ผลของสัดส่วนน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบที่ผลิตตามกระบวนการแบบภูมิปัญญาเวียดนาม

Effect of Water to Tapioca Starch Ratio on Physical and Chemical Quality of Rice Crackers from Traditional Process of Vietnamese

ลักษมณ์นารา ศริญญาวัจน์[1] และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์[1]*

Lugsnara Sarinyavajn [1*] and Chouw Inprasit [1]

Received 10 March 2023, Revised 30 August 2023, Accepted 31 August 2023

ABSTRACT

The study of the ratio of water to cassava starch in the production of Vietnamese rice crackers is the main factor affecting production and quality. The results of the study will be applied to low-shear extruder machines to replace traditional production. According to the traditional formula, high-water ratio was used to decrease the viscosity of dough and to simplify production process. Therefore, the objective of this research was to investigate the optimum ratio of water and tapioca starch for rice cracker production by a low-shear extruder machine. The water-tapioca starch ratios were increased starch to get a mixture that is less liquid. There are 5 levels: 45.0:36.0, 42.5:38.5, 40.0:41.0, 37.5:43.5, and 35.0:46.0. According to the experiment, the ratio 40.0:41.0 was selected. The dry raw cracker is a gelatinization level89.24%, diameter 31.19±0.07 mm, color value L*(brightness)=51.18±4.02 a*(green to red) =7.08±0.39 b*(blue to yellow)=25.96±0.75, and the product moisture content (%wb) was 10.09±0.24 within Thai community product standard (less than 12%). Ready-to-eat products had a color value of L*(brightness)=55.01±3.78 a*(green to red)=6.25±1.20 b*(blue to yellow)=29.34±2.93, swelling rate (%) 574.64 ± 106.50, density 0.163±0.01 g/cm^3, oil absorption (%) 64.34±5.41, diameter after frying 59.70±0.28 mm, maximum force 6.31±0.58 newton The product moisture content (%wb) was 2.53 ± 0.26 within Thai community product standard (less than 4 %). Therefore, the ratio of 40.0:41.0 was a suitable proportion for both physical and chemical properties.

Keywords: Vietnamese crackers, Chemical properties, Physical properties

[1*] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*] Corresponding author: Tel. 09-7956-5538, E-mail address: Lugsnara.sa@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษาสัดส่วนน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังในการผลิตข้าวเกรียบเวียดนามเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการผลิตและคุณภาพของข้าวเกรียบ เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำ (Low shear extruder) ทดแทนการผลิตในแบบดั้งเดิมหรือภูมิปัญญา แต่ข้อจำกัดของการผลิตแบบดั้งเดิมจะใช้สัดส่วนปริมาณน้ำสูงเพื่อให้แป้งเหลวสะดวกต่อการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของน้ำกับแป้งที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวเกรียบด้วยเครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำ โดยเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังในส่วนผสมเพื่อให้ได้ลักษณะของส่วนผสมที่เหลวน้อยลง ทดสอบสัดส่วน 5 ระดับ(สัดส่วนร้อยละ) ดังนี้ 45.0:36.0, 42.5:38.5, 40.0:41.0, 37.5:43.5 และ 35.0:46.0 จากการศึกษา พบว่า สัดส่วน 40.0:41.0 ทำให้ข้าวเกรียบดิบมีระดับการเจลาติไนเซชัน 89.24% เส้นผ่านศูนย์กลาง 31.19±0.07 มม. ค่าสี L*(ความสว่าง)=51.18±4.02 a*(แกนสีเขียวถึงแดง)=7.08±0.39 b*(แกนสีน้ำเงินถึงเหลือง)=25.96±0.75 ส่วนความชื้น(%)10.09±0.24 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุน (กำหนดไม่เกินร้อยละ 12) และข้าวเกรียบสำเร็จรูปมีค่าสี L*(ความสว่าง)= 55.01±3.78 a*(แกนสีเขียวถึงแดง)=6.25±1.20 b*(แกนสีน้ำเงินถึงเหลือง)=29.34±2.93 อัตราการพองตัว(%) 574.64 ± 106.50 ความหนาแน่น 0.163±0.01 g/cm^3 ค่าดูดซับน้ำมัน(%) 64.34±5.41 ส่วนความชื้น(%) 2.53±0.26 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุน (กำหนดไม่เกินร้อยละ 4) และเส้นผ่านศูนย์กลาง 59.70±0.28 มม. ค่าแรงกดสูงสุด 6.31±0.58 นิวตัน ดังนั้น สัดส่วน 40.0:41.0 จึงเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบเวียดนาม สมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ

คำนำ

ปัจจุบันข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานทั่วไป โดยเฉพาะคนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และ เอเชียใต้ การผลิตข้าวเกรียบเกิดจากการแปรรูปตามภูมิปัญญาท้องถิ่น สำหรับประเทศเวียดนาม นิยมรับประทานข้าวเกรียบงา ข้าวเกรียบกล้วย ข้าวเกรียบกุ้ง ซึ่งการผลิตแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นไม่ได้มีการกำหนดกระบวนการผลิตที่ชัดเจนโดยผู้ผลิตส่วนใหญ่อาศัยประสบการณ์ในการผลิตมากกว่า ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้แต่ละครั้งไม่คงที่ การยกระดับกระบวนการผลิตจากภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์จึงเป็นแนวทางที่ควรส่งเสริม

กระบวนการผลิตข้าวเกรียบที่นิยม 3 แบบ ได้แก่ กระบวนการผลิตแบบก้อนแป้ง (Dough) กระบวนการผลิตแบบแป้งเหลว (Batter) และกระบวนการผลิตแบบใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Siegel, 1974) วิถีชุมชนชาวบ้านได้มีการสืบทอดกรรมวิธีผลิตข้าวเกรียบตามภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย โดยผ่านกระบวนการผลิตแบบก้อนแป้ง (Dough) เกิดจากการนำแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง) ทำให้สุกบางส่วนก่อนโดยใช้น้ำร้อน จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดที่เหลือ (พริกไทยผง กระเทียมผง น้ำตาล เกลือ) ผสมลงไปนวดให้เข้ากันจนเนื้อเนียน (นฤดม, 2531) การปั้นเป็นก้อนขึ้นรูปทรงกระบอก การนึ่งให้สุก การผึ่งให้แป้งเย็นลงก่อนนำไปเก็บในห้องเย็น การหั่นเป็นชิ้นบาง การทำให้แห้ง และการทอด (เพลินใจ, 2546) โดยทั่วไปจะใช้เวลาในการผลิตนาน 5 – 6 วัน ในส่วนกระบวนการผลิตข้าวเกรียบแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นของเวียดนาม มีการผลิตแบบแป้งเหลว (Batter) คล้ายการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว (Siegel, 2974) การผลิตข้าวเกรียบแบบ

