

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์

Development of Puffed Rice Product from

Organic Kiaw Ngoo Sticky Rice

วรรณศิกา ช่วยพัฒน และดุสิต อธินววัฒน์*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ดวงกมล ด้านขับต้อน

มูลนิธิเกษตรอินทรีย์ไทย อาคารสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

ชนัญญ์ ผลประไพ

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wansika Chuaiphat and Dusit Athinuwat*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Duangkamon Dankhabton

Thai Organic Agriculture Foundation (TOAF), Rice Research and Development Building, Rice Department,

Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

Chanan Phonprapai

Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Received: December 19, 2019; Accepted: January 21, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์ที่ขึ้นรูปด้วยสูตรน้ำตาลต่าง ๆ พบว่าการแช่ข้าวเหนียวในน้ำดอกอัญชันส่งผลให้ค่าสี a^* และเนื้อสัมผัสของข้าวพองสูงที่สุด (6.04 ± 0.18 และ 21.93 ± 0.39 N ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อศึกษาสูตรน้ำตาลดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพอง 3 สูตร พบว่าสูตร 2 (เบะแฆ 10 กรัม หญาหวาน 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร) ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์สูงสุดด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม (6.7 ± 0.20 , 7.3 ± 0.04 , 7.2 ± 0.03 และ 7.4 ± 0.04 ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ นอกจากนี้สูตรน้ำตาลดัดแปลงที่ 2 ยังทำให้

ผลิตภัณฑ์ข้าวพองมีค่าเนื้อสัมผัสที่ดีและมีความชื้นต่ำที่สุด (20.56 ± 0.18 N และ 1.5 ± 0.10 % ตามลำดับ) จึงสรุปว่ากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวพองที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ การแช่ข้าวเหนียวเขียววุ้นอินทรีย์ในน้ำดอกอัญชันเป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง และนำไปึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 25 นาที แล้วนำข้าวเหนียวที่ึ่งสุกแล้วไปตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทอดข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และนำข้าวพองไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวพองด้วยน้ำเชื่อมสูตรดัดแปลงสูตร 2

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์จากข้าว; เตยหอม; ดอกอัญชัน; หญ้าหวาน; เกษตรอินทรีย์

Abstract

The purpose of this research was to develop of puffed rice product from organic Kiaw Ngoo sticky rice with modified syrup to product forming. The suitable manufacturing process in this production was also studied. We found that soaking glutinous rice in butterfly pea flower juice showed highest significantly ($p \leq 0.05$) of a^* value and texture value of puffed rice with 6.04 ± 0.18 and 21.93 ± 0.39 N, respectively when compared with those of other treatments. Subsequently, three treatments of puffed rice product forming modified syrup were investigated. We found that the formula 2; 10 g of glucose syrup and water and 5 g of stevia, gave the highest customer acceptances of the product including the best aroma, texture value, taste, and overall liking of puffed rice product with 6.7 ± 0.20 , 7.3 ± 0.04 , 7.2 ± 0.03 , and 7.4 ± 0.04 , respectively. Moreover, the formula 2 showed the best texture value and moisture content of the product with 20.56 ± 0.18 N and 1.5 ± 0.10 %, respectively. This indicated that the best process for puffed rice product was soaking glutinous rice in butterfly pea flower juice for 10-12 h, steamed with boiled water for 25 min, dried with solar energy for 24 h, and fried in boiled oil at 190 °C. Then, 100 g of puffed rice were formed with modified syrup including 10 g of glucose syrup and water and 5 g of stevia.

Keywords: rice product; fragrant screw pine; butterfly pea; stevia; organic farming

1. คำนำ

ข้าวพองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวมาหุงให้สุก ฝั่งแตกหรืออบให้แห้ง นำมาทอดหรือคั่วให้พอง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) โดยข้าวพองจัดเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในหลายประเทศ ได้แก่ อินเดีย ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา ฟิlipปินส์ เป็นต้น ในประเทศอินเดียข้าวพองได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากราคาไม่แพง ทำได้ง่าย ข้าวยังคงเป็นเม็ด มีความกรอบ และมีพลังงานต่ำ (ไพบูลย์ และ

