

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

อรรถัย บุญทะวงศ์^{1*} สุวิดา ปิกเกษม² และ วรัญญ อินตานันท์²

¹อาจารย์ ²นักศึกษา สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
จังหวัดลำปาง 52000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตลูกเดี๋ยยอบพองที่เหมาะสม เพื่อลดขั้นตอนการทอด และ ลูกเดี๋ยยสามารถพองตัวด้วยการอบในเตาไมโครเวฟ พบว่ากระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือการแช่น้ำลูกเดี๋ยยที่ อุณหภูมิห้องนาน 22 ชั่วโมง จากนั้นทำให้ลูกเดี๋ยยสุกด้วยการนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที และ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง 15 นาที ลูกเดี๋ยยมีความชื้นร้อยละ 11-13 เมื่อนำลูกเดี๋ยย กึ่งสำเร็จรูปน้ำหนัก 10 กรัม อบในเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 800 วัตต์ ใช้เวลา 1 นาที 30 วินาที จะได้ ผลิตภัณฑ์ลูกเดี๋ยยที่มีลักษณะการพองตัวมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ลูกเดี๋ยยอบพองมีคุณภาพด้านปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใยเท่ากับร้อยละ 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/in² for 20 minutes. Finally, the Job's Tears was dried in the tray dryer at 60 °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 : ลูกเดี๋ยย 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-methyl-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 ใช้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรส่วนใหญ่ในเอเชียและแอฟริกา (บุญธิดา และปภาวี, 2551) ปัจจุบันผู้คนต่างคำนึงถึงสุขภาพ โดยเฉพาะผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องเวลาและอิทธิพลของวัฒนธรรมจากประเทศตะวันตก ทำให้โรคที่เกิดความเสื่อมจากการเพิ่มขึ้นของอายุ ได้แก่ โรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคไขมันในเส้นเลือดสูง และโรคกระดูกพรุน เป็นปัญหาที่ผู้คนในปัจจุบันต้องเผชิญ โรคเหล่านี้ส่วนหนึ่งเกิดจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ไม่เหมาะสม เช่น การบริโภคขนมขบเคี้ยว ไม่ว่าจะเป็นในเด็ก วัยรุ่น รวมถึงผู้ใหญ่ ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากรับประทานได้หลายโอกาส (มนทิรา และศิริประภา, 2550) ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ โดยการนำธัญพืชมาแปรรูปเป็นอาหารขบเคี้ยวประเภทพองกรอบ โดยการใช้ไมโครเวฟในการอบพองให้พองตัว เช่น Jomduang (1994) ศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของข้าวเกรียบว่าว วิจิตรรา (2546) ศึกษาหาสูตรแผ่นข้าวอบกรอบ ขนิษฐา (2549) ศึกษาผลของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวประเภทพองกรอบ จักรกฤษณ์ (2554) ศึกษาการผลิตข้าวเหนียวกลิ้งอบพอง ธนิษฐา และณภาพันธ์ (2550) พัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟป๊อปคอร์น

ประเทศไทยมีผู้ประกอบการเป็นผู้ค้าส่งลูกเดือยไปยังต่างประเทศมาเป็นเวลานาน เช่น ญี่ปุ่น และได้หันมีการส่งออกลูกเดือยปัสหลายร้อยตัน ปัจจุบันพบว่ามีกลุ่มลูกค้ามีความต้องการบริโภคลูกเดือยเพื่อเป็นอาหารเสริมสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการนำลูกเดือยมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวโดยทำเป็นลูกเดือยอบพอง เนื่องจากตลาดขนมขบเคี้ยวนี้มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ขนมขบเคี้ยวในท้องตลาดปัจจุบันส่วนประกอบหลักเป็นแป้งและไขมันเป็นส่วนใหญ่ และมักมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ทั้งนี้ลูกเดือยอบกรอบที่มีจำหน่ายในปัจจุบันเป็นการพองตัวด้วยวิธีการทอดในน้ำมัน และเกิดปัญหาลดลงมีอายุการเก็บรักษาสั้น ผู้วิจัยจึงต้องการเปลี่ยนกระบวนการผลิตจากการพองตัวด้วยการทอดในน้ำมันเป็นการอบให้พองตัวแทน เพื่อลดต้นทุนในขั้นตอนของการทอดในส่วนของการใช้น้ำมันที่ใช้ทอด 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 จนกระทั่งลูกเดือยมีความขึ้นร้อยละ 40 ซึ่งเป็นความขึ้นที่เพียงพอต่อกระบวนการเจลาติไนซ์เซชัน (ดัดแปลงจากพรทิพย์ และกัญญารัตน์, 2552) จากนั้นนำลูกเดือยมาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง พักให้สะเด็ดน้ำ ตรวจสอบปริมาณความขึ้น (A.O.A.C., 2000) ของตัวอย่างลูกเดือยหลังแช่น้ำ