ภูมิปัญญาท้องถิ่นเวียดนามเกิดจากการนำแป้ง (แป้งมันสำปะหลัง) ผสมเครื่องปรุงรสทั้งหมด (พริกไทยผง กระเทียมผง น้ำตาล เกลือ) เทน้ำร้อนตามด้วยไข่ขาวที่ตีเข้ากันกับผงฟูลงไป กรองส่วนผสมที่เหลวเพื่อให้เนื้อเนียนเข้ากัน เทลงไส้เทียม นึ่งให้สุก ผึ่งให้แป้งเย็นลงก่อนนำไปเก็บในห้องแช่แข็ง แล้วหั่นเป็นชิ้นตามความหนาที่ต้องการ ทำให้แห้ง และทอด (Tran Van Vinh, 2017) ส่วนการผลิตแบบใช้เครื่องจักรเอ็กซ์ทรูเดอร์เป็นระบบการผลิตต่อเนื่อง และทันสมัยมากในปัจจุบัน (ประชา, 2537) ดังนั้นการยกระดับกระบวนการผลิตจากภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ด้วยกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำ (Low shear extruder) จึงมีความสำคัญ เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาที่ใช้สำหรับการนึ่งและขึ้นรูป และเป็นการผลิตต่อเนื่องส่งผลให้กำลังการผลิตมากกว่ากระบวนการผลิตแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น ในการผลิตแบบดั้งเดิมใช้กระบวนการผสมแป้งที่ได้แป้งเหลวซึ่งเป็นข้อจำกัดในการผลิตข้าวเกรียบโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำ คือ ไม่สามารถควบคุมการไหลหรือระยะเวลาที่ส่วนผสมได้รับความร้อนได้ในระหว่างการป้อนเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แรงเฉือนต่ำ (Tran Van Vinh, 2017)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนปริมาณน้ำต่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังของข้าวเกรียบที่ผลิตตามกระบวนการผลิตข้าวเกรียบภูมิปัญญาท้องถิ่นเวียดนาม โดยเริ่มจากการใช้สัดส่วนปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังตามที่ค้นคว้ามา (Tran Van Vinh, 2017) เป็นสัดส่วนตั้งต้น คือ ปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ) ที่ 45.0 : 36.0 และปรับเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังขึ้นในสัดส่วนต่างๆ โดยมีช่วงเพิ่มขึ้นในอัตราการเพิ่มขึ้นเท่ากัน เพื่อให้ได้ลักษณะของส่วนผสมที่มีความข้นหนืดมากขึ้นเหมาะสมต่อการนำมาผลิตผ่านเครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำ ที่สามารถควบคุมการไหลหรือระยะเวลาที่ส่วนผสมได้รับความร้อนได้ อีกทั้งพลังงานที่ใช้ในการทำให้สุกและอบแห้งลดลงเป็นผลพลอยได้มาจากปริมาณน้ำที่ลดลงด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการผลิตข้าวเกรียบตามกระบวนการแบบภูมิปัญญาเวียดนาม

ศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบตามแบบภูมิปัญญาเวียดนาม (สูตรดั้งเดิม) ดัดแปลงมาจากการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังของ Vinh (2017) โดยใช้เป็นสูตรตั้งต้น ที่มีส่วนประกอบแป้งมันสำปะหลัง 36% เกลือ 1.2% น้ำตาล 3.65% กระเทียมผง 1.8% พริกไทยผง 0.9% ผงฟู 0.45% ไข่ขาว 11.0 % น้ำสะอาด 45% โดยน้ำหนัก ซึ่งกระบวนการผลิตข้าวเกรียบมีขั้นตอนการผลิต ดังนี้ นำส่วนผสมแห้งคลุกเคล้าให้ผสมกันให้ดี (แป้งมันสำปะหลัง เกลือ น้ำตาล กระเทียมผง พริกไทยผง) ผสมน้ำสะอาดที่อุณหภูมิน้ำเดือดลงไป และผสมด้วยส่วนผสมเปียก (ไข่ขาว) ตีเข้ากับผงฟู นวดผสมด้วยเครื่องผสมวัตถุดิบจนส่วนผสมเข้ากันนาน 3-5 นาที กรองส่วนผสมเพื่อให้ได้เนื้อเนียนละเอียดก่อนกรอกลงไส้เทียมพลาสติกที่มัดปลายหลอดไว้ ความยาว 50 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร มัดปลายหลอดหลังกรอกเสร็จ นำไปนึ่งให้สุกที่อุณหภูมิน้ำเดือด ผึ่งให้แป้งเย็นลง ก่อนเก็บในห้องแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -15 °C นาน 48 ชั่วโมง นำมาแกะไส้พลาสติกออก หั่นปลายทั้งสองข้างออก สไลด์เป็นแผ่นหนา 1.5 มิลลิเมตร วางบนถาดเข้าอบด้วยเครื่องอบลมร้อน

ที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 3 ชั่วโมง นำแผ่นข้าวเกรียบหลังอบแห้งแล้วทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 200 °C นาน 20 วินาที พักสะเด็ดน้ำมันแล้วเก็บลงถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ศึกษาสัดส่วนปริมาณน้ำต่อส่วนผสมแห้งของข้าวเกรียบเวียดนาม

นำสูตรข้าวเกรียบสูตรดั้งเดิม (Vinh, 2017) ใช้เป็นสูตรตั้งต้น เพื่อปรับสัดส่วนปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังของข้าวเกรียบเวียดนาม โดยลดปริมาณน้ำเพื่อลดพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำให้ข้าวเกรียบสุกสำหรับกระบวนการนึ่ง และ อบแห้ง โดยกำหนดสัดส่วนร้อยละปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังของข้าวเกรียบเวียดนาม 5 สัดส่วน ดังนี้ 45.0:36.0 (แบบภูมิปัญญาเวียดนาม), 42.5:38.5, 40.0:41.0, 37.5:43.5 และ 35.0:46.0 โดยส่วนผสมอีก 19% เป็นส่วนผสมของผงปรุงรส หลังจากนั้นนำแท่งข้าวเกรียบที่เตรียมแล้วตามวิธีการเตรียมวัตถุดิบข้างต้น มาผลิตตามกระบวนการจนได้ข้าวเกรียบ ก่อนทอด และหลังทอด เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมีต่อไป

ศึกษาคุณภาพของข้าวเกรียบ

ตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีของข้าวเกรียบ ได้แก่ ระดับการเกิดเจลาติไนเซชัน และความชื้น ส่วนคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ อัตราการพองตัว (%) ความหนาแน่น ขนาดของแผ่นข้าวเกรียบ ค่าแรงกดสูงสุด ค่าสี และค่าการดูดซับน้ำมัน (%)

ก. ระดับการเกิดเจลาติไนเซชัน

นำส่วนผสมที่เป็นของแห้งก่อนการผลิตและข้าวเกรียบหลังจากอบแห้ง มาโม่บด และหาพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนซ์เซชั่น (gelatinization) ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)(ยี่ห้อ Netzsch รุ่น DSC 204 F1 Phoenix บริษัท Netzsch ประเทศเยอรมัน) ซึ่งมีขั้นตอนในการตรวจสอบตามวิธีของ สยุมพร และเชาว์ (2561) นำวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมทั้งหมดของข้าวเกรียบที่เป็นผงละเอียด (n) และตัวอย่างข้าวเกรียบที่ศึกษาหลังอบแห้งและโม่บดละเอียด (s) ผสมน้ำในอัตราส่วน 30:70 บรรจุในแพนอะลูมิเนียม (aluminum pan) และปิดผนึก แล้วตั้งทิ้งให้อิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง นำถาดใส่ตัวอย่างใส่ในช่องตัวอย่างของเครื่อง DSC และวางภาชนะเปล่าซึ่งใช้เป็นภาชนะอ้างอิง ตั้งช่วงอุณหภูมิให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง โดยเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 – 100 °C ด้วยอัตรา 10 °C ต่อนาที และวัดค่าพลังงานในการทำให้เกิดเจลาติไนซ์เซชั่น ($\triangle H_n$) ก่อนนำไปผลิต และ ($\triangle H_S$) หลังผลิตแล้ว

