้งถั่วดาวอินคาโดยมีกระบวนการลดกลิ่นถั่วและรสฝาดของกากถั่วดาวอินคาด้วยการละลายในน้ำเกลือ ต้มจนเดือด อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมาบดเป็นผงให้ละเอียด ได้แป้งถั่วดาวอินคาที่ปราศจากกลิ่นเหม็นหืน นำแป้งถั่วดาวอินคามาใช้ในการพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบโดยแปรผันปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาร้อยละ 20 30 และ 40 มีส่วนประกอบเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผง น้ำตาลทรายขาว ไข่ขาวสด เนยสดรสจืด ผงฟู เกลือ และน้ำมันปาล์ม วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบทั้ง 3 สูตร พบว่า มีปริมาณโปรตีนสูงในช่วงร้อยละ 16.2-18.1 เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 (ส่วนผสมแป้งถั่วดาวอินคาร้อยละ 20) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เมื่อเก็บในถุงอะลูมิเนียมปิดสนิท เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง 27$\pm$2 องศาเซลเซียส ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม ผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบจึงเหมาะสมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถนำไปผลิตและจำหน่ายต่อไป

คำสำคัญ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ถั่วดาวอินคา ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

Development of crispy Sacha Inchi sheets

Jiraporn Burakorn[1*], Pran Pinthong[1], Songporn Kraisit[1], and Nattacha Siriwarin[1]

[1]Department of Science Service, Bangkok, Thailand
*Corresponding author, e-mail : juntarama@yahoo.com
Received 8 March 2024; **Revised** 21 May 2024; **Accepted** 24 May 2024

Highlights

- Increasing the amount of Sacha Inchi flour resulted in increased hardness, fracture ability, and crispness
- The developed Sacha Inchi sheets can use up to 20% of Sacha Inchi flour
- Product development of crispy Sacha Inchi sheets from Sacha Inchi flour

Abstract

This research aims to increase the value of Sacha Inchi oil extraction by-product. The Sacha Inchi by-product was processed to become Sacha Inchi flour. There is a process to reduce the bean odor and astringent of Sacha Inchi by-product by dissolving it in salt water, boiling and baking in a hot air oven at 70 °C for 3 hours, then grind into a fine powder. Sacha Inchi flour was produced which no rancid odor. Sacha Inchi flour was used to develop a prototype recipe for crispy product by varying the amount of Sacha Inchi flour to 20%, 30% and 40% which contains cashew nut powder, white sugar, fresh egg whites, unsalted butter, baking powder, salt, and palm oil. The three formulas of crispy Sacha Inchi product was analyzed chemical composition. It was found that the protein content was high in the range of 16.2-18.1% . The sensory evaluation of all three formulas of crispy Sacha Inchi product were found that the formula 1 (20% of Sacha Inchi flour) was the highest of total liking score. The formula 1 was kept in sealed aluminum bag for 12 weeks at room temperature (27$\pm$2 °C), it still accepted by trained panellists. The crispy Sacha Inchi product was suitable as a food product that can be produced and sold further.

Keywords : product development, Sacha Inchi, crispy Sacha Inchi product

1. บทนำ

ถั่วดาวอินคา (Sacha Inchi) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Plukenetia volubilis* เป็นพืชเฉพาะถิ่นในป่าแอมะซอนแถบประเทศเปรู มีการนำเข้ามาปลูกในจังหวัดหนองคายและขยายพื้นที่การปลูกไปทั่วประเทศไทย[1] ถั่วดาวอินคามีปริมาณน้ำมันสูงถึงร้อยละ 35-60[2] ซึ่งเป็นน้ำมันคุณภาพดี มีกรดไขมันที่จำเป็นปริมาณสูง เช่น กรดไขมันโอเมก้า 3 (omega-3 fatty acid) ร้อยละ 45-60 กรดไขมันโอเมก้า 6 (omega-6 fatty acid) ร้อยละ 34-39 กรดไขมันโอเมก้า 9 (omega-9 fatty acid) ร้อยละ 6-10[3] มีโปรตีนสูงร้อยละ 27[2] และอุดมไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น ซีสเตอีน (cysteine) 25 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน ไทโรซีน (tyrosine) 55 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน ทรีโอนีน (threonine) 43 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน และทริปโตแฟน (tryptophan) 29 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน เป็นต้น[4-6] มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30 และมีวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น วิตามินเอ 981 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินอี 7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม[7] นอกจากนี้มีสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น สาร tocopherols สาร phytosterols และสาร phenolic[2] เป็นต้น

กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วดาวอินคาในระดับอุตสาหกรรม เริ่มจากนำเมล็ดถั่วดาวอินคามากะเทาะเปลือกออก และนำเมล็ดถั่วดาวอินคาไปบีบเย็นด้วยไฮโดรลิก (cold pressing with hydraulic press) ทำให้ได้ส่วนกากถั่วดาวอินคาที่บีบน้ำมันออกแล้ว (pressed cake)[3] โดยกากถั่วดาวอินคาที่เหลือจากการบีบน้ำมันแล้ว ยังคงอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยมีโปรตีนร้อยละ 56.61 ไขมันร้อยละ 4.13 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30.72[8] อย่างไรก็ตามกากถั่วดาวอินคามีกลิ่นถั่ว (bean odor) หรือกลิ่นหญ้า (grassy odor) ทำให้เป็นอุปสรรคในการนำมาใช้ผสมในอาหาร แนวทางในการลดกลิ่นถั่วสามารถทำได้โดยวิธีการใช้ความร้อน (heat treatment) เช่น การอบ (roasting) การนึ่งด้วยไอน้ำ (steaming) และวิธีไม่ใช้ความร้อน (non-heat treatment) เช่น การแช่ในตัวทำละลาย[9]

กากถั่วดาวอินคาที่บีบน้ำมันออกแล้ว (pressed cake) มีการนำมาผลิตเป็นแป้งถั่วดาวอินคา พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น แป้งวอฟเฟิลสำเร็จรูป เครื่องดื่มน้ำนมถั่วดาวอินคาสูตรน้ำตาลต่ำ[3] ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก[1] เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มมูลค่ากากถั่วดาวอินคาที่บีบน้ำมันออกแล้ว โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการอบลมร้อน (hot air drying) ที่เหมาะสมกับเครื่องมือและอุปกรณ์ของผู้ประกอบการอาหารวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) ที่จะนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

กากถั่วดาวอินคาที่รีดน้ำมันออกแล้วจากบริษัท ที ไทย แสน์ค ฟู้ดส์ จำกัด อ. บางปะกง จ. ฉะเชิงเทรา น้ำตาลทรายขาว ผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ไข่ขาวสด เนยสดรสจืด ผงฟู เกลือ น้ำมันปาล์ม

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Binder รุ่น ED56 ประเทศเยอรมนี) เครื่องบดแบบละเอียด (ยี่ห้อ Ocean รุ่น JGY-2005B ประเทศจีน) เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Sartorius รุ่น quintix3102-1S ประเทศเยอรมนี) เครื่องบรรจุปิดผนึกสุญญากาศ (ยี่ห้อ BESPACKER รุ่น DZQ-400TE ประเทศจีน) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (ยี่ห้อ Novasina รุ่น LabMaster-aw Neo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในอาหาร (ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา) เครื่องวิเคราะห์สีในอาหาร (ยี่ห้อ HunterLab รุ่น Miniscan EZ ประเทศสหรัฐอเมริกา) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในอาหาร (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น HC103 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) และตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (ยี่ห้อ Binder รุ่น KBF-S240E6 ประเทศเยอรมนี)

2.3 การดำเนินการศึกษาวิจัย

2.3.1 การผลิตแป้งถั่วดาวอินคา

นำเกลือ 100 กรัม ละลายในน้ำกรอง 2,000 มิลลิลิตร ได้สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 5 นำกากถั่วดาวอินคา 1 กิโลกรัม ลงไปผสมและคนให้เข้ากัน นำของผสมไปต้มจนเดือด เป็นเวลา 10 นาที เพื่อกำจัดกลิ่นเหม็นเขียวและรสชาติฝาดเฝื่อนของกากถั่วดาวอินคา จากนั้นใส่น้ำกรองเพิ่ม 3,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วเทน้ำออกให้เหลือแต่กากถั่วดาวอินคา นำกากถั่วดาว-อินคาที่ได้ไปสะเด็ดน้ำบนกระชอนสแตนเลสตาถี่ และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ $10^{(3)}$ จากนั้นนำถั่วดาวอินคามาบดด้วยเครื่องบดละเอียด วัดปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.49±0.04 บรรจุแป้งใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์หนา 200 ไมครอน ปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้งานต่อไป

