

## ผลของปริมาณสตาร์ชทั้งหมดต่อคุณลักษณะของแผ่นแป้งห่ออาหารที่ผลิตจากข้าวอะไมโลสสูงและถั่วเขียว

Influence of total starch content on characteristics of rice paper produced by high amylose rice and mungbean

ธนิตฐา พัฒนสิงห์, น้ำฝน ลำดับวงศ์\*

Tanittha Phatthanasing, Namfone Lumdubwong\*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

\*Corresponding author. E-mail address: faginfl@ku.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณและชนิดของสตาร์ชต่อคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งห่ออาหารจากวัตถุดิบสี่ชนิด: แป้งข้าวเจ้า (RF) แป้งถั่วเขียว (MBF) สตาร์ชข้าวเจ้า (RS) และสตาร์ชถั่วเขียว (MBS) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง ลักษณะทางกายภาพ ความสามารถในการดูดน้ำกลับและลักษณะเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้ง พบว่าปริมาณสตาร์ชทั้งหมดมีผลต่อคุณสมบัติการพองตัว และการเกิดเจลลิตีในเซชัน ชนิดของสตาร์ชมีผลต่อความสามารถในการละลาย ความหนาและความโปร่งใสของแผ่นแป้ง โดยพบว่าค่าความเค้นสูงสุด (TS at peak) ของแผ่นแป้งถั่วเขียวมีค่ามากกว่าข้าวถึงสองเท่า นอกจากนี้ค่า TS ของสตาร์ชสูงกว่าแป้ง 70-100% ปริมาณและชนิดของสตาร์ชไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการดึงยืดของแผ่นแป้ง ( $p > 0.05$ ) โดยเปอร์เซ็นต์การดึงยืด (%E) มีค่าอยู่ที่ 70-73%

**คำสำคัญ:** ข้าว, ถั่วเขียว, ผลิตภัณฑ์อาหารแบบแผ่นแป้ง, สตาร์ช

### Abstract

The objective of the study was to investigate the impact of the starch content and the botanical source on physical characteristics of starch-based food wraps. Food wraps from four different materials; rice flour (RF), mung bean flour (MBF), rice starch (RS), and mung bean starch (MBS) were produced. The chemical compositions and physico-chemical properties of flours and starches were determined. The physical appearance, water uptake, and texture of those wraps were investigated. The results showed the impact of the starch content on swelling power (SP) and gelatinization properties. The solubility was influenced by the botanical source. The thickness and transparency of the dehydrated food wraps were influenced by the interaction between the starch content and the botanical source. It was found that tensile strength at peak (TS) of mung bean wraps was twofold than rice wraps. Further, TS of starch wraps was 70-100% higher than flour wraps. The starch content and the botanical source did not have a significant impact on wrap ductility as the percent of elongation (%E) of the wraps was 70-73%.

