

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทอดจากกล้วยน้ำว้า

### Development of Crispy Snack from Banana (*Musa sapientum* L. cv. Namwa)

ธีรเดช กนกเมธากุล (Theeradej Kanokmedhakul)\* ดร.นัฐวงศ์ เฟื่องไพบูลย์ (Dr.Nattavong Fuangpaiboon)\*\*

ดร.รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย (Dr.Ratchada Tangwongchai)\*\*\*

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ แป้งกล้วยน้ำว้า:แป้งมันสำปะหลัง:กล้วยน้ำว้าสุกบด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L. cv. Namwa) โดยใช้ mixture design พบว่า แป้งผสมมีสมบัติในการเกิดเพสต์แตกต่างจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งกล้วยน้ำว้าดิบ ( $p < 0.05$ ) ข้าวเกรียบแป้งผสมทั้ง 14 สูตรที่ได้มีความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วงร้อยละ 1.67–3.56, 9.29–19.08, 0.11–0.17, 0.09–0.32, 2.28–2.95 และ 74.65–84.46 ตามลำดับ ความหนาแน่นรวมและการพองตัวมีแนวโน้มสูงเมื่อส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่สูงขึ้น ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) สีแดง ( $a^*$ ) และสีเหลือง ( $b^*$ ) ของตัวอย่างข้าวเกรียบแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยสีของข้าวเกรียบจะเข้มขึ้นตามอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและกล้วยสุกที่เพิ่มขึ้น สูตรที่ 2 มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด (118.21 mg GAE/100g) ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH สูงสุด (8.82 mg Trolox/100 g) และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP สูงสุด (95.25 mg Trolox/100 g) อย่างไรก็ตามผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ 5 ข้าวเกรียบแป้งผสมที่ประกอบด้วยแป้งกล้วย:แป้งมันสำปะหลัง:กล้วยสุกบด (14.03:65.00:20.97) มีค่าคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด (คะแนน 7.83) โดยจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถทำนายอัตราส่วนแป้งผสมที่ให้ความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบสูงสุด คือ แป้งกล้วยดิบ 19.87 แป้งมันสำปะหลัง 64.88 และกล้วยสุกบด 15.25 ( $p \leq 0.05$ )

#### ABSTRACT

The aim of study is to determine the optimal ratio of banana flour: tapioca starch: banana puree for production of Kluai Namwa rice cracker product using mixture design. It was found that the mixed powder of tapioca starch and banana flour showed pasting properties different from a single powder ( $p < 0.05$ ). All 14 formulas of crackers had moisture, fat, protein, fiber, ash and carbohydrates contents in the range of 1.67–3.56, 9.29–19.08, 0.11–0.17, 0.09–0.32, 2.28–2.95 and 74.65–84.46%, respectively. The higher ratio of tapioca starch, the higher bulk density and expansion ratio of crackers. The brightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ), and yellowness ( $b^*$ ) of cracker samples were different ( $p \leq 0.05$ ). The higher content of banana flour and banana puree, the darker color of cracker. Cracker made from the mixed powder had the highest phenolic content (118.21 mg GAE/100 g) DPPH (8.82 mg Trolox/100 g) and FRAP (95.25 mg Trolox /100 g). The sensory evaluation revealed that the formula 5 containing banana flour:tapioca starch:banana puree (14.03:65.00:20.97) had the highest overall acceptance score (7.83 score). Based on the prediction of the mathematical model, the ratio of banana flour, tapioca starch, and banana puree in the mixed powder (19.87:64.88:15.25) provided the maximum overall acceptance score ( $p \leq 0.05$ ).

**คำสำคัญ:** แป้งกล้วย กล้วยน้ำว้าสุกบด ข้าวเกรียบ

**Keywords:** Banana flour, Kluai-Namwa puree, Crispy cracker

\*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

ขนมขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถบริโภคในโอกาสต่างๆ ให้ความเพลิดเพลินขณะบริโภค และได้รับความนิยมแพร่หลายจากผู้บริโภคในหลากหลายกลุ่ม มูลค่าทางการตลาดของขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี 2559-2562 มีมูลค่า 33.3, 35.2, 37.2 และ 38.0 พันล้านบาท ตามลำดับ โดยคนไทยบริโภคขนมขบเคี้ยวเฉลี่ย 1.5 กิโลกรัม/คน/ปี (ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2018) จะเห็นได้ว่า ตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง จึงน่าสนใจในการออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากผลผลิตทางการเกษตรของไทยให้มีมูลค่าเพิ่มโดย ข้าวเกรียบเป็นขนมขบเคี้ยวของไทยที่เป็นที่นิยม แปรรูปได้ง่าย ต้นทุนต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเฉพาะตัว โดยทั่วไปการผลิตข้าวเกรียบจะใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นหลักและมีการเพิ่มเนื้อสัตว์ เช่น กุ้ง ปลา หรือพืชผัก (ฟักทอง ข้าวโพด และเห็ด) ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มกลิ่น-รสแล้วยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยใช้แป้งจากพืชชนิดอื่นจึงเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นและเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภค กลัวยน้ำว่า (*Musa sapientum* L. cv. Namwa.) เป็นผลไม้พื้นบ้านที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย มีสรรพคุณที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมทั้งสามารถใช้ประโยชน์ได้จากแทบทุกส่วน (ผลดิบ-ผลสุก หัวปลี ใบ-ก้านใบ ลำต้น) นอกจากกลัวยน้ำว่าจะบริโภคผลสุกซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยอาหารแล้ว ยังเป็นสารพรีไบโอติกและมีสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แป้งกลัวยน้ำว่ามีปริมาณแป้งต้านทานการย่อยในกลุ่ม RS 2 (Resistant Starch type II) ถึงร้อยละ 55.59 (พิมพ์นิภา, 2016) นอกจากนี้กลัวยดิบจะช่วยกระตุ้นเซลล์ให้เยื่อบุกระเพาะให้หลั่งสารมิวซิน (Mucin) ออกมาช่วยเคลือบกระเพาะ พร้อมกับหลั่งสารเซโรโทนิน (serotonin) ให้ออกมาช่วยยับยั้งการหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ทำให้บรรเทาอาการกรดไหลย้อนและยับยั้งอาการท้องเสียได้ (ชาลีสา, 2016) กลัวยน้ำว่าสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น กลัวยตาก กลัวยบด กลัวยแผ่น กลัวยทอด กลัวยฉาบ เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งกลัวยน้ำว่าและกลัวยน้ำว่าสุกบดโดยใช้รูปแบบของข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

## วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการใช้แป้งกลัวยน้ำว่าดิบเพื่อศึกษาสมบัติการเกิดเพสต์ของแป้งผสม (แป้งกลัวย:แป้งมันสำปะหลัง) และศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของ แป้งกลัวย:แป้งมันสำปะหลัง:กลัวยสุกบด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกลัวยน้ำว่า

## วิธีการทดลอง

### 1. การเตรียมวัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง ตราแมวแดงดาวเทียมลูกโลก(บริษัท เกรียงไกร(เกียงไต) คำแป้งจำกัด ประเทศ) ชื้อจากร้านค้าในตลาดจังหวัดขอนแก่น

แป้งกลัวยดิบ: ใช้กลัวยน้ำว่าพันธุ์ มะลิอ่อน ระยะเวลาแก่จัดสีเขียว (mature green banana) นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก นำเนื้อผลกลัวยดิบมาหั่นเป็นแผ่นแว่น หนาประมาณ 2.5 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน (Binder รุ่น F 240 ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จนมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 10 นำกลัวยอบแห้งไปบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (Philips รุ่น HR2056 ประเทศไทย) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

กล้วยสุกบด: ใช้กล้วยน้ำว้าพันธุ์ มะลิอ่อน เก็บเกี่ยวในระยะแก่จัดสีเขียว นำมาบ่มให้สุกจัดโดยห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์แล้วเก็บไว้ในตู้มืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนผลกล้วยมีสีเหลืองทั้งผล มีสีน้ำตาลปนเล็กน้อย ข้าวผลมีสีดำ ทำความสะอาดผลกล้วย ปอกเปลือก นำเนื้อผลกล้วยสุกมาหั่นเป็นชิ้นลดขนาดแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น (ที่ความเร็วระดับ P) เป็นเวลา 10 วินาที จนเนื้อกล้วยละเอียดเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำไปรีดผ่านตะแกรงขนาด 18.5 ซม. แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ส่วนผสมและเครื่องปรุง ได้แก่ เกลือตราปรุงทิพย์ น้ำตาลทรายขาวตรามิตรผล พริกไทยตราพอกไก่ และกระเทียมผงตราเทสโก้ ซื้อมาจากห้างสรรพสินค้าในจังหวัดขอนแก่น

## 2. การศึกษาสมบัติการเกิดเพสต์ (pasting properties)

นำแป้งมันสำปะหลัง แป้งกล้วยดิบ และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งกล้วยดิบในอัตราส่วนต่างๆ ไปวิเคราะห์สมบัติการเกิดเพสต์ โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (Newport Scientific, Warriewood, Australia) ตามวิธีของ (Li และ Corke, 1999)

## 3. การเตรียมข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า

การเตรียมแป้งข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า นำของผสมระหว่างแป้งกล้วย: แป้งมันสำปะหลัง: กล้วยสุกบดในอัตราส่วนต่างๆไป ผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ เกลือ น้ำตาลทรายขาว พริกไทย และกระเทียมผง (จุฑาและคณะ 2554)

การขึ้นรูปแป้งผสม นำแป้งผสมที่ได้ปั้นเป็นแท่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ซม ยาว 20 ซม ไปนึ่งที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. ทิ้งให้เย็น ก่อนนำเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชม. นำมาสไลด์ด้วยเครื่องสไลด์บาง 1.5 มม. ต่อดิ้น นำไปอบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชม. หลังอบความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การทอดข้าวเกรียบ (Bou และคณะ, 2012) นำแผ่นข้าวเกรียบจากแป้งผสมมาทอดแบบน้ำมันท่วม โดยใช้เครื่องทอด (ยี่ห้อTEFAL รุ่น FR4950 ประเทศไทย) แผ่นข้าวเกรียบ 0.5 กรัม/แผ่น ทอดในน้ำมันปาล์ม จำนวน 2 ลิตร อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 10-30 วินาที แล้วนำขึ้นจากน้ำมันร้อน สลัดน้ำมัน และใช้กระดาษซับรองข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า

## 4. การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า

นำข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า ไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน เส้นใยหยาบ ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต (AOAC 2000) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyser TA XT2 (Microstable system, Surrey, UK) ความหนาแน่นโดยรวม อัตราการขยายตัว (Segnini และคณะ, 2004) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Fu and others 2011; Youryon and Supapranich 2016) กิจกรรมการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPHและ FRAP (Thaipong and others 2006) และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ Hedonic 9 scale (Bergara-Almeida และคณะ, 2002)

## 5. การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้ออกแบบการทดลองด้วย mixture design เพื่อหาสูตรที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง: แป้งกล้วย: กล้วยสุกบด โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป Design Expert v12 (Trial version, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA)

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 1. สมบัติการเกิดเพสต์ (Pasting Properties)

จากการศึกษาสมบัติการเกิดเพสต์ของแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งกล้วยดิบที่อัตราส่วนต่างๆ (ตารางที่ 1) พบว่า แป้งผสมแต่ละสูตรมีสมบัติในการเกิดเพสต์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยจะมีค่าอยู่ระหว่างแป้งต้นแบบทั้งสองชนิด

อย่างไรก็ตามสมบัติในการเกิดเฟสของแป้งผสมมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่มากกว่าแป้งกล้วย

ความหนืดของน้ำแป้งผสมจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวเกิดขึ้นจนเกิดเจลาตินในเซชัน อุณหภูมิในการเกิดเจล (pasting temperature) และความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ของแป้งกล้วยน้ำว้าจะสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ( $p < 0.05$ ) โดยมีค่าเป็น 85.30 และ 73.48 องศาเซลเซียส และ 452.08 และ 387.92 RVU ตามลำดับ เนื่องจากขนาดของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง (7-20 ไมโครเมตร) เล็กกว่าเม็ดแป้งกล้วยน้ำว้า (27-45 ไมโครเมตร) ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังต่ำกว่าแป้งกล้วยดิบ จึงส่งผลให้มีค่าความหนืดที่ต่ำกว่า (ฉวีชัย และคณะ, 2559 สุดาทิพย์, 2545) เมื่อพิจารณาความหนืดสูงสุดของแป้งผสม พบว่า ความหนืดสูงสุดของแป้งผสมอยู่ในช่วง 308.77-361.00 RVU โดยปริมาณแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้นความหนืดสูงสุดจะมีค่าลดลง แม้ว่าความหนืดของแป้งกล้วยน้ำว้าจะสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังก็ตาม ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าเพียงอย่างเดียวมีส่วนที่มากกว่าปริมาณแป้งกล้วยดิบในแป้งผสม อุณหภูมิที่ความหนืดเริ่มปรากฏหรือกำลังการพองของแป้งกล้วยดิบเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ดังนั้นเมื่อทำการผสมแป้งเข้าด้วยกัน เม็ดแป้งกล้วยดิบจึงดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวที่ช้ากว่าแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ความหนืดเกิดช้ากว่าแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังเกิดการดูดซับน้ำและการพองตัวที่เร็วกว่า ทำให้ความหนืดเริ่มปรากฏที่อุณหภูมิต่ำกว่า ความเสถียรของเม็ดแป้งที่พองตัวหลังจากการเกิดเจลาตินในเซชัน (breakdown) ของแป้งมันสำปะหลัง แป้งผสมสูตรต่างๆ และแป้งกล้วยดิบ มีค่าเท่ากับ 241.56, 151.52-219.17 และ 126.89 RVU ตามลำดับ ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) เป็นความหนืดในช่วงที่มีการลดอุณหภูมิจาก 95 เป็น 50 องศาเซลเซียส และคงที่ที่อุณหภูมินี้ พบว่า แป้งกล้วยน้ำว้าและมันสำปะหลังมีค่าความหนืดสุดท้ายเท่ากับ 518.47 และ 214.58 RVU ตามลำดับ

