



KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



การใช้แป้งสาคร่วมกับผงบุกในเม็ดไข่มุก

Use of Sago Starch and Konjac Powder in Boba Pearl

จิราภรณ์ บุราคร¹ ปราณต์ ปิ่นทอง¹ ทรงพร ไกรสิทธิ์¹ พรประภา ทองใบ¹ และ มณฑาทันตี เอี่ยมแก้ว^{1*}Jiraporn Burakorn¹, Pran Pinthong¹, Songporn Kraisit¹, Pornprapa Tongbai¹ and
Montakan Aimkaew¹¹กองผลิตภัณฑอาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ กรุงเทพมหานคร 10400¹Food Products and Food Contact Materials Division, Department of Science Service, Bangkok, 10400, Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าแป้งสาครเป็นผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุก โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดไข่มุกจากแป้งสาครเป็นส่วนประกอบหลักร่วมกับผงบุกได้สูตรเม็ดไข่มุก 10 สูตร ซึ่งประกอบด้วยแป้งสาคร (ร้อยละ 45 - 54) แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 26 - 35) ผงบุก (ร้อยละ 3) และน้ำเชื่อม ความเข้มข้นร้อยละ 50 (ร้อยละ 17) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดไข่มุกคือสูตรที่มีอัตราส่วนแป้งสาคร ร้อยละ 51 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 29 ผงบุกร้อยละ 3 น้ำเชื่อมร้อยละ 17 โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด จากนั้นนำเม็ดไข่มุกสูตรที่เหมาะสมไปทำแห้งด้วยการอบลมร้อนได้ค่า a_w เท่ากับ 0.60 ± 0.13 ความชื้นร้อยละ 11.41 ± 0.38 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเม็ดไข่มุกแห้ง (ปริมาณต่อ 100 กรัม) พบว่ามีพลังงานทั้งหมด 367 กิโลแคลอรี ใยอาหาร 4.40 กรัม วิตามินเอ 9.35 ไมโครกรัมอาร์อี แคลเซียม 23.4 มิลลิกรัม และเหล็ก 0.28 มิลลิกรัม การเก็บรักษาเม็ดไข่มุกแห้งเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยังได้รับคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างจากวันแรก ($p > 0.05$) ผลงานวิจัยนี้สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการอาหารเพื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

ABSTRACT

This research aimed to increase the value of sago starch by using it in the boba pearls. Optimal study of the formulation of boba pearls from sago starch and konjac powder was carried out. Boba pearls of 10 formulations consisted of sago starch (45 - 54%), tapioca flour (26 - 35%), konjac powder (3%) and 50% (w/v) sucrose syrup (17%). The result of sensory evaluation showed that the optimal formulation for producing boba pearls contained 51% sago starch, 29% tapioca flour, 3% konjac powder, and 17% syrup. The liking scores of color, odor, texture and overall liking were the highest. The modified boba pearls were dried by using a hot air oven. The dried boba pearls presented 0.60 ± 0.13 of water activity and $11.41 \pm 0.38\%$ of moisture content. In addition, 100 grams of dried boba pearl provided a total of 367 kilocalories of energy, 4.40 grams of dietary fiber, 9.35 micrograms of vitamin A RE, 23.4 milligrams of calcium and 0.28 milligrams of iron. The dried boba pearls, which were stored at 25 °C for 7 days, received similar liking

*Corresponding Author, E-mail: montakan.ak@gmail.com

scores in all attributes compared to the first-day boba pearls. The research could be applied to food entrepreneurs for commercial use.

คำสำคัญ: เม็ดไข่มุก ตันสาคุ แป้งสาคุ แป้งมันสำปะหลัง ผงบุก

Keywords: Boba Pearl, Sago Palm, Sago Starch, Tapioca Flour, Konjac Powder

บทนำ

ปาล์มสาคุ (*Metroxylon sagu* Rottb.) เป็นพืชตระกูลปาล์ม พบได้ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยประเทศไทยพบมากในภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงมาจนถึงจังหวัดนราธิวาส ลำต้นใช้ผลิตแป้งสำหรับทำอาหารคาว หวาน และอาหารสัตว์ (นิพนธ์และคณะ, 2561) ปาล์มสาคุเป็นพืชที่ได้รับการบันทึกว่าเป็นต้นไม้อาหารที่เก่าแก่ และยังเป็นพืชอาหารหลักของชาวพื้นเมืองที่อาศัยในเขตแถบศูนย์สูตร แป้งที่สะสมในลำต้นของต้นสาคุถูกนำมาดัดแปลงเป็นอาหารประเภทต่างๆ ซึ่งแตกต่างจากพืชชนิดอื่นๆ ที่มีกสสแป้งในหัวใต้ดิน เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง มันเทศ เป็นต้น (พนม, 2561) แป้งสาคุมีลักษณะเหนียว ใส อ่อนนุ่ม และมีการพองตัวคล้ายกับแป้งมันสำปะหลังแต่มากกว่าแป้งข้าวโพด ส่วนองค์ประกอบของแป้งมีคาร์โบไฮเดรตสูงร้อยละ 84.7 โปรตีนร้อยละ 0.7 ไขมันร้อยละ 0.2 แป้งสาคุบริสุทธิ์มีอะไมโลสร้อยละ 27 และอะไมโลเพกตินร้อยละ 73 (นพรัตน์, 2532; พนม, 2561; Ahmad and Peter, 1998; Sim *et al.*, 1991) แป้งสาคุมีขนาดเม็ดแป้ง 30 ไมโครเมตร อุณหภูมิการเกิดเจลตาในเซชันใกล้เคียง 70 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลตาในเซชันของแป้ง ประมาณ 15 - 17 จูลต่อกรัม (Ahmad and Peter, 1998) คุณภาพของแป้งสาคุขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น สภาวะในกระบวนการผลิต สารสำคัญในแป้งสาคุ ความสดใหม่ของแก่นสาคุดิบ เป็นต้น สาเหตุที่ทำให้แป้งสาคุมีคุณภาพต่ำ เช่น สภาวะในกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม พบโลหะหนักในกระบวนการผลิต การเกิดสีน้ำตาลจากการใช้แก่นสาคุดิบที่สดและเก็บใหม่ ซึ่งมีโพลีฟีนอลและพอลิฟีนอลออกซิเดสสูง เป็นต้น การพัฒนากระบวนการผลิตทั้งด้านเคมีและกายภาพ จะทำให้ได้แป้งสาคุที่มีคุณภาพดี (Sim *et al.*, 1991) ในประเทศไทยมีการนำแป้งสาคุมาผลิตขนมหลายชนิด ได้แก่ ขนมกวน ขนมจีน ขนมรังผึ้ง ขนมลอดช่อง ขนมปากหม้อ ขนมเปียกสาคุ ขนมดอกจอก และข้าวเกรียบ (นิพนธ์และคณะ, 2552)