2.3.2 การพัฒนาสูตรถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

ชั่งส่วนผสมของแห้งประกอบด้วยแป้งถั่วดาวอินคา ผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ น้ำตาลทรายขาว ผงฟู และเกลือ ส่วนผสมของเหลวประกอบด้วย ไข่ขาว เนยจืดละลาย และน้ำมันปาล์ม ตามอัตราส่วนของสูตรดัง Table 1 ผสมให้เข้ากันโดยการนวดส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยมือ แล้วนำส่วนผสมที่นวดเสร็จมาเทในถาดที่ปูกระดาษรองอบที่เตรียมไว้โดยทาน้ำมันบาง ๆ เพื่อไม่ให้ขนมติดกับถาดขณะอบ นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำถั่วดาวอินคาแผ่นกรอบออกจากตู้อบ ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 3x4 เซนติเมตร พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์พร้อมใส่ซองกันความชื้น (oxygen absorber) แล้วปิดผนึก

Table 1 The ingredients of crispy Sacha Inchi sheets for each three formulas

Ingredients	Ingredients (%)		
	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Sacha Inchi flour	20	30	40
Cashew nut powder	23	13	3
Sugar	16	16	16
White egg	20	20	20
Unsalted butter	12	12	12
Baking powder	2	2	2
Salt	0.4	0.4	0.4
Palm oil	6.6	6.6	6.6
Total	100	100	100

2.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง (วัดค่าตัวอย่างละ 5 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้หัววัดทรงกระบอก (cylinder plate) ขนาด P/50 Load cell 50 kg กำหนดความเร็วของการวัดเท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วก่อนการวัด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังการวัด 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

วิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่าง (วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ) ด้วยเครื่อง Colorimeter ระบบ CIE (L^* a^* b^*) ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น MiniScanEZ ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยค่าความสว่าง (L^*) มีค่า 0-100, + a^* หมายถึงวัตถุมีสีแดง, - a^* หมายถึงวัตถุมีสีเขียว และ + b^* หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง

วิเคราะห์ค่าความชื้นและค่า water activity ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2.3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 60 คน ให้คะแนน 1-9 (คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบจะทดสอบตัวอย่างทีละ 1 ตัวอย่าง ระหว่างการทดสอบให้ผู้ทดสอบดื่มน้ำก่อนการทดสอบตัวอย่างถัดไป วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD) หลังจากวิเคราะห์ผลการทดลองนำผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคสูงสุดไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

2.3.5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

ผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ จำนวน 3 สูตร นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท โดยรายการทดสอบ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน เถ้า วิธีการประยุกต์จากวิธีทดสอบ AOAC (2016) 906.03, 920.151, 922.06, 931.04, 985.35, 989.05, 985.29, 900.02, 991.20, 994.10 และ 996.06[10] และวิเคราะห์องค์ประกอบอาหาร AOAC (1993)[11]

2.3.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

นำผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ ปริมาณ 100 กรัม บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ข้อ 2.3.2 มาเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่ 27±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Ideal ratio profile technique ที่อายุการเก็บรักษานาน 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน รวมเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน ในด้านการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น ความกรอบ และรสชาติแปลกปลอม

2.3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ % (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความชอบโดยวิธี 9-Point hedonic scale และวิเคราะห์ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โดยการใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 24

