วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพลูกเดือยอบพอง

Effect of Processing Methods on Product Quality of Puffed Job's Tears Snack

อรทัย บุญทะวงศ์[1*] สุวิดา ปิกเกษม[2] และ วรัญญู อินตานันท์[2]

[1]อาจารย์ [2]นักศึกษา สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตลูกเดือยอบพองที่เหมาะสม เพื่อลดขั้นตอนการทอด และลูกเดือยสามารถพองตัวด้วยการอบในเตาไมโครเวฟ พบว่ากระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือการแช่น้ำลูกเดือยที่อุณหภูมิห้องนาน 22 ชั่วโมง จากนั้นทำให้ลูกเดือยสุกด้วยการนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง 15 นาที ลูกเดือยมีความชื้นร้อยละ 11-13 เมื่อนำลูกเดือยกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนัก 10 กรัม อบในเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 800 วัตต์ ใช้เวลา 1 นาที 30 วินาที จะได้ผลิตภัณฑ์ลูกเดือยที่มีลักษณะการพองตัวมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพองมีคุณภาพด้านปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใยxเท่ากับร้อยละ 3.27 13.32 14.63 67.93 0.85 และ 1.95 ตามลำดับ

Abstract

This research aims to study the process of puffed Job's Tears in order to decrease its frying process so that Job's Tears could be aerated by cooking in a microwave oven. The optimum processing conditions for producing puffed Job's Tears include, soaking them for 22 hours at ambient temperature, followed by steaming them at pressure 15 lb/in^2 for 20 minutes. Finally, the Job's Tears was dried in the tray dryer at 60 ^{o}c for 3 hours 15 minutes to decrease the moisture content to 11-13 %. The Job's Tears containing 10 grams in weight, was by far the best quality, when cooked in a microwave oven at 800 watts for 1 minute 30 seconds. The puffed Job's Tears snack contained 3.27 % moisture, 13.32 % protein, 14.63 % fat, 67.93 % carbohydrate, 0.85 % ash, and 1.95 % fiber.

คำสำคัญ : ลูกเดือย อบพอง ไมโครเวฟ

Keywords : Job's Tears (Coix seed), Puffed, Microwave

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ orathai_bun@hotmail.com โทร. 0 5434 2547-8 ต่อ 186

1. บทนำ

ลูกเดือย เป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ปลูกมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย และจีน มีความสำคัญในการนำมาแปรรูปเป็นอาหารหลายชนิดเพื่อเป็นอาหารเสริมสุขภาพ และยังจัดอยู่ในกลุ่มอาหารเป็นยา (Neutraceutical) เนื่องจากมีสรรพคุณในการรักษาโรค มีการศึกษาผลทางเภสัชวิทยา พบว่า สารสกัดจากลูกเดือย coxienolide หรือ 1-methyi-2-Zcis-9-hexadecenyloxy) propyl-trans-11-octadecenoate มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดและการเจริญเติบโตของเนื้องอก (Tanimura, 1961 : Zhu *et.al.,* 1989 : Numata *et. al.,* 1994) และลดปริมาณ cholesterol (Huang *et. al., 2005)*