ปัจจุบันมีการนำไข่มุกมาผสมในเครื่องดื่มชาทั้งร้อนและเย็น (หทัยทัต, 2562) โดยเฉพาะชาไข่มุก (Bubble tea) ได้เข้ามาเป็นกระแสความนิยมในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย (วรวิรี, 2562) เม็ดไข่มุกเป็นอาหารที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ปั่นเป็นเม็ดกลม ต้มจนสุก และเติมน้ำตาล เม็ดไข่มุกมีสีน้ำตาลค่อนข้างดำซึ่งเกิดจากการใช้ผงโกโก้ คาราเมล หรือสีผสมอาหารผสมร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง (บุศราภาและคณะ, 2563) โดยเม็ดไข่มุกที่ผู้บริโภคนิยมมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม หนึบ และเคี้ยวเพลิน (ตวงรัตน์และคณะ, 2566; Ratasrisomboon., 2016)

แป้งสาคุเมื่อนำมาผลิตเป็นเม็ดสาคุแล้วนำไปต้ม มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม คล้ายคลึงกับเม็ดไข่มุก จึงมีความเป็นไปได้สูงในการนำไปพัฒนาสูตรเม็ดไข่มุก แต่อย่างไรก็ตามการนำแป้งสาคุมาทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเม็ดไข่มุก อาจส่งผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ความยืดหยุ่น ความหนึบ การเพิ่มผงบุก (Konjac powder) ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นกลูโคแมนแนน (Glucomannan) และเป็นเส้นใยอาหารธรรมชาติ สามารถดูดซับน้ำเกิดการพอง ขยายตัวได้ 150 - 200 เท่า มีคุณสมบัติสามารถเกิดเป็นเจลที่มีความแข็งแรงและความคงตัวต่อความร้อนเมื่อนำไปต้มในน้ำเดือด (Thermoirreversible gel) (กรณิการ์และศิริดา, 2565; อภิรดา, 2565)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดในการพัฒนาเม็ดไข่มุก โดยนำแป้งสาคุมาเป็นองค์ประกอบหลักทดแทนแป้งมันสำปะหลังร่วมกับผงบุก เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าแป้งสาคุ เป็นการสร้างความหลากหลายให้กับเม็ดไข่มุก ปาล์มสาคุเป็นพืชของชุมชน การนำแป้งสาคุมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์จะเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนมีรายได้จากผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์จากแป้งสาคุ เพื่อให้ชุมชนได้เห็นคุณค่าของทรัพยากรปาล์มสาคุซึ่งมีประโยชน์หลากหลาย ก่อให้เกิด

อาชีพเสริมและเป็นการกระจายรายได้แก่ครัวเรือน (พนม, 2561) โดยองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตเม็ดไข่มุกที่มีคุณภาพตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

ต้นปาล์มสาकु น้ำหนัก 10 - 15 กิโลกรัม จากจังหวัดพัทลุง แป้งมันสำปะหลัง ตรารูปปลาไทย 5 ดาว ผงบุก จากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด น้ำตาลทรายแดง ตราวังขนาย แป้งสาลีอเนกประสงค์ (แป้งนวล) ตราวัว เม็ดไข่มุกทางการค้า จำนวน 3 ยี่ห้อ

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1 การเตรียมตัวอย่างแป้งสาकु (ดัดแปลงจากพนม, 2561; นงลักษณ์, 2558)

กระบวนการผลิตแป้งสาकु โดยการโค่นต้นปาล์มสาकुจากนั้นตัดบริเวณโคนของต้น ตัดก้านใบ และยอดทิ้ง แล้วตัดต้นปาล์มสาकुให้เป็นท่อน ความยาวประมาณ 1 เมตร ใช้ขวานผ่าปอกเปลือกออกให้หมดจนเหลือแก่นลำต้นที่มีสีขาว จากนั้นนำแก่นสาकुเข้าเครื่องบดหรือเครื่องสับให้เป็นผงจนได้เนื้อสาकुที่มีลักษณะคล้ายผงขี้เลื่อย นำส่วนที่ได้มาคั้นกับน้ำด้วยวิธีการตีปั่นจนมีน้ำสีขาวขุ่นออกมา กรองด้วยผ้าขาวบางที่มีขนาดรูเปิดละเอียดเพื่อเอากากเส้นใยออก เติมน้ำล้างและคั้นจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นทิ้งให้แป้งตกตะกอนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง รินน้ำทิ้งและเปลี่ยนน้ำ จำนวน 3 ครั้ง นำไปทำแห้งด้วยการตากแดดเป็นเวลา 2 วัน ให้ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ขั้นตอนสุดท้ายนำไปบดเป็นแป้งสาकुโดยการร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อนขนาด 40 เมช แล้วบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซีลล๊อค

