Research Article

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

การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวเพื่อผลิตข้าวแตน

Utilization of Broken Rice for Rice Cracker Production

นรินทร์ เจริญพันธ์*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

Narin Charoenphun*

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus,

Suwannasorn Road, Watthananakhon, Sakaeo 27160

บทคัดย่อ

ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการและมีราคาถูก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของปลายข้าวเจ้าและปลายข้าวเหนียวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวแตน พบว่าสูตรที่มีอัตราส่วนของปลายข้าวเจ้าต่อปลายข้าวเหนียวร้อยละ 100:0 มีอัตราการพองตัวต่ำที่สุด ความแข็งสูงที่สุด และคะแนนความชอบรวมต่ำที่สุด สูตรที่เหมาะสมในการผลิตข้าวแตนคือสูตรที่มีอัตราส่วนของปลายข้าวเจ้าต่อปลายข้าวเหนียวร้อยละ 0:100 ซึ่งเป็นสูตรที่มีอัตราการพองตัวสูงที่สุด และมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ (7.70±0.79) กลิ่น (7.60±1.00) รสชาติ (7.63±0.81) เนื้อสัมผัส (7.83±0.79) และความชอบรวม (7.77±0.82) สูงที่สุด การศึกษาผลของการใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วนต่างกันต่อคุณภาพของน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มแปรผันตรงกับปริมาณน้ำตาลอ้อยและความแข็งของน้ำเชื่อมหลังทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มแปรผันตรงกับปริมาณน้ำหญ้าหวาน โดยการใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วน 100:0, 75:25 และ 50:50 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวในการผลิตข้าวแตนและการนำหญ้าหวานมาเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลอ้อยบางส่วน เป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่นและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

คำสำคัญ : ข้าวแตน; ปลายข้าว; ข้าวเหนียว; หญ้าหวาน; อัตราการพองตัว

Abstract

Broken rice, an inexpensive by-product from the milling process, has high nutritional value. This research aimed to study the ratio of broken rice from non-glutinous rice and glutinous rice on

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** narinch@buu.ac.th **doi:** 10.14456/tstj.2020.171

the quality of rice cracker products. The results showed that the formula with the ratio of non-glutinous rice to glutinous rice as 100:0 had the lowest swelling rate, the highest hardness, and the lowest overall liking score. Interestingly, the suitable formula for rice cracker production was the formula with non-glutinous rice to glutinous rice as a ratio of 0:100. Apparently, it had the highest swelling rate and the highest score of appearance (7.70±0.79), flavor (7.60±1.00), test (7.63±0.81), texture (7.83±0.79), and overall liking (7.77±0.82), respectively. The effect of sugarcane sugar on stevia water in different ratios on the quality of the rice cracker syrup were also studied. It was found that the total soluble solids of syrup varied directly to the amount of cane sugar, while the hardness of the syrup after cooling at room temperature varied directly to the amount of stevia water. The ratio of cane sugar on stevia water at 100 : 0, 75 : 25 and 50 : 50 with the average score of appearance, flavor, taste, texture and overall liking were not statistically significant ($p > 0.05$). Utilization of broken rice and stevia water for rice cracker production is an interesting way for value added raw materials in locality, with a variety of products for supplying health- conscious consumers.

Keywords: rice cracker; broken rice; glutinous rice; stevia; swelling rate

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ 1 ใน 5 ของโลก ข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักที่สำคัญของโลกที่อุดมด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยคาร์โบไฮเดรตถือเป็นส่วนประกอบหลักคิดเป็นร้อยละ 70-80 ส่วนใหญ่เป็นแป้ง น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลเดกซ์ทริน มีโปรตีนประมาณร้อยละ 7-8 ไขมันพบได้เล็กน้อย วิตามินที่พบ คือ วิตามินบี 1 และบี 2 ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อระบบประสาทของมนุษย์ ส่วนเกลือแร่ที่พบ ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เป็นต้น [1] ปลายข้าวหรือข้าวหัก (broken rice) คือ ข้าวไม่เต็มเมล็ดที่ติดอยู่บนตะแกรงร่อนรูกลมขนาด 1.0 มิลลิเมตร [2] ปลายข้าวประกอบด้วยเศษข้าวที่หักและส่วนของจมูกข้าว โดยทั่วไปปลายข้าวมี 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่หรือข้าวท่อน ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว ซึ่งมีราคาถูกกว่าข้าวสารเต็มเมล็ด 3-5 เท่า [3] การนำปลายข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังเป็นช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีรายได้เพิ่มขึ้น ปัจจุบันเริ่มมีการใช้ประโยชน์จากปลายข้าวเพิ่มขึ้น โดยการนำปลายข้าวมาเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว [4] การใช้ปลายข้าวเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้พลังงานต่ำ [5] การผลิตปลายข้าวหมักด้วยราแดงสายพันธุ์ไทยเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ [6] การนำปลายข้าวมาผลิตกลูโคสไซรัป [7] เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนหรือที่เรียกว่านางเล็ด หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวเหนียวนึ่งสุกอาจผสมกับส่วนประกอบอื่น เช่น น้ำผลไม้ น้ำผัก น้ำสมุนไพร เกลือ น้ำอ้อย งา น้ำกะทิ แล้วทำให้เป็นแผ่นหรือรูปทรงอื่น ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจาก

แสงอาทิตย์หรือพลังงานอื่น ทอดให้พอง อาจปรุงแต่งหน้าด้วยเครื่องปรุงต่าง ๆ ได้แก่ น้ำตาลมะพร้าว เกี่ยว หมูหยอง น้ำพริกเผา เป็นต้น [8] ข้าวแตนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่สะดวกในการรับประทานและมีอายุการเก็บรักษานาน ปัจจุบันผู้ประกอบการหลายรายมีการผลิตข้าวแตนเป็นสินค้าส่งออกซึ่งมีแนวโน้มการขยายตัวทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง ข้าวเต็มเมล็ดเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในการผลิตข้าวแตน บางฤดูกาลข้าวเต็มเมล็ดมีราคาสูง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการเพิ่มสูงขึ้น การนำปลายข้าวมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวแตนจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลพลอยได้จากการสีข้าวได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปลายข้าวเจ้าและข้าวเหนียวในการผลิตข้าวแตน และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้น้ำหญ้าหวานทดแทนการใช้น้ำตาลอ้อยบางส่วนเพื่อผลิตน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตน วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพควบคู่กับการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เหมาะสมในการผลิตข้าวแตน องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในกระบวนการผลิตข้าวแตนจากปลายข้าวเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาผลของการใช้ปลายข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อคุณภาพของข้าวแตน

2.1.1 การเตรียมน้ำแตงโม

นำแตงโมเนื้อสีแดง (*Citrullus lanatus*) ล้างทำความสะอาด ปอกเอาแต่ส่วนเนื้อนำไปปั่นผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน (เนื้อแตงโม 6 ส่วน ต่อน้ำสะอาด 1 ส่วน) ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เติมน้ำตาลทรายขาวคนให้เข้ากัน ปรับความหวานด้วยการเติมน้ำตาลทรายขาว ให้ได้ปริมาณความหวานเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) เก็บในภาชนะปิดสนิท

2.1.2 การเตรียมปลายข้าวเหนียวนึ่ง

นำปลายข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มาล้างด้วยน้ำสะอาด แช่น้ำไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ล้างให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ นึ่งจนสุก นำไปผึ่งให้เย็น เก็บในภาชะปิดสนิท

2.1.3 การเตรียมปลายข้าวเจ้าหอมมะลิหุงสุก

นำปลายข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ 105 มาล้างด้วยน้ำสะอาด หุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า (Sharp, KS-18EOR, Thailand) โดยใช้อัตราส่วนปลายข้าวต่อน้ำสะอาดเท่ากับ 1 : 1.5 หุงจนข้าวสุก

2.1.4 การทดลองใช้ปลายข้าวเหนียวและปลายข้าวเจ้าในการผลิตข้าวแตน

ศึกษา 5 สูตร ประกอบด้วยอัตราส่วนของปลายข้าวเจ้าต่อปลายข้าวเหนียว ดังนี้ 100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 ตามลำดับ ส่วนผสมข้าวแตนประกอบด้วยปลายข้าว 100 กรัม น้ำแตงโม 30 กรัม น้ำสะอาด 5 กรัม น้ำตาลทรายขาว 5 กรัม งาดำ 1 กรัม และเกลือป่น 0.5 กรัม วิธีการผลิตข้าวแตน เริ่มจากชั่งส่วนผสมตามสูตร นำข้าวคลุกเคล้าให้เข้ากันกับน้ำแตงโมที่เตรียมไว้ เติมเกลือป่นและงาดำผสมให้เข้ากัน พักไว้ 10 นาที ขึ้นรูปด้วยพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร อบในตู้อบลมร้อน (Memmert, ULM400, The Netherlands) ด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จนแห้งสนิท นำไปทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วินาที [9] เมื่อสุกได้ที่ตักใส่ภาชนะเพื่อทิ้งให้เย็น บรรจุ

ในภาชนะปิดสนิท

สังเกตลักษณะปรากฏของข้าวแตนทั้ง 5 สูตร วิเคราะห์หาค่าอัตราการพองตัวโดยการแทนที่เมล็ดงา [10] จากนั้นคำนวณหาอัตราการพองตัวจากสมการ อัตราการพองตัว = [ปริมาตรข้าวแตนแห้งก่อนทอด (มิลลิลิตร)/น้ำหนักข้าวแตนแห้งก่อนทอด (กรัม)]/[ปริมาตรข้าวแตนหลังทอด (มิลลิลิตร)/น้ำหนักข้าวแตนหลังทอด (กรัม)] วัดความชื้นในข้าวแตนแห้งก่อนทอดและข้าวแตนหลังทอดด้วยเครื่องวัดความชื้น (Moisture Meter, GM640, China) วัดความแข็งของข้าวแตนด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Daiichi FG 520K, Japan) ใช้ cylinder probe ชนิดหัวกรวย ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N) วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter, WR10QC, China) ด้วยระบบ CIE โดยค่า L* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) และ ค่า b* (+b = สีเหลือง, -b = สีน้ำเงิน) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic คะแนน 1 ถึง 9 (9 = ชอบมากที่สุด, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)

2.2 การศึกษาผลของน้ำแตงโม น้ำแคนตาลูป น้ำลำไย และน้ำอ้อยต่อคุณภาพของข้าวแตน

2.2.1 การเตรียมน้ำแคนตาลูป

นำแคนตาลูป (*Cucumis melo* L. var. *cantaloupensis*) ล้างทำความสะอาด ปอกเอาแต่ส่วนเนื้อ นำไปปั่นผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน เนื้อแคนตาลูป 6 ส่วน ต่อน้ำสะอาด 1 ส่วน ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เติมน้ำตาลทรายขาวคนให้เข้ากัน ปรับความหวานด้วยการเติมน้ำตาลทรายขาว ให้ได้ปริมาณความหวานเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) เก็บในภาชนะปิดสนิท

2.2.2 การเตรียมน้ำลำไย

นำลำไย (*Dimocarpus longan*) ล้างทำความสะอาด แกะเปลือกและเม็ดออก เอาแต่ส่วนเนื้อ นำไปปั่นผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน เนื้อลำไย 6 ส่วน ต่อน้ำสะอาด 1 ส่วน ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เติมน้ำตาลทรายขาวคนให้เข้ากัน ปรับความหวานด้วยการเติมน้ำตาลทรายขาว ให้ได้ปริมาณความหวานเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) เก็บในภาชนะปิดสนิท