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

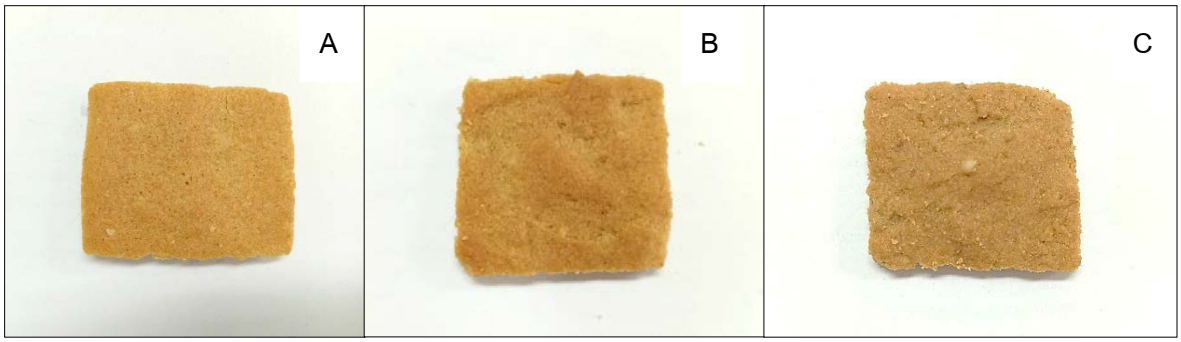

Figure 1 Crispy Sacha Inchi sheet formula 1 (A) crispy Sacha Inchi sheet formula 2 (B) and crispy Sacha Inchi sheet formula 3 (C)

Figure 1 แสดงผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบทั้ง 3 สูตร และผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบแสดงดัง Table 2 พบว่า ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่าความชื้นมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 3.33±0.02 รองลงมาได้แก่ ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 เท่ากับร้อยละ 3.11±0.12 และผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 เท่ากับร้อยละ 2.78±0.12 เมื่อเพิ่มปริมาณกากถั่วดาวอินคาจึงทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์มาการองที่ใช้กากถั่วดาวอินคาทดแทนผงถั่วอามอนด์ เมื่อเพิ่มการทดแทนกากถั่วดาวอินคาในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้แนวโน้มค่าความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)[12] นอกจากนี้ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.40±0.01, 0.35±0.00 และ 0.38±0.00 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า a_w เป็นดัชนีบ่งชี้ที่สำคัญต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่ต่ำกว่า 0.6 คือระดับที่ปลอดภัยต่อจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) สามารถยับยั้งการสร้างสารพิษจากเชื้อรา aflatoxin ระงับการทำงานของเอนไซม์ รวมทั้งชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีในอาหารซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage)[13-14]

Table 2 แสดงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบพบว่า ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1 มีค่า L^* a^* และ b^* มากที่สุดเท่ากับ 54.55±1.09, 10.08±0.25 และ 37.83±0.56 ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 20 (สูตรที่ 3) นั้น ส่งผลให้ค่าสี L^* a^* และ b^* ลดลง คือ มีค่า L^* อยู่ในช่วง 46.62-47.69 ค่า a^* เท่ากับ 9.33±0.05 และค่า b^* เท่ากับ 34.25±0.31 เนื่องจากแป้งถั่วดาวอินคาเป็นแป้งที่ประกอบด้วยโปรตีนสูง (42% dry basis) เมื่อถูกความร้อนในการประกอบอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลประเภทรีดิวซ์ (reducing sugar) และกรดอะมิโน (amino acid) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 68 °C เป็นต้นไป[15] ผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ สูตรที่ 3 ผลิตภัณฑ์จึงมีสีคล้ำและสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น

จากผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสใน Table 3 พบว่า ปริมาณแป้งถั่วดาวอินคามีผลต่อค่าความแข็ง ความเปราะ และความกรอบของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1 มีทั้งค่าความแข็ง ความเปราะ และความกรอบน้อยที่สุด เท่ากับ 10.08±2.36 นิวตัน 8.14±0.53 มิลลิเมตร และ 4.50±1.12 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยของความเปราะและความกรอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) คือค่าความเปราะอยู่ในช่วง 12.41-13.97 มิลลิเมตร

และค่าความกรอบอยู่ระหว่าง 11.60-12.60 นิวตัน จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาทำให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเนื้อสัมผัสทั้ง 3 ด้านดังกล่าวเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากปริมาณไขมันจากกากถั่วดาวอินคาที่มีน้อยกว่าผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ไขมันในเมล็ดถั่วดาวอินคามีประมาณร้อยละ 42[16] และไขมันในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ประมาณร้อยละ 46.35[12] จึงทำให้โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์แผ่นกรอบยึดเกาะกันแน่นขึ้น โดยปกติไขมันในอาหารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้มีความนุ่มขึ้น ดังนั้นการที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่าความแข็งและความกรอบเพิ่มขึ้น[17] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bureepakdee *et al.*, 2023 ได้รายงานว่า เมื่อทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคาในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มาการองทั้ง 3 สูตร (กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 40, 60 และ 80 ตามลำดับ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)[18]