นำแป้งสาकुไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ความชื้นด้วยเครื่อง Moisture analyzer ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น HC103 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ (วัดค่า 3 ซ้ำ) และปริมาณสารอาหารเพื่อเป็นข้อมูลโภชนาการ (วัดค่า 3 ซ้ำ) ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด คอเลสเตอรอล โปรตีน โยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม และเหล็ก ตามวิธี AOAC (2019); 922.06 923.03 925.09 977.20 984.13A 985.29 985.35 994.10 996.06 และ AOAC (1993); p.8 p.106

2.2 การผลิตเม็ดไข่มุกต้นแบบจากแป้งสาकु

นำแป้งสาकुผสมแป้งมันสำปะหลังและผงบุกคนให้เข้ากัน แล้วเทลงโหลผสมในหม้อที่มีน้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 50 กวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน อัตราส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 นวดด้วยมือจนเป็นก้อนแป้งที่เป็นเนื้อเดียวกันและเนียนนุ่ม จากนั้นนำมาคลึงเป็นเส้นยาวแล้วหั่นเป็นชิ้นเท่าๆ กัน ปั้นเป็นก้อนกลม โรยด้วยแป้งนวลเพื่อไม่ให้เม็ดไข่มุกติดกัน ได้เม็ดไข่มุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปต้มในน้ำเดือด

3. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มเม็ดไข่มุก

ต้มเม็ดไข่มุกดิบสูตรที่ 7 ในน้ำเดือด คนทุกๆ 5 นาที ไม่ให้เม็ดไข่มุกเหนียวติดกัน แปรระยะเวลาในการต้มเม็ดไข่มุกเป็น 10 15 20 และ 25 นาที จากนั้นนำเม็ดไข่มุกไปล้างน้ำเปล่าเพื่อล้างความเค็มและกลิ่นของบุกออก แล้วต้มในน้ำเดือดอีกครั้งจนเม็ดไข่มุกลอยขึ้นมาเหนือผิวน้ำ ปิดฝาแช่ทิ้งไว้ 20 นาที กรองน้ำออกและล้างเม็ดไข่มุกออกจากเม็ดไข่มุกให้หมด เม็ดไข่มุกที่ได้ก็คือเม็ดไข่มุกพร้อมรับประทาน นำเม็ดไข่มุกพร้อมรับประทานแช่ในน้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 50 แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 60 คน ตามวิธีในข้อ 4.2 คัดเลือกระยะเวลาการต้มเม็ดไข่มุกที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

4. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งสาคุ แป้งมันสำปะหลัง ผงบุก และน้ำเชื่อมต่อคุณภาพของเม็ดยำ

4.1 พัฒนาสูตรการผลิตเม็ดยำโดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งสาคุต่อแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด 10 ระดับ และกำหนดให้ปริมาณผงบุกและน้ำเชื่อมคงที่ ได้สูตรเม็ดยำ 10 สูตร ดังตารางที่ 1 ทดลองผลิตเม็ดยำตามข้อ 2.2 และต้มเม็ดยำตามข้อ 3 นำเม็ดยำทั้ง 10 สูตร ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อ 4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพตามข้อ 4.3 และคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพตามข้อ 4.3

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของแป้งสาคุ แป้งมันสำปะหลัง ผงบุก และน้ำเชื่อมในแต่ละสูตร

สูตร	อัตราส่วนของวัตถุดิบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	แป้งสาคุ	แป้งมันสำปะหลัง	ผงบุก	น้ำเชื่อม
1	45	35	3	17
2	46	34	3	17
3	47	33	3	17
4	48	32	3	17
5	49	31	3	17
6	50	30	3	17
7	51	29	3	17
8	52	28	3	17
9	53	27	3	17
10	54	26	3	17

4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ไพโรจน์, 2545)

นำเม็ดยำในน้ำเชื่อมที่ได้จากข้อ 4.1 จำนวน 10 ตัวอย่าง มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคร่วมไปจำนวน 60 คน ให้คะแนน 1 - 9 (คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบจะทดสอบตัวอย่างทีละ 1 ตัวอย่าง แบ่งการทดสอบเป็นสองรอบ รอบละ 5 ตัวอย่าง ทำการพักระหว่างรอบการทดสอบนาน 15 นาที

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis: TPA) ของเม็ดยำในน้ำเชื่อมที่ได้จากข้อ 4.1 (10 สูตร) เปรียบเทียบกับเม็ดยำทางการค้า (3 ยี่ห้อ) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylinder plate) ขนาด P/36 Load cell 50 kg กดตัวอย่าง 2 ครั้ง กำหนดความเร็วของการวัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วก่อนการวัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังการวัดเท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเครียด (Strain) ร้อยละ 50 (วัดค่าสูตรละ 5 ซ้ำ)

วิเคราะห์ค่าสีตัวอย่างเม็ดยำสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดด้วยเครื่อง Colorimeter ระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น MiniScanEZ ประเทศญี่ปุ่น ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 (วัดค่า 3 ซ้ำ)