2.2.3 การเตรียมน้ำอ้อยคั้นสด

นำอ้อย (*Saccharum officinarum* L.) พันธุ์สุพรรณบุรี 50 ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก คั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำอ้อย (Vittavat, CHH, Thailand) กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เติมน้ำตาลทรายขาวคนให้เข้ากัน ปรับความหวานด้วยการเติมน้ำตาลทรายขาว ให้ได้ปริมาณความหวานเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) เก็บในภาชนะปิดสนิท

นำข้าวแตนสูตรที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 2.1 มาศึกษาผลของการใช้น้ำแตงโม น้ำแคนตาลูป น้ำลำไย และน้ำอ้อยคั้นสดในการผลิตข้าวแตนตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น สังเกตลักษณะปรากฏของข้าวแตน วัดค่าสีและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสตามวิธีการในข้อ 2.1

2.3 การศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานต่อคุณภาพของน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตน

นำน้ำหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana*

Bertoni) และน้ำตาลอ้อยจากเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่องhand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) ปริมาณความหวานของน้ำตาลอ้อยเท่ากับ 80 องศาบริกซ์ และปริมาณความหวานของน้ำหญ้าหวานเท่ากับ 0.8 องศาบริกซ์ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานต่อคุณภาพของน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตน โดยใช้อัตราส่วนของน้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานที่ 100:0 75:25, 50:50 และ 25:75 ตามลำดับ วิธีการเตรียมน้ำเชื่อมเริ่มจากการชั่งส่วนผสมน้ำตาลอ้อยและน้ำหญ้าหวานตามอัตราส่วน วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) เคี่ยวในหม้อให้ความร้อนประมาณ 105 องศาเซลเซียส จนข้นเหนียวมีความหนืดสุดท้ายประมาณ 85,000 เซนติพอยส์ วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (CSC Scientific Bostwick Consistometer, 24925- 000, USA) จากนั้นนำน้ำเชื่อมที่เตรียมได้ราดหน้าข้าวแตนสูตรที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 2.1 สังเกตลักษณะปรากฏของน้ำเชื่อม วัดค่าความแข็ง และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสตามวิธีการในข้อ 2.1

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาแสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) [11] ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของการใช้ปลายข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อคุณภาพของข้าวแตน

การสังเกตลักษณะปรากฏของข้าวแตนทั้ง 5 สูตร ก่อนและหลังทอด (รูปที่ 1) พบว่าข้าวแตนทั้ง 5 สูตร ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของปลายข้าวเจ้าหอมมะลิ 105 ต่อปลายข้าวเหนียว กข6 ร้อยละ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ ให้ลักษณะปรากฏที่ต่างกัน โดยข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าว

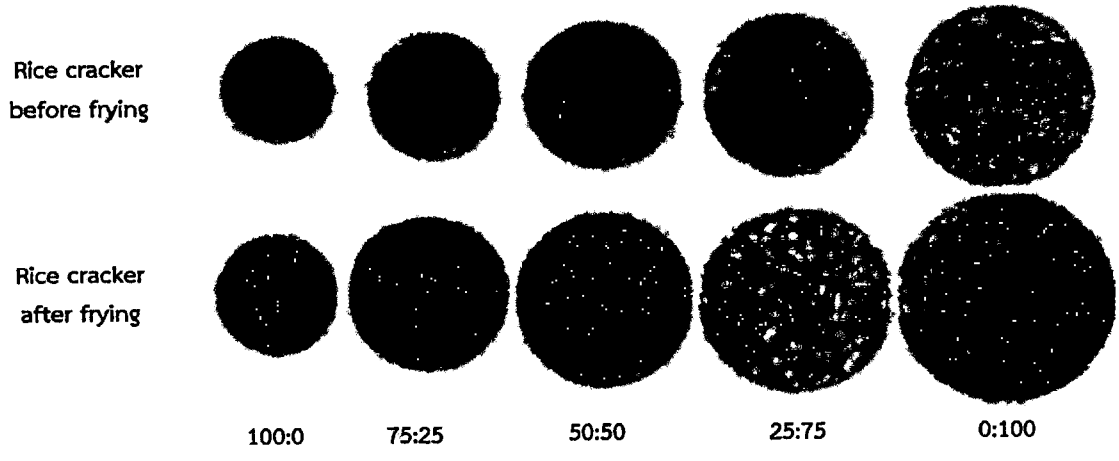

Figure 1 The appearance of rice cracker before frying and after frying

เจ้าต่อปลายข้าวเหนียวร้อยละ 100:0 มีลักษณะค่อนข้างเละ แกะออกจากพิมพ์ยาก หลังการทำแห้งข้าวแตนมีลักษณะค่อนข้างแข็งยึดติดกันแน่น มีสีส้มแดง หลังการทอดข้าวแตนมีอัตราการขยายตัวต่ำสุด เนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง และข้าวแตนมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวแตนสูตรอื่น ข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าต่อปลายข้าวเหนียวร้อยละ 0:100 ขึ้นรูปง่าย แกะออกจากพิมพ์ง่าย เม็ดข้าวมีการกระจายตัวสูง เม็ดข้าวติดกันแบบหลวม ๆ หลังการทำแห้งข้าวแตนไม่จับตัวกันแน่น มีสีแดงอ่อน หลังการทอดข้าวแตนมีอัตราการขึ้นฟูสูงที่สุด เนื้อสัมผัสกรอบไม่แข็งกระด้าง และข้าวแตนมีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น การสังเกตโดยภาพรวมของข้าวแตนทั้ง 5 สูตร พบว่าอัตราการขยายตัวและความกรอบของข้าวแตนแปรผันตรงกับปริมาณข้าวเหนียว ส่วนความเข้มสีของข้าวแตนแปรผกผันกับปริมาณข้าวเหนียว การใช้ปลายข้าวเจ้าและข้าวเหนียวซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ส่งผลต่อลักษณะปรากฏและสมบัติทางกายภาพของข้าวแตนต่างกัน