ค่าการคืนตัว (set back) ซึ่งเป็นค่าความหนืดภายหลังการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) โดยเมื่อลดอุณหภูมิของแป้งที่เกิดการเจลาตินในเซชันไปแล้วลง โมเลกุลอะมิโลสของแป้งซึ่งมีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นยาวจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ของแอมิโลสที่อยู่ใกล้กันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลทำให้เกิดโครงสร้างเจลที่แข็งแรง และส่งผลให้ความหนืดของแป้งมีค่าเพิ่มขึ้น (กล้านรงค์ และเกื้อกุล, 2550) ทำให้มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างมากขึ้น อะมิโลสเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อค่าการคืนตัวของแป้ง (Wang et al., 2002) จากตารางที่ 1 พบว่า แป้งมันสำปะหลังมีค่าการคืนตัวต่ำกว่าแป้งกล้วยน้ำว้า เนื่องจากแป้งกล้วยน้ำว้ามีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง จึงส่งผลให้การคืนตัวของแป้งกล้วยน้ำว้าสูงกว่า โดยมีค่าความหนืดสุดท้ายสูงกว่า

## 2. การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบแป้งผสม

เมื่อนำแป้งผสมจากแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1) มาผสมกับเนื้อกล้วยสุกบด โดยใช้ mixture design ได้สูตรดังแสดงในตารางที่ 2 ทำเป็นขนมขบเคี้ยวโดยใช้ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ นำข้าวเกรียบที่ได้จากสูตรต่างๆมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน โยอาหาร ใย และคาร์โบไฮเดรต พบว่า ข้าวเกรียบทั้ง 14 สิ่งทดลอง (รวมซ้ำการทดลอง 3 สูตร) มีปริมาณความชื้นต่ำในช่วงร้อยละ 1.67 – 3.56 ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบแป้งผสมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้กำหนดคุณภาพของข้าวเกรียบ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้าวเกรียบมาตรฐานเลขที่ 107/254 มพช. 107/2554) ซึ่งกำหนดความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ยังไม่ทอดต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณความชื้นจะมีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพด้านความปลอดภัยด้วย

ปริมาณไขมันในข้าวเกรียบแป้งผสม พบว่า ไขมันของข้าวเกรียบที่ทอดแล้วทั้ง 14 สูตรอยู่ในช่วงร้อยละ 9.29 ถึง 19.08 เนื่องจากอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบ แป้งมันสำปะหลัง และกล้วยสุกที่แตกต่างกัน แม้ว่าปริมาณไขมันในแป้งกล้วยดิบ

แป้งมันสำปะหลัง และกล้วยสุกจะมีค่าน้อย แต่การบวนการผลิตข้าวเกรียบต้องใช้วิธีการทอดโดยใช้น้ำมันซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณไขมันในข้าวเกรียบมีค่าสูงขึ้น

ข้าวเกรียบแป้งผสมมีปริมาณโปรตีนในร้อยละ 0.11 ถึง 0.17 โดยสูตรที่มีปริมาณโปรตีนมากที่สุดคือสูตรที่ 2 เนื่องจากในสูตรมีปริมาณของแป้งกล้วยดิบที่สูง (20 g) อาจเนื่องด้วยแป้งกล้วยดิบมีปริมาณของโปรตีนมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง และกล้วยสุก กล้วยและดวงแข (2558) รายงานว่าแป้งกล้วยดิบมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 2.24 g ต่อ 100 กรัม และกองโภชนาการ กรมอนามัย (2550) พบว่าแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.3 g ต่อ 100 กรัม และกล้วยสุกมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.10 กรัม ต่อ 100 กรัม ซึ่งบอกว่าการปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณโปรตีนคือแป้งกล้วยดิบ ปริมาณใยอาหารของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งผสมทั้ง 14 สูตรมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.08 ถึง 0.32 ปริมาณเถ้าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงสารอินทรีย์ที่อยู่ในอาหาร เถ้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งผสมในสูตรที่ 2 มีปริมาณสูงสุดและแตกต่างจากสูตรอื่น ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากมีอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและกล้วยน้ำว้าสุกมากที่สุด ซึ่งแป้งกล้วยดิบมีปริมาณเถ้าสูงมากกว่าส่วนผสมอื่น (กล้วย และดวงแข, 2558) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งคำนวณจากส่วนต่างขององค์ประกอบโดยรวมในข้าวเกรียบแป้งผสมมีค่าไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยมีค่าที่สูงที่สุดคือ ร้อยละ 84.46 ในสูตรที่ 2 ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังและแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากในแป้งทั้งสองชนิดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรูปแป้งและมีปริมาณมากกว่ากล้วยน้ำว้าสุกซึ่งแป้งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาล ซึ่งส่งผลให้สูตรที่มีอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังและแป้งกล้วยดิบที่สูงจะมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่สูงเช่นกัน กล้วยน้ำว้าสุกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่าแป้งทั้งสองชนิด แต่ถ้าสูตรที่มีแป้งทั้งสองชนิดในอัตราส่วนที่มากแต่มีกล้วยสุกน้อยก็ส่งผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตรนั้นๆ