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

ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 10-15 (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549 ; อร์ทัย และคณะ, 2554) ตรวจสอบคุณภาพลูกเต๋อย ด้านปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000) และนำลูกเต๋อยมาอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) เป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที เพื่อตรวจสอบลักษณะปรากฏของการพองตัวของลูกเต๋อย เพื่อคัดเลือกเวลาการแช่และการทำแห้งลูกเต๋อยที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.2. ศึกษาวิธีการทำให้ลูกเต๋อยสุกที่เหมาะสม

2.2.1 นำลูกเต๋อยที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.1 ทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 20 25 และ 30 นาที (ดัดแปลงจากรัษฎา และคณะ, 2553 ; อร์ทัย และคณะ, 2554) จากนั้นนำลูกเต๋อยเข้าอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพลูกเต๋อยหลังอบด้านปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000) และการพองตัว (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.2.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเต๋อยอบพอง โดยการทดสอบคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเต๋อย 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 ศึกษาสภาวะการอบที่เหมาะสมต่อการพองตัวของลูกเต๋อยอบพอง

2.3.1 ศึกษาเวลาการอบด้วยเตาไมโครเวฟที่เหมาะสม นำลูกเต๋อยที่ผ่านการคัดเลือกในข้อที่ 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 ศึกษาน้ำหนักลูกเต๋อยที่เหมาะสมสำหรับการอบให้พองตัวต่อครั้ง คือ 10 15 และ 20 กรัม ตรวจสอบการพองตัว (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.3.3 ศึกษาการเคลือบลูกเต๋อยก่อนอบพองด้วยเตาไมโครเวฟ นำลูกเต๋อยไปเคลือบด้วยน้ำมันพืช เนย และไม่เคลือบ (Control) ตรวจสอบการพองตัว (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ลูกเต๋อยอบพองโดยการทดสอบคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเต๋อย 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)

2.4. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเต๋ายอบพอง

ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเต๋ายอบพอง ด้านปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบอัตโนมัติ (Kjeldahl) (ยี่ห้อ Foss 2200 Kjeltect™, 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 ศึกษาเวลาการแช่ลูกเต๋ายอบพองในน้ำและเวลาการทำแห้งลูกเต๋ายอบพอง

3.1.1 จากการศึกษาการแช่ลูกเต๋ายอบพองในน้ำที่เวลา 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 และ 34 ชั่วโมง พบว่า เวลาแช่น้ำที่ 26 28 30 32 และ 34 ชั่วโมง ลูกเต๋ายอบพองมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นเกินระดับที่ยอมรับได้ จึงไม่นำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป ส่วนที่เวลาแช่น้ำ 12 14 16 18 20 22 และ 24 ชั่วโมง มีแนวโน้มของปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่ที่นานขึ้นดังตารางที่ 1 เนื่องจากลูกเต๋ายอบพองที่แช่เป็นเวลานานสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าลูกเต๋ายอบพองที่แช่ในเวลาที่น้อยกว่า ซึ่งมีผลต่อการพองตัวของแป้งทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและไม่แตกหักเปราะอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่งแต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก (Collison, 1968) สังเกตการพองตัวของเม็ดแป้งในน้ำพบว่าแป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะและคุณสมบัติดั้งเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่นแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็นแต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง (Morrison and Laiglelet, 1983 ; Collison, 1968)