ความชื้นของข้าวแตนแห้งก่อนทอดและข้าวแตนหลังทอดทั้ง 5 สูตร แสดงในตารางที่ 1 พบว่าข้าวแตนทั้ง 5 สูตร มีค่าความชื้นแตกต่างกัน ซึ่งข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 มีความชื้นแตกต่างจากข้าวแตนสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 75 และ 50 ไม่แตกต่างกันทางสถิต เช่นเดียวกับข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 25 และ 0 โดยข้าวแตนทั้ง 5 สูตร มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ข้าวแตน [8] ข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 มีค่าความชื้นสูงที่สุด และข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวเหนียวร้อยละ 100 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ปริมาณความชื้นที่ต่างกันในข้าวแตนทั้ง 5 สูตร อาจเกิดจากในกระบวนการเตรียมปลายข้าวให้สุกด้วยความร้อนมีกระบวนการเตรียมที่ต่างกัน โดยปลายข้าวเจ้าใช้วิธีการหุง ส่วนปลายข้าวเหนียวใช้วิธีการนึ่ง การหุงและการนึ่งอาศัยการถ่ายเทความร้อนที่ต่างกัน การหุงมีการนำข้าวใส่ในหม้อพร้อมกับน้ำและให้ความร้อนซึ่งปลายข้าวเจ้าที่ผ่านการหุงมีโอกาสสัมผัสกับน้ำในปริมาณสูงกว่าวิธีการนึ่ง การนึ่งต้องเตรียมปลายข้าวเหนียวโดยการแช่ปลายข้าวเหนียวในน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำซึมเข้าไปในเม็ดข้าว จากนั้นใช้ความร้อนจากไอน้ำร้อนทำให้ข้าวสุก ความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหารด้วยการพาความร้อนและเข้าสู่ภายในเมล็ดด้วยการนำความร้อน [12] การหุงระหว่างการทำให้สุกข้าวสัมผัสกับน้ำโดยตรงตลอดเวลา ทำให้มีปริมาณความชื้นในเมล็ดที่ผ่านการหุงสูงกว่าการนึ่ง ปลายข้าวเจ้าที่ผ่านการหุงแล้วจึงอิ่มตัวด้วยน้ำเมื่อเติมน้ำแตงโมลงไปทำให้การดูดน้ำเข้าไปในเม็ดข้าวเกิดขึ้นได้น้อยกว่าเม็ดข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่ง ข้าวแตนสูตรที่ใช้ปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 เกิดโครงข่ายของเจลที่มีลักษณะจับตัวกันแน่น เม็ดข้าวบางส่วนเสียสภาพโครงสร้างระหว่างเกิดเจล ดังนั้นเมื่อนำข้าวแตนไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาที่เท่ากันส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 มีการระเหยของน้ำอิสระระหว่างการทำแห้งช้ากว่าข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเหนียวร้อยละ 100 ส่งผลให้ข้าวแตนสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 ค่าความชื้นสูงกว่า

อัตราการพองตัวของข้าวแตนหลังทอดทั้ง 5 สูตร (ตารางที่ 1) พบว่าข้าวแตนทั้ง 5 สูตร มีอัตราการพองตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยอัตราการพองตัวของข้าวแตนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณปลายข้าวเหนียวที่เพิ่มขึ้นในสูตร การพองตัว

ของข้าวเกิดจากหลายปัจจัย อาทิ กระบวนการแปรรูปปลายข้าว การนำปลายข้าวมาทำให้สุกเพื่อให้เกิดการเจลลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการการขึ้นรูป การทำแห้ง และให้ความร้อนภายใต้อุณหภูมิสูงด้วยการทอดจนทำให้เกิดการพองตัวของข้าว [13] ข้าวแตนสูตรที่มีการใช้ปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 มีผลทำให้การพองตัวของข้าวแตนลดลง เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีในปลายข้าวหอมมะลิมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าปลายข้าวเหนียว ในระหว่างหุงสุกด้วยความร้อน การเกิดเจลลาทิไนซ์ของสตาร์ชจะทำให้ได้เจลที่แข็งแรง ข้าวสุกจะมีลักษณะเหนียวนุ่มและจับตัวกันแน่นทำให้ขึ้นรูปยากติดพิมพ์และเละ หลังการทำแห้งมีลักษณะผิวด้านนอกที่แห้งคล้ายฟิล์มใส ไอน้ำจึงไม่สามารถดันโครงสร้างของเจลปลายข้าวเจ้าให้เกิดการพองตัวได้ดี [14] ส่งผลให้อัตราการพองตัวระหว่างการทอดของข้าวแตนที่มีส่วนผสมของปลายข้าวเจ้าหอมมะลิลดต่ำลง นอกจากนี้อัตราการพองตัวยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการทอด โดยระหว่างการทอดความร้อนจะทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยกลายเป็นไอและพยายามออกมาที่ผิวทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวและเกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันน้ำมันจะเข้าไปแทนที่ปริมาณน้ำที่ระเหยออกและช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ทำให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นและความชื้นลดลง [15] ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 เกิดเจลที่เป็นโครงข่ายที่แข็งแรงระหว่างการทอดอาจทำให้การระเหยของน้ำเกิดได้ยากกว่า ส่งผลให้ขัดขวางการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100

ความแข็งของข้าวแตนแห้งก่อนทอดและข้าวแตนหลังทอดทั้ง 5 สูตร (รูปที่ 2) พบว่าข้าวแตนทั้ง 5 สูตร มีค่าความแข็งก่อนทอดและหลังทอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแข็งของข้าวแตนมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณปลายข้าวเหนียวในสูตรเพิ่มขึ้น ความแข็งของข้าวแตนสัมพันธ์กับอัตราการพองตัว ข้าวแตนสูตรที่มีอัตราการพองตัวสูงที่สุด คือ สูตรที่มีการใช้ปลายข้าวเหนียวในการผลิตร้อยละ 100 มีค่าความแข็งต่ำที่สุด อาจเนื่องจากโครงสร้างของปลายข้าวเหนียวแต่ละเมล็ดจับตัวกันอย่างหลวมมีช่องว่าง ไม่อัดแน่นเหมือนในข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้าซึ่งเกิดเจลที่จับตัวกันแน่นทำให้ความแข็งเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในสูตรที่มีการใช้ปลายข้าวเจ้าร้อยละ 100 ในการผลิตมีค่าความแข็งสูงที่สุด