คำนวณระดับการเกิดเจลาติไนเซชันตามสมการ (1)

$$DG = 1 - \frac{\Delta Hs}{\Delta Hn} x100 \qquad (1)$$

กำหนดให้ DG คือ ระดับการเกิดเจลาติไนเซชัน

$\triangle H_s$ คือ พลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวเกรียบก่อนการทอด(หลังอบแห้ง)

$\triangle H_n$ คือ พลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันของส่วนผสมข้าวเกรียบ (แป้งหลังผสมเครื่องปรุงรส)

ข. ความชื้น

เตรียมตัวอย่างวิเคราะห์หาค่าความชื้น โดยการอบถ้วยเปล่าพร้อมฝาในตู้อบร้อน (hot air oven) อุณหภูมิ 105 ± 2 °C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก (W1) ชั่งตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ 2 - 3 กรัม ใส่ในถ้วยเปล่าพร้อมฝาที่อบชั่งน้ำหนัก (W2) เกลี่ยตัวอย่างให้เรียบเสมอกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งและบันทึกน้ำหนัก (W3)

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2000) สมการ (2)

ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

$$=\left(\frac{(W2-W3)\ x\ 100}{W2-W1}\right) \quad (2)$$

โดย W_1 = น้ำหนักของถ้วยเปล่า (กรัม)

W_2=น้ำหนักของถ้วยอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3=น้ำหนักของถ้วยอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ค. อัตราการพองตัว (%)

ทดสอบอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหลังการทอดตามวิธีของ Segnini *et al*. (2004) นำข้าวเกรียบก่อนทอด และหลังทอด มาวิเคราะห์อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ โดย เทเมล็ดงาลงในกระบอกตวงปากเรียบจนเต็มแล้ววัดปริมาตรของเมล็ดงาทั้งหมดในกระบอกตวงปากเรียบ หลังจากนั้นนำข้าวเกรียบก่อนทอดพอง และ หลังทอดพองอย่างละ 5 แผ่น ใส่ในกระบอกตวงปากเรียบ เทเมล็ดงาลงจนเต็มกระบอกตวงปากเรียบ แล้ววัดปริมาตรเมล็ดงา เปรียบเทียบ ปริมาตรเมล็ดงาในกระบอกตวงปากเรียบ ที่ไม่ได้ใส่ตัวอย่างข้าวเกรียบกับใส่ตัวอย่างข้าวเกรียบ คำนวณอัตราการพองตัว จากสมการ (3)

$$\text{อัตราการพองตัว(\%)} = \frac{Vf-Vr}{Vr}\ x\ 100 \quad (3)$$

กำหนดให้

Vf = ปริมาตรของข้าวเกรียบหลังการทอด

Vr= ปริมาตรของข้าวเกรียบก่อนการทอด

ง. ความหนาแน่น (True density)

นำข้าวเกรียบหลังอบแห้ง และ หลังทอด โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ได้น้ำหนักของข้าวเกรียบหลังทอดพอง ส่วนปริมาตรของข้าวเกรียบ คำนวณหาความหนาแน่นตามสมการ (4)

ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

$$= \frac{\text{น้ำหนักข้าวเกรียบ}}{\text{ปริมาตรข้าวเกรียบ}} \quad (4)$$

จ. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นข้าวเกรียบด

นำตัวอย่างแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอดและหลังทอดมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตามวิธีของ Yu (1981) โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นข้าวเกรียบ 4 จุด ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ ทำซ้ำตัวอย่างละ 5 แผ่น ได้เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของแผ่นข้าวเกรียบ

ฉ. ค่าแรงกดสูงสุด

ศึกษาค่าแรงกดสูงสุดของการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังหลังทอด โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น LR5K (ยี่ห้อ LLOYD Instruments บริษัท Metek ประเทศอังกฤษ) ตามวิธีของ จริยา (2559) โดยเตรียมตัวอย่างในการตรวจสอบ ได้แก่ ข้าวเกรียบหลังทอดวางบนแท่นทดสอบ ความเร็วหัวโพรบขณะทดสอบ 10 มิลลิเมตรต่อนาที ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ และอ่านค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้แผ่นข้าวเกรียบแตกเป็น นิวตัน

ช. ค่าสี (Color Measure)

วัดสีของข้าวเกรียบก่อนทอด และหลังทอด โดยใช้เครื่อง MiniScan EZ (รุ่น MSEZ-4500L บริษัท HunterLab ประเทศอเมริกา) โดยมีวิธีการตรวจสอบตามวิธีของ วลัยกร (2558) ดังต่อไปนี้

a. นำข้าวเกรียบก่อนทอดพอง และหลังทอดพอง มาบดด้วยเครื่องบดเพื่อลดขนาดลงและมีความสม่ำเสมอกัน

b. เทียบสีของข้าวเกรียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Standard Tile ยี่ห้อ HunterLab บริษัท HunterLab ประเทศอเมริกา) ก่อนการใช้วัดสีทุกครั้ง โดยจะทำการวัดค่าของแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีเขียว (Green Tile) แผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาว (White Tile) และแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีดำ (Black Tile)

c. นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าสีของแผ่นข้าวเกรียบ ดังนี้

นำตัวอย่างข้าวเกรียบก่อนทอดพองและหลังทอดพองที่ผ่านกระบวนการบดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักใส่ลงแผ่นวางตัวอย่าง วางบนตำแหน่งการวัดของเครื่องวัดสี MiniScan EZ โดยต้องไม่มีแสงลอดผ่านเข้าระหว่างตัวอย่างข้าวเกรียบและตำแหน่งการวัดของเครื่อง

วัดค่าสีของข้าวเกรียบโดยวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

หมายเหตุ

L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100

a* หมายถึง ค่าแกนสี จากสีเขียว (-a*) จนถึง สีแดง (+a*)

b* หมายถึง ค่าแกนสี จากสีน้ำเงิน (-b*) จนถึง สีเหลือง (+b*)

ซ. ค่าการดูดซับน้ำมัน (%)

ศึกษาค่าการดูดซับน้ำมันของการผลิตข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังตามวิธีของ สยุมพร และเชาว์ (2561)

a. นำข้าวเกรียบก่อนทอดพอง และหลังทอดพอง นำมาชั่งน้ำหนัก

b. หาน้ำหนักแห้งของข้าวเกรียบก่อนทอด (Wd1)โดยนำค่าที่ทราบ ได้แก่ ความชื้นหลังอบ(ข้าวเกรียบก่อนทอด) (% Wb) น้ำหนักข้าวเกรียบก่อนทอด (WT1) แทนค่าลงในสมการ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% Wb)

$$= \frac{wT1-Wd1}{wT1}\ x100 \quad (5)$$

c. หาน้ำหนักน้ำของข้าวเกรียบหลังทอด (Ww2) โดยนำค่าที่ทราบ ได้แก่ ความชื้นหลังอบ(ข้าวเกรียบหลังทอด) (% Wb) น้ำหนักข้าวเกรียบหลังทอด (WT2) แทนลงในสมการ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% Wb)

$$= \frac{Ww2}{wT2}\ x100 \quad (5)$$

d. หาน้ำหนักน้ำมันของข้าวเกรียบหลังทอด (Wo) โดยนำค่าที่ทราบ ได้แก่ น้ำหนักข้าวเกรียบหลังทอด (WT2) น้ำหนักแห้งข้าวเกรียบหลังทอด (Wd2) น้ำหนักน้ำของข้าวเกรียบหลังทอด (Ww2) แทนในสมการ (6)