**Keywords:** Mung bean, Rice, Rice paper, Starch

## คำนำ

แผ่นแป้งห่ออาหาร เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย โดยผู้บริโภคสามารถจำแนกความแตกต่างของแผ่นแป้งแต่ละชนิดได้จากลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส ตัวอย่างแผ่นแป้งอาหารที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ แผ่นแป้งเมี่ยง แผ่นแป้งก๊วยเตี๋ยวหลอด แผ่นแป้งเครป และแผ่นสะเก๋า วิธีการผลิตแผ่นแป้งหลักวิธีหนึ่ง ได้แก่ การผสมแป้งกับน้ำ กวนผสมให้เข้ากัน เทน้ำแป้งลงในภาชนะบรรจุ โดยควบคุมความหนาของตัวอย่าง จากนั้นให้ความร้อนเพื่อให้เกิดเจลลิตีในเซชัน และน้ำแป้งเซตตัวเป็นแผ่นเจลบาง (Detchewa et al., 2021) จากนั้นลอกแผ่นแป้งเพื่อบริโภคแบบสด หรือนำแผ่นแป้งดังกล่าวมาทำการอบแห้ง และแช่แผ่นแป้งให้ดูดน้ำกลับก่อนการบริโภคอีกครั้งหนึ่ง ขึ้นอยู่กับประเภทอาหาร โดยปริมาณสตาร์ชและชนิดสตาร์ช เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งที่เตรียมจากข้าวสาลี ส่งผลให้มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสต่างกัน โดยปริมาณสตาร์ชทั้งหมดในแป้งสาลี และสตาร์ช มีค่า 84.1% และ 96.6% ตามลำดับ (Holm et al., 1986) และการผลิตแป้งเหนมเนื่อง โดยทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าดิบ 0–40%w/w พบว่า การเติมแป้งกล้วยดิบทำให้ความหนืด การคืนตัวของเจล ความเค้นสูงสุด และความเหนียวของแผ่นแป้งสูงขึ้น และทำให้แผ่นแป้งมีความสว่างลดลง (Detchewa et al., 2021) ทั้งนี้ความแตกต่างของลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของแผ่นห่ออาหารที่เตรียมจากแป้งและสตาร์ชจากพืชชนิดเดียวกัน เกิดจากชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีอื่น เช่น โปรตีนและไขมัน รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีน/ไขมันกับสตาร์ช ขณะที่ขนาดและรูปร่างเม็ดแป้ง อัตราส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพกติน ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของแอมิโลสและแอมิโลเพกติน ของพืชต่างชนิดกัน ส่งผลให้แผ่นห่ออาหารมีลักษณะต่างกัน ด้วยเหตุดังที่กล่าวมา วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือเพื่อศึกษาผลของปริมาณและชนิดสตาร์ชต่อลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งห่ออาหาร โดยการนึ่งแป้งและสตาร์ชจากข้าวและถั่วเขียว เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกในการผลิตแผ่นแป้งห่ออาหาร

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วัตถุดิบที่ใช้

แป้งข้าวชัยนาท1 (RF) (จากกรมการข้าว, ประเทศไทย), แป้งถั่วเขียว (MBF) ตราไรท์พิพ (บริษัท ไรท์ญญะ จำกัด), สตาร์ชข้าวชัยนาท1 (RS) สกัดตามวิธีการของ Lumdubwong (1996) และสตาร์ชถั่วเขียว (MBS) ตราต้นสน (บริษัท สิทธิพันธ์ จำกัด)

### การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วเขียว สตาร์ชข้าวเจ้า และสตาร์ชถั่วเขียว

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2000) และทำการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ตามวิธีการของ Chrastil (1987)

### การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง

วิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อน โดยใช้ differential scanning calorimetry (DSC) ตามวิธีการของ Teixeira et al. (2012) โดยเตรียมแป้งผสมกับน้ำอัตราส่วน 20%w/w ทำการให้ความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 25–180 °C ที่อัตราการไหล 10 °C/min และวิเคราะห์คุณสมบัติการพองตัว และความสามารถในการละลาย ตามวิธีการของ Crosbie (1991)

### การผลิตแผ่นแป้งนึ่งจากแป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วเขียว สตาร์ชข้าวเจ้า และสตาร์ชถั่วเขียว

เตรียมแผ่นแป้ง โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Detchewa et al. (2021) โดยผสมแป้ง 20%w/w กวนผสมที่ 200-250 rpm ด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 30 min จากนั้นเทลงในถาด (ก 9.3 cm x ย 23 cm x ล 1 cm) ถาดละ 15 g แล้วนำไปนึ่งในอ่างน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 95 °C เป็นเวลา 7 min จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นตัวแล้วทำการลอกแผ่นแป้งออก นำออกมาผึ่งลมที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 h หรือจนความชื้นมีค่าเท่ากับ  $13 \pm 2\%w/w$  นำแผ่นแป้งที่ได้ไปบรรจุในถุงพลาสติกซิปล็อกและเก็บในโถดูดความชื้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH)  $50 \pm 2\%$  ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 24 h เพื่อรอการวิเคราะห์ และก่อนนำไปวิเคราะห์สมบัติเนื้อสัมผัส จะทำการแช่แผ่นแป้งในน้ำ (500 ml) เป็นเวลา 5 min แล้วซับน้ำส่วนเกินออกด้วยกระดาษทิชชู เพื่อเป็นการเลียนแบบการบริโภคจริง จากนั้นและห่อด้วยพลาสติกแรปและบรรจุลงในภาชนะปิดสนิท เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น ก่อนนำไปวิเคราะห์

### การศึกษาลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้ง

วิเคราะห์ความชื้นของแผ่นแป้งแห้งและแผ่นแป้งคั้นรูปด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ตรวจวัดความหนาของแผ่นแป้งแห้งโดยใช้ไมโครมิเตอร์ และวัดความใสของแผ่นแป้งขนาด  $4\text{ cm} \times 1\text{ cm}$  ที่ความยาวคลื่น 600 nm ตามวิธีการของ Soo and Sarbon (2018)

วิเคราะห์ค่าความทนทานต่อการพับ ตามวิธีการของ Soe et al. (2020) โดยการนำแผ่นแป้งขนาด  $1 \times 1\text{ cm}^2$  มาทำการพับซ้ำๆ ที่ตำแหน่งเดิมที่มุม  $180^\circ$  จนกว่าจะขาด จากนั้นจึงบันทึกจำนวนครั้งในการพับ

วิเคราะห์สมบัติเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งโดยดัดแปลงจากวิธีการของ (Detchewa et al., 2021) นำแผ่นแป้งที่คั้นรูปแล้วมาตัดให้ได้ขนาดความกว้าง 1.5 cm และยาว 7 cm สำหรับวัดค่าความเค้นสูงสุด (Tensile strength at peak) และ %Elongation at peak โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser, Model TA. XT plus) หัววัดรหัส A/TGT (Self tightening roller grips) โดยใช้สภาวะดังนี้ Pre-test speed 1.0 mm/s, Test speed 3 mm/s และ Post-test speed 10 mm/s

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 22.0

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งและสตาร์ช

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวชยันนาท (RF) แป้งถั่วเขียว (MBF) สตาร์ชข้าวชยันนาท (RS) และสตาร์ชถั่วเขียว (MFS) (ตารางที่ 1) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) แป้งมีปริมาณเถ้า เยื่อใยหยาบ โปรตีน ไขมัน และเถ้า สูงกว่าสตาร์ช โดยปริมาณโปรตีนและไขมันของ MBF มีค่าสูงสุด (22.86% และ 0.93%) ขณะที่ MBS มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด สำหรับปริมาณแอมิโลสของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์โดยหลักการการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน จากไอโอดีนและสตาร์ชพอลิเมอร์ที่มีรูปร่างเป็นเส้นตรง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบทั้งแป้งและสตาร์ช ปริมาณแอมิโลสของถั่วเขียวสูงกว่าข้าวทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง บ่งชี้ถึงโมเลกุลแอมิโลสของถั่วเขียว มีลักษณะเป็นเส้นตรง และแอมิโลเพกตินมีตำแหน่งกิ่ง (พันธะ

glycosidic  $\alpha$ -1,6) อยู่ลึกเข้าไปใกล้กับรีดิวซิงเอนด์ (reducing end) มากกว่าแอมิโลสและแอมิโลเพกตินของข้าว (Vu & Lumdubwong, 2016)

**Table 1** Chemical compositions and amylose content of native flours and starches.

Sample	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Amylose content (%)	$\lambda_{\max}^{ns}$
<b>Flour</b>							
- Rice	10.80±0.01 <sup>a</sup>	6.00±0.03 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>b</sup>	0.23±0.00 <sup>b</sup>	0.71±0.01 <sup>b</sup>	26.41±0.00 <sup>c</sup>	578±0.00
- Mung bean	7.30±0.07 <sup>d</sup>	22.86±0.08 <sup>a</sup>	0.93±0.03 <sup>a</sup>	2.95±0.01 <sup>a</sup>	1.60±0.03 <sup>a</sup>	25.47±0.00 <sup>d</sup>	578±0.00
<b>Starch</b>							
- Rice	10.06±0.02 <sup>b</sup>	0.79±0.00 <sup>c</sup>	0.03±0.03 <sup>d</sup>	0.09±0.00 <sup>c</sup>	0.34±0.03 <sup>c</sup>	31.78±0.06 <sup>b</sup>	578±0.00
- Mung bean	10.00±0.06 <sup>c</sup>	0.17±0.00 <sup>d</sup>	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.06±0.00 <sup>d</sup>	0.72±0.09 <sup>b</sup>	45.15±0.02 <sup>a</sup>	582±5.66