ตารางที่ 1 สมบัติการเกิดเพสต์ของแป้งมันสำปะหลัง แป้งกล้วยดิบ และแป้งผสม

Tr.	BF: CS ratio	Pasting parameter (RVU)					Pasting Temp. (C°)
		Peak Viscosity	Trough Viscosity	Breakdown	Final Viscosity	Setback	
BF	100 : 0	452.08±2.09 <sup>a</sup>	325.19±1.59 <sup>a</sup>	126.89±0.59 <sup>h</sup>	518.47±3.47 <sup>a</sup>	193.28±2.62 <sup>a</sup>	85.30±0.43 <sup>a</sup>
CS	0 : 100	387.92±5.92 <sup>b</sup>	146.36±5.39 <sup>fg</sup>	241.56±0.54 <sup>a</sup>	214.58±3.80 <sup>h</sup>	68.22±7.34 <sup>e</sup>	73.48±0.06 <sup>e</sup>
1	10.82 : 65.00	336.03±2.01 <sup>d</sup>	147.25±1.81 <sup>efg</sup>	188.78±1.04 <sup>c</sup>	228.36±2.63 <sup>ef</sup>	81.11±1.09 <sup>cd</sup>	74.88±0.46 <sup>d</sup>
2	20.00 : 50.00	311.68±3.80 <sup>gh</sup>	160.17±2.11 <sup>b</sup>	151.52±2.52 <sup>g</sup>	239.99±3.32 <sup>bc</sup>	79.82±2.25 <sup>d</sup>	75.73±0.19 <sup>bc</sup>
3	16.97 : 61.80	314.17±3.10 <sup>gh</sup>	150.75±0.96 <sup>cde</sup>	163.42±2.73 <sup>f</sup>	233.39±2.66 <sup>de</sup>	82.64±2.59 <sup>bcd</sup>	75.67±0.49 <sup>bcd</sup>
4	19.99 : 65.00	316.04±3.23 <sup>fg</sup>	153.31±2.59 <sup>cd</sup>	162.74±2.87 <sup>f</sup>	236.97±2.93 <sup>bcd</sup>	83.67±4.10 <sup>bcd</sup>	76.26±0.47 <sup>b</sup>
5	5.01 : 64.99	361.00±0.71 <sup>c</sup>	141.84±1.19 <sup>h</sup>	219.17±1.36 <sup>b</sup>	219.75±0.84 <sup>g</sup>	77.92±1.73 <sup>d</sup>	75.11±0.04 <sup>cd</sup>
6	14.03 : 65.00	320.50±2.86 <sup>ef</sup>	143.86±2.10 <sup>gh</sup>	176.64±0.93 <sup>d</sup>	227.92±2.65 <sup>f</sup>	84.06±0.77 <sup>bcd</sup>	75.12±0.06 <sup>cd</sup>
7	20.00 : 55.61	308.77±3.19 <sup>h</sup>	154.28±2.88 <sup>c</sup>	154.49±0.98 <sup>g</sup>	237.74±4.17 <sup>bcd</sup>	83.46±3.43 <sup>bcd</sup>	76.26±0.47 <sup>b</sup>
8	12.05 : 57.95	324.96±1.82 <sup>e</sup>	149.92±0.65 <sup>def</sup>	175.04±1.48 <sup>d</sup>	230.31±1.96 <sup>ef</sup>	80.39±2.04 <sup>d</sup>	75.43±0.54 <sup>cd</sup>
9	15.59 : 58.73	323.36±3.07 <sup>e</sup>	154.70±0.46 <sup>c</sup>	168.67±2.63 <sup>e</sup>	242.19±1.25 <sup>b</sup>	87.50±1.28 <sup>b</sup>	75.63±0.46 <sup>bcd</sup>
10	20.00 : 61.96	314.11±4.30 <sup>gh</sup>	153.17±0.25 <sup>cd</sup>	160.94±4.19 <sup>f</sup>	240.33±1.74 <sup>bc</sup>	87.17±1.92 <sup>bc</sup>	75.60±0.56 <sup>bcd</sup>
11	16.57 : 54.35	316.78±1.54 <sup>fg</sup>	154.78±0.58 <sup>c</sup>	162.00±0.96 <sup>f</sup>	235.64±4.13 <sup>cd</sup>	80.86±4.57 <sup>d</sup>	75.68±0.51 <sup>bc</sup>

หมายเหตุ BF = แป้งกล้วยดิบ และ CS = แป้งมันสำปะหลัง;

RVU = Rapid visco unit เป็นหน่วยแสดงความหนืดที่วัดได้ด้วยเครื่อง RVA

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบแป้งผสม

Tr.	BF: CS: RB ratio	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	เส้นใย (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
1	10.82 : 65.00 : 24.18	2.79±0.11 <sup>cde</sup>	16.45±5.33 <sup>ab</sup>	0.11±0.00 <sup>f</sup>	0.19±0.05 <sup>bcd</sup>	2.45±0.02 <sup>fg</sup>	78.01±5.25 <sup>bcd</sup>
2	20.00 : 50.00 : 30.00	3.01±0.09 <sup>bcd</sup>	9.29±1.53 <sup>c</sup>	0.17±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.02 <sup>def</sup>	2.95±0.01 <sup>a</sup>	84.46±1.61 <sup>a</sup>
3	16.97 : 61.80 : 21.22	2.24±0.03 <sup>fgh</sup>	14.80±0.55 <sup>ab</sup>	0.13±0.00 <sup>d</sup>	0.15±0.05 <sup>bcdef</sup>	2.44±0.08 <sup>fgh</sup>	80.24±0.54 <sup>abc</sup>
4	5.01 : 64.99 : 30.00*	2.50±0.10 <sup>hi</sup>	16.43±1.53 <sup>ab</sup>	0.13±0.00 <sup>b</sup>	0.21±0.01 <sup>b</sup>	2.37±0.06 <sup>i</sup>	78.49±1.52 <sup>bcd</sup>
5	14.03 : 65.00 : 20.97	2.54±0.07 <sup>efg</sup>	16.01±1.99 <sup>ab</sup>	0.13±0.00 <sup>de</sup>	0.10±0.01 <sup>ef</sup>	2.39±0.03 <sup>h</sup>	78.83±2.06 <sup>bcd</sup>
6	20.00 : 55.61 : 24.39**	3.18±0.28 <sup>abc</sup>	13.19±1.72 <sup>bc</sup>	0.15±0.01 <sup>bc</sup>	0.13±0.02 <sup>cdef</sup>	2.57±0.02 <sup>e</sup>	80.79±1.64 <sup>abc</sup>
7	19.99 : 65.00 : 15.01	3.27±0.03 <sup>ab</sup>	17.49±2.93 <sup>ab</sup>	0.14±0.01 <sup>cd</sup>	0.13±0.01 <sup>cdef</sup>	2.77±0.03 <sup>c</sup>	76.20±2.88 <sup>cd</sup>
8	12.05 : 57.95 : 30.00***	3.56±0.75 <sup>a</sup>	19.08±2.24 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>cd</sup>	0.16±0.01 <sup>bcde</sup>	2.42±0.03 <sup>gh</sup>	74.65±2.95 <sup>d</sup>
9	15.59 : 58.73 : 25.69	2.38±0.07 <sup>efg</sup>	15.63±1.46 <sup>ab</sup>	0.13±0.00 <sup>cd</sup>	0.20±0.07 <sup>bc</sup>	2.63±0.00 <sup>d</sup>	79.02±1.49 <sup>bcd</sup>
10	20.00 : 61.96 : 18.04	2.11±0.12 <sup>gh</sup>	15.40±1.33 <sup>ab</sup>	0.13±0.00 <sup>d</sup>	0.32±0.07 <sup>a</sup>	2.43±0.02 <sup>gh</sup>	79.61±1.45 <sup>abc</sup>
11	12.05 : 57.95 : 30.00***	2.66±0.22 <sup>def</sup>	16.02±2.50 <sup>ab</sup>	0.14±0.00 <sup>cd</sup>	0.14±0.01 <sup>cdef</sup>	2.67±0.01 <sup>d</sup>	78.36±2.62 <sup>bcd</sup>
12	20.00 : 55.61 : 24.39**	1.86±0.21 <sup>hi</sup>	13.51±2.63 <sup>bc</sup>	0.14±0.00 <sup>cd</sup>	0.12±0.02 <sup>edf</sup>	2.49±0.02 <sup>f</sup>	81.88±2.52 <sup>ab</sup>
13	16.57 : 54.35 : 29.08	2.29±0.06 <sup>fgh</sup>	13.97±1.03 <sup>b</sup>	0.13±0.00 <sup>de</sup>	0.18±0.02 <sup>bcd</sup>	2.85±0.02 <sup>b</sup>	80.57±1.03 <sup>abc</sup>
14	5.01 : 64.99 : 30.00*	1.67±0.02 <sup>i</sup>	14.87±4.25 <sup>ab</sup>	0.12±0.00 <sup>e</sup>	0.09±0.02 <sup>f</sup>	2.28±0.01 <sup>i</sup>	80.97±4.26 <sup>abc</sup>