น้ำหนักน้ำมัน (Wo)
= WT2-Wd2-Ww2 (6)

e. หาอัตราการดูดซับน้ำมันจากการทอด โดยนำค่าที่ทราบ ได้แก่ น้ำหนักน้ำมัน (Wo) และ น้ำหนักข้าวเกรียบก่อนทอด (WT1) แทนในสมการ (7)

อัตราการดูดซับน้ำมัน

$$= \frac{Wo}{WT1}\ x100 \quad (7)$$

f. รายงานผล อัตราของการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบหลังการทอด หน่วยเป็น ร้อยละ

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test

ผลและวิจารณ์

1. สัดส่วนปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของข้าวเกรียบก่อนการทอด

ระดับการเกิดเจลาติไนเซชัน

การศึกษาระดับการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวเกรียบหลังอบแห้งของข้าวเกรียบตามสัดส่วนปริมาณน้ำต่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังทั้ง 5 สัดส่วน พบว่า ทั้ง 5 สัดส่วน มีระดับการเกิดเจลาติไนเซชันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าการลดปริมาณน้ำในสูตรลงไม่ส่งผลให้ร้อยละการเกิดเจลาติไนเซชั่น แต่พบจุดสีขาวตรงกึ่งกลางของแท่งข้าวเกรียบหลังจากการหั่น (Figure 1) เอาจเนื่องจากเป็นตัวอย่างในสัดส่วนที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นมาก รวมถึงปริมาณน้ำในแท่งข้าวเกรียบที่มีถูกแพร่จากแกนกลางออกไปขอบแท่งจึงทำให้ขอบแท่งสุกและเกิดเจลก่อนส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้ยากในบริเวณแกนกลางแท่ง สอดคล้องกับงานทดลองที่พบอุณหภูมิและระยะเวลาปรุงสุกเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบกับอุณหภูมิจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นตำแหน่งร้อนช้าที่สุด (ชุมพร, 2563) โดยองค์ประกอบของการเกิดเจลาติไนเซชัน ได้แก่ ปริมาณน้ำ ความร้อน และระยะเวลานึ่ง (กล้าณรงค์, 2542) โดยในระยะที่ 1 เม็ดแป้งดูดซึมน้ำเย็นได้ ความหนืดยังเพิ่มขึ้นไม่ชัดเจน รักษาโครงสร้างแบบ birefringence และพองตัวแบบผันกลับได้ เมื่อเข้าระยะที่ 2 สารละลายน้ำแป้งได้รับความร้อนที่สูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนคลายตัวเม็ดแป้งเกิดการละลายน้ำ ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแบบ birefringence และดูดซึมน้ำจนเกิดการพองตัวแต่ยังผันกลับได้ และเมื่อเข้าระยะที่ 3 สารละลายน้ำแป้งได้รับความร้อนต่อเนื่อง เม็ดแป้งเกิดการพองตัวจนแตก บางชิ้นส่วนแตกกระจายอยู่ในน้ำแป้งได้สารละลายข้นหนืดสูงขึ้น และมีลักษณะเป็นเจลใสขึ้น (กล้าณรงค์, 2542)

ความชื้นของข้าวเกรียบ

การศึกษาความชื้นของข้าวเกรียบอบแห้งก่อนทอดของข้าวเกรียบสูตรเวียดนาม ตามสัดส่วนปริมาณน้ำต่อปริมาณแป้งมันสำปะหลัง พบว่าตัวอย่างทุกสัดส่วนหลังการอบแห้งมีความชื้นแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table1) โดยที่สัดส่วน 45.0:36.0 และ 42.5:38.5 มีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 13.14 และ 12.68 ตามลำดับ ซึ่งมีความชื้นเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) ในขณะที่สัดส่วนปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 40.0:41.0 37.5:43.5 และ 35.0:46.0 มีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 10.09 11.06 และ 10.71 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์หลังนึ่งแตกต่างกันตามการผสมน้ำ แต่สภาวะในการอบแห้งเหมือนกันจึงส่งผลให้ความชื้นที่ได้แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานทดลองที่พบว่าการอบแห้งทำให้ความชื้นผลิตภัณฑ์ลดลงโดยระยะเวลามีอิทธิพลต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์กล่าวคือ ระยะเวลาการอบแห้งมากขึ้นส่งผลให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์ลดลงและความชื้นลดลง (จารุวรรณ และคณะ2563) ดังนั้น

ในการผลิตที่ใช้สัดส่วนน้ำสูงในขั้นตอนการอบแห้งจะต้องใช้เวลาในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ความชื้นที่ได้ตามมาตรฐาน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

การศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้าวเกรียบอบแห้งก่อนทอดของการผลิตแบบเวียดนามที่ใช้สัดส่วนน้ำต่อแป้งที่แตกต่างกัน พบว่า สัดส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในช่วง 29.80 – 31.90 มิลลิเมตร (Table 2) เนื่องจากในวิธีการผลิตใช้ใส้เทียมพลาสติกที่มีขนาดเท่ากันในการบรรจุก่อนนำไปนึ่ง แต่อาจจะมีขนาดเล็กลงกว่าบ้างในกรณีที่มีสัดส่วนน้ำมาก เนื่องจากการหดตัวของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ในระหว่างกระบวนการนึ่งโดยความร้อนและปริมาณน้ำในส่วนผสม มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ใจกลางของแท่งโดยที่มีกระบวนการนึ่งที่เท่ากัน ทำให้ตรงกลางเกิดการไม่สุกของแป้งที่สังเกตุได้จากลักษณะไตขาวที่แกนกลางของแท่งข้าวเกรียบ สอดคล้องกับงานทดลองที่พบอุณหภูมิและระยะเวลาปรุงสุกเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบกับอุณหภูมิจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นตำแหน่งร้อนช้าที่สุด โดยอาศัยการแพร่ความร้อนทำให้ปริมาณน้ำภายในผลิตภัณฑ์แทรกออกมาที่บริเวณผิว ส่วนปริมาณน้ำที่หลงเหลือภายในผลิตภัณฑ์น้อยส่งผลต่อความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำ (ชุมพร, 2563) ซึ่งส่งผลให้เกิดลักษณะไตขาวที่แกนกลางของแท่งข้าวเกรียบอาจจะมีผลกระทบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้าวเกรียบ

ค่าสี (L*, a*, b*)