Table 2 Color properties and water activity (a_w) of crispy Sacha Inchi sheets in three formulas

Formula	Color properties			Water activity (a_w)	Moisture content (%)
	*L**	*a**	*b**		
1	54.55±1.09^{a}	10.08±0.25^{a}	37.83±0.56^{a}	0.40±0.01^{a}	3.33±0.02^{a}
2	47.69±0.58^{b}	10.42±0.44^{a}	35.10±0.29^{b}	0.35±0.00^{c}	2.78±0.12^{c}
3	46.62±0.24^{b}	9.33±0.05^{b}	34.25±0.31^{c}	0.38±0.00^{b}	3.11±0.12^{b}

Note : $^{a-c}$ means values having different letters in a column differ significantly at $p \leq 0.05$

Table 3 Texture properties of crispy Sacha Inchi sheets in three formulas

Formula	Hardness (N)	Fracture ability (mm)	Crispness (N)
1	10.08±2.36^{b}	8.14±0.53^{b}	4.50±1.12^{b}
2	12.45±0.96^{ab}	12.41±0.99^{a}	12.60±0.55^{a}
3	14.02±1.89^{a}	13.97±1.85^{a}	11.60±2.19^{a}

Note : $^{a-b}$ means values having different letters in a column differ significantly at $p \leq 0.05$

3.2 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภคจำนวน 60 คน พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ (เนื้อสัมผัส) รสชาติ และความชอบโดยรวม ดังแสดงใน Table 4 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนด้านความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติโดยรวมผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1 มากที่สุดเท่ากับคะแนน 6.75, 7.20 และ 6.33 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 2 และ 3 ได้รับคะแนนรองลงมาที่เท่ากันและมีค่าไม่

แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) คะแนนความชอบด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ สูตรที่ 1 และ 2 ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) อยู่ในช่วง 6.07-6.15 คะแนน ซึ่งได้รับคะแนนจากผู้บริโภคมากกว่าผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 3 ที่มีค่าคะแนนความชอบด้านความกรอบเพียง 5.37±0.55 คะแนน คุณลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.47±0.68 คะแนน อาจเนื่องจากมีปริมาณส่วนผสมของถั่วดาวอินคาในปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ อีกทั้งยังได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.82±0.62 คะแนน จะเห็นได้ชัดเจนที่ว่า เมื่อใส่ปริมาณถั่วดาวอินคาเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบในแต่ละด้านมีแนวโน้มลดลง

ผลการคัดเลือกการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูตรถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบทั้ง 3 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคด้วยคะแนนความชอบมากที่สุดทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม จึงนำผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ สูตรที่ 1 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

Table 4 Evaluation of consumer satisfaction towards of crispy Sacha Inchi sheets in three formulas

Formula	Score of evaluation					
	Appearance	Color	Odor	Texture	Flavor	Overall
1	6.75±0.65^{a}	7.20±0.51^{a}	5.98±0.68^{a}	6.07±0.78^{a}	6.33±0.73^{a}	6.82±0.62^{a}
2	5.18±0.57^{b}	5.07±0.61^{b}	5.73±0.45^{b}	6.15±0.69^{a}	5.10±0.90^{b}	5.30±0.79^{c}
3	5.33±0.60^{b}	5.08±0.59^{b}	5.47±0.68^{c}	5.37±0.55^{b}	5.18±0.98^{b}	5.63±0.97^{b}

Note : $^{a-c}$ means values having different letters in a column differ significantly at $p\leq0.05$
Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations

3.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบ

จากการนำผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบจำนวน 3 สูตร วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด พลังงานทั้งหมด ความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้า แสดงดัง Table 5 พบว่าผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบทั้ง 3 สูตร มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันมาก โดยมีพลังงานทั้งหมดในช่วง 611.5-623.1 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 26.1-30.7 ความชื้นร้อยละ 2.73-3.46 ไขมันร้อยละ 47.1-49.6 เถ้าร้อยละ 2.75-2.76 และโปรตีนในช่วงร้อยละ 16.2-18.1 โดยที่ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 18.1 เนื่องจากมีส่วนประกอบของแป้งถั่วดาวอินคามากที่สุด โดยแป้งถั่วดาวอินคามีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 42[8]

Table 5 Proximate composition (g/ 100 g sample, dry basis) of crispy Sacha Inchi sheets in three formulas

Components (g/ 100 g sample)	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Carbohydrates	30.7	28.9	26.1
Energy (kcal)	611.5	620.0	623.1
Moisture	3.23	2.73	3.46
Fat	47.1	48.4	49.6
Protein	16.2	17.2	18.1
Ash	2.77	2.75	2.76

3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1

จากผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1 ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี ideal ratio profile test มีผู้ทดสอบจำนวน 8 คน เพื่อหาคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี กลิ่น ความกรอบ และรสชาติแปลกปลอม โดยมีค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะแสดงดัง Table 6 โดยที่หากค่าสัดส่วนของคุณลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ตัวอย่างมีลักษณะตามที่ผู้บริโภคต้องการ จะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (3 เดือน) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านสี กลิ่น ความกรอบ และรสชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าสังเกตน้อยกว่าค่าในอุดมคติอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและพบว่า ช่วงการเก็บรักษาที่ 14-42 วัน ผู้ทดสอบไม่รู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ด้านกลิ่น ความกรอบ และรสชาติ หลังจากนั้นจึงพบการเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งถึงวันที่ 84 เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างเข้มขึ้น มีกลิ่นหืน ความกรอบลดลง และมีรสชาติฝาดเฝื่อนและขมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแสดงว่า ผู้ทดสอบยังคงมีความต้องการให้ปรับปรุงคุณลักษณะด้านกลิ่น สี ความกรอบ และรสชาติของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม

Table 6 Sensory evaluation of crispy Sacha Inchi sheets formula 1 during storage at room temperature

Time (week)	Changed Color	Off-odor	Crispness	Off-flavor
0	0.99±0.01^{a}	0.99±0.02^{a}	0.99±0.00^{a}	0.99±0.01^{a}
1	0.99±0.00^{ab}	0.96±0.02^{b}	0.99±0.00^{a}	0.97±0.01^{b}
2	0.98±0.00^{ab}	0.94±0.02^{c}	0.97±0.01^{b}	0.94±0.01^{c}
3	0.98±0.01^{bc}	0.94±0.02^{c}	0.93±0.01^{c}	0.93±0.01^{d}
4	0.97±0.01^{c}	0.94±0.01^{c}	0.93±0.01^{c}	0.92±0.01^{d}
5	0.97±0.01^{d}	0.94±0.01^{c}	0.93±0.01^{c}	0.92±0.01^{d}
6	0.94±0.02^{e}	0.93±0.02^{d}	0.93±0.01^{c}	0.92±0.01^{d}
7	0.92±0.02^{f}	0.92±0.01^{d}	0.91±0.03^{d}	0.92±0.01^{de}
8	0.91±0.01^{g}	0.90±0.01^{e}	0.91±0.02^{d}	0.91±0.01^{e}
9	0.88±0.01^{h}	0.87±0.01^{f}	0.90±0.02^{d}	0.89±0.02^{f}
10	0.86±0.01^{i}	0.87±0.01^{f}	0.89±0.02^{e}	0.88±0.03^{g}
11	0.85±0.01^{i}	0.85±0.01^{g}	0.88±0.02^{e}	0.87±0.03^{g}
12	0.85±0.01^{i}	0.84±0.01^{h}	0.86±0.01^{f}	0.86±0.03^{h}

Note : $^{a-c}$ means values having different letters in a column differ significantly at $p \leq 0.05$

Values are mean ± standard deviations of duplicate determinations of 8 panelists 1.00 equals Ideal product

บทสรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบต้นแบบจำนวน 3 สูตร โดยแปรผันปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาร้อยละ 20, 30 และ 40 พบว่า ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบมีปริมาณโปรตีนสูงในช่วงร้อยละ 16.2-18.1 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร อยู่ในช่วง 0.38-0.40 ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อเชื้อราและจุลินทรีย์ก่อโรค ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่า *L** *a** และ *b** มากที่สุด แนวโน้มของค่าสีมีค่าลดลงเมื่อปริมาณกากถั่วดาวอินคาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เนื่องจากปริมาณโปรตีนจากกากถั่วดาวอินคาที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเปราะและความกรอบของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบสูตรที่ 1 (แป้งถั่วดาวอินคาร้อยละ 20 และผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ร้อยละ 23) ได้รับคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงสุดในด้านความชอบโดยรวมและเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมปิดสนิทเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้องผลิตภัณฑ์ยังถือว่า คงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาแผ่นอบกรอบจึงเหมาะสมที่จะนำไปต่อยอดการผลิตให้กับผู้ประกอบการอาหารวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) เพื่อจำหน่ายต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่สนับสนุนงบประมาณตลอดโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, นิสานารถ กระแสร์ชล. การเพิ่มมูลค่าให้กับต้นถั่วดาวอินคาโดยการนำส่วนกากเมล็ดที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน และส่วนใบมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง. [รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2560.
2. Chirinos R, Zuloeta G, Pedreschi R, Mignolet E, Larondelle Y, Campos D. Sacha Inchi (Plukenetia volubilis): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chem. 2013;141: 1732-9.
3. วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สิริมา ชินสาร, นิสานารถ กระแสร์ชล. การศึกษาศักยภาพการใช้ผลิตผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. [รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2560.
4. Fanali C, Dugo L, Cacciola F, Beccaria M, Grass S, Dacha, M, et al. Chemical characterization of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) oil. J Agric Food Chem. 2011;59:13043-9.
5. Maurer NE, Hatta-Sakoda B, Pascual-Chagman G, Rodriguez-Saona LE. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) oil. Food Chem. 2012;134:1173-80.
6. Hamaker E, Valles C, Gilman R, Hardmeier R, Clark D, Garcia, H, et al. Aminoacid and fatty acid profile of the Inca peanut (Plukenetia volubilis L.). American Association of Cereal Chemists. 1992;69(4):461-5.
7. Hazen D. Guidelines for the establishment and operation of vegetable oil factors. E.E.U.U.: Cornell University; 1980.
8. Rawdkuen S, Murdayanti D, Ketnawa S, Phongthai S. Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and Sacha Inchi seeds. Food Biosci. 2016;15:64-71.
9. Shin DJ, Kim W, Kim Y. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. Food Chem. 2013;14:517-23.
10. AOAC. Official Methods of Analysis. 20th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Maryland: U.S.A.; 2016.
11. Sullivan D, Carpenter D. Method of Analysis for Nutrition Labeling. AOAC International, Arlington. 1993.
12. Panyayong C, Khantasen V. Development of almond powder substitute macaron from cashew nut powder. Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology. 2018;10(19):14-30.
13. Vibulsresth P, Trevanich S. Microorganism in Food. In. Food Science and Technology. Bangkok: Kasetsart University Publishing; 2013. p. 48-64.
14. Kluczkovski AM, Kluczkovski Junior A. Aflatoxin in fish flour from the Amazon region. In M., RazzaghiAbhyaneh. (Ed). Aflatoxins-Recent Advances and future prospects. Iran: Pasteur Institute of Iran. 2013.
15. Blessing I, Gregory I. Effect of processing on the proximate composition of the dehulled and undehulled mungbean [Vigna radiata (L.) Wilczek] flours. Pak J Nutr. 2010;9:1006-16.
16. นรินทร์ภพ ช่วยการ, ศิริวัลย์ พฤฒิวัลัย. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองเพื่อสุขภาพจากถั่วดาวอินคา. [รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)]. สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย; 2563.
17. Bakkalbasi E, Meral RR, Dogan IS. Bioactive compounds physical and sensory properties of cake made with walnut press-cake. J Food Qual. 2015;38(6):422-30.
18. Bureepakdee W, Bunsiri T, Chuaykarn N, Pruettiwilai S. Effect of using Sacha Inchi pressed-cake as a substitute for almond powder on the quality of macaron shell product. RMUTP Research Journal. 2023;17(1):1-13.