หมายเหตุ สูตรทั้งหมด 11 สูตร โดยทำการทดลองซ้ำที่สูตรที่ 4\*, 6\*\* และ 8\*\*\* อีก 1 ซ้ำ (=สูตรที่ 14\*, 12\*\* และ 11\*\*\*) รวมทั้งสิ้น 14 สิ่งทดลอง  
ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95  
BF=แป้งกล้วยดิบ; CS=แป้งมันสำปะหลัง; RB=กล้วยสุกบด

### 3. ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของข้าวเกรียบแป้งผสม

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบแป้งผสมได้รายงานในรูปของแรงสูงสุดในการต้านการกด (maximum force) ซึ่งบ่งบอกความแข็งของตัวอย่าง พื้นที่ใต้กราฟที่เกิดจากการกดซึ่งบ่งบอกความแน่นของตัวอย่าง และจำนวนพีคที่เกิดจากการแตกร้าวในระหว่างการกดตัวอย่าง (No. of peak) ซึ่งบ่งบอกความมีรูพรุนของตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 3 จะเห็นว่าข้าวเกรียบแป้งผสมสูตรที่ 5, 7 และ 8 มีค่าแรงต้านการกดมากที่สุด คือ 6429.27, 6550.78 และ 6654.17 mN ตามลำดับ และข้าวเกรียบแป้งผสมสูตรที่ 2 มีค่าแรงกดย่อยที่สุด คือ 2762.42 mN

คุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบที่สำคัญคือความกรอบ ข้าวเกรียบแป้งผสมสูตรที่ 5 มีจำนวนพีคที่มากที่สุดคือ 18.00 แต่ไม่แตกต่างกัน กับสูตร 1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และ 14 ( $p < 0.05$ ) จำนวนพีคที่มากบ่งบอกถึงความมีรูพรุนมาก ข้าวเกรียบจึงกรอบมากเช่นกัน โดย Mohamed et al. (1888) รายงานว่า การพองตัวมีความสัมพันธ์กับความกรอบของข้าวเกรียบ โดยข้าวเกรียบที่มีอัตราการพองตัวสูง (expansion ratio) จะทำให้โมเลกุลของแป้งที่ล้อมรอบช่องอากาศทำให้มีความหนาแน่นน้อย ข้าวเกรียบจึงแตกได้ง่ายซึ่งบ่งบอกถึงความกรอบ ความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งความกรอบมีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (Yu, 1991) อัตราส่วนการพองตัวของสูตรที่ 5 มีค่าการพองมากที่สุด คือ 8.77 เท่า และ สูตรที่ 2 มีอัตราส่วนการพองตัวต่ำที่สุด คือ 2.25 เท่า ในขณะที่ความหนาแน่นรวม (bulk density) สูงสุดคือสูตรที่ 2 ส่วนค่าต่ำสุดคือสูตรที่ 5 และ 14 อัตราส่วนการพองตัวจะแปรผกผันกับความหนาแน่นรวมเนื่องจากถ้าข้าวเกรียบมีการพองตัวสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรมาก ทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง

### 4. ผลการวิเคราะห์ค่าสี

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งผสมมีค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  อยู่ในช่วง 45.68 – 62.46, 2.85 – 11.12 และ 17.49 – 22.71 ตามลำดับ โดยเมื่ออัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและกล้วยสุกในสูตรเพิ่มขึ้น สีของข้าวเกรียบจะมีสีเหลืองออกน้ำตาลมากขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่า  $L^*$  (ค่าความสว่าง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อแป้งกล้วยเพิ่มขึ้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากในแป้งกล้วยดิบและกล้วยสุกยังมีโปรตีน และน้ำตาล ซึ่งสามารถเกิด Maillard reaction หรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดของข้าวเกรียบมักจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างกระบวนการทอด โดยปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นจากกรดอะมิโนของโปรตีนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีในแป้งกล้วยดิบและกล้วยสุก จากนั้นจะทำให้เกิดองค์ประกอบสีน้ำตาล (Brown-colored macromolecular melanoidins) ขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสี เช่นเดียวกับรายงานของแสงแข (2554) ที่ได้ศึกษาการใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งสาลีในการผลิตทาร์ต พบว่า ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของทาร์ตลดต่ำลงเมื่อปริมาณแป้งกล้วยที่ทดแทนในสูตรเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า  $a^*$  (ความเป็นสีแดง) และ  $b^*$  (ค่าความเป็นสีเหลือง) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) สำหรับค่า  $a^*$  พบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีอัตราส่วนแป้งกล้วยดิบเพิ่มสูงขึ้นในสูตร ส่วนค่า  $b^*$  พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกล้วยสุกในสูตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากกล้วยสุกมีสีออกปาสเทล