\*Means±SD in the same column followed by different superscript were significantly different ( $p < 0.05$ )

\*<sup>ns</sup> were not significantly different ( $p > 0.05$ )

กำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งและสตาร์ชแสดงในตารางที่ 2 กำลังการพองตัวมีค่าอยู่ระหว่าง 9.49-12.14 g/g โดยกำลังการพองตัวของสตาร์ชมีค่ามากกว่าแป้งอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) RF มีกำลังการพองตัวสูงกว่า MBF กำลังการพองตัวของ MBS สูงกว่า RS เล็กน้อย แต่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ปริมาณโปรตีนและไขมันเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้กำลังการพองตัวของแป้งต่ำกว่าสตาร์ช อย่างไรก็ตาม กำลังการพองตัวของ MBS ได้เปรียบกับ RS แสดงให้เห็นว่า มีปัจจัยอื่น นอกเหนือจากปริมาณแอมิโลสที่ควบคุมการพองตัวของเม็ดแป้ง ดังที่มีรายงานถึงกำลังการพองตัวขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างส่วนที่เป็นผลึกและอสัณฐาน (Jiao et al., 2020) ความสามารถในการละลายของแป้งและสตาร์ช มีค่า 8.2-41.22% โดย MBF มีความสามารถในการละลายสูงที่สุด ความสามารถในการละลายของสตาร์ชลดลง บ่งชี้ว่ามีองค์ประกอบทางเคมีอื่น เช่น โปรตีน ละลายออกมาเป็นส่วนหนึ่งในสารละลายของแป้ง MBS มีความสามารถในการละลายสูงกว่า RS ประมาณสามเท่า แสดงให้เห็นว่าปรากฏการณ์ amylose leaching ระหว่างการพองตัวของเม็ดแป้ง เกิดขึ้นกับ MBS มากกว่า RS (Jiao et al., 2020) การเกิดเจลลิตินเซชันของตัวอย่างแป้ง (ตารางที่ 2) พบว่า MBF มีค่า To ต่ำที่สุดคือ 68.90 °C และมี Tp และ Tc เท่ากับ 76.29 °C และ 88.55 °C ตามลำดับ RF มี To สูงที่สุดคือ 74.46 °C และมี Tp และ Tc เท่ากับ 78.71 °C และ 84.43 °C ตามลำดับ ทั้งนี้  $\Delta H$  ของ RF สูงกว่า MBF (19%) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Piyapattanamongkol et al. (2022) ที่รายงานว่าอุณหภูมิเจลลิตินเซชัน และ  $\Delta H$  ของ RF สูงกว่า MBF (Tp MBF 76.10 °C vs Tp RF 79.59 °C และ  $\Delta H$  MBF vs  $\Delta H$  RF 8.70 J/g และ 12.79 J/g ตามลำดับ) สำหรับอุณหภูมิการเกิดเจลลิตินเซชันที่ต่ำลงของสตาร์ช ประมาณ 2 °C อาจเกิดจากสองสาเหตุได้แก่ สารละลายต่างที่ใช้ในการสกัดสตาร์ช ทำลายความสมบูรณ์ของผลึกสตาร์ชบางส่วน และ/หรือ ปริมาณไขมันและโปรตีนที่สูงกว่าในแป้ง มีผลทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งเกิดได้ช้า ชัดขวางการดูดซึมน้ำเข้าสู่เม็ดแป้ง และเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างของโมเลกุล ส่งผลทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำลายพันธะภายในโครงสร้างแอมิโลสมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิที่วิเคราะห์ได้ของแป้งสูงกว่าสตาร์ช (Chungcharoen et al., 2015) อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งเอนโดเทิร์มดังกล่าวเป็นของสตาร์ช เมื่อพิจารณาจากค่า  $\Delta H$  ซึ่งเป็นดัชนีของปริมาณผลึก ที่สอดคล้องกับปริมาณสตาร์ชทั้งหมดในตัวอยาง