การศึกษาค่าสี L* (ความสว่าง) a* (ค่าสีเขียวถึงแดง) b *(ค่าสีน้ำเงินถึงเหลือง)ของข้าวเกรียบอบแห้งก่อนทอดและหลังทอด พบว่าข้าวเกรียบเวียดนามทั้ง 5 สัดส่วน หลังทอดมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น โดย ที่สัดส่วน 35:46 มีค่าความสว่างมากสุด และมากกว่า 37.5:43.5 40.0:41.0 42.5:38.5 และ 45:36 ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับงานทดลองที่มีการใส่แป้งมันสำปะหลังลงผสมผลิตปลาเส้นจากปลาช่อนในอัตราส่วนร้อยละ 5, 15, 25, 35 ของน้ำหนักปลาส่งผลต่อค่าสี L*, a*, b* โดยที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนมากที่สุด ร้อยละ 35 มีค่า L*(ค่าความสว่าง) มากที่สุด (สุวรนี และปิยาพัชร, 2565) และจากการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า แผ่นข้าวเกรียบก่อนทอดที่ได้มาจากการผลิตในประเทศเวียดนามอาจจะมีการเติมสารให้สีบางชนิดทำให้สีตัวอย่างที่ใช้มีสีที่ผิดปกติจากตัวอย่างที่ได้จากการทดลองที่ไม่ได้เติมสารให้สีลงไปในตัวอย่าง

Table 1 Physical and chemical quality of the Vietnamese crackers before fried with different ratios of water to tapioca starch

Ratio of water to tapioca starch	Gelatinization degree (%)	Moisture content (%)	Diameter (mm.)	Color value		
				L*	a*	b*
Vietnam Commercial crackers	-	9.02 ± 0.10[a]	26.98 ± 0.45[a]	60.32 ± 0.11[b]	2.78 ±0.10[a]	8.83 ±0.97[a]
Condition1 45.0: 36.0	90.51 ±0.00	13.14 ±0.24[c]	31.40 ±0.04[b]	47.74 ± 2.70[a]	8.39 ± 0.35[d]	26.48 ±1.79[b]
Condition2 42.5: 38.5	91.62 ±0.00	12.68 ±0.21[c]	30.60 ±0.03[ab]	50.27 ± 1.60[a]	7.35 ±0.54[cd]	25.03 ±2.23[b]
Condition3 40.0: 41.0	89.24 ±0.00	10.09 ±0.24[a]	31.19 ± 0.07[ab]	51.18 ± 4.02[a]	7.08 ± 0.39[c]	25.96 ±0.75[b]
Condition4 37.5: 43.5	89.90 ±0.00	11.06 ±0.24[b]	30.00 ± 0.07[a]	54.27 ±1.20[ab]	6.46 ±0.02[bc]	25.72 ±0.60[b]
Condition5 35.0: 46.0	90.37 ±0.00	10.71 ±0.47[ab]	29.80 ± 0.04[a]	59.60 ± 0.93[b]	5.39 ± 0.23[b]	24.56 ±0.24[b]

Note: Data are expressed as mean ± SD (n = 3). Different letters above the parameters represent significant differences ($p < 0.05$). There was no significant difference when they were the same ($p > 0.05$).

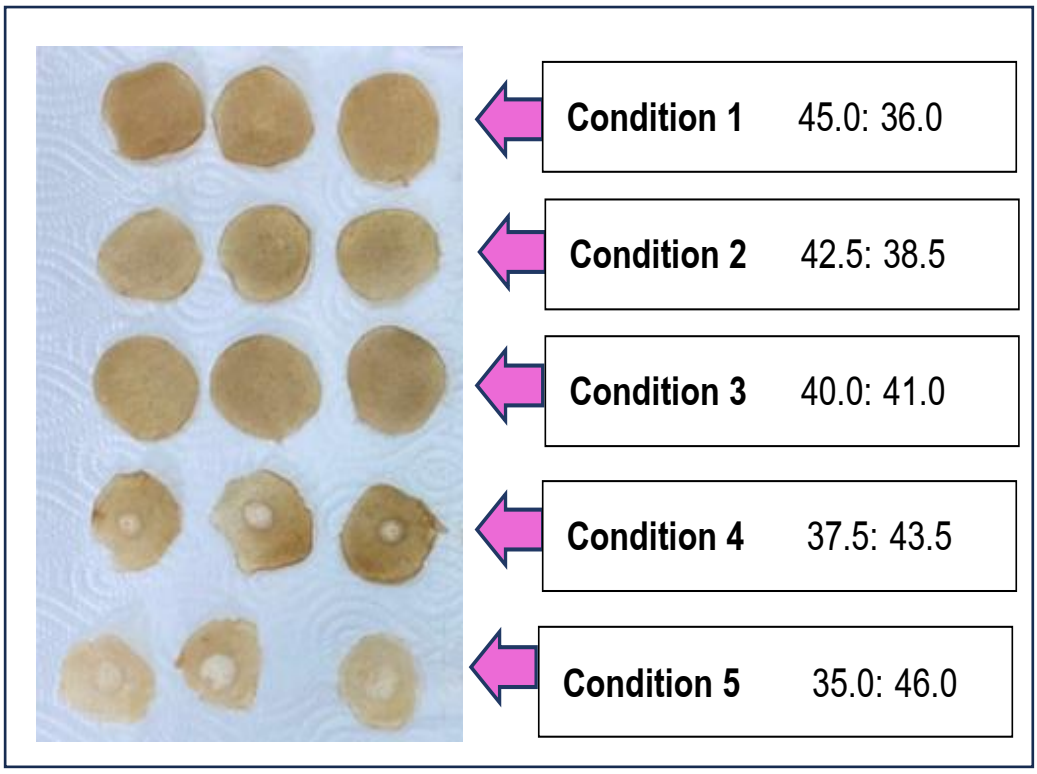

Figure 1 Characterization of Vietnamese crackers with 5 ratios before fried.

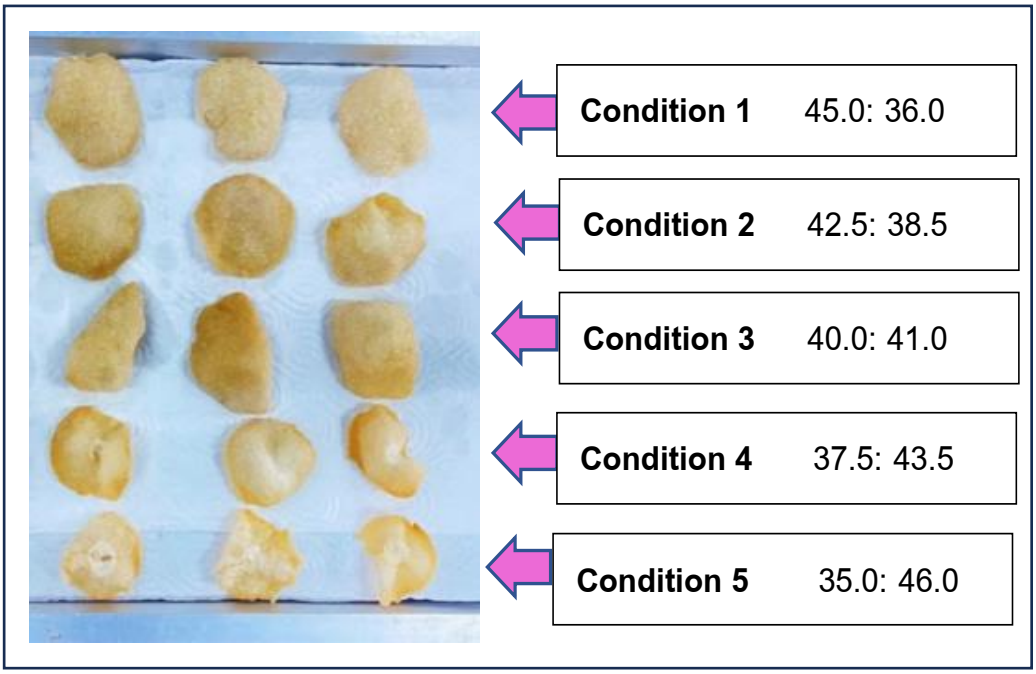

Figure 2 Characterization of Vietnamese crackers with 5 ratios after fried.