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นของลูกเต๋ายอบพองผ่านการแช่น้ำที่เวลาต่างกัน

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 จากการนำลูกเต๋ายอบพองที่ผ่านการแช่น้ำนาน 12 14 16 18 20 22 และ 24 ชั่วโมง นำไปนึ่งให้สุก จากนั้นนำมาเข้าอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด พบว่าปริมาณความชื้นลูกเต๋ายอบพองมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้เวลาในการอบนานขึ้น ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 การอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ส่งผลให้น้ำในลูกเต๋ายอบพองระเหยไปกับลมร้อนยิ่งใช้เวลานานน้ำก็ยิ่งระเหยมากขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ และเมื่อนำไปอบให้พองตัวในเตาไมโครเวฟแล้วสังเกตลักษณะปรากฏของการพองตัว พบว่าที่เวลาแช่น้ำ 22 และ 24 ชั่วโมง และการอบลดความชื้นที่เวลา 3 ชั่วโมง 15 นาที ลูกเต๋ายอบพองมีลักษณะปรากฏของการพองตัวที่สม่ำเสมอ ดังตารางที่ 3 เนื่องจากเวลาในการแช่เหมาะสมสำหรับการดูดซับน้ำของเม็ดแป้งในลูกเต๋ายอบพองส่งผลต่อการเกิดเจลลาติไนซ์ขึ้น ส่วนลักษณะปรากฏของการพองตัวของสิ่งทดลองอื่นนั้น บางสิ่งทดลองลูกเต๋ายอบพองไม่พองตัว การพองตัวไม่สม่ำเสมอและไหม้ เนื่องจากลูกเต๋ายอบพองก่อนอบให้พองตัวนั้นมีความชื้นเหลืออยู่น้อยหรือมากเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการอบเพื่อลดความชื้นมีผลต่อการทำให้ให้น้ำในโครงสร้างของลูกเต๋ายอบพองก่อนอบให้พองตัว ซึ่งมีผลโดยตรงกับการพองตัว

เมื่อเข้าอบในเตาไมโครเวฟ น้ำในโครงสร้างของลูกเต๋อยจะเดือดจนกลายเป็นไอ เพื่อดันโครงสร้างเจลของลูกเต๋อยให้ขยายตัวและพองตัวให้เต็มที่ ดังนั้นจึงคัดเลือกลูกเต๋อยที่เวลาแช่น้ำ 22 และ 24 ชั่วโมง ศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นของลูกเต๋อยที่ใช้เวลาการอบเพื่อลดความชื้นที่แตกต่างกัน

เวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้นหลังการอบแห้ง		
	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: ตัวอักษรในแนวดิ่งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของลูกเต๋อยหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟ

เวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	ลักษณะทางกายภาพของลูกเต๋อยหลังการอบให้พองตัว		
	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 ศึกษาวิธีการทำให้ลูกเต๋อยสุกที่เหมาะสม

3.2.1 จากการศึกษาการนำลูกเต๋อยที่ผ่านการแช่ 22 และ 24 ชั่วโมง มาทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 20 25 และ 30 นาที พบว่าที่เวลานึ่ง 17 นาที ลูกเต๋อยมีลักษณะแข็งเกิดเจลไม่เต็มที่ เนื่องจากเวลาในการทำให้สุกน้อยเกินไป ส่วนเวลานึ่ง 20 นาที ลูกเต๋อยมีลักษณะนิ่มและเกิดเจลได้เต็มที่ ส่วนที่เวลานึ่ง 25 และ 30 นาที ลูกเต๋อยจะมีลักษณะเละและแตกบาน ดังตารางที่ 4 ส่วนปริมาณความชื้น และการพองตัวของลูกเต๋อยไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเวลาแช่ 22 และ 24 ชั่วโมง และเวลาในการทำให้สุกที่ 20 นาที พบว่าไม่มีความแตกต่างของลักษณะการเกิดเจล ซึ่งลูกเต๋อยมีลักษณะไม่แข็ง ไม่เละ ไม่แตกบาน ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาแช่ที่ 22 ชั่วโมง เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากใช้เวลาในการแช่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของลูกเต๋อยที่เวลาการนึ่งแตกต่างกัน