คณะ, 2545) ประเทศไทยมีการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวพองในรูปแบบต่าง ๆ มาเป็นเวลานานและมีแนวโน้มว่ามีความต้องการเพิ่มมากขึ้น การผลิตข้าวพองใช้เทคโนโลยีในการทำให้พองต่างกัน ได้แก่ การพองด้วยการย่างบนความร้อน การพองตัวที่เกิดจากแรงอัดที่อุณหภูมิสูง การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน และการพองที่เกิดจากการอบหรือทอดในน้ำมันร้อน โดยลักษณะเด่นของข้าวพองคือ มีเนื้อข้าวที่พอง เบา กรอบ ความหนาแน่นต่ำ (งามชื่น, 2541) ปัจจุบันมีการนำข้าวพองมาแปรรูป

เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมากขึ้น ได้แก่ ข้าวพอง เคลือบคาราเมล ข้าวพองเคลือบช็อคโกแลต ข้าวพองรสตั้มยำกุ้ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ ณัฐวิมล และคณะ (2559) ในการสำรวจรสชาติของผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสชาติอาหารล้านนา พบว่า ผู้บริโภคสนใจผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสน้ำพริกอ่อน ร้อยละ 94.5 แต่ปัญหาของข้าวพองมักมีน้ำตาลและไขมันสูง ไม่ดีต่อสุขภาพ ไม่สะดวกต่อการทำและบริโภค ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (มาลี, 2538; รัตนภรณ์, 2549) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพอง โดยใช้ส่วนผสมทดแทนที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนความหวาน ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรจากธรรมชาติที่มีสมบัติโดดเด่นด้านการให้ความหวานมากกว่าน้ำตาล 15-30 เท่า แต่ไม่ให้พลังงาน (คมคาย และคณะ, 2557) ช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือด เพิ่มสีส้ม และคุณสมบัติให้แก่วัสดุ รวมทั้งตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ โดยนำพืชสมุนไพร เช่น เตยหอม ดอกอัญชัน มาเป็นส่วนประกอบในการเพิ่มคุณค่าและประโยชน์ให้แก่วัสดุ เนื่องจากเตยหอมและดอกอัญชันเป็นพืชที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและให้ผลผลิตตลอดทั้งปี เตยหอมเป็นพืชที่สามารถให้สีเขียวในการแต่งสีขนมหลายชนิด เนื่องจากมีสารสีจากคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และแต่งกลิ่นให้หอม เตยหอมมีสรรพคุณทางยาหลายประการ เช่น บำรุงหัวใจ ลดน้ำตาลในเลือด ลดความดันโลหิต ใช้รักษาโรคหัดเลือดออกตามไรฟัน หวัด ตับอักเสบ (อัจฉรา, 2555) และที่สำคัญ คือ เตยหอมประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกับดอกอัญชันที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีรงควัตถุที่เรียกว่าแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่สลายง่าย ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดอกอัญชันมีสีที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เป็นแหล่งสีธรรมชาติที่นำมาใช้ในอาหารและเครื่องสำอาง เป็นพืชสมุนไพร

ล้มลุก (วีรยา และคณะ, 2552) ด้วยคุณสมบัติของเตยหอมและดอกอัญชันที่กล่าวข้างต้นจึงทำให้มีความสนใจที่จะนำพืชทั้ง 2 ชนิด มาเพิ่มสีส้มและคุณสมบัติให้แก่วัสดุ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สะดวกต่อการบริโภค ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ แต่คงความเป็นเอกลักษณ์ของไทย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษากระบวนการผลิตข้าวพองที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 การแช่ข้าวเหนียวแช่อยู่ในน้ำสะอาด กรรมวิธีที่ 2 การแช่ข้าวเหนียวแช่อยู่ในน้ำดอกอัญชัน และกรรมวิธีที่ 3 การแช่ข้าวเหนียวแช่อยู่ในน้ำใบเตย โดยแต่ละกรรมวิธีเริ่มต้นจากการนำข้าวเหนียวแช่อยู่ในน้ำปริมาณ 2,500 กรัม มาล้างน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) จำนวน 3-4 ครั้ง เพื่อล้างฝุ่นละอองออกจากเมล็ดข้าวเหนียว แล้วแบ่งข้าวเหนียวเป็น 5 ซ้ำ แช่ลงในน้ำสะอาด น้ำดอกอัญชัน และน้ำใบเตย ตามกรรมวิธีต่าง ๆ อัตราส่วนข้าวเหนียว: น้ำ คือ 1:2 เป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง และนำไปนึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที นำข้าวเหนียวที่นึ่งสุกแล้วไปตากในตู้อบความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทอดข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัด แล้ววางพักไว้บนภาชนะที่มีกระดาษซับมันไว้ พักข้าวให้เย็นแล้วนำไปบรรจุลงในถุงปิดผนึก นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ การวัดค่าสีด้วยเครื่อง spectrophotometer