อาหารที่ผลิตจากธัญพืชนั้นกำลังเป็นที่นิยมแก่ผู้รักสุขภาพ มีการพัฒนาและผลิตจำหน่ายในรูปแบบที่หลากหลาย ลูกเดือยเป็นธัญพืชมีคุณค่าด้านโภชนาการ และนิยมปลูกกันมากเป็นอันดับ 6 ของโลก ใช้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรส่วนใหญ่ในเอเชียและอัฟฟริกา (บุญธิดา และปภาวี, 2551) ปัจจุบันผู้คนต่างคำนึงถึงสุขภาพโดยเฉพาะผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องเวลาและอิทธิพลของวัฒนธรรมจากประเทศตะวันตก ทำให้โรคที่เกิดความเสื่อมจากการเพิ่มขึ้นของอายุ ได้แก่ โรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคไขมันในเส้นเลือดสูง และโรคกระดูกพรุน เป็นปัญหาที่ผู้คนในปัจจุบันต้องเผชิญ โรคเหล่านี้ส่วนหนึ่งเกิดจากพฤติกรรมการบริโภคไม่เหมาะสม เช่น การบริโภคขนมขบเคี้ยว ไม่ว่าจะเป็นในเด็ก วัยรุ่น รวมถึงผู้ใหญ่ ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากรับประทานได้หลายโอกาส (มนทิรา และศิริประภา, 2550) ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ โดยการนำธัญพืชมาแปรรูปเป็นอาหารขบเคี้ยวประเภทพองกรอบ โดยการใช้ไมโครเวฟในการอบพองให้พองตัว เช่น Jomduang (1994) ศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของข้าวเกรียบว่าว วิจิตรา (2546) ศึกษาหาสูตรแผ่นข้าวอบกรอบ ขนิษฐา (2549) ศึกษาผลของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวประเภทพองกรอบ จักรกฤษณ์ (2554) ศึกษาการผลิตข้าวเหนียวกล้องอบพอง ธนิษฐา และนภาพันธ์ (2550) พัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟป๊อบคอร์น

ประเทศไทยมีผู้ประกอบการเป็นผู้ค้าส่งลูกเดือยไปยังต่างประเทศมาเป็นเวลานาน เช่น ญี่ปุ่น และไต้หวัน มีการส่งออกลูกเดือยปีละหลายร้อยตัน ปัจจุบันพบว่ามีกลุ่มลูกค้ามีความต้องการบริโภคลูกเดือยเพื่อเป็นอาหารเสริมสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการนำลูกเดือยมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวโดยทำเป็นลูกเดือยอบพอง เนื่องจากตลาดขนมขบเคี้ยวนั้นมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ขนมขบเคี้ยวในท้องตลาดปัจจุบันส่วนประกอบหลักเป็นแป้งและไขมันเป็นส่วนใหญ่ และมักมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ทั้งนี้ลูกเดือยอบกรอบที่มีจำหน่ายในปัจจุบันเป็นการพองตัวด้วยวิธีการทอดในน้ำมัน และเกิดปัญหาผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น ผู้วิจัยจึงต้องการเปลี่ยนกระบวนการผลิตจากการพองตัวด้วยการทอดในน้ำมันเป็นการอบให้พองตัวแทน เพื่อลดต้นทุนในขั้นตอนของการทอดในส่วนของน้ำมันที่ใช้ทอด ค่าแรงงาน และเชื้อเพลิง และลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพอง และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานมากขึ้น

2. วิธีการทดลอง

2.1. ศึกษาเวลาการแช่ลูกเดือยในน้ำและเวลาการทำแห้งลูกเดือย

2.1.1 นำลูกเดือยแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องนาน 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 และ 34 ชั่วโมง จนกระทั่งลูกเดือยมีความชื้นร้อยละ 40 ซึ่งเป็นความชื้นที่เพียงพอต่อกระบวนการเจลาติไนซ์เซชัน (ดัดแปลงจาก พรทิพย์ และกัญญารัตน์, 2552) จากนั้นนำลูกเดือยมาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง พักให้สะเด็ดน้ำ ตรวจสอบปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000) ของตัวอย่างลูกเดือยหลังแช่น้ำ

2.1.2 นำลูกเดือยที่ผ่านการแช่น้ำ พักให้สะเด็ดน้ำ นึ่งให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 นาที (ดัดแปลงจากรัชฎา และคณะ, 2553) จากนั้นนำลูกเดือยเข้าอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที จนกระทั่งลูกเดือยมีปริมาณ

ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 10-15 (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549 ; อรทัย และคณะ, 2554) ตรวจสอบคุณภาพลูกเดือยด้านปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000) และนำลูกเดือยมาอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) เป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที เพื่อตรวจสอบลักษณะปรากฏของการพองตัวของลูกเดือย เพื่อคัดเลือกเวลาการแช่และการทำแห้งลูกเดือยที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.2. ศึกษาวิธีการทำให้ลูกเดือยสุกที่เหมาะสม