เวลาแช่(ชั่วโมง)	เวลานึ่ง (นาท)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	การพองตัว ^{ns} (เท่า)	ลักษณะการเกิดเจล
22	17	11.60±0.03	1.82±0.05	ลูกเต๋อยมีลักษณะแข็งเกิดเจลไม่เต็มที
	20	11.27±0.15	1.93±0.17	ลูกเต๋อยมีลักษณะนิ่มเกิดเจลเต็มที
	25	11.61±0.12	1.90±0.10	ลูกเต๋อยมีลักษณะเริ่มและ แตกบาน
	30	11.41±0.18	1.83±0.04	ลูกเต๋อยมีลักษณะและและ แตกบาน
24	17	10.96±0.37	1.90±0.10	ลูกเต๋อยมีลักษณะแข็งเกิดเจลไม่เต็มที
	20	11.18±0.10	1.90±0.00	ลูกเต๋อยมีลักษณะนิ่มเกิดเจลเต็มที
	25	11.17±0.57	1.83±0.05	ลูกเต๋อยมีลักษณะเริ่มและ แตกบาน
	30	11.42±0.47	1.90±0.10	ลูกเต๋อยมีลักษณะและและ แตกบาน

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2.2 จากวิธีการข้อ 3.2.1 โดยได้ทำการคัดเลือกเวลาแช่น้ำที่ 22 ชั่วโมง และนำลูกเต๋อยทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 17 20 25 และ 30 นาที ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเต๋อยบพอง พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเต๋อย ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาาร่วมกับค่าการพองตัว พบว่าลูกเต๋อยที่ผ่านการทำให้สุกที่เวลา 20 นาที มีค่าอัตราการพองตัวสูงที่สุด ดังตารางที่ 4 ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาแช่ที่ 22 ชั่วโมง เวลาในการทำให้สุกที่ 20 นาที เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเต๋อยบพองที่เวลานึ่งให้สุกที่แตกต่างกัน

เวลานึ่งให้สุก (นาท)	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	กลิ่นลูกเต๋อย ^{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 การศึกษาสภาวะการอบที่เหมาะสมต่อการพองตัวของลูกเต๋อยบพอง

3.3.1 จากการนำลูกเต๋อยศึกษาเวลาการพองตัวด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) นาน 1 นาที และเวลา 1 นาที 30 วินาที พบว่า ลูกเต๋อยมีค่าการพองตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏ พบว่า ที่เวลาการอบนาน 1 นาที 30 วินาที มีลักษณะการพองตัวที่สม่ำเสมอว่าการอบพองนาน 1 นาที ซึ่งลูกเต๋อยมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการอบมีผลต่อการทำให้น้ำในโครงสร้างของลูกเต๋อยเดือดจนกลายเป็นไอ เพื่อดันโครงสร้างเจลของลูกเต๋อยให้ขยายตัวและพองตัวให้เต็มที่ ซึ่งการอบที่ 1 นาที อาจใช้เวลาสั้นไปส่งผลให้การพองตัวของโครงสร้างลูกเต๋อยขยายตัวไม่สมบูรณ์ จึงส่งผลให้ค่าการพองตัวน้อยกว่าและการพองตัวไม่สม่ำเสมอเหมือนกับการอบที่ 1 นาที 30 วินาที ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาการอบพอง นาน 1 นาที 30 วินาที ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 6 การพองตัวของลูกเต๋อยที่เวลาการอบในเตาไมโครเวฟแตกต่างกัน

เวลา (นาที่:วินาที)	การพองตัว ^{ns} (เท่า)	ลักษณะปรากฏ
1:00	1.83±0.04	ลูกเต๋อยพองตัวไม่สม่ำเสมอ
1:30	1.93±0.05	ลูกเต๋อยพองตัวสม่ำเสมอ