**Table 2** Swelling power, solubility and gelatinization properties of native flours and starches.

Sample	Swelling Power (g/g)	Solubility (%)	Gelatinization properties <sup>A</sup>				
			To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	Tc-To (°C)	ΔH (J/g)
Flour							
- Rice	10.49±0.22 <sup>b</sup>	10.44±0.04 <sup>c</sup>	74.46±0.12 <sup>a</sup>	78.71±0.13 <sup>a</sup>	84.43±0.11 <sup>b</sup>	9.97±0.01 <sup>b</sup>	9.92±0.75 <sup>a</sup>
- Mung bean	9.49±0.02 <sup>c</sup>	41.22±0.57 <sup>a</sup>	68.90±0.39 <sup>d</sup>	76.29±0.37 <sup>c</sup>	88.55±0.96 <sup>a</sup>	19.66±1.35 <sup>a</sup>	6.73±0.25 <sup>b</sup>
Starch							
- Rice	12.05±0.09 <sup>a</sup>	8.26±0.10 <sup>d</sup>	73.80±0.05 <sup>b</sup>	77.98±0.23 <sup>b</sup>	84.05±0.35 <sup>c</sup>	10.26±0.30 <sup>b</sup>	11.79±0.07 <sup>a</sup>
- Mung bean	12.14±0.17 <sup>a</sup>	25.13±0.01 <sup>b</sup>	71.46±0.08 <sup>c</sup>	75.18±0.03 <sup>d</sup>	81.10±0.08 <sup>d</sup>	9.64±0.16 <sup>b</sup>	8.01±0.39 <sup>b</sup>

\*Means±SD in the same column followed by different superscript were significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>A</sup>To = onset temperature of gelatinization; Tp = peak temperature; Tc = conclusion temperature.

### ลักษณะปรากฏและสมบัติทางเคมีกายภาพของแผ่นแป้งคีนรูป

ความชื้นและความหนาของแผ่นแป้ง มีค่า 11.47-15.27% และ 0.29-0.56 mm ตามลำดับ (ภาพที่ 1) โดยความหนาของแผ่นแป้งไม่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้น แผ่นแป้ง MBF ที่มีความชื้น 11.47% มีความหนาสูงที่สุด ( $0.56 \pm 0.11$  mm) และความหนาของแผ่นแป้ง MBS ไหล่เท่ากับแผ่นแป้ง RS ทั้งที่มีความชื้นสูงกว่า 1.73% นอกจากนี้ปริมาณความชื้น และปริมาณสตาร์ชทั้งหมด ไม่มีอิทธิพลต่อความหนาของแผ่นแป้ง RF เมื่อพิจารณาจากความหนาของแผ่นแป้ง RF และ RS ภาพที่ 2A แสดงถึงความหนาของแผ่นแป้งเมื่อดูดน้ำกลับ เพิ่มขึ้น ( $0.02$  mm) ทั้งนี้ความสามารถในการดูดน้ำกลับของแผ่นแป้งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 36.99–50.48% และความสามารถในการดูดน้ำกลับของแผ่นแป้งจากสตาร์ชสูงกว่าแผ่นแป้งจากแป้ง (4.4%) Lubowa et al. (2018) รายงานว่าการอัตราส่วนของแอมิโลสที่สูง ส่งผลให้เกิดโครงข่ายเจลที่ต่อเนื่อง ทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นโครงข่ายที่แข็งแรงทำให้เป็นอุปสรรคในการซึมผ่านของน้ำ มีผลทำให้การดูดน้ำกลับลดลง ปรากฏการณ์ที่แผ่นแป้ง RS ดูดน้ำกลับได้มากกว่าแผ่นแป้ง MBS จึงบ่งชี้ถึงสัดส่วนความเป็นอสัณฐานของแผ่นแป้ง RS ที่สูงกว่า MBS ค่าความใสของแผ่นแป้งจากแป้งและสตาร์ชที่ดูดน้ำกลับแล้ว มีค่า 1.21–5.37% (ตารางที่ 2) ในภาพรวม พบว่า แผ่นแป้งจากสตาร์ชใสกว่าแผ่นแป้งจากแป้ง และความใสของแผ่นแป้ง RS ไกล่เคียงกับแผ่นแป้งทางการค้ามากที่สุด แผ่นแป้ง MBF ชุ่นกว่าแผ่นแป้ง RF และมีสีเหลืองต่างจากแผ่นแป้งอื่นอย่างชัดเจน MBS มีค่าความใสสูงที่สุด เท่ากับ 5.37% และ MBF มีค่าความใสต่ำที่สุด เท่ากับ 1.21% มีรายงานถึงความใสของแผ่นแป้งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบเคมีอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนถั่วเขียวที่มีสีเหลือง รวมถึง องค์ประกอบของโมเลกุลแป้ง ปริมาณผลึก และการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของแป้ง ซึ่งจะทำให้ความใสลดลงได้ (Majzoubi et al., 2015) นอกจากนี้การจัดเรียงตัวของสตาร์ชและโปรตีนพอลิเมอร์ รวมถึงไขมันในแผ่นแป้งที่ต่างกัน ส่งผลให้ความหนาของตัวอย่างต่างกัน และมีผลต่อการส่องผ่านแสงฟิล์มมีความหนาที่มาก ทำให้การส่องผ่านแสงลดลง และค่าความโปร่งใสของฟิล์มลดลง (Samsalee et al., 2022)