### 5. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ข้าวเกรียบแป้งผสมมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP และ DPPH แตกต่าง ( $p \leq 0.05$ ; ตารางที่ 4) โดยมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมและค่า FRAP อยู่ในช่วง 100.65-118.21 mg GAE/100 g และ 75.26-95.25 mg Trolox/100g ตามลำดับ ข้าวเกรียบสูตรที่ 2 มีสารประกอบฟีนอลิกรวม ค่า FRAP และ DPPH ในปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 118.21 mg GAE/100 g, 95.25 mg และ 8.82 mg Trolox/100 g ตามลำดับ เนื่องจากอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและกล้วยสุกในสูตรนี้มีค่ามากที่สุด



ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบแป้งผสม

Tr.	BF	CS	RB	Max Force (mN)	Compress Area (mN.sec)	No. of peaks	Bulk density	Expansion ratio
1	10.82	65.00	24.18	4743.73±2385.82 <sup>bc</sup>	10470.49±2432.91 <sup>cd</sup>	16.00±7.32 <sup>abc</sup>	0.35±0.05 <sup>b</sup>	3.98±0.53 <sup>efg</sup>
2	20.00	50.00	30.00	2762.42±847.09 <sup>d</sup>	10766.55±2294.50 <sup>cd</sup>	7.67±2.97 <sup>e</sup>	0.64±0.11 <sup>a</sup>	2.25±0.44 <sup>h</sup>
3	16.97	61.8	21.22	3761.95±1416.32 <sup>cd</sup>	9890.58±1555.59 <sup>cdef</sup>	11.10±5.35 <sup>de</sup>	0.34±0.01 <sup>b</sup>	4.40±0.29 <sup>e</sup>
4	5.01	64.99	30.00	4421.47±1715.09 <sup>c</sup>	11263.16±2001.22 <sup>bc</sup>	12.84±5.65 <sup>bcd</sup>	0.35±0.03 <sup>b</sup>	3.66±0.42 <sup>fg</sup>
5	14.03	65.00	20.97	6429.27±2543.41 <sup>a</sup>	12161.78±1319.49 <sup>b</sup>	18.00±6.91 <sup>a</sup>	0.21±0.01 <sup>e</sup>	8.77±0.59 <sup>a</sup>
6	20.00	55.61	24.39	3807.70±1278.71 <sup>cd</sup>	10486.16±1721.90 <sup>cd</sup>	12.50±6.48 <sup>cd</sup>	0.27±0.01 <sup>cd</sup>	6.00±0.56 <sup>bc</sup>
7	19.99	65.00	15.01	6550.78±3341.77 <sup>a</sup>	14342.75±3358.52 <sup>a</sup>	14.58±7.88 <sup>abcd</sup>	0.28±0.04 <sup>cd</sup>	5.33±0.73 <sup>cd</sup>
8	12.05	57.95	30.00	6654.17±2545.72 <sup>a</sup>	10295.20±1407.40 <sup>cde</sup>	16.76±6.45 <sup>abc</sup>	0.31±0.04 <sup>bc</sup>	5.20±0.71 <sup>d</sup>
9	15.59	58.73	25.69	5951.64±2812.44 <sup>ab</sup>	9792.86±1120.54 <sup>cdef</sup>	17.63±8.17 <sup>ab</sup>	0.28±0.03 <sup>cd</sup>	5.81±1.05 <sup>bcd</sup>
10	20.00	61.96	18.04	4813.28±2219.67 <sup>bc</sup>	9625.56±2836.65 <sup>defg</sup>	13.63±8.69 <sup>abcd</sup>	0.25±0.05 <sup>d</sup>	6.42±1.28 <sup>b</sup>
11	12.05	57.95	30.00	3998.43±1289.94 <sup>cd</sup>	8665.15±1553.56 <sup>fgh</sup>	14.32±5.44 <sup>abcd</sup>	0.31±0.04 <sup>bc</sup>	4.32±0.50 <sup>ef</sup>
12	20.00	55.61	24.39	4903.36±1608.56 <sup>bc</sup>	8843.58±2006.21 <sup>efg</sup>	16.22±5.36 <sup>abc</sup>	0.30±0.04 <sup>bc</sup>	4.03±0.61 <sup>efg</sup>
13	16.57	54.35	29.08	3777.23±1679.25 <sup>cd</sup>	8261.40±1716.66 <sup>gh</sup>	14.88±6.37 <sup>abcd</sup>	0.31±0.02 <sup>bc</sup>	3.51±0.62 <sup>g</sup>
14	5.01	64.99	30.00	3599.22±1136.71 <sup>cd</sup>	7305.01±1798.62 <sup>h</sup>	16.43±5.39 <sup>abc</sup>	0.20±0.02 <sup>e</sup>	5.90±0.79 <sup>bc</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

BF=แป้งกล้วยดิบ; CS=แป้งมันสำปะหลัง; RB=กล้วยสุกบด

**6. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งผสม**

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบแป้งผสม พบว่า ข้าวเกรียบแป้งผสมสูตรที่ 5 มีคะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ( $p < 0.05$ ) คะแนนความชอบโดยรวมต่อข้าวเกรียบแป้งผสมมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่มากขึ้น (ตารางที่ 5) ตัวอย่างข้าวเกรียบแป้งผสมสูตรที่ 5 ได้รับความกรอบและความชอบรวม เท่ากับ 8.17 และ 7.83 (ชอบมากและชอบปานกลาง) ตามลำดับ โดยมีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากผู้ทดสอบรับรู้ถึงความกรอบของตัวอย่างที่แตกต่างจากตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งความกรอบเป็นคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญที่สุดในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ และขนมขบเคี้ยว (Yu et al., 1991)