Table 1 The moisture content of rice cracker before frying and after frying and swelling rate

Ratios of non-glutinous rice to glutinous rice	Moisture content of rice cracker before frying (%)	Moisture content of rice cracker after frying (%)	Swelling rates
100:0	5.97 ± 0.06^{a}	5.77 ± 0.12^{a}	1.41 ± 0.02^{a}
75:25	5.73 ± 0.12^{b}	5.43 ± 0.12^{b}	1.46 ± 0.04^{b}
50:50	5.57 ± 0.06^{b}	5.23 ± 0.12^{c}	1.84 ± 0.05^{c}
25:75	5.30 ± 0.10^{c}	5.13 ± 0.06^{cd}	2.34 ± 0.05^{d}
0:100	5.13 ± 0.12^{c}	5.00 ± 0.10^{d}	2.83 ± 0.06^{e}

mean±SD; $^{a-e}$ means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

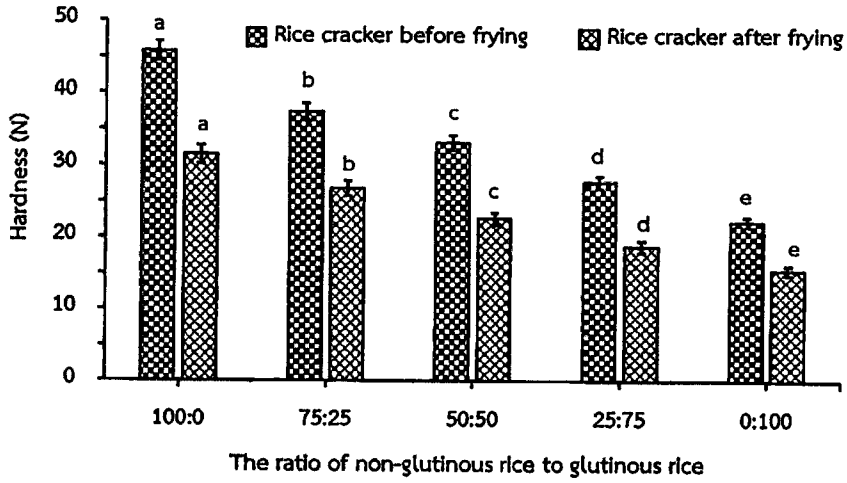

Figure 2 The hardness of rice cracker before frying and after frying [$^{a-e}$ means significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 2 The colors of rice cracker before frying and after frying

Ratios of non-glutinous rice to glutinous rice	Colors of rice cracker before frying			Colors of rice cracker after frying		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
100:0	21.40±0.27^{e}	14.83±0.13^{a}	22.60±0.32^{a}	34.32±0.23^{e}	13.12±0.03^{a}	21.59±0.03^{a}
75:25	23.93±0.52^{d}	11.43±0.18^{b}	19.54±0.02^{b}	36.67±0.35^{d}	12.78±0.23^{b}	20.78±0.17^{b}
50:50	37.83±0.10^{c}	10.37±0.02^{c}	19.20±0.21^{b}	37.40±0.09^{c}	12.35±0.01^{c}	20.53±0.50^{bc}
25:75	45.45±0.17^{b}	7.84±0.06^{d}	17.20±0.22^{c}	42.53±0.22^{b}	11.78±0.23^{d}	20.28±0.03^{c}
0:100	47.45±0.17^{a}	7.13±0.02^{e}	15.96±0.06^{d}	46.46±0.19^{a}	8.50±0.08^{e}	18.27±0.09^{d}

mean±SD; $^{a-e}$ means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

ค่าสีของข้าวแตนแห้งก่อนทอดและข้าวแตนหลังทอดทั้ง 5 สูตร (ตารางที่ 2) พบว่าข้าวแตนทั้ง 5 สูตร มีค่าความสว่าง (L*) และค่า a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยค่า L* ของข้าวแตนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปลายข้าวเหนียวในสูตรเพิ่มขึ้น ค่า a* ของข้าวแตนมีค่าอยู่ในช่วงสีแดง ส่วน b* มีค่าอยู่ในช่วงสีเหลือง โดยค่า a* และ b* แปรผันตรงกับปริมาณของปลายข้าวเจ้า ข้าวแตนมีค่าสีอยู่ในช่วงสีเหลืองแดง เกิดจากสีของน้ำแตงโมซึ่งมีสีแดง เนื้อแตงโมมีเบต้าแคโรทีนและสารไลโคพีน [16] ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลืองแดง พบทั่วไปในพืชและสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง ทำงานร่วมกับคลอโรฟิลซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเขียว ทำหน้าที่ ดูดซับพลังงานจาก

แสงอาทิตย์ เพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและช่วยการเจริญเติบโตของพืช และป้องกันอันตรายจากแสง ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติ เป็นกลุ่มสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายช่วยต้านอนุมูลอิสระ [17] ค่า a* และ b* ของข้าวแตนมีความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง สูตรมีการใช้ปลายข้าวเหนียวร้อยละ 100 ในการผลิตมีค่าความสว่างสูงที่สุด และมีค่าความเข้มของสีเหลืองแดงน้อยกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของปลายข้าวเจ้า อาจเกิดจากลักษณะโครงสร้างของข้าวเหนียวและข้าวเจ้าที่ต่างกัน ลักษณะของข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสสูงเมื่อต้มสุกเจลมีลักษณะขาวขุ่น ส่วนข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพกทินสูงเมื่อต้มสุกเจลมีลักษณะใสส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น รวมถึงการยึดเกาะกันของเม็ดข้าวจับกันแบบหลวม ๆ ไม่ชิดกันแน่นเหมือนในข้าวเจ้า ซึ่งมีโครงสร้างเป็นฟิล์มจับยึดกันแน่นส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไป 30 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale (ตารางที่ 3) ของข้าวแตนทั้ง 5 สูตร พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวแตนสูตรที่ใช้อัตราส่วนข้าวเจ้าต่อข้าวเหนียว 0:100 เป็นสูตรที่มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ (7.70±0.79) กลิ่น (7.60±1.00) รสชาติ (7.63±0.81) เนื้อสัมผัส (7.83±0.79) และความชอบรวม (7.77±0.82) สูงที่สุด อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ ความชื้น อัตราการพองตัว ความแข็ง และคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัส ซึ่งสูตรที่ใช้อัตราส่วนข้าวเจ้าต่อข้าวเหนียว 0:100 มีความเหมาะสมในการผลิตข้าวแตนจากปลายข้าวในขั้นตอนต่อไป