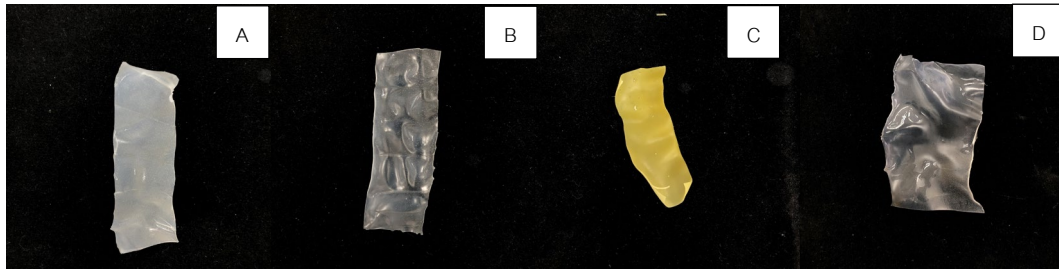


Fig. 1 Appearance of reabsorbed starch-based food wraps: (A) chainat 1 rice flour; (C) chainat 1 rice starch; (C) mung bean flour; and (D) mung bean starch

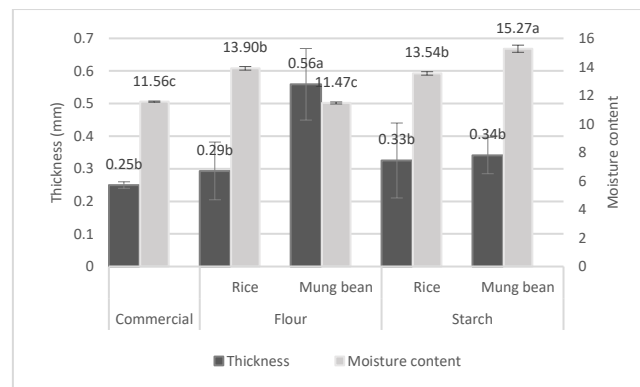


Fig. 2 Appearance and thickness and moisture content of dried starch-based food wraps.

เมื่อทดสอบความแข็งแรงทนทานต่อการฉีกขาดของแผ่นแป้งคั้นรูป ที่ผ่านการดูดน้ำกลับแล้ว พบว่าแผ่นแป้งที่เตรียมจากสตาร์ช มีความทนทานต่อการหักมากกว่าแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้ง โดยจำนวนครั้งของการฉีกขาดของแผ่นแป้งสตาร์ชที่มากกว่าแป้งมาจากปริมาณสตาร์ชทั้งหมดในตัวอย่างที่สูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแอมิโลสที่สามารถสร้างโครงข่ายสามมิติในการเกิดเจลที่แข็งแรง ค่าความเค้นสูงสุด (TS at peak) ของแผ่นแป้งคั้นรูป มีค่า 322-1241 kPa (ภาพที่ 2B) ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดและชนิดสตาร์ชมีผลต่อสมบัติเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้ง โดยภาพรวมแผ่นแป้งจากสตาร์ชมีค่า TS สูงกว่าแผ่นแป้งจากแป้ง โดย MBS มีค่า TS สูงกว่า RS (2 เท่า) ความแข็งแรงของ MBS ที่สูงกว่า RS เป็นผลมาจากปริมาณแอมิโลส ดังที่ Vu and Lumdubwong (2016) รายงานว่าฟิล์มที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ จะมีค่า TS ต่ำ อย่างไรก็ตามปริมาณแอมิโลสของถั่วเขียว ที่วิเคราะห์จากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนไอโอดีน เป็นค่าสูงเกินจริง เนื่องจากแอมิโลเพกตินของสตาร์ชถั่วเขียวที่มีสายโซ่ยาว (45.15%) โดยปริมาณแอมิโลสถั่วเขียว ที่วิเคราะห์จาก size exclusion chromatography มีค่า 29.1% เท่านั้น ค่าการดัดโค้งของแผ่นแป้งจากข้าวและถั่วเขียวมีค่าไม่แตกต่างกัน บ่งชี้ว่าปริมาณสตาร์ชทั้งหมด องค์ประกอบทางเคมีอื่น และชนิดสตาร์ชไม่มีอิทธิพลต่อการดัดโค้งโครงร่างตาข่ายของแผ่นแป้ง ค่าการดัดโค้งของแผ่นแป้งทุกตัวอย่างอยู่ในช่วง 70-73% ( $p > 0.05$ )