(CM 3500d Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) โดยวัดด้วย โหมดแสงสะท้อน (reflectance) จำนวน 10 ซ้ำ [ค่าความสว่าง (L^*) มีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว; ค่าสีของวัตถุ (a^*) + หมายถึง วัตถุมีสีแดง - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว; ค่าสีของวัตถุ (b^*) + หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน] การวัดค่าเนื้อสัมผัส (N) ด้วยเครื่อง texture analyzer (TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ) โหมดการวัดแบบ single hardness จำนวน 10 ซ้ำ การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง Aqualab (CX3 TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ใช้ตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และการวัดค่าปริมาณความชื้น (%) วิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) ใช้ตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รวมทั้งวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการนำข้าวพองจากทั้ง 3 กรรมวิธี มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน ทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9- point hedonic scale) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

2.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์

ศึกษาสูตรน้ำเชื่อมสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์ โดยนำกรรมวิธีที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในข้อ 2.1 มาขึ้นรูปโดยใช้น้ำเชื่อมดัดแปลงจากสูตรเดิมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงู สูตรต่าง ๆ 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 แปะแซ 10 กรัม น้ำตาลปี๊บ 10 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร สูตรที่ 2 แปะแซ 10 กรัม หญาหวาน 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร และ

สูตร 3 แปะแซ 10 กรัม ซูคราโลส (sucralose) 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร วางแผนการทดลองแบบ CRD และทดลองสูตรละ 5 ซ้ำ โดยการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองด้วยน้ำเชื่อมแต่ละสูตรต่อข้าวพอง 100 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการนำผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากทั้ง 3 สูตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน ทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9- point hedonic scale) และคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส (N) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และปริมาณความชื้น (%) เช่นเดียวกันกับข้อ 2.1 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตข้าวพองที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวพองที่มีกระบวนการผลิตแตกต่างกัน พบว่าคุณภาพสีด้านค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวพองนั้น กรรมวิธีที่ 1 แปะแซในน้ำสะอาดส่งผลให้ข้าวพองมีค่าความสว่างสูงสุด (68.90 ± 1.45) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีที่ 2 แปะแซในน้ำดอกอัญชัน และกรรมวิธีที่ 3 แปะแซในใบเตย ซึ่งมีค่า L^* 44.77 ± 0.66 และ 53.27 ± 0.71 ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 1) เนื่องจากเมล็ดข้าวพองติดสีม่วงจากดอกอัญชันและสีเขียวจากใบเตย จึงส่งผลต่อค่าความสว่างของข้าวพอง ส่วนค่าสีของวัตถุ (a^*) กรรมวิธีที่ 2 ส่งผลให้ข้าวพองมีค่า a^* สูงสุด (6.04 ± 0.18) รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 1 และ 3 ซึ่งมีค่า a^* 2.17 ± 0.05 และ -4.28 ± 0.15 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากค่าสีของวัตถุ (a^*)

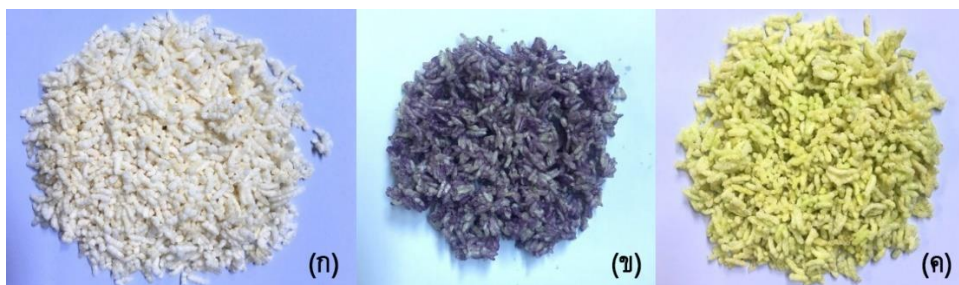
+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว ดังนั้นกรรมวิธีที่ 3 ข้าวพองติดสีเขียวจากใบเตย จึงทำให้ค่า a^* ติดลบ สำหรับค่าสีของวัตถุ (b^*) กรรมวิธีที่ 1 ส่งผลให้ข้าวพองมีค่า b^* สูงสุด (22.62 ± 0.75) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ซึ่งมีค่า b^* -19.35 ± 0.30 และ -5.42 ± 0.32 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากค่าสีของวัตถุ (b^*) + หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน ดังนั้นกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ข้าวพองติดสีม่วงจากดอกอัญชันและติดสีเขียวจากใบเตย จึงทำให้ค่า b^* ติดลบ การเปลี่ยนแปลงสีของข้าว