3.2 ผลของน้ำแตงโม น้ำแคนตาลูป น้ำลำไย และน้ำอ้อยต่อคุณภาพของข้าวแตน

การนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวแตนเพื่อปรับปรุงรสชาติและสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ โดยข้าวแตนสูตรที่ใช้ปลายข้าวเหนียวในการผลิตถูกคัดเลือกเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำแตงโม น้ำแคนตาลูป น้ำลำไย และน้ำอ้อยต่อคุณภาพของข้าวแตน พบว่าโดยภาพรวมข้าวแตนจากปลายข้าวเหนียวทั้ง 4 สูตร มีลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ไม่ต่างกัน (รูปที่ 3) การขึ้นรูปง่าย แกะออกจากพิมพ์ง่าย เม็ดข้าวมีการกระจายตัวดี หลังการทำแห้งข้าวแตนไม่จับตัวกันแน่น มีสีแดงอ่อนถึงน้ำตาลอ่อน หลังการทอดข้าวแตนมีอัตราการขยายตัวขึ้นดี เนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แข็งกระด้าง

Table 3 The liking score (n = 30) of rice cracker after frying

Ratios of non-glutinous rice to glutinous rice	Attributes				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
100:0	1.73±0.69^{c}	4.70±0.95^{c}	5.63±1.45^{b}	1.67±0.76^{d}	2.10±1.12^{c}
75:25	2.07±1.01^{c}	4.77±0.94^{c}	5.80±1.45^{b}	1.90±0.92^{d}	2.33±1.12^{c}
50:50	4.80±2.02^{b}	5.03±1.13^{c}	6.07±1.28^{b}	5.00±1.89^{c}	5.03±2.01^{b}
25:75	7.13±0.97^{a}	7.03±0.89^{b}	7.20±0.61^{a}	7.17±0.87^{b}	7.30±0.47^{a}
0:100	7.70±0.79^{a}	7.60±1.00^{a}	7.63±0.81^{a}	7.83±0.79^{a}	7.77±0.82^{a}

mean±SD; $^{a-d}$ means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

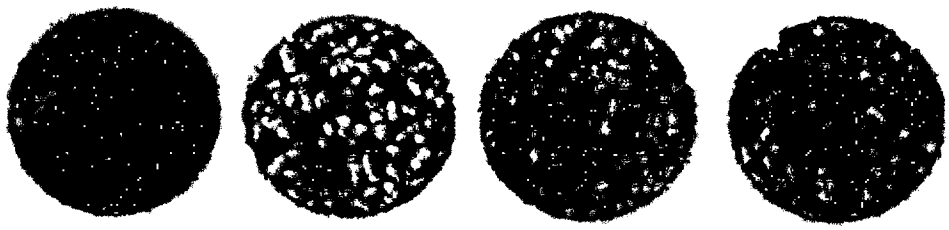

Figure 3 The appearance of rice cracker from watermelon, cantaloupe, longan and sugar cane

Table 4 The colors of four different formulations of the rice crackers

Rice crackers	Colors of rice cracker before frying			Colors of rice cracker after frying		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Watermelon	47.45±0.17^{b}	7.13±0.02^{a}	15.96±0.06^{a}	41.79±0.22^{b}	10.50±0.12^{c}	18.27±0.09^{c}
Cantaloupe	50.23±0.14^{a}	3.89±0.02^{b}	15.08±0.03^{b}	46.46±0.19^{a}	8.50±0.08^{d}	19.25±0.06^{b}
Longan	41.05±0.14^{d}	2.07±0.01^{c}	8.98±0.02^{d}	35.48±0.35^{d}	11.92±0.03^{b}	20.90±0.03^{a}
Cane sugar	35.21±0.09^{c}	1.85±0.01^{d}	10.25±0.01^{c}	37.22±0.18^{c}	12.54±0.02^{a}	20.81±0.06^{a}

mean±SD; $^{a-d}$ means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 5 The liking score (n = 30) of four different formulations of the rice crackers

Rice crackers	Attributes				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
Watermelon	7.70±0.79^{ns}	7.60±1.00^{ns}	7.63±0.81^{ns}	7.83±0.79^{ns}	7.77±0.82^{ns}
Cantaloupe	7.67±0.84^{ns}	7.53±0.97^{ns}	7.53±0.82^{ns}	7.73±0.83^{ns}	7.67±0.84^{ns}
Longan	7.57±0.86^{ns}	7.43±0.97^{ns}	7.43±0.82^{ns}	7.63±0.85^{ns}	7.57±0.86^{ns}
Cane sugar	7.43±0.94^{ns}	7.40±0.97^{ns}	7.40±0.81^{ns}	7.57±0.94^{ns}	7.47±0.97^{ns}

^{ns} means not statistically significant ($p > 0.05$)

