

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง **การใช้แป้งที่ผลิตภายในประเทศทดแทนแป้งสาลีในการทำบะหมี่**  
(Substitution of Wheat Flour by Local Starch and Flour  
in Noodle Making)

โดย **นางสาวพิชitra มณีสินธุ์**

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

- ..... 15/12/32 **อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ**  
( **นายกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์** )
- ..... 15/12/32 **กรรมการของภาควิชา**  
( **นางอนงค์ วรอุไร** )
- ..... 3/10/32 **กรรมการของภาควิชา**  
( **นางระศิพร หาเรือนกิจ** )

**ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร**  
.....  
( **นายกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์** )  
**หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร**

วันที่ 15 เดือน 12 ..... พ.ศ. 32..

ลงพ.  
พ ๒๖๓  
๕๕๓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปัญหาพิเศษ (45499)

เรื่อง

การใช้แป้งที่ผลิตภายในประเทศทดแทนแป้งสาลีในการทำบะหมี่  
Substitution of Wheat Flour by Local Starch and Flour  
in Noodle Making



T096584

โดย

นางสาวนันทรา มณีสินธุ์

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

รฟ.

พ.ศ. 2532

พ 516 ก

2532

ตบพญ.....

เลขทะเบียน 96584

วัน เดือน ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้บะหมี่เป็นอาหารที่นิยมบริโภคกันมาก แต่วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตบะหมี่คือ แป้งสาลี ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งที่ผลิตภายในประเทศ 4 ชนิดคือ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน (Rice Starch) และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน (Glutinous Rice Starch) มาใช้ทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วนต่าง ๆ เมื่อผลิตบะหมี่แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส จากนั้นจึงนำสัดส่วนที่เป็นที่ยอมรับมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

ผลการทดลองพบว่า สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ในสัดส่วนที่สูงสุดต่างกันดังนี้คือ แป้งข้าวเจ้า 65% แป้งข้าวเหนียว 60% และแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีนใช้ทดแทนได้เท่ากันคือ 50% แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิต และต้นทุนในการผลิตร่วมด้วยพบว่า ควรเลือกใช้แป้งข้าวเจ้า 45% หรือแป้งข้าวเหนียว 40% เพราะนอกจากจะลดต้นทุนในการผลิตแล้ว ยังได้โด (Dough) ที่รวมตัวได้ดี มีความยืดหยุ่นตัวสูงเช่นเดียวกับโดที่ได้จากแป้งสาลีล้วน แต่สำหรับแป้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้าสกัดโปรตีนการเกิดโดยยากกว่ารวมตัวยากและแตกง่ายเมื่อใช้สัดส่วนที่สูง ลดต้นทุนการผลิตเพียงเล็กน้อย เนื่องจากยังไม่มีอุตสาหกรรมที่ผลิตแป้งชนิดนี้ออกจำหน่ายทั่วไป ทำให้แป้งทั้งสองชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง นอกจากนี้ บะหมี่ที่ได้ยังมีปริมาณโปรตีนต่ำลงไปมาก ดังนั้นในอุตสาหกรรมการผลิตบะหมี่จึงไม่ควรเลือกใช้แป้งทั้งสองชนิดนี้

## คำนิยม

การที่ปัญหาพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือและเกี่ยวข้องทุกท่าน โดยเฉพาะ

- บริษัท ขอเองลิ่ง จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แบ่งข่าวเจ้าตราข้างสามเศียร แบ่งข่าวเหนียวตราข้างสามเศียร แบ่งข่าวเจ้าสกลโปรตีน และแบ่งข่าวเหนียวสกลโปรตีน พร้อมทั้งข้อมูลทางวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

- บริษัท แหลมทองสหการ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แบ่งสาสิเอนกประสงค์ตราหัวกวาง และแบ่งขนมปังตรานกอินทรี

- อาจารย์กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ และท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการวางแผนการทดลอง และชี้แนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องในระหว่างการทดลอง ตลอดจนตรวจทานรูปเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้

- เพื่อนนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษโดยตลอด ทั้งยังร่วมมือทดสอบทางประสาทสัมผัสอย่างเต็มใจมาโดยตลอด และต้องขอบคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับเครื่องวัดและตัดเส้นขนมปังจาก นางสาวภาวิณี บุรพลชัย

พัชตรา มณีสินธุ์  
มีนาคม 2532

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตารางภาคผนวก	(3)
สารบัญภาพภาคผนวก	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	19
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
สรุปผลการทดลอง	37
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินของธัญพืชต่าง ๆ	6
2	ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีพันธุ์ต่าง ๆ	11
3	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งที่ผลิตภายในประเทศ บางชนิด	14
4	อุณหภูมิการเกิดเจลสมบูรณ์ และผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph	15
5	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี การผลิตของบะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์ (A) กับแป้งขนมปัง (B)	22
6	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี การผลิตของบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทน	24
7	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี การผลิตของบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทน	27
8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี การผลิตของบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน ทดแทน	29
9	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี การผลิตของบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวสกัด โปรตีนทดแทน	31
10	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บะหมี่	33
11	ผลการทดสอบการพองตัวของบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่แป้งผสม แป้งที่ผลิตภายในประเทศ	34
12	ต้นทุนการผลิตบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่แป้งผสมแป้งที่ผลิตภายใน ประเทศ	35