1. สัดส่วนปริมาณน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพข้าวเกรียบหลังการทอด

ความชื้นของข้าวเกรียบ

การศึกษาความชื้นของข้าวเกรียบเวียดนามหลังการทอดทั้ง 5 สัดส่วน คือ 45.0:36.0 42.5:38.5, 40.0:41.0, 37.5:43.5, และ 35.0:46.0 ซึ่งสัดส่วนของน้ำถูกลดลงตามลำดับ โดยจาก Table 2 ค่าความชื้นของทั้ง 5 สัดส่วนมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 3.75, 3.22, 2.53, 3.05 และ 2.98 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากข้าวเกรียบหลังทอดปริมาณน้ำในแผ่นจะระเหยออก ซึ่งมีความชื้นใกล้เคียงกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้อง ตลาดที่มีค่าความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 3.05 ทั้งนี้มีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม, 2546) ซึ่งทั้ง 5 สัดส่วน มีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546)

อัตราการพองตัว (%)

การศึกษาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหลังทอดทั้ง 5 สัดส่วน จาก Table 2 พบว่า ทั้ง 5 สัดส่วนมีอัตราการพองตัวอยู่ที่ร้อยละ 668.84, 594.34, 574.64, 492.69 และ392.21 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งทั้ง 5 สัดส่วนมีอัตราการพองตัว (%) ต่ำกว่าข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่มีอัตราการพองตัวที่ร้อยละ 1226.67 ทั้งนี้พบว่าสัดส่วนที่ร้อยละ 37.5:43.5 และ 35.0:46.0 มีอัตราการพองตัวต่ำมาก เนื่องจากมีโครงสร้างบริเวณแกนกลางแผ่นเป็นไตแข็งขาวเกิดจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเจลาติไนเซชันได้ทั่วในขั้นตอนการนึ่ง และเมื่อนำไปทอดบริเวณนี้ไม่เกิดการพองตัวทำให้มีเพียงบริเวณนอกแกนกลางจนถึงขอบแผ่นที่สามารถพองตัวได้ และการทดลองเมื่อความชื้นในข้าวเกรียบก่อนทอดมีความชื้นสูงจะมีการพองตัวที่สูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองที่ความชื้นข้าวเกรียบลดลงต่ำ การพองตัวจะลดลงสำหรับแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอดที่ความชื้นต่ำ เนื่องจากไอน้ำเกิดขึ้นน้อยในระหว่างการทอด (พรรณี และณรงค์, 2530) ในขณะเดียวกันสัดส่วนที่ร้อยละ 45.0:36.0, 42.5:38.5 และ40.0:41.0 มีอัตราการพองตัว (%) ได้ดี ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้จึงมีความสำคัญต่ออัตราการพองตัว(%) ของข้าวเกรียบ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

การศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้าวเกรียบหลังทอด จาก Table 2 พบว่า 5 สัดส่วนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 59.50, 55.10, 59.70, 50.0 และ 42.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งทั้ง 5 สัดส่วนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 55.93 มิลลิเมตร สอดคล้องกับการทดลองผลิตภัณฑ์ข้าวแตนหลังหุงสุกด้วยความร้อน เกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชทำให้ได้เจลที่แข็งแรง หลังการทำแห้งมีลักษณะผิวด้านนอกแห้งคล้ายฟิล์มใส เมื่อนำลงทอดทำให้การระเหยของน้ำเกิดได้ยาก ส่งผลให้ขัดขวางการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนที่ผลิตจากปลายข้าวเจ้า (นรินทร์, 2563) ทั้งนี้ที่สัดส่วน 37.5 :43.5 และ35.0:46.0 มีขนาดเล็กกว่าสัดส่วนอื่น ๆ เนื่องจากบริเวณแกนกลางแผ่นเป็นไตแข็งสีขาวทำให้การพองตัวน้อยกว่า และเส้นผ่านศูนย์กลางจึงเล็กกว่าสัดส่วนอื่น ๆ

ค่าสี (L*, a*, b*)

การศึกษาค่าสี (L*, a*, b*) ของข้าวเกรียบเวียดนามหลังทอดทั้ง 5 สัดส่วน จากTable2 พบว่าทั้ง 5 สัดส่วนมีค่า L*(ค่าความสว่าง) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งทั้ง 5 สัดส่วนมีค่า L*(ค่าความสว่าง) ใกล้เคียงกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่มีค่า L*(ค่าความสว่าง) อยู่ที่ 61.41 ซึ่งมีสีค่อนข้างไปทางค่าสว่างมาก ส่วนค่า a*(ค่าสีเขียวถึงแดง) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของตัวอย่างที่ได้จากการทดลองและค่า b*(ค่าสีน้ำเงินถึงเหลือง) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของตัวอย่างทั้งหมดในการทดลอง แต่ทั้งค่า a* และ ค่า b* นั้นมีความแตกต่างทางสถิติกับตัวอย่างที่ได้จากการทดลองซึ่งทั้ง 5 สัดส่วนมีค่า a*(ค่าสีเขียวถึงแดง) และ ค่า b* (ค่าสีน้ำเงินถึงเหลือง) มีสีออกเหลืองโทนอ่อนแต่มีสีเข้มกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่มีค่า a*(ค่าสีเขียวถึงแดง) อยู่ที่ 2.63 และ ค่า b*(ค่าสีน้ำเงินถึงเหลือง)อยู่ที่ 8.87 เนื่องจากส่วนผสมเครื่องปรุงรสมีสีโทนเข้ม เช่น กระเทียมผง และพริกไทยผง ส่วนน้ำตาลในส่วนผสม สอดคล้องกับการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำในชั้นผิวอาหารทำให้ส่วนผสมน้ำตาลกลายเป็นคาราเมล กรดไขมันเกิดออกซิเดชันและเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ แลกโตน คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเตอร์ ได้เป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรือปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาลขึ้น (โซเฟีย และคณะ, 2561) ในขณะที่ข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดอาจจะมีการผสมสารบางอย่างในการปรับให้สีข้าวเกรียบมีสีขาว เช่น Titanium oxide