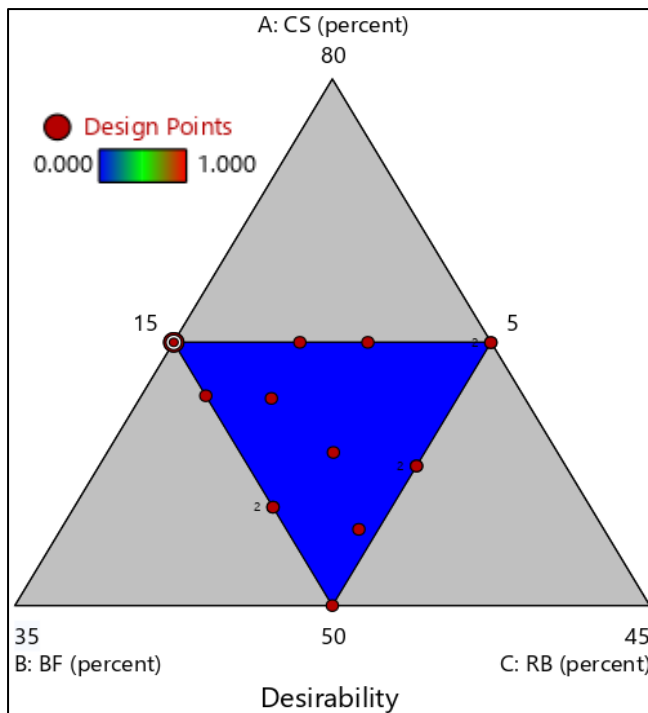
**7. แบบจำลองการถดถอยเชิงทำนาย**

การทำอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมจากแป้งกล้วยน้ำว้า แป้งมันสำปะหลัง และกล้วยสุกบด โดยใช้ mixture design ด้วยโปรแกรม Design expert v12 และใช้ความชอบโดยรวมในการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบได้กราฟโครงร่าง (Contour plot; ภาพที่ 1) และสมการเชิงเส้นและแบบจำลองการถดถอยที่ทำนายไว้ดังสมการที่ (1) โดยสมการความชอบโดยรวม (Y) มีระดับความแม่นยำเท่ากับ 0.743 ระดับความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.0006 และความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.3089 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการทำนายความชอบโดยรวมในหาสูตรที่เหมาะสมได้

$$Y = 0.12203 * CS + 0.0128407 * BF - 0.0367226 * RB \text{ ----- (สมการที่ 1)}$$

**สรุปผลการทดลอง**

แป้งมันสำปะหลัง แป้งกล้วยน้ำว้าดิบ และแป้งผสม มีสมบัติในการเกิดเพสต์แตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) จาก Mixture design ได้วิเคราะห์ โดยเลือกค่าความชอบโดยรวมสามารถทำนายคุณลักษณะที่ดีที่สุดได้ที่อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลัง 64.88 แป้งกล้วยดิบ 19.87 และกล้วยสุกบด 15.25



ภาพที่ 1 กราฟโครงร่างความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วน CS : BF : RB ต่อปริมาณ ความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบกล้วยน้ำว้า โดย CS=แป้งมันสำปะหลัง BF=แป้งกล้วยดิบ RB=กล้วยสุกบด

ตารางที่ 5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ปริมาณสารฟีนอลิก ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (วิธี DPPH และFRAP) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งผสม

Tr.	BF: CS: RB ratio	Appearance	Color	Odor	Crispiness	Taste	Overall liking	Total Phenolic (mg GAE/100 g)	DPPH (mg Trolox/100 g)	FRAP (mg Trolox/100 g)
1	10.82:65.00:24.18	6.90±1.03 <sup>cde</sup>	6.80±1.00 <sup>cdef</sup>	6.10±1.45 <sup>bc</sup>	7.10±0.96 <sup>bc</sup>	6.67±1.30 <sup>abc</sup>	6.93±0.98 <sup>bcd</sup>	112.84±1.19 <sup>c</sup>	7.66±0.11 <sup>c</sup>	84.00±0.75 <sup>cde</sup>
2	20.00:50.00:30.00	4.30±1.84 <sup>g</sup>	4.40±2.01 <sup>h</sup>	5.53±2.03 <sup>c</sup>	4.63±1.69 <sup>f</sup>	4.90±1.71 <sup>d</sup>	4.70±1.26 <sup>h</sup>	118.21±0.84 <sup>a</sup>	8.82±0.08 <sup>a</sup>	95.25±0.62 <sup>a</sup>
3	16.97:61.80:21.22	7.07±0.98 <sup>cd</sup>	7.03±1.22 <sup>bcde</sup>	6.30±1.62 <sup>bc</sup>	7.10±1.24 <sup>bc</sup>	6.37±1.59 <sup>bc</sup>	6.67±1.35 <sup>bcd</sup>	102.26±0.90 <sup>f</sup>	6.71±0.18 <sup>e</sup>	84.22±5.00 <sup>cde</sup>
4	5.01:64.99:30.00	6.60±1.28 <sup>cde</sup>	6.60±1.38 <sup>def</sup>	6.30±1.21 <sup>bc</sup>	6.83±1.53 <sup>c</sup>	6.73±1.31 <sup>abc</sup>	6.60±1.28 <sup>bcd</sup>	114.88±0.47 <sup>b</sup>	8.03±0.09 <sup>b</sup>	90.32±0.62 <sup>ab</sup>
5	14.03:65.00:20.97	8.13±0.90 <sup>a</sup>	8.13±0.94 <sup>a</sup>	7.30±1.39 <sup>a</sup>	8.17±0.91 <sup>a</sup>	7.43±1.81 <sup>a</sup>	7.83±1.26 <sup>a</sup>	104.23±0.90 <sup>e</sup>	6.82±0.11 <sup>e</sup>	81.02±1.07 <sup>cde</sup>
6	20.00:55.61:24.39	6.33±1.24 <sup>de</sup>	6.27±1.44 <sup>ef</sup>	6.27±1.66 <sup>bc</sup>	5.93±1.86 <sup>de</sup>	5.80±1.88 <sup>c</sup>	5.90±1.77 <sup>fg</sup>	109.52±1.16 <sup>d</sup>	5.04±0.06 <sup>g</sup>	79.49±0.30 <sup>ef</sup>
7	19.99:65.00:15.01	7.83±1.05 <sup>bc</sup>	7.63±1.27 <sup>ab</sup>	6.30±1.73 <sup>bc</sup>	7.80±1.30 <sup>ab</sup>	6.60±1.75 <sup>abc</sup>	7.10±1.56 <sup>bc</sup>	117.56±0.30 <sup>a</sup>	6.99±0.09 <sup>d</sup>	75.26±2.41 <sup>f</sup>
8	12.05:57.95:30.00	6.30±1.24 <sup>e</sup>	6.63±1.40 <sup>def</sup>	6.40±1.33 <sup>bc</sup>	6.67±1.32 <sup>cd</sup>	6.40±1.61 <sup>bc</sup>	6.47±1.11 <sup>cdef</sup>	104.66±1.24 <sup>e</sup>	7.96±0.01 <sup>b</sup>	85.80±0.36 <sup>bc</sup>
9	15.59:58.73:25.69	6.97±1.22 <sup>cde</sup>	7.00±1.02 <sup>bcde</sup>	6.37±1.38 <sup>bc</sup>	6.87±1.31 <sup>c</sup>	6.47±1.70 <sup>bc</sup>	6.67±1.35 <sup>bcdef</sup>	100.89±0.91 <sup>f</sup>	5.15±0.03 <sup>g</sup>	84.30±2.03 <sup>cde</sup>
10	20.00:61.96:18.04	7.33±1.03 <sup>bc</sup>	7.53±1.04 <sup>abc</sup>	6.57±1.65 <sup>ab</sup>	7.73±0.98 <sup>ab</sup>	7.17±1.46 <sup>ab</sup>	7.33±1.12 <sup>ab</sup>	108.62±1.20 <sup>d</sup>	5.71±0.04 <sup>f</sup>	80.25±1.19 <sup>cdef</sup>
11	12.05:57.95:30.00	6.43±1.52 <sup>de</sup>	6.17±1.62 <sup>f</sup>	6.37±1.61 <sup>bc</sup>	6.33±2.02 <sup>cd</sup>	6.23±1.55 <sup>bc</sup>	6.20±1.52 <sup>ef</sup>	104.14±0.69 <sup>e</sup>	7.97±0.02 <sup>b</sup>	85.47±3.28 <sup>bcd</sup>
12	20.00:55.61:24.39	6.43±1.30 <sup>de</sup>	6.07±1.39 <sup>f</sup>	6.00±1.49 <sup>bc</sup>	6.67±1.18 <sup>cd</sup>	6.17±1.51 <sup>c</sup>	6.27±1.14 <sup>def</sup>	110.20±0.62 <sup>d</sup>	5.05±0.13 <sup>g</sup>	79.96±0.73 <sup>def</sup>
13	16.57:54.35:29.08	5.63±1.65 <sup>f</sup>	5.30±1.64 <sup>g</sup>	5.57±1.43 <sup>c</sup>	5.43±1.79 <sup>e</sup>	6.10±1.49 <sup>c</sup>	5.40±1.50 <sup>g</sup>	100.65±1.28 <sup>f</sup>	5.08±0.09 <sup>g</sup>	81.34±8.04 <sup>cde</sup>
14	5.01:64.99:30.00	7.03±1.27 <sup>cde</sup>	7.17±1.02 <sup>bcd</sup>	6.40±1.52 <sup>bc</sup>	7.00±1.44 <sup>bc</sup>	6.67±1.79 <sup>abc</sup>	7.00±1.34 <sup>bcd</sup>	113.86±0.88 <sup>bc</sup>	8.05±0.14 <sup>b</sup>	90.22±2.55 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