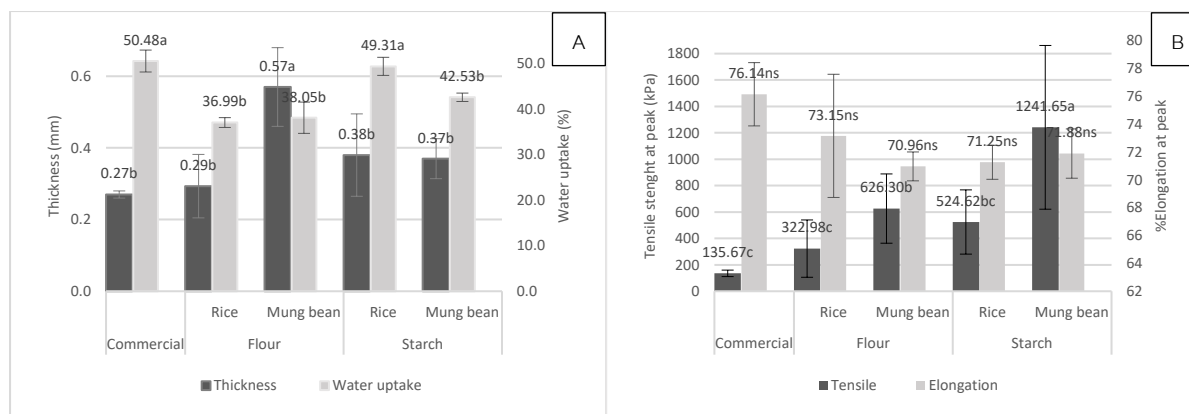


Fig. 3 Water uptake ability: (A) tensile strength at peak (TS) and %elongation at peak; (B) of reabsorbed starch-based food wraps.

\*ns were not significantly different ( $p > 0.05$ )

Table 3 Transparency and folding endurance of reabsorbed starch-based food wraps.

Sample	Transparency (%mm <sup>-1</sup> )	Folding endurance (times)
Commercial	5.31±0.68	37±6
<b>Flour</b>		
- Rice	2.62±0.59 <sup>b</sup>	38±8 <sup>bc</sup>
- Mung bean	1.21±0.19 <sup>c</sup>	26±8 <sup>c</sup>
<b>Starch</b>		
- Rice	5.04±0.36 <sup>a</sup>	53±20 <sup>ab</sup>
- Mung bean	5.37±0.04 <sup>a</sup>	71±12 <sup>a</sup>

\*Means±SD in the same column followed by different superscript were significantly different ( $p < 0.05$ )