ค่าสีของข้าวแตนแห้งก่อนทอดและข้าวแตนหลังทอดทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 4) พบว่าข้าวแตนทั้ง 4 สูตร มีค่าสีแตกต่างกัน โดยค่าความสว่างของข้าวแตนสูตรน้ำแคนตาลูปมีค่าสูงที่สุด ค่า a* ของข้าวแตนมีค่าอยู่ในช่วงสีแดง ส่วน b* มีค่าอยู่ในช่วงสีเหลือง โดยข้าวแตนหลังทอดสูตรน้ำอ้อยมีค่า a* สูงที่สุด ส่วนค่า b* พบว่าข้าวแตนหลังทอดสูตรน้ำลำไยและน้ำอ้อยมีค่าสูงที่สุด ค่าสีของข้าวแตนนอกจากจะสัมพันธ์กับที่เป็นองค์ประกอบรงควัตถุในวัตถุดิบ ยังอาจเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสี

น้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่าง ๆ ทั้งที่พึงประสงค์ และไม่พึงประสงค์ สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นระหว่างการทอด [17]

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไปของข้าวแตนทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 5) พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวแตนจากปลายข้าวเหนียวทั้ง 4 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นตามฤดูกาล มาเป็นส่วนผสมในการผลิตข้าวแตนเพื่อลดต้นทุน และสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ได้

3.3 ผลของอัตราส่วนน้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานต่อคุณภาพของน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตน

โดยทั่วไปการทำน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตนช่วยปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ หรือช่วยเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ให้มีรสชาติต่าง ๆ น้ำเชื่อมที่นำเข้ามาทาบริเวณผิวหน้าข้าวแตนทำหน้าที่เป็นเหมือนกาวเชื่อมตัวข้าวแตนกับวัตถุดิบที่ใช้แต่งหน้า ได้แก่ ข้าวแตนหน้าหมูหยองน้ำพริกเผา ข้าวแตนหน้าธัญชาติต่าง ๆ เป็นต้น การผลิตแบบดั้งเดิมจะใช้น้ำตาลอ้อยเคี่ยวเป็นน้ำราดหน้าข้าวแตน ซึ่งมีรสค่อนข้างหวานซึ่งไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ดังนั้นการศึกษาการใช้น้ำหญ้าหวาน ซึ่งมีสารให้ความหวาน คือ สตีวิโอไซด์ที่ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 200-300 เท่า แต่ให้พลังงานต่ำกว่าถึง 300 เท่า [18] การศึกษาผลของการใช้น้ำหญ้าหวานทดแทนน้ำอ้อยบางส่วน โดยใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วนที่แตกต่างกันต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ความแข็ง และการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไปของน้ำเชื่อมราดหน้าข้าวแตน (ตารางที่ 6) พบว่าลักษณะปรากฏของน้ำตาลอ้อยเป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อนส่วนน้ำหญ้าหวานเป็นของเหลวใสไม่มีสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำเชื่อมมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำหญ้าหวานเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากมีปริมาณของของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำตาลอ้อยเริ่มต้นสูงกว่าในน้ำหญ้าหวาน โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำตาลอ้อยเริ่มต้นมีค่าประมาณ 80 องศาบริกซ์ ส่วนน้ำหญ้าหวานมีค่าประมาณ 0.8 องศาบริกซ์ การเติมน้ำหญ้าหวานช่วยลดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่ความหวานของน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำหญ้าหวานที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งของน้ำเชื่อมหลังทิ้งไว้ให้เย็นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณหญ้าหวาน การใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วน 100:0 น้ำเชื่อมบริเวณผิวหน้าข้าวแตนมีลักษณะแข็งและร่วนกว่าสูตรอื่น ส่วนการใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วน 25:75 น้ำเชื่อมมีความแข็งและเหนียวมากที่สุด ค่าความแข็งของน้ำเชื่อมหลังทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องอาจเนื่องจากพฤติกรรมกลาสทรานซิชันของน้ำตาล [19] หลังจากการให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำตาลจนถึงจุดเดือด การเคี่ยวน้ำตาลจนเป็นน้ำเชื่อมที่ข้นหนืด จากนั้นนำน้ำเชื่อมที่ได้ไปราดบนหน้าข้าวแตน อุณหภูมิของน้ำเชื่อมข้นหนืดลดลงอย่างรวดเร็วจนน้ำเชื่อมผ่านเข้าสู่สภาวะรับเบอรี มีลักษณะอ่อนตัว สามารถทำให้รูปร่างตามต้องการ จนอุณหภูมิของน้ำเชื่อมลดลงจนถึงอุณหภูมิบรรยากาศปกติ เข้าสู่สภาวะกลาส ซึ่งน้ำตาลมีลักษณะใส แข็งคล้ายแก้ว สีน้ำตาลเชื่อมติดอยู่กับผิวหน้าของข้าวแตน น้ำเชื่อมสูตรที่มีการเติมน้ำหญ้าหวานปริมาณมากมีค่าความแข็งกว่าสูตรที่มีปริมาณน้ำหญ้าหวานน้อย อาจเนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของน้ำตาล

อ้อยและน้ำหญ้าหวาน สังเกตจากลักษณะของน้ำตาลหลังจากทำให้เย็น โดยน้ำตาลอ้อยมีลักษณะทางกายภาพหลังจากที่เย็นตัวที่อุณหภูมิห้องเป็นกลุ่มที่ตกผลึกมีลักษณะขุ่นขาวเนื่องจากมีฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วและเนื้อสัมผัสมีความแข็งน้อยกว่าน้ำหญ้าหวานซึ่งมีลักษณะไม่ตกผลึก แต่จะมีลักษณะโปร่งแสงและมีความแข็งสูงกว่า [20] การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไปของข้าวแตนที่ราดหน้าด้วยน้ำเชื่อมทั้ง 4 สูตร พบว่าโดยภาพรวมคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำหญ้าหวานเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนสูตรที่ราดหน้าด้วยน้ำเชื่อมที่มีการใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วน 25 : 75 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ (7.00±0.87) กลิ่น (6.90±1.16) รสชาติ (6.97±0.81) เนื้อสัมผัส (6.83±0.83) และความชอบรวม (6.90±0.96) น้อยที่สุด และการใช้น้ำตาลอ้อยต่อน้ำหญ้าหวานในอัตราส่วน 100:0 75:25 และ 50:50 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นการใช้น้ำหญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานทดแทนการใช้น้ำตาลอ้อย เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