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.3.2 จากการศึกษาหน้าหน้ลูกเต๋อยที่เหมาะสมสำหรับการอบให้พองตัวต่อครั้ง คือ 10 15 และ 20 กรัม พบว่า ค่าการพองตัวไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังตารางที่ 7 ด้านลักษณะปรากฏของลูกเต๋อยหลังการอบพองตัวที่ 10 กรัม มีลักษณะการพองตัวที่สม่ำเสมอ ส่วนหน้าหน้ของการอบให้พองตัว 15 และ 20 กรัม ลูกเต๋อยมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอและไหม้ เนื่องจากปริมาณลูกเต๋อยมากเกินไปจึงส่งผลให้การรับความร้อนจากเตาไมโครเวฟไม่เพียงพอต่อการทำให้ลูกเต๋อยพองตัวพร้อมกัน จึงทำให้ลูกเต๋อยพองตัวไม่สม่ำเสมอและไหม้ดังนั้นจึงคัดเลือหน้าหน้การอบพอง 10 กรัม ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 7 การพองตัวของลูกเต๋อยที่หน้าหน้การอบในเตาไมโครเวฟแตกต่างกัน

หน้าหน้ (กรัม)	การพองตัว ^{ns} (เท่า)	ลักษณะปรากฏ
10	1.93±0.15	ลูกเต๋อยพองตัวสม่ำเสมอ
15	1.83±0.02	ลูกเต๋อยพองตัวไม่สม่ำเสมอ และไหม้
20	1.83±0.02	ลูกเต๋อยพองตัวไม่สม่ำเสมอ และไหม้

หมายเหตุ: ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.3.3 จากการศึกษาการเคลือบลูกเต๋อยก่อนอบพองด้วยเตาไมโครเวฟด้วยน้ำมันพืช เนย เปรียบเทียบกับลูกเต๋อยที่ไม่เคลือบ (Control) มีค่าการพองตัวเท่ากับ 1.83 1.93 และ 1.83 เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) และจากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเต๋อยอบพอง ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นลูกเต๋อย และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนด้านรสชาติ และความชอบรวม มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p\leq 0.05$) ดังตารางที่ 8 โดยลูกเต๋อยเคลือบเนยมีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติและความชอบรวมสูงที่สุด เนื่องจากการนำลูกเต๋อยไปเคลือบเนยก่อนนำไปอบพองในเตาไมโครเวฟนั้น ทำให้ลูกเต๋อยกลิ่นหอมของเนยที่แทรกซึมเข้าไปในลูกเต๋อย และเมื่อทำการอบพองจึงยิ่งทำให้ลูกเต๋อยมีกลิ่นหอมของเนยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลูกเต๋อยมีรสชาติดีมากที่สุด และทำให้มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 8 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกเต๋อยอบพองที่การเคลือบแตกต่างกัน

การเคลือบ	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	กลิ่นลูกเต๋อย ^{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 ($p\leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.4. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเต๋อยอบพอง

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเต๋อยอบพอง พบว่าด้านปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใย ของผลิตภัณฑ์ลูกเต๋อยอบพองเท่ากับร้อยละ 3.27 13.32 14.63 67.93 0.85 และ 1.95 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับคุณภาพของลูกเต๋อยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป ดังตารางที่ 9 จากการเปรียบเทียบกับคุณภาพ พบว่า ทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 6 ตามเกณฑ์ มพช. ที่ 900/2548 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ส่วนปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้าและ เส้นใย ลูกเต๋อย

อบพอง (จากการวิจัย) มีค่ามากกว่า อาจเนื่องมาจากลูกเดี๋ยยอบพองมีปริมาณความชื้นและไขมันน้อยกว่า จึงส่งผลให้ มีค่าดังกล่าวสูงกว่าลูกเดี๋ยยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป ส่วนปริมาณไขมันลูกเดี๋ยยอบพองมีค่าน้อยกว่าลูกเดี๋ยยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป เนื่องจากลูกเดี๋ยยอบกรอบจำหน่ายทั่วไปผ่านการทอดด้วยน้ำมันเพื่อให้พองตัว จึงมีการดูดซับจากน้ำมันที่ใช้ทอดอยู่ในลูกเดี๋ยยส่งผลให้มีปริมาณไขมันสูงกว่า