วิเคราะห์ค่า Water activity (a_w) ตัวอย่างเม็ดยำแห้งในลักษณะเม็ดด้วยเครื่องวัด a_w ยี่ห้อ Novasina รุ่น LabMaster-aw Neo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ (วัดค่า 3 ซ้ำ) และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารสำหรับเป็นข้อมูลโภชนาการ (วัดค่า 3 ซ้ำ) ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด คอเลสเตอรอล โปรตีน โยอาหาร น้ำตาล โซเดียม

วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม และเหล็ก ตามวิธี AOAC (2019); 920.87 922.06 977.20 985.29 985.35 986.27 994.10 996.06 AOAC (1993); p.8 p.106 และ ASEANFOODS (2011); p.81 – 87 p.103 - 108

5. การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเม็ดไข่มุกแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำเม็ดไข่มุกสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดจากข้อ 4.2 ไปทำแห้งด้วยการอบลมร้อนในตู้อบลมร้อนยี่ห้อ Binder รุ่น FED ประเทศเยอรมัน ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนมีความชื้นของเม็ดไข่มุกเป็นร้อยละ 11.41 ± 0.38 นำเม็ดไข่มุกแห้งเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ในระหว่างการเก็บรักษาทุก 7 วัน นำตัวอย่างเม็ดไข่มุกแห้งไปคั้นรูป โดยต้มเม็ดไข่มุกแห้งในน้ำเดือดและแช่ในน้ำเชื่อมตามข้อ 3 แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคร่วมไปจำนวน 60 คน ให้คะแนน 1 - 9 (คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete block design: CBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์, 2555) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 24

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งสาคุ

แป้งสาคุในงานวิจัยนี้ มีความชื้น (moisture content) เท่ากับร้อยละ 12.70 ± 0.26 ใกล้เคียงกับแป้งสาคุที่ได้จากต้นสาคุ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 13.1 (Konuma *et al.*, 2012) และแป้งสาคุที่ได้จากต้นสาคุอำเภอหนองไธ้ จังหวัดตรัง ที่มีความชื้นร้อยละ 12.34 ± 0.55 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แป้งสาคุ มพช. 308/2547 ที่กำหนดว่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณสารอาหารสำหรับเป็นข้อมูลโภชนาการ ดังตารางที่ 2

สมศักดิ์ (2530) ศึกษาพลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแคลเซียมของแป้งสาคุ และรายงานว่ามีค่าเป็น 353 กิโลแคลอรี 0.2 กรัม 0.7 กรัม 84.7 กรัม และ 11 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาคุในงานวิจัยนี้พบว่า แป้งสาคุจากงานวิจัยของสมศักดิ์ (2530) มีพลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่มีแคลเซียมในปริมาณต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งสาคุในงานวิจัยนี้มีโปรตีนและไขมันมากกว่าแป้งสาคุที่ได้จากต้นสาคุ จังหวัดนครศรีธรรมราช (Konuma *et al.*, 2012)

2. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มเม็ดไข่มุก

ก่อนแบ่งที่ได้จากการนวดผสมแป้งสาคุ แป้งมันสำปะหลัง ผงบุก และน้ำเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกันและเนียนนุ่ม ถูกปั่นเป็นก้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปต้มในน้ำเดือดที่ประระยะเวลาการต้มนาน 10 15 20 และ 25 นาที (รูปที่ 1) แล้วนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9 - point Hedonic Scale) โดยผู้บริโภคร่วมจำนวน 60 คน ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เม็ดไข่มุกที่ต้มนาน 20 นาที ได้คะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุดโดยมีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างกับระยะเวลา

การต้มนาน 25 นาที และมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่า ระยะเวลาการต้มเม็ดไข่มุกนาน 10 และ 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคทั้ง 60 คน (ตารางที่ 3) ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มเม็ดไข่มุกเท่ากับ 20 นาที ไปทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 2 ปริมาณสารอาหารสำหรับเป็นข้อมูลโภชนาการของแป้งสาคุ

การวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (ปริมาณต่อ 100 กรัม)	หน่วย
พลังงานทั้งหมด (โดยการคำนวณ)	333	กิโลแคลอรี
พลังงานจากไขมัน (โดยการคำนวณ)	1.44	กิโลแคลอรี
ไขมันทั้งหมด	0.16	กรัม
คอเลสเตอรอล	0	มิลลิกรัม
โปรตีน (N x 6.25)	0.19	กรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (โดยการคำนวณ)	82.82	กรัม
ใยอาหาร	0	กรัม
น้ำตาล	0	กรัม
โซเดียม	3.50	มิลลิกรัม
แคลเซียม	23.4	มิลลิกรัม

รายการทดสอบตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (ฉบับเต็ม)



รูปที่ 1 แป้งสาคุ (a) การนวดผสมส่วนประกอบเม็ดไข่มุกให้เป็นเนื้อเดียวกัน (b) เม็ดไข่มุกก่อนต้ม (c) เม็ดไข่มุกต้ม (d)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม้ดไ่มูกที่ระยะเวลาการต้มต่างกัน