2.2.1 นำลูกเดือยที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.1 ทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 20 25 และ 30 นาที (ดัดแปลงจากรัชฎา และคณะ, 2553 ; อรทัย และคณะ, 2554) จากนั้นนำลูกเดือยเข้าอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพลูกเดือยหลังอบด้านปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000) และการพองตัว (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์,2549) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's NewเMultiple Range Test (DNMRT)

2.2.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเดือยอบพอง โดยการทดสอบคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเดือย ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนตามความชอบ 1-9 คะแนนโดยเรียงคะแนนจากชอบน้อยที่สุดไปหาชอบมากที่สุด (ไพโรจน์,2545) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.3 ศึกษาสภาวะการอบที่เหมาะสมต่อการพองตัวของลูกเดือยอบพอง

2.3.1 ศึกษาเวลาการอบด้วยเตาไมโครเวฟที่เหมาะสม นำลูกเดือยที่ผ่านการคัดเลือกในข้อที่ 2 มาศึกษาการพองตัวด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) โดยศึกษาระยะเวลาการพองตัวนาน 1 นาที และ 1 นาที 30 วินาที ตรวจสอบการพองตัว (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.3.2 ศึกษาน้ำหนักลูกเดือยที่เหมาะสมสำหรับการอบให้พองตัวต่อครั้ง คือ 10 15 และ 20 กรัม ตรวจสอบการพองตัวเ(ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.3.3 ศึกษาการเคลือบลูกเดือยก่อนอบพองด้วยเตาไมโครเวฟ นำลูกเดือยไปเคลือบด้วยน้ำมันพืช เนย และไม่เคลือบ (Control) ตรวจสอบการพองตัว(ดัดแปลงจากอุบลรัตน์,02549) วางแผนการทดลองแบบCompletely RandomizedเDesign (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ลูกเดือยอบพองโดยการทดสอบคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเดือย ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนตามความชอบ 1-9 คะแนนโดยเรียงคะแนนจากชอบน้อยที่สุดไปหาชอบมากที่สุด (ไพโรจน์ ,2545) วางแผนการทดลองแบบ Randomized CompleteเBlockเDesign (RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.4. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพอง

ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพอง ด้านปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบอัตโนมัติ (Kjeldahl) (ยี่ห้อ Foss 2200 Kjeltec™, SWEDEN) ไขมัน วิเคราะห์ด้วยเครื่องสกัดไขมันแบบอัตโนมัติ (Soxhlet) (ยี่ห้อ Soxtec™ 2050 Auto System , SWEDEN) ความชื้น เถ้า และเส้นใย ตามวิธี A.O.A.C. (2000) คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี วันเพ็ญ (2541)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ศึกษาเวลาการแช่ลูกเดือยในน้ำและเวลาการทำแห้งลูกเดือย

3.1.1 จากการศึกษาการแช่ลูกเดือยในน้ำที่เวลา 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 และ 34 ชั่วโมง พบว่า เวลาแช่น้ำที่ 26 28 30 32 และ 34 ชั่วโมง ลูกเดือยมีกลิ่นหมักเกิดขึ้นเกินระดับที่ยอมรับได้ จึงไม่ได้นำมาศึกษาในขั้นตอนนี้ต่อไป ส่วนที่เวลาแช่น้ำ 12 14 16 18 20 22 และ 24 ชั่วโมง มีแนวโน้มของปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่ที่นานขึ้นดังตารางที่ 1 เนื่องจากลูกเดือยที่แช่เป็นเวลานานสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าลูกเดือยที่แช่ในเวลาที่น้อยกว่า ซึ่งมีผลต่อการพองตัวของแป้งทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่งแต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก (Collison, 1968) สังเกตการพองตัวของเม็ดแป้งในน้ำพบว่าแป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะและคุณสมบัติดังเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่นแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง (Morrison and Laignelet, 1983 ; Collison, 1968)