ตารางที่ 9 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกเดี๋ยยอบพองเปรียบเทียบกับลูกเดี๋ยยอบกรอบจำหน่ายทั่วไป

คุณภาพ	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	ลูกเดี๋ยยอบพอง (จากการวิจัย)	ลูกเดี๋ยยอบกรอบ (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

การผลิตลูกเดี๋ยยอบพองที่เหมาะสม คือ การแช่ลูกเดี๋ยยนาน 22 ชั่วโมง นำมาทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที จากนั้นอบเพื่อลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง 15 นาที และเคลือบลูกเดี๋ยยด้วยเนยนำลูกเดี๋ยยจำนวน 10 กรัม เข้าอบในเตาไมโครเวฟที่ความร้อนสูงสุด (กำลังไฟ 800 วัตต์) นาน 1 นาที 30 วินาที จะได้ลูกเดี๋ยยที่มีการอบพองตัวสม่ำเสมอ และผลิตภัณฑ์ลูกเดี๋ยยอบพองมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใยเท่ากับร้อยละ 3.27 13.32 14.63 67.93 0.85 และ 1.95 ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และห้างหุ้นส่วนจำกัดแม่เหล็กฟู๊ดโปรดักท์ จ.พะเยา ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา อุ่มอารีย์. 2549. ผลของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของขนมอบพองจากข้าวเหนียวหัก. การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จักรกฤษณ์ จิตจำนงค์. 2554. กรรมวิธีการผลิตข้าวเหนียวกลัองอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธนิษฐา พัฒนกิจจำรูญ และนภาพันท์ โชคอำนวยพร. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟป๊อปคอร์น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญธิดา อินหาดกรวด และภาวิ จันทรลอย. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากลูกเดี๋ยย. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- พรทิพย์ ศิริสุนทรลักษณ์, กัญญารัตน์ รุจิราษฎร์เรือง และเกื้อพันธ์ ชยะสุนทร. 2552. **การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำ**. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ. คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มนทรา วุฒิปราศรัย และศิริประภา มาลีหอม. 2550. **ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากถั่วขึ้นรูป**. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล. 2546. **การแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบโดยไมโครเวฟ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. **บทปฏิบัติการเคมีอาหาร**. ลำปาง : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย, เกษม นันทชัย และวรรณุช ศรีเจษฎารักษ์. 2553. **ผลกระทบของกระบวนการ pre-gelatinisation ที่ใช้ในการลดเวลาการหุงต้มต่อคุณภาพทางด้านกลืน รส และเนื้อสัมผัสของข้าวหอมมะลิ**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://ora.kku.ac.th/res_kku/Abstract/AbstractView.asp?Oid=1355533559.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ลูกเดือยทอดกรอบ** มพข 900/2548. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา www.hec.rmup.ac.th/th/files_upload/kmtank52_13.pdf.
- อรทัย บุญทะวงศ์, จิตราภรณ์ สอนราช และพจนีย์ เอกรัตน์. 2554. **การพัฒนากระบวนการผลิตลูกเดือยหุงสุกเร็ว**. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสหกิจวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- อุบลรัตน์ พรหมพิง. 2549. **ผลิตภัณฑ์ข้าวแต่นเสริมใยอาหารจากสับปะรดและการยอมรับของผู้บริโภค : กรณีศึกษาในเขตจังหวัดลำปาง**. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อัญชลี ศรีวิไล, รัชฎาตั้งวงศ์ไชย, เกษม นันทชัย, วรรณุช ศรีเจษฎารักษ์ และจันทน์ อริยะพงศ์. 2553. **ผลกระทบของกระบวนการ “Pregelatinization” ต่อคุณภาพของข้าวหอมมะลิหุงสุก**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- 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., Yamamoto, 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.