ความหนาแน่น

การศึกษาความหนาแน่นของข้าวเกรียบหลังทอด จาก Table 2 พบว่าทั้ง 5 สัดส่วนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างทางสถิติที่ระดับเดียวกันกับตัวอย่างของเวียดนาม ซึ่งทั้ง 5 สัดส่วนมีความหนาแน่นของแผ่นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่มีความหนาแน่น 0.54 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลความหนาแน่นของข้าวเกรียบเวียดนาม 5 สัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับเกิดจากปริมาณแป้งมันสำปะหลังในส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น พบว่าที่สัดส่วนที่ร้อยละ 37.5:43.5 และ 35.0:46.0 เป็นสัดส่วนที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่มากกว่า ซึ่งพบว่าที่บริเวณแกน กลางแผ่นมีลักษณะเป็นไตแข็งสีขาวจึงทำให้เมื่อนำแผ่นข้าวเกรียบไปทอดที่อุณหภูมิน้ำมัน 200 °C นาน 20 วินาที แผ่นมีการพองตัวในบริเวณขอบแผ่นเท่านั้นส่วนที่บริเวณแกนกลางแผ่นไม่สามารถพองตัวได้ สอดคล้องกับงานทดลองที่พบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมและอุณหภูมิน้ำที่สูงพอที่จะทำให้แป้งบางส่วนสุกเป็นปัจจัยสำคัญเนื่องจากเม็ดแป้งไม่สามารถอุ้มน้ำได้มากพอที่จะทำให้แป้งสุกสมบูรณ์ระหว่างการนึ่ง ดังนั้นหากปัจจัยข้างต้นไม่เหมาะสมก้อนแป้งจะไม่สุกใสตลอดแท่งแม้ว่าจะนึ่งด้วยระยะเวลานาน บริเวณกลางจะมีลักษณะสีขาวขุ่นเมื่ออบแห้งแล้วจะมีลักษณะไตแข็งสีขาว ซึ่งจะไม่พองขยายเมื่อนำลงทอด (เพลินใจ, 2546) ส่งผลให้ความหนาแน่นของแผ่นมาก ในขณะเดียวกันสัดส่วนที่ร้อยละ 45.0:36.0, 42.5:38.5 และ 40.0:41.0 มีปริมาณ

แป้งมันสำปะหลังน้อยกว่าและเกิดเจลได้ทั่วแผ่นเมื่อนำไปทอด แผ่นมีการพองตัวได้ทั่วแผ่น ดังนั้นสัดส่วนที่มีแป้งมันสำปะหลังเหมาะสมจะทำให้ได้ข้าวเกรียบมีความหนาแน่นน้อยกว่า

ค่าการดูดซับน้ำมัน (%)

การศึกษาค่าการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบหลังทอด จาก Table 2 พบว่าทั้ง 5 สัดส่วนมีค่าการดูดซับน้ำมันอยู่ที่ร้อยละ 61.65, 57.84 64.34, 45.08 และ 42.55 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่มีค่าการดูดซับน้ำมันที่ร้อยละ 46.60 ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในกระบวนการนำแผ่นข้าวเกรียบลงทอดในน้ำมันเดือด 200 °C นาน 20 วินาที ความร้อนจากน้ำมันถูกส่งผ่านเข้าภายในแผ่นข้าวเกรียบทำให้โครงสร้างอ่อนตัวลง เมื่อน้ำที่แทรกในโครงสร้างได้รับความร้อนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เกิดแรงดันไอขึ้นดันเพื่อออกจากโครงสร้างจึงส่งผลให้โครงสร้างเกิดการขยายตัวทำให้เกิดลักษณะเป็นโพรงอากาศขึ้น ในขณะเดียวกันน้ำมันจะเข้าไปแทนที่ปริมาณน้ำที่ระเหยออกและแทนที่ในโพรงอากาศทำให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นและมีความชื้นลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ปริมาณการดูดซับน้ำมันขึ้นกับปริมาณความชื้นที่สูญเสียขณะทอด โดยปริมาณการดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่อสูญเสียความชื้นขณะทอดเพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงจะทำให้เกิดช่องว่างในผลิตภัณฑ์และดูดซับน้ำมันได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ (ชิดชนก, 2563) และสอดคล้องกับการทดลองที่พบว่าข้าวเกรียบที่พองตัวมากกว่า จะมีพื้นที่ผิวมากกว่า การดูดซับน้ำมันที่ผิวจึงมากกว่าด้วย (พรรณี และณรงค์, 2530)

ค่าแรงกดสูงสุด

การศึกษาค่าแรงกดสูงสุดของข้าวเกรียบหลังทอด จาก Table 2 พบว่าทั้ง 5 สัดส่วนมีค่าแรงกดสูงสุดที่ 4.83 6.23 6.31 12.05 13.00 นิวตัน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งบางสัดส่วนที่มีค่าแรงกดสูงสุดใกล้เคียงกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาดที่ค่าแรงกดสูงสุดที่ 10.08 นิวตัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงกดสูงสุดในการต้านการกดแสดงถึงความแข็งของผลิตภัณฑ์ (ธีรเดช และคณะ, 2564) พบว่าอัตราส่วนการพองตัวแปรผันตรงกับความกรอบของข้าวเกรียบแต่แปรผกผันกับความหนาแน่น (Mohamed *et al*., 1988) และค่าแรงกดสูงสุด โดยจะมีสัดส่วนที่ร้อยละ 37.5:43.5 และ 35.0:46.0 แผ่นข้าวเกรียบเกิดการพองตัวไม่ทั่วแผ่นโดยบริเวณแกนกลางแผ่นมีลักษณะเป็นไตแข็งขาวเกิดขึ้น ทำให้แผ่นข้าวเกรียบหลังทอดที่สัดส่วนดังกล่าวมีความแข็งและมีแรงต้านมาก ทำให้ต้องใช้แรงมากขึ้นกว่าแผ่นข้าวเกรียบจะหักออกจากกัน ในขณะที่สัดส่วนที่ร้อยละ 45.0:36.0, 42.5:38.5 และ 40.0:41.0 แผ่นข้าวเกรียบเกิดการพองตัวได้ทั่วแผ่นทำให้ความหนาแน่นน้อย ปริมาณแผ่นขยายพองออก แผ่นค่อนข้างเปราะบางกว่า ส่งผลให้เมื่อใช้แรงกดไม่มากก็ทำให้แผ่นข้าวเกรียบแตกออกได้

Table 2 Physical and chemical qualities of the Vietnamese crackers after fried with different ratios of water to tapioca starch

Ratio of water to tapioca starch	Moisture content (%)	Swelling rate (%)	Density (g/cm^3)	Diameter (mm.)	Oil absorption (%)	Maximum pressure (Newtons)	Color value		Ratio of water to tapioca starch	Moisture content (%)
							L*	a*		b*
Vietnam Commercial crackers	3.05 ±0.11^{ab}	1226.67 ±28.37^{b}	0.54 ±0.00^{b}	55.93 ±1.16^{b}	46.60 ±0.24^{ns}	10.08 ±1.29^{b}	61.41 ±0.51^{ns}	2.63 ±0.64^{a}	8.87 ±0.10^{a}	
Condition 1 45.0: 36.0	3.75 ±0.63^{b}	668.84 ± 66.31^{a}	0.150 ±0.01^{a}	59.50 ±0.19^{b}	61.65 ±3.17^{ns}	4.83 ±0.37^{a}	54.03 ±2.71^{ns}	6.52 ±0.80^{b}	28.27 ±2.64^{b}	
Condition 2 42.5: 38.5	3.22 ±0.29^{ab}	594.34 ±139.11^{a}	0.160 ±0.03^{a}	55.10 ±0.41^{b}	57.84 ±5.96^{ns}	6.23 ±0.16^{a}	58.74 ±3.10^{ns}	5.29 ±0.60^{b}	26.50 ±3.14^{b}	
Condition 3 40.0: 41.0	2.53 ±0.26^{a}	574.64 ±106.50^{a}	0.163 ±0.01^{a}	59.70 ±0.28^{b}	64.34 ±5.41^{ns}	6.31 ±0.58^{a}	55.01 ±3.78^{ns}	6.25 ±1.20^{b}	29.34 ±2.93^{b}	
Condition 4 37.5: 43.5	3.05 ±0.03^{ab}	492.69 ±132.27^{a}	0.193 ±0.03^{a}	50.20 ±0.40^{ab}	45.08 ±6.45^{ns}	12.05 ±1.73^{b}	58.69 ±2.59^{ns}	6.05 ±0.23^{b}	28.90 ±2.18^{b}	
Condition 5 35.0: 46.0	2.98 ±0.03^{ab}	392.21 ±107.13^{a}	0.233 ±1.07^{a}	42.10 ±0.32^{a}	42.55 ±7.83^{ns}	13.00 ±2.00^{b}	62.28 ±0.87^{ns}	5.33 ±0.40^{b}	28.49 ±2.49^{b}	

Note: Data are expressed as mean ± SD (n = 3). Different letters above the parameters represent significant differences ($p < 0.05$). There was no significant difference when they were the same ($p > 0.05$).