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นของลูกเดือยผ่านการแช่น้ำที่เวลาต่างกัน

เวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
12	38.26±0.73
14	38.41±0.73
16	38.58±0.20
18	38.59±0.31
20	38.85±0.19
22	39.19±0.51
24	39.36±0.30

3.1.2 จากการนำลูกเดือยที่ผ่านการแช่น้ำนาน 12 14 16 18 20 22 และ 24 ชั่วโมง นำไปนึ่งให้สุก จากนั้นนำมาเข้าอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด พบว่าปริมาณความชื้นลูกเดือยมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้เวลาในการอบนานขึ้น ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 เการอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ส่งผลให้น้ำในลูกเดือยระเหยไปกับลมร้อนยิ่งใช้เวลาอบนานน้ำก็ยิ่งระเหยมากขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ และเมื่อนำไปอบให้พองตัวในเตาไมโครเวฟแล้วสังเกตลักษณะปรากฏของการพองตัว พบว่าที่เวลาแช่น้ำ 22 และ 24 ชั่วโมง และการอบลดความชื้นที่เวลา 3 ชั่วโมง 15 นาที ลูกเดือยมีลักษณะปรากฏของการพองตัวที่สม่ำเสมอ ดังตารางที่ 3 เนื่องจากเวลาในการแช่เหมาะสมสำหรับการดูดซับน้ำของเม็ดแป้งในลูกเดือยส่งผลต่อการเกิดเจลลาติไนท์เซชัน ส่วนลักษณะปรากฏของการพองตัวของสิ่งทดลองอื่นนั้น บางสิ่งทดลองลูกเดือยไม่พองตัว การพองตัวไม่สม่ำเสมอและไหม้ เนื่องจากลูกเดือยก่อนอบให้พองตัวนั้นมีความชื้นเหลืออยู่น้อยหรือมากเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการอบเพื่อลดความชื้นมีผลต่อการทำให้น้ำในโครงสร้างของลูกเดือยก่อนอบให้พองตัว ซึ่งมีผลโดยตรงกับการพองตัว

เมื่อเข้าอบในเตาไมโครเวฟ น้ำในโครงสร้างของลูกเดือยจะเดือดจนกลายเป็นไอ เพื่อดันโครงสร้างเจลของลูกเดือยให้ขยายตัวและพองตัวให้เต็มที่ ดังนั้นจึงคัดเลือกลูกเดือยที่เวลาแช่น้ำ 22 และ 24 ชั่วโมง ศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นของลูกเดือยที่ใช้เวลาการอบเพื่อลดความชื้นที่แตกต่างกัน

เวลาแช่น้ำ	ปริมาณความชื้นหลังการอบแห้ง		
(ชั่วโมง)	3 ชั่วโมง 15 นาที	3 ชั่วโมง 30 นาที^{ns}	3 ชั่วโมง 45 นาที^{ns}
12	10.90±1.27^{b}	10.72±0.02	10.42±0.02
14	10.93±1.55^{b}	10.72±0.06	10.38±0.04
16	10.95±1.78^{b}	10.65±0.04	10.14±0.04
18	11.04±1.82^{b}	10.21±0.04	10.36±0.00
20	11.01±1.88^{b}	10.14±0.16	9.62±1.00
22	12.53±1.53^{a}	10.90±0.03	10.07±0.05
24	13.54±1.42^{a}	11.59±0.05	10.88±0.04

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของลูกเดือยหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟ

เวลาแช่น้ำ	ลักษณะทางกายภาพของลูกเดือยหลังการอบให้พองตัว		
(ชั่วโมง)	3 ชั่วโมง 15 นาที	3 ชั่วโมง 30 นาที	3 ชั่วโมง 45 นาที
12	ไม่พองตัว	ไม่พองตัว	ไม่พองตัว
14	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวไม่สม่ำเสมอ
16	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวไม่สม่ำเสมอ
18	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้
20	พองตัวไม่สม่ำเสมอ	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้
22	พองตัวสม่ำเสมอ	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้
24	พองตัวสม่ำเสมอ	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้	พองตัวสม่ำเสมอและไหม้