## สรุป

ปริมาณแอมิโลส กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลายของสตาร์ชสูงกว่าแป้งอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) และอุณหภูมิเจลาติไนเซชันของข้าวสูงกว่าถั่วเขียว โดยปริมาณสตาร์ชทั้งหมดมีผลทำให้อุณหภูมิเจลาติไนเซชันสูงขึ้น ลักษณะปรากฏและสมบัติทางเคมีกายภาพของแผ่นแป้งพบว่า ความหนาของแผ่นแป้งไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความชื้น เมื่อนำแผ่นแป้งไปแช่น้ำคือนรูป พบว่าความสามารถในการดูดน้ำกลับของแผ่นแป้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดที่สูงส่งผลให้แผ่นแป้งมีความใส ทนทานต่อการพับ และมีค่า TS สูง เป็นผลให้แผ่นแป้งจากสตาร์ช โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นแป้งจากสตาร์ชถั่วเขียว เหมาะกับอาหารที่ต้องม้วนห่อ และต้องการแสดงใส่ออาหาร ขณะที่แผ่นแป้งจากแป้ง ที่มีค่า TS ต่ำ และทึบแสง เหมาะกับการนำไปใช้เป็น non gluten pasta เป็นแผ่นพาสต้า ลาซานญ่า ทดแทนการใช้แป้งจากข้าวสาลี โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นแป้งจากแป้งถั่วเขียว

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการนำเสนองานวิจัยคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

- Association of Official Agricultural Chemists, A. 2000. Official methods of analysis (Vol. 222). Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Chrastil, J. (1987). Improved colorimetric determination of amylose in starches or flours. *Carbohydr. Res.* 159(1): 154–158.
- Chungcharoen, T., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., Soponronnarit, S. 2015. Quality attributes of germinated high-amylose and waxy rice in superheated steam and hot air drying. *Dry. Technol.* 33(7): 876–885.
- Crosbie, G. 1991. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. *J J. Cereal Sci.* 13(2): 145–150.
- Detchewa, P., Yamirudeng, K., Pongkanpai, V., Maneewong, C. 2021. Substitution of Rice Flour by Unripe Banana Flour Improved Physical Characteristics and Increased Bioactive Compounds of Vietnamese Rice Paper. *Burapha Science Journal.* 26(2): 1148–1163.
- Holm, J., Björck, I., Drews, A., Asp, N. G. 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Starch-Stärke.* 38(7): 224–226.
- Jiao, A., Yang, Y., Li, Y., Chen, Y., Xu, X., Jin, Z. 2020. Structural properties of rice flour as affected by the addition of pea starch and its effects on textural properties of extruded rice noodles. *J. Food Prop.* 23(1), 809–819.
- Lubowa, M., Yeoh, S. Y., Easa, A. M. 2018. Textural and physical properties of retort processed rice noodles: Influence of chilling and partial substitution of rice flour with pregelatinized high-amylose maize starch. *Food Sci Technol Int.* 24(6): 476–486.
- Lumdubwong, N. 1996. Rice starch isolation by alkaline protease digestion Kansas State University.
- Majzoobi, M., Pesaran, Y., Mesbahi, G., Golmakani, M. T., & Farahnaky, A. (2015). Physical properties of biodegradable films from heat-moisture-treated rice flour and rice starch. *Starch-Stärke*, 67(11–12): 1053–1060.
- Piyapattanamongkol, T., Kongpensook, V., Tananuwig, K. 2022. Physicochemical properties and viscoelastic behavior of rice–mung bean composite flour systems as potential ingredients for plant-based foods. *Cereal Chem.* 99(6): 1261–1271.
- Samsalee, N., Romsomsa, N., Musika, S. 2022. Physicochemical, mechanical and thermal properties of edible film from man lueat (*dioscorea alata*) flour.
- Soe, M. T., Pongjanyakul, T., Limpongsa, E., Jaipakdee, N. 2020. Modified glutinous rice starch-chitosan composite films for buccal delivery of hydrophilic drug. *Carbohydr. Polym.* 245:116556.
- Soo, P., Sarbon, N. 2018. Preparation and characterization of edible chicken skin gelatin film incorporated with rice flour. *Food Packag. Shelf Life.* 15: 1–8.



- Teixeira, E. d. M., Curvelo, A. A., Corrêa, A. C., Marconcini, J. M., Glenn, G. M., Mattoso, L. H. 2012. Properties of thermoplastic starch from cassava bagasse and cassava starch and their blends with poly (lactic acid). *Ind Crops Prod.* 37(1): 61–68.
- Vu, H. P. N., Lumdubwong, N. 2016. Starch behaviors and mechanical properties of starch blend films with different plasticizers. *Carbohydr. Polym.* 154: 112–120.