ระยะเวลาการต้ม เม้ดไ่มูก (นาที)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น ^{ns}	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบ โดยรวม
10	4.7±1.0 ^b	5.6±1.1 ^c	6.0±1.1	4.9±1.1 ^c	4.8±1.2 ^c	4.8±1.3 ^c
15	4.9±1.1 ^b	6.0±1.0 ^{bc}	6.0±1.0	6.0±0.9 ^b	5.4±0.9 ^b	6.0±0.8 ^b
20	6.3±1.0 ^a	6.5±0.9 ^a	6.2±1.4	6.6±1.3 ^a	6.3±0.9 ^a	6.5±0.9 ^a
25	6.3±1.0 ^a	6.4±0.9 ^{ab}	6.2±1.1	6.3±1.0 ^{ab}	6.2±1.0 ^a	6.2±1.0 ^{ab}

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งสาคุ และแป้งมันสำปะหลัง ผงบุก และน้ำเชื่อมต่อคุณภาพของเม้ดไ่มูก

3.1 ด้านประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม้ดไ่มูก (ตารางที่ 4) พบว่า เม้ดไ่มูกทั้ง 10 สูตร มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเม้ดไ่มูกสูตรที่ 7 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด และค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบดังกล่าวไม่แตกต่างกับตัวอย่างเม้ดไ่มูกสูตรที่ 6 และ 8 ($p > 0.05$) แสดงว่าอัตราส่วนของแป้งสาคุต่อแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อความชอบของผู้บริโภคโดยอัตราส่วนที่ 50:30 51:29 และ 52:28 เป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ดวงรัตน์และคณะ (2566) พบว่า การลดปริมาณแป้งมันสำปะหลังแล้วทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวเหนียวดำในปริมาณมาก ส่งผลให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน มีความชอบด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมเม้ดไ่มูกลดลงแตกต่างกับสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวเจ้า ส่งผลให้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 60 คน มีความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเม้ดไ่มูกลดลงแตกต่างกับสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) (บุศราภาและคณะ, 2563) ในขณะที่การลดปริมาณแป้งมันสำปะหลังแล้วเพิ่มปริมาณแป้งสาคุกลับส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงขึ้น อาจเป็นเพราะแป้งสาคุมีลักษณะเหนียว ใส และมีการพองตัวคล้ายกับแป้งมันสำปะหลัง เมื่อนำมาผลิตเป็นเม้ดสาคุแล้วนำไปต้ม จะให้เนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม คล้ายคลึงกับเม้ดไ่มูก (พนม, 2561; Ahmad and Peter, 1998) รวมถึงคุณสมบัติของผงบุกที่สามารถเกิดเป็นเจลที่แข็งแรงและความคงตัวสูงเมื่อนำไปต้มในน้ำเดือด ซึ่งการให้ความร้อนมีส่วนทำให้เจลแข็งแรงและความคงตัวเพิ่มขึ้น (ฉวีวรรณและคณะ, 2551)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสเม้ดไ่มูกสูตรที่ 7 ที่มีอัตราส่วนแป้งสาคุ : แป้งมันสำปะหลัง : ผงบุก : น้ำตาลเชื่อม เท่ากับ 51:29:3:17 โดยน้ำหนัก เป็นสูตรที่เหมาะสมเนื่องจากมีคะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงคัดเลือกสูตรดังกล่าวไปทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเมล็ดไข่มุก จำนวน 10 สูตร

สูตร	คะแนนความชอบเฉลี่ย					
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม
1	5.8±1.3	6.2±1.4	5.7±1.1 ^{ab}	5.5±1.1 ^c	5.9±0.9	5.7±1.0 ^c
2	6.0±1.2	6.3±1.4	5.6±1.3 ^b	5.7±1.0 ^{bc}	5.8±1.1	5.8±1.0 ^c
3	5.9±1.5	6.3±1.3	5.8±1.1 ^{ab}	5.7±1.4 ^{bc}	5.8±1.2	5.7±1.0 ^c
4	5.9±1.5	6.2±1.0	5.6±1.3 ^b	6.0±1.4 ^{abc}	5.9±1.0	5.9±0.9 ^c
5	6.0±1.4	6.3±1.0	5.8±1.1 ^{ab}	6.0±1.0 ^{abc}	5.9±1.2	6.0±0.9 ^c
6	6.2±1.1	6.4±1.1	6.0±1.0 ^{ab}	6.2±1.4 ^{ab}	6.1±1.1	6.6±1.4 ^a
7	6.2±1.2	6.6±1.4	6.2±1.4 ^a	6.4±1.0 ^a	6.1±1.0	6.8±1.1 ^a
8	6.2±1.3	6.4±1.1	6.0±1.1 ^{ab}	6.2±1.1 ^{ab}	6.1±1.2	6.5±1.3 ^{ab}
9	6.1±1.3	6.4±1.3	5.9±1.1 ^{ab}	6.1±1.3 ^{ab}	6.1±1.1	6.1±0.8 ^{bc}
10	6.1±1.4	6.2±1.1	5.9±1.1 ^{ab}	6.0±0.9 ^{abc}	6.0±0.8	6.1±0.8 ^{bc}

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ด้านเคมีกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเมล็ดไข่มุกทั้ง 10 สูตร (ตารางที่ 5) พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนแป้งสาคุในสูตรเมล็ดไข่มุกมีผลให้ค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการยึดติดและพลังงานในการเคี้ยวลดลง ค่าความแข็ง การเกาะติด และการเคี้ยวได้มีค่าใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การพัฒนาเมล็ดไข่มุกจากแป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าของบุศราภาและคณะ (2563) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้ามีผลให้ค่าความแข็ง การยึดติดมีแนวโน้มสูงขึ้น พลังงานในการเคี้ยวและการเคี้ยวได้มีค่าใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) และ งานวิจัยของดวงรัตน์และคณะ (2566) ศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวเหนียวดำ ส่งผลให้เมล็ดไข่มุกมีค่าความยืดหยุ่นและการเคี้ยวได้ลดลง