3.2 ศึกษาวิธีการทำให้ลูกเดือยสุกที่เหมาะสม

3.2.1 จากการศึกษาการนำลูกเดือยที่ผ่านการแช่ 22 และ 24 ชั่วโมง มาทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 20 25 และ 30 นาที พบว่าที่เวลานึ่ง 17 นาที ลูกเดือยมีลักษณะแข็งเกิดเจลไม่เต็มที่ เนื่องจากเวลาในการทำให้สุกน้อยเกินไป ส่วนเวลานึ่ง 20 นาที ลูกเดือยมีลักษณะนิ่มและเกิดเจลได้เต็มที่ ส่วนที่เวลานึ่ง 25และ 30เนาที ลูกเดือยจะมีลักษณะเละและแตกบาน ดังตารางที่ 4 ส่วนปริมาณความชื้น และการพองตัวของลูกเดือยไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเวลาแช่ 22และ 24 ชั่วโมง และเวลาในการทำให้สุกที่ 20 นาที พบว่าไม่มีความแตกต่างของลักษณะการเกิดเจล ซึ่งลูกเดือยมีลักษณะไม่แข็ง ไม่เละ ไม่แตกบาน ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาแช่ที่ 22 ชั่วโมง เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากใช้เวลาในการแช่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของลูกเดือยที่เวลาการนึ่งแตกต่างกัน

เวลาแช่(ชั่วโมง)	เวลานึ่ง (นาที)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	การพองตัว ns (เท่า)	ลักษณะการเกิดเจล
22	17	11.60±0.03	1.82±0.05	ลูกเดือยมีลักษณะแข็งเกิดเจลไม่เต็มที่
	20	11.27±0.15	1.93±0.17	ลูกเดือยมีลักษณะนิ่มเกิดเจลเต็มที่
	25	11.61±0.12	1.90±0.10	ลูกเดือยมีลักษณะเริ่มเละ แตกบาน
	30	11.41±0.18	1.83±0.04	ลูกเดือยมีลักษณะเละและ แตกบาน
24	17	10.96±0.37	1.90±0.10	ลูกเดือยมีลักษณะแข็งเกิดเจลไม่เต็มที่
	20	11.18±0.10	1.90±0.00	ลูกเดือยมีลักษณะนิ่มเกิดเจลเต็มที่
	25	11.17±0.57	1.83±0.05	ลูกเดือยมีลักษณะเริ่มเละ แตกบาน
	30	11.42±0.47	1.90±0.10	ลูกเดือยมีลักษณะเละและ แตกบาน

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.2.2 จากวิธีการข้อ 3.2.1 โดยได้ทำการคัดเลือกเวลาแช่น้ำที่ 22 ชั่วโมง และนำลูกเดือยทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 20 25 และ 30 นาที ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเดือยอบพอง พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเดือย ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังตารางที่เ5 เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าการพองตัว พบว่า ลูกเดือยที่ผ่านการทำให้สุกที่เวลา 20 นาที มีค่าอัตราการพองตัวสูงที่สุด ดังตารางที่ 4 ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาแช่ที่ 22 ชั่วโมง เวลาในการทำให้สุกที่ 20 นาที เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเดือยอบพองที่เวลานึ่งให้สุกที่แตกต่างกัน

เวลานึ่งให้สุก (นาที)	ลักษณะปรากฏ ns	กลิ่นลูกเดือย ns	ลักษณะเนื้อสัมผัส ns	รสชาติ ns	ความชอบรวม ns
17	6.90±1.00	7.47±0.82	6.87±1.33	6.83±0.99	7.03±1.00
20	7.13±0.97	7.27±1.02	7.00±0.91	7.13±0.90	7.17±0.70
25	7.27±1.20	7.17±1.58	6.90±1.49	6.77±1.72	7.07±1.53
30	7.30±1.24	7.37±1.35	6.67±1.67	6.67±1.56	6.83±1.51