สรุป

สัดส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังที่ระดับร้อยละ 40.0:41.0 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ผลิตข้าวเกรียบโดยผ่านเครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำโดยส่วนผสมไม่เหลวจนไม่สามารถควบคุมการไหลในเครื่องจักรดังกล่าวได้ และจากผลทดสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพที่ดี กล่าวคือการปรับส่วนผสมส่งผลให้ ค่าความชื้น (%)ของข้าวเกรียบมีผลใกล้เคียงกับข้าวเกรียบเวียดนามในท้องตลาด ซึ่งคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนทั้งชนิดข้าวเกรียบดิบและข้าวเกรียบพร้อมบริโภค ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ค่าแรงกดสูงสุด (นิวตัน) อัตราการพองตัว(%) และค่าการดูดซับน้ำมัน (%) ที่ดี และสัดส่วนที่เพิ่มปริมาณแป้งในส่วนผสมส่งผลให้ลักษณะส่วนผสมไม่เหลวมาก ทำให้สามารถที่จะควบคุมการไหลของวัตถุดิบในการใช้สำหรับการผลิตข้าวเกรียบโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรูแรงเฉือนต่ำ ได้โดยไม่ไหลผ่านเครื่องตามส่วนผสมที่เหลวเหมือนสัดส่วนที่ใช้สำหรับการผลิตตามภูมิปัญญาเวียดนาม”

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ บริษัท เพ็นต้า อิมเพ็กซ์ จำกัด ในการสนับสนุนเงินทุนในการจัดซื้อวัตถุดิบทั้งหมดในการทดลอง และขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านรวมถึงนัก วิทยาศาสตร์ปฏิบัติงานที่ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่ให้คำปรึกษาตลอดงานวิจัยรวมถึงช่วยแนะนำเทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุกชนิดในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2542). *เทคโนโลยีของแป้ง*. กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

จริยา สุขจันทรา. (2559). การพัฒนาอาหารท้องถิ่นจากแป้งสาคู: หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, *21*(2), 17-30.

จารุวรรณ สุพรรณพยัคฆ์, ปาริสุทธิ์ เฉลิมวัฒน์ และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. (2563). ผลของการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเล (Ulva rigida) ต่อคุณภาพและการนำไปใช้ประ โยชน์ในข้าวเกรียบ, *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*., *48*(2), 227-235.

ชิดชนก มากจันทร์. (2563). การลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์แห้วทอดด้วยเทคโนโลยีสนามไฟฟ้า. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, *14*(1), 37-47.

ชุมพร หนูเมือง. (2563). การจำลองการถ่ายเทความร้อนในไส้กรอกอีสานย่าง. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*., *48*(4), 542-553.

โซเฟีย เมฆารัฐ, รอมลี เจะดอเลาะ, รักชนก ภูวพัฒน์ และอาสลัน หิเล. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, *11*(1), 125-134.

ธีรเดช กนกเมธากุล, นัฐวงค์ เฟื่องไฟบูลย์ และรัชดา ตั้งวงค์ไชย. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทอดจากกล้วยน้ำว้าในการรายงาน*การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 22*(น. 512-524).

นรินทร์ เจริญพันธ์. (2563). การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวเพื่อผลิตข้าวแตน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *28*(12), 2150-2163.

นฤดม บุญ-หลง. (2531). การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารและอาหารสัตว์ข้าวเกรียบ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประชา บุญญสิรกูล. (2537). บทบาทของเอ็กทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย. *วารสารอาหาร, 24*(1), 1-12

พรรณี วงศ์ไกรศรีทอง และณรงค์ นิยมวิทย์. (2530). *การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยใช้ เครื่องรีดแผ่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพลินใจ ตังคณะกุล. (2546). การทำข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์คุณภาพ. *วารสารอาหาร, 33*(2), 90-93.

วลัยกร นิตยพัฒน์. (2558). วิทยาศาสตร์ของสี, *คหกรรมศาสตร์ มศว*, *13*(1), 3-11.

สยุมพร รัตนพันธ์ และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์. (2561). ผลของเวลาในการนึ่งต่อคุณภาพของ ข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังผลของเวลา ในการนึ่งต่อคุณภาพของข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลัง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *26*(3), 532-543.

สุวรนี ปานเจริญ และปิยาพัชร จันทร์สุข. (2565). ผลของแป้งมันสำปะหลังต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นจากปลาช่อนจังหวัดสิงห์บุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย*, *1*(1), 57-65.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ข้าวเกรียบ มผช.107/2546*. เมื่อ 6 ธันวาคม 2564 จาก http://otop.dss.go.th/attachments/article/162/CF84%20(E1).pdf

Siegel, A. (1974). *Development, Acceptability, and Nutritional Evaluation of New High-Protein Rice-Based Foods for Thai Children*. (Doctoral dissertation). Michigan: Kansas State University.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International 17th*. Maryland: AOAC International.

Qiao, F., Huang, L.L, Xia, W.S. (2012). (2012). A Study on Microwave Vacuum Dried Re-Structured Lychee (Litchi Chinensis Sonn.) Mixed with Purple Sweet Potato (Ipomoea Batatas) Snacks. *Journal of Food and Biopro- ducts Processing*, *90*, 653-658. doi: 10.1016/j.fbp.2012.05.002

Mohamed, S., Abdullah, N., Muthu, M.K. (1988) Expansion, Oil Absorption, Elasticity and Crunchiness of Keropok (Fried Crips) in Relation to The Physico-Chemical Nature of Starch Flours. *Proceedings of the Food Conference '88.* 108-113.

Sandra, S., Franco, P., & Petr, D. (2004). Volume Measurement Method of Potato Chips. *Journal of Food Properties*, *7*(1), 37-44. doi: 10.1081/JFP-120022494

Yu, S.Y., Mitchell, R., & Abdullah, A. (1981). Production and Acceptability Testing of Fish Crakers (" Keropok") Prepared by the Extrusion Method [Fish Product. *Journal of Food Science & Technology, 16*(1) , 51-58. doi: 10.1111/j.1365-2621.1981.tb00995.x

Tran, V. V. (2017) . *How to Make a Simple Weekend Crispy Shrimp Puff Pastry*. Retrieved December 6, 2021, from https://daylambanh.edu.vn/banh-phong tom.com