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะเนื้อสัมผัสเมล็ดไข่มุกทั้ง 10 สูตร และเมล็ดไข่มุกทางการค้าทั้ง 3 ยี่ห้อ ที่ความชื้นร้อยละ 95 พบว่า เมล็ดไข่มุกสูตรที่ 1 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกับเมล็ดไข่มุกทางการค้ายี่ห้อที่ 2 ($p > 0.05$) เมล็ดไข่มุกสูตรที่ 5 6 7 8 9 และ 10 มีค่าการยึดติดไม่แตกต่างกับเมล็ดไข่มุกทางการค้าทั้งสามยี่ห้อ ($p > 0.05$) เมล็ดไข่มุกสูตรที่ 10 มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกับเมล็ดไข่มุกทางการค้ายี่ห้อที่ 1 และ 3 ($p > 0.05$) เมล็ดไข่มุกสูตรที่ 5 6 7 8 และ 9 ไม่แตกต่างกับเมล็ดไข่มุกทางการค้ายี่ห้อที่ 2 และ 3 ($p > 0.05$) เมล็ดไข่มุกสูตรที่ 2 มีค่าการเกาะติด พลังงานการเคี้ยว ไม่แตกต่างกับเมล็ดไข่มุกทางการค้ายี่ห้อที่ 2 และมีค่าการเคี้ยวได้ไม่แตกต่างกับเมล็ดไข่มุกทางการค้ายี่ห้อที่ 1 และ 3 ($p > 0.05$) ดังข้อมูลในตารางที่ 5

การเพิ่มสัดส่วนของแป้งสาคุทำให้เนื้อสัมผัสของเมล็ดไข่มุกมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น การยึดติด และพลังงานในการเคี้ยวลดลง อาจเนื่องมาจากทั้งแป้งสาคุและแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลเพกตินสูงถึง ร้อยละ 73 และ 83 ตามลำดับ ส่งผลให้เจลของแป้งที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการเจลาติไนเซชันด้วยความร้อน มีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น (บุศราภาและคณะ, 2563; นพรัตน์, 2532) อีกทั้งการใช้ผงบุกเป็นส่วนผสมในสูตรจะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเมล็ดไข่มุก เนื่องจากผงบุกมีใยอาหาร มีคุณสมบัติเป็นเจล มีความชื้นหนืดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นคงตัว (กรรณิการ์และศิริลดา, 2565)

ตารางที่ 5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเม็ดยา จำนวน 10 สูตร และเม็ดยาทางการค้า จำนวน 3 ยี่ห้อ

สูตร	ความแข็ง (Hardness) (g)	การยึดติด (Adhesiveness) (g.sec)	ความยืดหยุ่น (Springiness)	การเกาะติด (Cohesiveness)	พลังงานการเคี้ยว (Gumminess)	การเคี้ยวได้ (Chewiness)
1	1,954.44±31.74 ^a	-15.99±0.74 ^d	1.85±0.05 ^g	0.67±0.02 ^{ef}	1,309.34±48.64 ^b	2,423.58±37.12 ^d
2	1,736.61±1.22 ^b	-7.91±2.32 ^c	1.95±0.10 ^g	0.83±0.02 ^b	1,447.15±36.98 ^a	2,818.43±74.62 ^c
3	1,668.37±25.12 ^c	-4.31±3.58 ^b	1.36±0.12 ^h	0.62±0.01 ^g	1,036.49±26.86 ^{cd}	3,045.82±16.35 ^b
4	1,539.82±34.22 ^d	-4.60±2.64 ^b	2.31±0.20 ^f	0.68±0.06 ^{de}	1,043.89±79.54 ^c	2,401.07±30.98 ^d
5	1,136.03±47.27 ^h	-3.88±2.54 ^{ab}	2.55±0.08 ^e	0.71±0.0 ^{cde}	807.56±30.38 ^h	2,058.37±20.22 ^f
6	1,447.50±43.97 ^e	-1.41±1.63 ^{ab}	2.60±0.11 ^{de}	0.72±0.02 ^c	839.97±22.72 ^{gh}	2,181.55±52.78 ^e
7	1,263.60±51.05 ^g	-1.15±1.28 ^{ab}	2.74±0.03 ^{bcd}	0.70±0.03 ^{cde}	872.73±18.34 ^{fg}	2,395.71±39.64 ^d
8	1,244.04±49.11 ^g	-2.81±2.45 ^{ab}	2.69±0.10 ^{cde}	0.73±0.01 ^c	904.37±26.0 ^f	2,431.44±66.23 ^d
9	1,320.33±15.81 ^f	-1.13±0.46 ^{ab}	2.54±0.08 ^e	0.63±0.01 ^{fg}	837.63±16.57 ^{gh}	2,127.99±87.77 ^{ef}
10	1,368.60±32.80 ^f	-1.45±2.20 ^{ab}	2.88±0.08 ^{ab}	0.72±0.03 ^{cd}	977.72±20.93 ^e	2,820.33±59.12 ^c
C1	1,033.74±7.47 ⁱ	-0.61±0.42 ^a	2.94±0.05 ^a	0.93±0.0 ^a	960.09±8.88 ^e	2,827.98±66.14 ^c
C2	1,683.15±6.14 ^{ab}	-0.53±0.13 ^a	2.68±0.02 ^{cde}	0.86±0.0 ^b	1442.90±5.51 ^a	3,869.82±31.18 ^a
C3	1,140.36±4.83 ^h	-0.35±0.35 ^a	2.79±0.04 ^{abc}	0.86±0.01 ^b	985.79±4.68 ^{de}	2,820.32±47.03 ^c