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.3 การศึกษาสภาวะการอบที่เหมาะสมต่อการพองตัวของลูกเดือยอบพอง

3.3.1 จากการนำลูกเดือยศึกษาเวลาการพองตัวด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) นาน 1 นาที และเวลา 1 นาที 30 วินาที พบว่า ลูกเดือยมีค่าการพองตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏ พบว่า ที่เวลาการอบนาน 1 นาที 30 วินาที มีลักษณะการพองตัวที่สม่ำเสมอกว่าการอบพองนาน 1 นาที ซึ่งลูกเดือยมีการพองตัวไม่สำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการอบมีผลต่อการทำให้น้ำในโครงสร้างของลูกเดือยเดือดจนกลายเป็นไอ เพื่อดันโครงสร้างเจลของลูกเดือยให้ขยายตัวและพองตัวให้เต็มที่ ซึ่งการอบที่ 1 นาที อาจใช้เวลาสั้นไปส่งผลให้การพองตัวของโครงสร้างลูกเดือยขยายตัวไม่สมบรูณ์ จึงส่งผลให้ค่าการพองตัวน้อยกว่าและการพองตัวไม่สม่ำเสมอเหมือนกับการอบที่ 1 นาที 30 วินาที ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาการอบพอง นาน 1 นาที 30 วินาที ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 6 การพองตัวของลูกเดือยที่เวลาการอบในเตาไมโครเวฟแตกต่างกัน

เวลา (นาที:วินาที)	การพองตัว^{ns} (เท่า)	ลักษณะปรากฏ
1:00	1.83±0.04	ลูกเดือยพองตัวไม่สม่ำเสมอ
1:30	1.93±0.05	ลูกเดือยพองตัวสม่ำเสมอ

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.3.2 จากการศึกษาน้ำหนักลูกเดือยที่เหมาะสมสำหรับการอบให้พองตัวต่อครั้ง คือ 10 15 และ 20 กรัม พบว่า ค่าการพองตัวไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) ดังตารางที่ 7 ด้านลักษณะปรากฏของลูกเดือยหลังการอบพองตัวที่ 10 กรัม มีลักษณะการพองตัวที่สม่ำเสมอ ส่วนน้ำหนักของการอบให้พองตัว 15 และ 20 กรัม ลูกเดือยมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอและไหม้ เนื่องจากปริมาณลูกเดือยมากเกินไปจึงส่งผลให้การรับความร้อนจากเตาไมโครเวฟไม่เพียงพอต่อการทำให้ลูกเดือยพองตัวพร้อมกัน จึงทำให้ลูกเดือยพองตัวไม่สม่ำเสมอและไหม้dดังนั้นจึงคัดเลือกน้ำหนักการอบพอง 10 กรัม ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 7 การพองตัวของลูกเดือยที่น้ำหนักการอบในเตาไมโครเวฟแตกต่างกัน

น้ำหนัก (กรัม)	การพองตัว^{ns} (เท่า)	ลักษณะปรากฏ
10	1.93±0.15	ลูกเดือยพองตัวสม่ำเสมอ
15	1.83±0.02	ลูกเดือยพองตัวไม่สม่ำเสมอ และไหม้
20	1.83±0.02	ลูกเดือยพองตัวไม่สม่ำเสมอ และไหม้