พองที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอบแห้งมีอิทธิพลจากการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ได้มาจากการทำงานของเอนไซม์ (non-enzymatic browning) เกิดจากสารพวเคมีน (amine) กรดอะมิโน หรือโปรตีนทำปฏิกิริยากับสารจำพวกน้ำตาล อัลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโตน (ketone) ขณะที่อาหารผ่านความร้อนทำให้ได้สารเมลานอยดิน (melanoidin) ที่ให้สีน้ำตาลหรือสีลักษณะที่เหลืองเข้มกว่าสีปกติของข้าวทั่วไป (มะลิ และคณะ, 2558; Leelayuthsoontorn and Thipayarat, 2006; Luangmalawat *et al.*, 2008)

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวพองที่มีกระบวนการผลิตแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	กระบวนการผลิต ^{1/}		
	กรรมวิธีที่ 1 แช่น้ำสะอาด	กรรมวิธีที่ 2 แช่น้ำดอกอัญชัน	กรรมวิธีที่ 3 แช่น้ำใบเตย
ค่าสี			
L* (ความสว่าง)	68.90 $\pm$ 1.45 ^a	44.77 $\pm$ 0.66 ^c	53.27 $\pm$ 0.71 ^b
a* (สีแดง)	2.17 $\pm$ 0.05 ^b	6.04 $\pm$ 0.18 ^a	-4.28 $\pm$ 0.15 ^c
b* (สีเหลือง)	22.62 $\pm$ 0.75 ^a	-19.35 $\pm$ 0.3 ^c	-5.42 $\pm$ 0.32 ^b
ปริมาณน้ำอิสระ	0.25 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.01
เนื้อสัมผัส (N)	20.30 $\pm$ 0.27 ^b	21.93 $\pm$ 0.39 ^a	22.16 $\pm$ 0.44 ^a
ความชื้น (%)	1.77 $\pm$ 0.06	1.82 $\pm$ 0.08	1.84 $\pm$ 0.08

^{1/} อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test



รูปที่ 1 ข้าวพองจากกรรมวิธีการผลิตแตกต่างกัน ได้แก่ (ก) การแช่ข้าวเหนียวในน้ำสะอาด (ข) การแช่ข้าวเหนียวในน้ำดอกอัญชัน และ (ค) การแช่ข้าวเหนียวในน้ำใบเตย

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นของข้าวพองจากทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่เกิน 6 % ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 36/2554) กำหนดไว้ ขณะที่ค่าเนื้อสัมผัสของข้าวพองจากกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีค่าสูงสุด (21.93 ± 0.39 N และ 22.16 ± 0.44 N ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งมีค่าเนื้อสัมผัส 20.30 ± 0.27 N (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับรายงานของ ไพบูลย์ และคณะ (2545) ที่ว่าข้าวที่มีอัตราการพองตัวสูงมีค่าความสว่างหรือขาวสูงกว่าข้าวที่มีอัตราการพองตัวต่ำ เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของข้าวพองในกรรมวิธีที่ 1 พบว่ามีค่าความสว่างสูงที่สุด (68.90 ± 1.45) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ที่มีค่าความสว่างลดลง (44.77 ± 0.66 และ 53.27 ± 0.71 ตามลำดับ) บ่งชี้ให้เห็นว่าข้าวพองในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีอัตราการพองตัวลดลง ส่งผลให้ค่าเนื้อสัมผัส (แรงกด) เพิ่มขึ้น เนื่องจากความสัมผัสระหว่างอัตราการพองตัวและความกรอบจะมีทิศทางไปในแนวทางเดียวกัน แต่จะผกผันกับแรงที่ใช้ในการกดผลิตภัณฑ์ (Villareal and Juliano, 1987) ดังนั้นเมื่อข้าวพองในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีอัตราการพองตัวลดลง ส่งผลให้มีค่าความกรอบ