^{a-i} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

C1 = เม็ดยาทางการค้ายี่ห้อที่ 1 C2 = เม็ดยาทางการค้ายี่ห้อที่ 2 และ C3 = เม็ดยาทางการค้ายี่ห้อที่ 3

เมื่อนำเม็ดยาสูตรที่ 7 มาวัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ได้ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 15.56 ± 0.04 ค่าสีแดง - สีเขียว (a^*) เท่ากับ 4.35 ± 0.04 ค่าสีน้ำเงิน - เหลือง (b^*) เท่ากับ 12.79 ± 0.08

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารสำหรับเป็นข้อมูลโภชนาการของเม็ดยาสูตรที่ 7 (แป้งสาคูร้อยละ 51 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 29 ผงบุกร้อยละ 3 น้ำเชื่อมร้อยละ 17) พบว่า เม็ดยาให้พลังงานต่ำ มีใยอาหารสูง มีวิตามินเอ และแคลเซียมสูง โดยมีพลังงานทั้งหมด 367 กิโลแคลอรี ใยอาหาร 4.40 กรัม วิตามินเอ 9.35 ไมโครกรัมอาร์อี แคลเซียม 23.4 มิลลิกรัม และเหล็ก 0.28 มิลลิกรัม ดังแสดงในตารางที่ 6 และผลการวัดค่า a_w ของเม็ดยาสูตรที่ 7 เท่ากับ 0.60 ± 0.13 ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เนื่องจากค่า a_w มีผลโดยตรงต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารและอายุการเก็บรักษา กล่าวคือ ค่า Water activity (a_w) เป็นค่าบ่งชี้ถึงความคงตัวของผลิตภัณฑ์ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative stability) เช่น การหืน (rancidity) โดยอาหารแห้งต้องมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 (สุภาพค์, 2566)

ตารางที่ 6 ปริมาณสารอาหารสำหรับเป็นข้อมูลโภชนาการของเม็ดยาสูตรที่ 7

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (ปริมาณต่อ 100 กรัม)	หน่วย
พลังงานทั้งหมด (โดยการคำนวณ)	367	กิโลแคลอรี
พลังงานจากไขมัน	0.27	กิโลแคลอรี
ไขมันทั้งหมด	0.03	กรัม
คอเลสเตอรอล	0	มิลลิกรัม
โปรตีน (N x 6.25)	0.09	กรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (โดยการคำนวณ)	91.54	กรัม

ตารางที่ 6 ปริมาณสารอาหารสำหรับเป็นข้อมูลโภชนาการของเม็ดไข่มุกแห้งสูตรที่ 7 (ต่อ)

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (ปริมาณต่อ 100 กรัม)	หน่วย
ใยอาหาร	4.40	กรัม
น้ำตาล	11.3	กรัม
โซเดียม	65.6	มิลลิกรัม
วิตามินเอ (Vitamin A)	9.35	ไมโครกรัมอาร์อี
วิตามินบี 1 (Vitamin B1)	0	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2 (Vitamin B2)	0	มิลลิกรัม
แคลเซียม	23.4	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.28	มิลลิกรัม

รายการทดสอบประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (ฉบับเต็ม)

ไมโครกรัมอาร์อี หมายถึง ไมโครกรัมเทียบเท่าเรตินอล

4. ผลการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเม็ดไข่มุกแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเม็ดไข่มุกแห้ง (สูตรที่ 7) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน โดยผู้บริโภคนจำนวน 60 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) ทุกๆ 7 วัน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกด้านลดลงเมื่อเก็บเม็ดไข่มุกนานขึ้น โดยคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติเม็ดไข่มุกที่เก็บระยะเวลา 0 7 14 และ 21 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ระยะเวลาการเก็บเม็ดไข่มุก 0 และ 7 วัน มีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บเม็ดไข่มุก 7 วัน และ 14 วัน มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับระยะเวลาการเก็บเม็ดไข่มุก 14 วัน และ 21 วัน ที่มีคะแนนความชอบด้านดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ในขณะที่คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของระยะเวลาการเก็บเม็ดไข่มุก 0 วัน ไม่แตกต่างกับ 7 วัน แต่แตกต่างกับระยะเวลาการเก็บเม็ดไข่มุก 14 วัน และ 21 วัน ดังตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการเก็บเม็ดไข่มุกที่เหมาะสมคือ 7 วัน

ตารางที่ 7 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุกแห้ง (สูตรที่ 7)

ระยะเวลาการเก็บ เม็ดไข่มุกแห้ง (วัน)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น ^{ns}	เนื้อสัมผัส	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม
0	6.6±0.7 ^a	6.5±1.0 ^a	6.3±1.1	6.5±0.8 ^a	6.3±0.9	6.5±1.1 ^a
7	6.3±0.6 ^{ab}	6.3±0.9 ^{ab}	6.1±0.9	6.4±1.0 ^{ab}	6.3±0.7	6.3±1.0 ^{ab}
14	6.1±0.9 ^{bc}	6.0±1.0 ^{bc}	6.1±0.9	6.1±0.8 ^b	6.1±0.7	6.0±1.0 ^{bc}
21	5.9±0.9 ^c	5.8±0.9 ^c	6.0±1.0	5.6±1.0 ^c	6.0±0.9	5.8±0.9 ^c