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.3.3 จากการศึกษาการเคลือบลูกเดือยก่อนอบพองด้วยเตาไมโครเวฟด้วยน้ำมันพืช เนย เปรียบเทียบกับลูกเดือยที่ไม่เคลือบ (Control) มีค่าการพองตัวเท่ากับ 1.83 1.93 และ 1.83 เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) และจากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเดือยอบพอง ด้านลักษณะลักปรากฏ กลิ่นลูกเดือย และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) ส่วนด้านรสชาติ และความชอบรวม มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน (p≤0.05) ดังตารางที่ 8 โดยลูกเดือยเคลือบเนยมีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติและความชอบรวมสูงที่สุด เนื่องจากการนำลูกเดือยไปเคลือบเนยก่อนนำไปอบพองในเตาไมโครเวฟนั้น ทำให้ลูกเดือยกลิ่นหอมของเนยที่แทรกซึมเข้าในลูกเดือย และเมื่อทำการอบพองจึงยิ่งทำให้ลูกเดือยมีกลิ่นหอมของเนยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลูกเดือยมีรสชาติดีมากที่สุด และทำให้มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 8 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเดือยอบพองที่การเคลือบแตกต่างกัน

การเคลือบ	**ลักษณะปรากฏ^{ns}**	**กลิ่นลูกเดือย^{ns}**	**ลักษณะเนื้อสัมผัส^{ns}**	**รสชาติ**	**ความชอบรวม**
เคลือบน้ำมันพืช	7.13±0.63	7.13±0.94	7.13±1.01	6.23±1.26^{b}	7.10±0.96^{ab}
เคลือบเนย	7.22±1.00	7.10±0.92	7.30±1.06	7.37±1.10^{a}	7.50±0.94^{a}
ไม่เคลือบ (Control)	6.77±1.14	6.70±1.18	6.97±1.27	6.50±1.48^{b}	6.87±1.14^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)
ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.4. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพอง

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพอง พบว่าด้านปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใย ของผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพองเท่ากับร้อยละ 3.27 13.32 14.63 67.93 0.85 และ 1.95 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับคุณภาพของลูกเดือยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป ดังตารางที่ 9 จากการเปรียบเทียบกับคุณภาพ พบว่า ทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 6 ตามเกณฑ์ มผช. ที่ 900/2548 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ส่วนปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้าและ เส้นใย ลูกเดือย

อบพอง (จากการวิจัย) มีค่ามากกว่า อาจเนื่องมาจากลูกเดือยอบพองมีปริมาณความชื้นและไขมันน้อยกว่า จึงส่งผลให้มีค่าดังกล่าวสูงกว่าลูกเดือยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป ส่วนปริมาณไขมันลูกเดือยอบพองมีค่าน้อยกว่าลูกเดือยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป เนื่องจากลูกเดือยอบกรอบจำหน่ายทั่วไปผ่านการทอดด้วยน้ำมันเพื่อให้พองตัว จึงมีการดูดซับจากน้ำมันที่ใช้ทอดอยู่ในลูกเดือยส่งผลให้มีปริมาณไขมันสูงกว่า

ตารางที่ 9 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพองเปรียบเทียบกับลูกเดือยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป

คุณภาพ	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	ลูกเดือยอบพอง (จากการวิจัย)	ลูกเดือยอบกรอบ (จำหน่ายทั่วไป)
ความชื้น	03.27	3.62
โปรตีน	13.32	10.00
ไขมัน	14.63	26.67
คาร์โบไฮเดรต	67.93	58.33
เส้นใย	00.85	0.29
เถ้า	1.950	1.67