ลดลง มีความโปร่งและเกิดช่องว่างภายในข้าวพองน้อย ทำให้แรงที่ต้องใช้ในการกดเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการแช่ข้าวเหนียวในน้ำดอกอัญชันและน้ำใบเตยมีผลต่อค่าสีและเนื้อสัมผัสของข้าวพอง

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวพองที่มีกระบวนการผลิตต่างกันในแต่ละกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 3 ส่งผลให้ลักษณะปรากฏมีค่าสูงสุด (7.6 ± 0.15 และ 7.4 ± 0.13 ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีที่ 1 ที่มีค่าลักษณะปรากฏ 5.3 ± 0.26 (ตารางที่ 2) ในทำนองเดียวกันกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ส่งผลให้กลิ่นมีค่าสูงสุด (7.6 ± 0.13 และ 7.7 ± 0.24 ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีที่ 1 ที่มีค่ากลิ่น 5.5 ± 0.09 (ตารางที่ 2) ยิ่งไปกว่านั้นกรรมวิธีที่ 2 ยังส่งผลให้ด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมของข้าวพองมีค่าสูงสุด (7.8 ± 0.14 , 7.4 ± 0.1 และ 7.7 ± 0.12 ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 2) จึงนำกระบวนการผลิตข้าวพองกรรมวิธีที่ 2 แช่ในน้ำดอกอัญชันไปศึกษาสูตรน้ำเชื่อมสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขียวอูอินทรีย์ต่อไป

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวพองที่มีกระบวนการผลิตแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	กระบวนการผลิต ^{1/}		
	กรรมวิธีที่ 1 แช่น้ำสะอาด	กรรมวิธีที่ 2 แช่น้ำดอกอัญชัน	กรรมวิธีที่ 3 แช่น้ำใบเตย
ลักษณะปรากฏ	5.3 ± 0.26^b	7.6 ± 0.15^a	7.4 ± 0.13^a
สี	5.5 ± 0.18^c	7.8 ± 0.14^a	6.5 ± 0.15^b
กลิ่น	5.5 ± 0.09^b	7.6 ± 0.13^a	7.7 ± 0.24^a
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	7.1 ± 0.14	7.1 ± 0.05	7.1 ± 0.08
รสชาติ	5.4 ± 0.1^c	7.4 ± 0.1^a	6.3 ± 0.13^b
ความชอบโดยรวม	5.5 ± 0.1^c	7.7 ± 0.12^a	6.6 ± 0.23^b

^{1/} อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวพองขึ้นรูปสูตรต่างกัน

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ข้าวพองขึ้นรูปสูตรต่างกัน ^{1/}		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะปรากฏ	7.5±0.07	7.5±0.15	7.5±0.17
สี	7.3±0.05	7.2±0.05	7.2±0.05
กลิ่น	6.8±0.10 ^a	6.7±0.20 ^{ab}	6.6±0.10 ^b
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	5.8±0.13 ^c	7.3±0.04 ^a	6.8±0.11 ^b
รสชาติ	6.1±0.08 ^c	7.2±0.03 ^a	6.7±0.07 ^b
ความชอบโดยรวม	6.1±0.04 ^c	7.4±0.04 ^a	6.6±0.14 ^b

^{1/} อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test

3.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์

ผลการศึกษาสูตรน้ำตาลดัดแปลงสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์ โดยนำกระบวนการผลิตข้าวพองกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งได้คะแนนความชอบสูงสุดมาขึ้นรูปโดยใช้น้ำตาลดัดแปลงสูตรต่าง ๆ 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 แปะแซ 10 กรัม น้ำตาลปี๊บ 10 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร สูตร 2 แปะแซ 10 กรัม หนุ้าหวาน 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร และสูตร 3 แปะแซ 10 กรัม ชูคราโลส 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร พบว่าน้ำตาลดัดแปลงสูตร 2 ส่งผลให้กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของข้าวพองดีที่สุด (6.7±0.20, 7.3±0.04, 7.2±0.03 และ 7.4±0.04 ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับรายงานของ Lobphu และ Buakam (2016) ซึ่งพบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับในระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชแห้งจากข้าวกล้องอินทรีย์หักมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้สารสกัดหนุ้าหวาน 5 กรัม โดยมีความชอบเฉลี่ยจากผู้ทดสอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และ