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาสูตรต้นแบบเม็ดไข่มุกจากแป้งสาคูได้สูตรที่เหมาะสม ประกอบด้วย แป้งสาคูร้อยละ 51 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 29 ผงบุกร้อยละ 3 น้ำเชื่อม (ความเข้มข้นร้อยละ 50) ร้อยละ 17 ซึ่งเป็นสูตรที่ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อเก็บเม็ดไข่มุกแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ผู้บริโภคยังให้คะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างจากวันแรก นอกจากนี้เม็ดไข่มุกแห้ง 100 กรัม ประกอบด้วยพลังงานทั้งหมด 367 กิโลแคลอรี โยอาหาร 4.40 กรัม วิตามินเอ 9.35 ไมโครกรัมอาร์อี แคลเซียม 23.4 มิลลิกรัม เหล็ก 0.28 มิลลิกรัม ผลจากงานวิจัยสามารถนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ผู้ประกอบการอาหารสามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ อ่อนสำลี และศิริลดา ศรีกอก. (2565). การใช้ผงบุกในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่มัลเบอร์รี่. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 15(3): 107 - 120.
- ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี, อุมพร ศิริพันธ์ และวิจิตรา แดงปรก. (2551). การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากเจลบุก. วารสารอาหาร 38(4): 355 - 362.
- ดวงรัตน์ สนนาค, รวิสร่า ชื่นประไพ, ดวงกมล แสงธีรกิจ และปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์. (2566). ผลของแซนแทนกัมและกัวร์กัมต่อคุณภาพของเม็ดไข่มุกจากการใช้แป้งข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวเหนียวต่างออกทดแทนแป้งมันสำปะหลัง. วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 17(1): 14 - 26.
- นงลักษณ์ สุวรรณพันธ์. (2558). การทำแป้งสาคูจากต้นสาคูด้วยภูมิปัญญาแบบชาวบ้าน. แหล่งข้อมูล: <https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=9397&s=tblplant>. ค้นเมื่อวันที่ 22 มกราคม 2567.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์. (2532). สาเหตุพืชที่มีศักยภาพของภาคใต้. วารสารภูมิศาสตร์ 12(3): 25 - 29.
- นิพนธ์ ใจปลื้ม, กัจฉสม์ พาพล และอัจฉรา ใจปลื้ม. (2552). การสร้างต้นแบบนาร่องปาปาล์มสาคูในพื้นที่ชุ่มน้ำ. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; กรุงเทพฯ. 25 - 32.
- นิพนธ์ ใจปลื้ม, อัจฉรา ใจปลื้ม และฉวีวรรณ จันทรงค์. (2561). ความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาล์มสาคูเชิงพาณิชย์. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 10(1): 97 - 111.
- บุศราภา ลีละวัฒน์, รัฐนันท์ ดิลกกุล และมนัสนันท์ ใบคุณากร. (2563). การพัฒนาเม็ดไข่มุกจากข้าวก่ำ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 28(3): 455 - 465.
- พนม อินทฤทธิ์. (2561). การผลิตและแปรรูปแป้งสาคูในจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง. รายงานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. นครศรีธรรมราช. 1 - 82.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). การประเมินทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 1 - 574.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2555). การออกแบบการทดลอง (experimental design). เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 1 - 437.
- วรวิทย์ องค์กรพิเศษไพบุลย์. (2562). กลยุทธ์ของธุรกิจขนมไข่มุกแบบจัดส่งในกรุงเทพมหานคร. วิทยาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 89 หน้า.
- สมศักดิ์ เหล่าเจริญสุข. (2530). การใช้ลำต้นสาคูเลี้ยงสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2(1): 35 - 40.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แป้งสาคู มผช.308/2547. แหล่งข้อมูล: https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/TH_1198.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2567.

- สุภางค์ เรืองฉาย. (2566). การใช้แป้งดัดแปรและผงปรุงรสเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เมลลีมะม่วงหิมพานต์อบ. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 51(1): 1 - 8.
- หทัยทัต มณีชาติ. (2562). พฤติกรรมการบริโภคและความพึงพอใจต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดขนมไข่มุก กรณิศศึกษา Tiger Sugar. วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 127 หน้า.
- อภिरดา พรปัญญาวิชัย. (2565). ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อองค์ประกอบทางเคมีของผงบุกและการนำไปใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 40(1): 58 – 67.
- Ahmad, F.B.F and Peter A.W. (1998). Rheological properties of sago starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46(10): 4060 - 4065.
- AOAC International. (1993). Methods of analysis for nutrition labeling. Arlington, Virginia.
- AOAC International. (2019). Official methods of analysis by the Association of Official Analytical Chemists. (20th ed). Maryland, U.S.A.
- ASEAN Network of Food Data Systems. (2011). ASEAN manual of food analysis. (1st ed). Bangkok: Institute of Nutrition, Mahidol University THAILAND. 81 - 87 and 103 - 108.
- Konuma, H., Rosa R. and Somsak B. (2012). Adding value to underutilized food resources: substituting wheat flour with sago starch in cookie formulations. Journal of Agricultural Technology 8(3): 1067 - 1077.
- Ratasrisomboon, N. (2016). The effect of modified starch onto the quality of tapioca pearl under low temperature storage in sucrose syrup. Bachelor of Science in Biotechnology, Assumption University. Bangkok. 36 pp.
- Sim, S.L., Oates, C.G. and Wong, H.A. (1991). Studies on sago starch. part I: characterization and comparison of sago starches obtained from *Metroxylon sagu* processed at different times. Starch 43(12): 459 - 466.