BF=แป้งกล้วยดิบ; CS=แป้งมันสำปะหลัง; RB=กล้วยสุกบด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ การตลาด และการใช้ประโยชน์จากกล้วยน้ำว้า เพื่อเพิ่มมูลค่าที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีในการวิเคราะห์ ขอขอบคุณคุณกุศลสิน บรรดาศักดิ์ไพศาล ที่แนะนำการวิเคราะห์ คุณภาพของข้าวเกรียบ ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ; 2550
- กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2550
- ชาลิสา เมธานุกาภ. แป้งกล้วยดิบ เทรนด์แป้งทางเลือกมาแรงที่เป็นได้ทั้งอาหารและยา [ออนไลน์] สิงหาคม 2016 [อ้างเมื่อ 20 กรกฎาคม 2561] จาก <https://www.greenery.org/articles/banana-flour/>
- ฉัชชชี ฉัชชภาสัสมณ, สันตณีย์ ปัญจอนันท์, และ ดุษฎี อุตภาพ. ผลของการตัดแปรรูปแป้งด้วยวิธีการใช้ความร้อนขึ้นต่อสมบัติและโครงสร้าง ของแป้งที่มีโครงสร้างผลึกแบบ A และ B. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 2559; 39(2) เมษายน - มิถุนายน:256-270
- พิมพ์นิภา เพ็งช่าง. มหัตถจริยแป้งกล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 [ออนไลน์] สิงหาคม 2016 [อ้างเมื่อ 20 กรกฎาคม 2561] จาก <https://www3.rdi.ku.ac.th/>
- วลัย หุตะโกวิท และดวงแข สุขโซ. แป้งกล้วย. ผลงานวิจัยเพื่อสนองพระราชดำริ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2558
- ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. ส่วนแบ่งตลาดขนมขบเคี้ยว [ออนไลน์] สิงหาคม 2018 [อ้างเมื่อ 20 กรกฎาคม 2561] จาก <http://fic.nfi.or.th/FoodMarketShareInThailandDetail.php?id=275>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบ มผช. 107/2554. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ; 2554
- สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร; 2545
- แสงแข สพันธุ์พงศ์. โครงการ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วย เพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ศูนย์คลินิกเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2554; 1-10.
- Bergara-Almeida, S., Aparecida, M., & da Silva, A. P.. Hedonic Scale with Reference: Performance in Obtaining Predictive Models. Food Quality and Preference. 2002; 13(1):57-64.
- Bou, R., Navas, J. A., Tres, A., Codony, R., & Guardiola, F. Quality Assessment of Frying Fats and Fried Snacks During Continuous Deep-Fat Frying At Different Large-Scale Producers. Food Control. 2012; 27(1):254-267

- Fu L, Xu B, Xu X, Gan R, Zhang Y, Xia E, Li H. Antioxidant Capacities and Phenolic Content of 62 Fruits. *Food Chem.* 2011; 129:345-350.
- Mohamed, S., Abdullah, N., Muthu, M.K. Expansion, Oil Absorption, Elasticity and Crunchiness of Keropok (Fried Crips) in Relation to The Physico-Chemical Nature of Starch Flours. In *Food science and technology industrial development. Proceedings of the Food Conference.* (Maneepon, S., Varangoon, P. and Phithakpol, B., eds.) Thailand. 1988; P.108-113. 24-26 October
- Segnini, S., Pedreschi, F., & Dejmek, P. Volume Measurement Method of Potato Chips. *International Journal of Food Properties.* 2004; 7(1):37-44.
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Zevallos L, Byrne D. Composition of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC Assay for Estimating Antioxidation Activity from Guava Fruit Extract. *J Food Comps Anal.* 2006; 19:669-675.
- Wang, Yingqiang, Min Zhang, and Arun S. Mujumdar. Influence of Green Banana Flour Substitution for Cassava Starch on the Nutrition, Color, Texture and Sensory Quality in Two Types of Snacks. *LWT- Food Science and Technology.* 2012; 47(1)June:175-82.
- Youryon P, Supapvanich S. Quality and bioactive compounds of ripe 'Kluai Nam Wa' and 'Kluai Khai' bananas during storage. *Int Food Res J.* 2013; 23(3):1027-1032.
- Yu, S. Y., Mitchell, J. R. and Abdullah, A. Production and Acceptability Testing of Fish Cracker (Keropok) Prepared by the Extrusion Method. *International Journal of Food Science & Technology.* 1991; 16:51-58.