ความชอบโดยรวมสูงที่สุด ขณะที่น้ำตาลดัดแปลงสูตรต่าง ๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและสีของข้าวพองขึ้นรูป เนื่องจากค่าลักษณะปรากฏและสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวพองขึ้นรูปพบว่าค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ทั้ง 3 สูตร ไม่มีความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L^*) 45.15±0.28, 45.17±0.59 และ 45.45±0.28 ตามลำดับ ค่าสีของวัตถุ (a^*) 2.43±0.35, 2.42±0.23 และ 2.38±0.14 ตามลำดับ และค่าสีของวัตถุ (b^*) -20.92±0.49, -20.69±0.57 และ -20.99±0.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ขณะที่ข้าวพองที่ขึ้นรูปด้วยน้ำตาลดัดแปลงสูตร 2 มีค่าเนื้อสัมผัสดีที่สุด (20.56±0.18 N) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับข้าวพองที่ขึ้นรูปด้วยน้ำตาลดัดแปลงสูตร 1 และ 3 ซึ่งมีค่าเนื้อสัมผัส 45.42±0.12 N และ 25.77±0.38 N ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เนื่องจากสารสกัดจากหนุ้าหวานไม่มีความหนืด จึงไม่ส่งผลต่อการยึดเกาะกันของส่วนผสม ทำให้มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ไม่แน่นและแข็งจนเกินไป (ธิดารัตน์ และคณะ, 2559) อีกทั้งข้าวพองที่ขึ้นรูป

ด้วยน้ำเชื่อมดัดแปลงสูตร 2 ยังมีความชื้นน้อยที่สุด (1.5 ± 0.10 %) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับข้าวพองที่ขึ้นรูปด้วยน้ำเชื่อมดัดแปลงสูตร 1 และ 3 ซึ่งมีค่าความชื้น 3.14 ± 0.05 และ 2.14 ± 0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และมีปริมาณน้ำอิสระที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$) มีค่า 0.25 ± 0.01 , 0.26 ± 0.01 และ 0.25 ± 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าข้าวพองที่ขึ้นรูปด้วยน้ำเชื่อมดัดแปลงสูตร 2 มีความกรอบอร่อยและมีเนื้อสัมผัสที่ดี รวมทั้งได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงที่สุดเนื่องจากรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวพองขึ้นรูปสูตรต่างกัน

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ข้าวพองขึ้นรูปสูตรต่างกัน ^{1/}		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ค่าสี			
L* (ความสว่าง)	45.15 ± 0.28	45.17 ± 0.59	45.45 ± 0.28
a* (สีแดง)	2.43 ± 0.35	2.42 ± 0.23	2.38 ± 0.14
b* (สีเหลือง)	-20.92 ± 0.49	-20.69 ± 0.57	-20.99 ± 0.33
ปริมาณน้ำอิสระ	0.25 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.25 ± 0.01
เนื้อสัมผัส (N)	45.42 ± 0.12^a	20.56 ± 0.18^c	25.77 ± 0.38^b
ความชื้น (%)	3.14 ± 0.05^a	1.5 ± 0.10^c	2.14 ± 0.02^b

^{1/} อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test

4. สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์ด้วยกระบวนการแช่ข้าวเหนียวที่ต่างกัน 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 การแช่ข้าวเหนียวเขี้ยวงูในน้ำสะอาด กรรมวิธีที่ 2 การแช่ข้าวเหนียวเขี้ยวงูในน้ำดอกอัญชัน และกรรมวิธีที่ 3 การแช่ข้าวเหนียวเขี้ยวงูในน้ำใบเตย พบว่ากรรมวิธีที่ 2 ให้ผลวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด และพบว่าการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองด้วยสูตรน้ำเชื่อมในกรรมวิธีที่ 2 การใช้เบะแซ 10 กรัม หนุ้าหวาน 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุด มีค่ากลิ่นเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม 6.7 ± 0.20 ,