Table 6 Total soluble solids, hardness and the liking score of rice cracker with syrup

Ratios of cane sugar to stevia water	Total soluble solids (°Brix)	Hardness at room temperature (N)	Attributes				
			Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
100:0	80.33±0.31^{a}	25.5±0.45^{d}	7.87±0.78^{a}	8.27±0.78^{a}	7.70±0.79^{a}	7.93±0.83^{a}	8.20±0.71^{a}
75:25	75.17±0.21^{b}	36.4±0.31^{c}	7.67±0.71^{a}	7.80±1.10^{a}	7.63±0.89^{a}	7.73±0.74^{a}	8.00±0.69^{a}
50:50	44.57±0.35^{c}	47.6±0.20^{b}	7.60±0.72^{a}	7.73±1.05^{a}	7.57±0.90^{a}	7.67±0.66^{a}	7.93±0.64^{a}
25:75	26.63±0.15^{d}	52.5±0.25^{a}	7.00±0.87^{b}	6.90±.16^{b}	6.97±0.81^{b}	6.83±0.83^{b}	6.90±0.96^{b}

mean±SD; $^{a \text{ and } d}$ means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

4. สรุป

ปลายข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นข้าวแตน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ อัตราการพองตัว ความแข็ง และคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบสูงที่สุด การใช้น้ำหญ้าหวานทดแทนการใช้น้ำตาลอ้อยบางส่วน ช่วยลดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของข้าวแตนลงได้ อัตราส่วนของน้ำหญ้าหวานที่เหมาะสมในการทดแทนน้ำตาลอ้อยที่ไม่เกินร้อยละ 50 ซึ่งให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่ต่างจากสูตรที่มีการใช้น้ำตาลอ้อยร้อยละ 100 นอกจากนี้การนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวแตน สร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ ช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ อีกทั้งยังเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตผลทางการเกษตรได้อีกทาง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนศูนย์ข้าวบ้านจิก ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ที่อนุเคราะห์วัตถุดิบเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. References

[1] Hensawang, S., 2017, Rice: Importance nutrition and contamination, Environ. J. 21(1): 15-18. (in Thai)

[2] Bourhom, N., Rice, Available Source: http://www.doa.go.th/ard/FileUpload/export/8.pdf, April 10, 2019. (in Thai)

[3] Thai Rice Mills Association, Rice, Available Source: http://www.thairicemill ers.com, April 10, 2019. (in Thai)

[4] Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Extracted Drink from Broken Rice, Available Source: http://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2015/20150911-Technology-show%202-2558-Food-Beverage-15.pdf, April 10, 2019. (in Thai)

[5] Tanasombun, P. and Pichaivongvongdee, S., 2017, Utilization of broken rice as a fat replacer in low calorie tofu salad dressing, SDU Res. J. 10(3): 105-128. (in Thai)

[6] Subsaendee, T., Kitpreechavanich, V. and Yongsmith, B., 2012, Production of fermented broken rice by Thai red mold as functional food, pp. 574-578., 2nd National Rice Research Conference, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[7] Chotineeranat, S., Piyachomkwan, K., Laohaphatanaleart, K., Santisopasri, V. and Sriroth, K., 2001, Utilization of broken rice for glucose syrup production, pp. 590-598, 39th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[8] Thai Industrial Standards Institute, Community Product Standards: Sticky Rice Cracker Products, Khaotaen (36/2554), Available Source: https://www.tisi.go.th, April 10, 2019. (in Thai)

[9] Intharapongnuwat, W., 2007. The Improvement of Main Process for Fried Rice Crackers Made by Sansailuang Farmers' Housewives Group, Master Thesis, Maejo University, Chiang Mai. 173 p. (in Thai)

[10] Tiwthao, O., 2014, Study of Salmon Skin Puffing by Microwave Oven and Frying, Master Thesis, Prince of Songkla University, Songkla, 122 p. (in Thai)

[11] Duncan, D.B., 1995, Multiple range and multiple F tests, Biometrics 11: 1-42.

[12] Naivikul, O., 2017, Rice: Science and Technology, Kasetsart University Press, Bangkok, 366 p. (in Thai)

[13] Wongsa, J., Silapruang, S., Aeimsard, R. and Thumthanaruk, B., 2013, Effect of Jasmine rice on puff quality of glutinous rice crackers filled with chili fish paste, Agric. Sci. J. 44(2): 329-332. (in Thai)

[14] Sriroth, K. and Piyachomkwan, K., 2007,

Starch Technology, Kasetsart University Press, Bangkok, 303 p. (in Thai)

[15] Rattanathammawat, R., Suwonsichon, T., Chompreda, P., Sriroth, K. and Haruthaitha nasan, V., Effect of Moisture Content of Half-snacks and Frying Time on Physicochemical Properties of Taro Flour Snack, Available Source: http://www.lib. ku.ac.th/KUCONF/ KC4106006.pdf, April 10, 2019. (in Thai)

[16] Auppathak, C., Suttha, W. and Phadungsilp, P., 2013, A Study of Seasoning Watermelon Shell Process, Research Report, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 55 p.

[17] Rattanapanone, N., 2014, Food Chemistry, Odeon store, Bangkok, 504 p. (in Thai)

[18] Limpaphayom, V., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2012, Extraction of stevia water, Agric. Sci. J. 43(2)(Suppl.): 497-500. (in Thai)

[19] Charoenrein, S. and Reepholkul, K., 2013, Glass transition of sugar during production of peanut brittle, Food 43(3): 74-81. (in Thai)

[20] Pedcharat, K., Saetang, D, Tungsatitporn, D. and Sakulyunyongsuk, N., 2012, Development of Candy from Thai Herb: Reduce Inflammation, Research Report, Faculty of home economics technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 120 p.