4. สรุป

การผลิตลูกเดือยอบพองที่เหมาะสม คือ การแช่ลูกเดือยนาน 22 ชั่งโมง นำมาทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที จากนั้นอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 650 องศา-เซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง 15 นาที และเคลือบลูกเดือยด้วยเนยนำลูกเดือยจำนวน 10 กรัม เข้าอบในเตาไมโครเวฟที่ความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) นาน 1 นาที 30 วินาที จะได้ลูกเดือยที่มีการอบพองตัวสม่ำเสมอ และผลิตภัณฑ์ลูกเดือยอบพองมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใยเท่ากับร้อยละ 3.27 13.32 14.63 67.93 0.85 และ 1.95 ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และห้างหุ้นส่วนจำกัดแม่เล็กฟูดโปรดักท์ จ.พะเยา ที่ให้การสนับสนุนงบวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา อุ้มอารีย์. 2549. **ผลของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของขนมอบพองจากข้าวเหนียวหัก.**การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จักรกฤษณ์ จิตจำนงค์. 2554. **กรรมวิธีการผลิตข้าวเหนียวกล้องอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนิษฐา พัฒนกิจจำรูญ และนภาพันธ์ โชคอำนวยพร. 2550. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟป๊อบคอร์น.**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญธิดา อินหาดกรวด และปภาวี จันทร์ลอย. 2551.**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากลูกเดือย.** เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรทิพย์ ศิริสุนทรลักษณ์, กัญญารัตน์ รุจิรารุ่งเรือง และเกื้อพันธ์ ชยะสุนทร. 2552. **การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำ**. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ. คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนทิรา วุฒิปราศรัย และศิริประภา มาลีหอม. 2550. **ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากถั่วขึ้นรูป.** เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิจิตรา เหลียวตระกูล. 2546. **การแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบโดยไมโครเวฟ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541.**บทปฏิบัติการเคมีอาหาร.** ลำปาง : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

รัชฎา ตั้งวงค์ไชย, เกษม นันทชัย และวรนุช ศรีเจษฎารักข์. 2553. **ผลกระทบของกระบวนการ pre-gelatinisation ที่ใช้ในการลดเวลาการหุงต้มต่อคุณภาพทางด้านกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสของข้าวหอมมะลิ.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://ora.kku.ac.th/res_kku/Abstract/ AbstractView.asp? Qid=1355533559.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ลูกเดือยทอดกรอบ** มผช 900/2548. [ออนไลน]. แหล่งที่มา www.hec.rmutp.ac.th/th/files_upload/kmtank52_13.pdf.

อรทัย บุญทะวงศ์, จิตราภรณ์ สอนราช และพจนีย์ เอกรัตน์. 2554. **การพัฒนากระบวนการผลิตลูกเดือยหุงสุกเร็ว.** รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสหกิจวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

อุบลรัตน์ พรหมฟัง. 2549. **ผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นเสริมใยอาหารจากสับปะรดและการยอมรับของผู้บริโภค : กรณีศึกษาในเขตจังหวัดลำปาง.** กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัญชลี ศรีวิไล, รัชฎาตั้งวงคไชย, เกษม นันทชัย, วรนุช ศรีเจษฎารักข และจันทนี อุริยะพงศ. 2553. **ผลกระทบของกระบวนการ "Pregelatinization" ตอคุณภาพของขาวหอมมะลิหุงสุก**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแกน.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis (17th ed.). Washington DC. U.S.A. : Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Collison R. 1968. **Swelling and Gelatin of Starch In Adlay**. Starch and Its Derivatives. London : Chapman and Hall Ltd.,.

Huang, B.W. Chiang, M.T., Yao, H.T. and Chiang, W.C. 2005. The effect of adlay oil on plasma lipids insulin and leptin in rat. **Phytomedicine**. 12(1) : 433-439.

Jomduang, S. 1994**. Modification and improvement of 'Khao Kriap Waue' (A traditional Thai glutinous rice-based snack food).** Doctoral desertatia. University Pertanian Malaysia.

Morrison, W.R. and Laignelet, B. 1983. An Improved Colorimetric Procedure for Determining Apparent and Total Amylose in Cereal and Other Starches. **J. Cereal Sci.** (1) : 9-20.

Numata, M., Yamamato,A., Moribayashi, A. and Yamada, H. 1994. Antitumor components isolated from the Chinese herbal medicine *Coix lachrymal-jobi***. Planta-media**. 60(4) : 356-359.

Tanimura, A. 1961. Studies on antitumor component in the seed of *Coix lachrymal-jobi*. Var. Ma-yuen Stapf. **Chemical Pharmaphysical Bulletin**. 9 : 47-53.

Zhu, Y.P., Su, Z.W. and Li, C.H. 1989. Growth-inhibition effects of oleic acid, linoleic acid and their methyl esters on transplanted tumors in mice. **J. the National Cancer Institute**. 81(17) : 1302-1306.