7.3 ± 0.04 , 7.2 ± 0.03 และ 7.4 ± 0.04 ตามลำดับ มีค่าเนื้อสัมผัส 20.56 ± 0.18 N และความชื้นที่ต่ำที่สุด (1.5 ± 0.10 %) ส่วนค่าสี (L*, a* และ b*) และปริมาณน้ำอิสระไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติจากกรรมวิธีอื่น ๆ ผลการวิจัยครั้งนี้บ่งชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองจากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์ให้ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ การแช่ข้าวเหนียวเขี้ยวงูในน้ำดอกอัญชันและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ข้าวพองด้วยเบะแซ 10 กรัม หนุ้าหวาน 5 กรัม และน้ำเปล่า 10 มิลลิลิตร ต่อข้าวพอง 100 กรัม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี

งบประมาณ 2561 ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน. 16/2561

6. รายการอ้างอิง

- คมคาย พกษากร, สุธีร์ นนทภา, สินธุ์ สโรบล และไมตรี สุทธจิตต์, 2557, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไล่มดจากหญ้าหวาน, ว.นเรศวรพะเยา 7(2): 110-117.
- งามชื่น คงเสรี, 2541, ผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, นนทบุรี, 429 น.
- ณัฐวณิชกุล เศรษฐปราโมทย์, อุบลรัตน์ พรหมพิง, เกียรติศักดิ์ ไชยเลิศ และภูมิพัฒน์ มักได้, 2559, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสชาติอาหารล้านนา (น้ำพริกฮ่อ), รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ กลุ่มระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์, 1(1): 2752-2765.
- ธิดารัตน์ ลบภู และปิยพร บัวคำ, 2559, การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาร์พลังงานต่ำจากส่วนผสมของข้าวกล้อง สับปะรด และสารสกัดจากหญ้าหวาน, รายงานการวิจัยสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก, จักรี ทองเรือง, พิทยา อุดลยธรรม, วรัญญ ศรีเดช และมุกดา มีนุ่น, 2545, การผลิตข้าวพองเพื่อสุขภาพ, รายงานการวิจัยคณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- มะลิ นาชัยสินธุ์, ธนชัย พลเคน, สุมินทร์ญา ที่ทา และกลยุฑ ติจรัง, 2558, การศึกษาคูณภาพข้าวอินทรีย์เคลือบไบโอดีบุกแบบกึ่งสำเร็จรูป, ว.วิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2(1): 72-79.
- มาลี ชัมศรีสกุล, 2538, ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการพองตัวของข้าวเปลือกและต่อคุณสมบัติน้ำข้าวพองที่ได้, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- รัตนภรณ์ ลมูลภักตร์, 2549, ผลของการทอดด้วยเทคนิคการเจือน้ำมันที่มีต่อสมบัติทางเคมีทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของข้าวพองเสริมธาตุไอโอดีน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วีรยา ศักดิ์คำดวง, นันทิยา วงศ์แสงตา และอรุณศรี ปรีเปรม, 2552, สารจากดอกอัญชัน : องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์, ว.ศูนย์บริการวิชาการ 17(1-4): 10-15.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 273/2559) ข้าวพอง, กรุงเทพฯ, 9 น.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 743/2548 ผลิตภัณฑ์ข้าวพอง, แหล่งที่มา : <http://app.tisi.go.th/otop/standard/standards.html>, 3 ธันวาคม 2562.
- อัจฉรา นิยมเดชา, 2555, ผลของการเสริมไบโอดีบุก (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของนกกระทาญี่ปุ่นและคุณภาพไข่, รายงานผลการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, นราธิวาส.
- AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC international, 17th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MA.
- Leelayuthsoontorn, P. and Thipayarat, A., 2006, Textural and morphological changes of jasmine rice under various elevated cooking condition, Food Chem. 96: 606-613.
- Lobphu, T. and Buakam, P., 2016, Development of low calories bar from brown rice,

- pineapple and stevioside, FST CMU Res. Exerc. J. 1(1): 1-16.
- Luangmalawat, P., Prachyawarakorn, S., Nathakaranakule, A. and Soponronnarit, S., 2008, Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice, Food Sci. Technol. 41: 716-723.
- Villareal, C.P. and Juliano, B.O., 1987, Varietal differences in quality characteristic of puffed rice, Cereal Chem. 64: 337-342.