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของอะไมโลส	4
2	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	4
3	กราฟแสดงความหนืดของเพสต์ (Paste) ของแป้งชนิดต่าง ๆ	7
4	ลักษณะเม็ดสตาร์ชข้าวสาลีและข้าวเจ้า	9
5	ลักษณะกลูเตนของแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ ก่อนอบและหลังอบ	10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารบัญตารางภาคผนวก**

ตารางผนวกที่		หน้า
1	แบบทดสอบประสาทสัมผัส	46
2	ผลการประเมินการยอมรับทั่วไป	47
3	ANOVA Table	49
4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาคผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	เครื่องวัดและวัดบะหมี่	42
2	กรรมวิธีการผลิตบะหมี่	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

ผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลีเป็นที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบันทั้งในรูปแบบ ของขนม เคี้ยว ในรูปผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ หรือเป็นอาหารคาวในรูปแบบขนม เส้นขนมปัง สเปกเกตตี มักโรนี ยังผล ให้มีการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งสาลี ซึ่งเป็นต้นทุนคงที่ที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ การนำเข้าภายในประเทศมาใช้ทดแทน จึงสามารถลดปัญหาเหล่านี้พร้อมกับเป็นการประหยัดเงินตราออกนอกประเทศช่วยลดดุลการค้า ทั้งยังเป็น การสนับสนุนการใช้และแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรภายในประเทศอีกทางหนึ่ง

ขนมปังเป็นอาหารที่มีคุณค่า บริโภคง่าย สะดวกและมีจำหน่ายทั่วไป อีกทั้งการ ที่ขนมปังสำเร็จรูปกำลังได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน ก่อให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรมชนิดนี้อย่างมาก แต่เมื่อพิจารณาในด้านราคาแล้วขนมปังออกจะมีราคาสูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยว ชนิดอื่น ทั้งนี้ นอกจากต้นทุนทางด้าน การเก็บรักษาแล้ว ราคาของแป้งสาลีที่เป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ก็ค่อนข้างจะมีราคาสูงเช่นกัน ดังนั้นการใช้แป้งที่ผลิตภายในประเทศเพื่อทดแทนบางส่วน โดย ที่คุณภาพของเส้นขนมปังยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีคุณสมบัติด้านการพองตัวไม่แตกต่างไปมาก นักและมีคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงเป็นการศึกษาที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตลงไปได้อีกทางหนึ่งแล้ว ยังเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายแก่ผู้ บริโภคลงไปในตัว นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาการใช้ประโยชน์จากแป้งที่ผลิตภายในประเทศด้วย อีกทางหนึ่ง ในกรณีที่มีผลผลิตข้าวเจ้าและข้าวเหนียวล้นตลาดหรือราคาตกต่ำ เนื่องจากมีการ ใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวไม่มากเท่าที่ควร โดยมีการใช้แป้งข้าวเจ้าใน การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ และทำขนมหวานเท่านั้น โดยเฉพาะ แป้งข้าวเหนียวถูกใช้ ประกอบในการทำขนมหวานเท่านั้น ดังนั้นการนำมามาทดแทนแป้งสาลีในการทำขนมปัง จะช่วยให้ มีการนำเข้าแป้งทั้งสองมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นในอนาคต

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งภายในประเทศทดแทนแป้งสาลี ในการทำขนม โดยเลือกใช้แป้ง 4 ชนิดคือ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน (Rice Starch) และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน (Glutinous Rice Starch)
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังจากแป้งผสมทั้ง 4 แบบเปรียบเทียบกับขนมปังซึ่งผลิตจากแป้งสาลีล้วน
3. ศึกษาต้นทุนในการผลิตขนมปังเมื่อใช้แป้งผสมเปรียบเทียบกับการใช้แป้งสาลีล้วน



## การตรวจเอกสาร

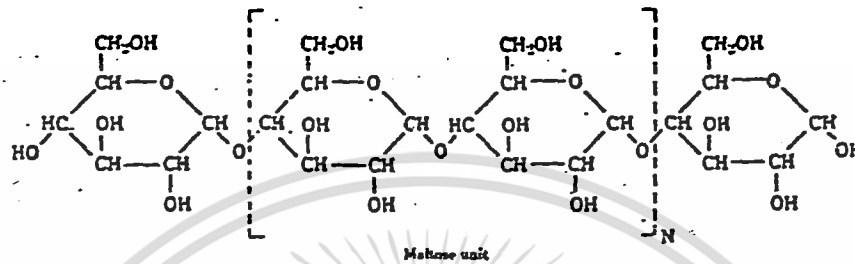
### แป้งและสมบัติต่าง ๆ ของแป้ง

แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพวกธัญพืช เช่น ข้าว พืชประเภทหัวมีแป้งมาก (Tubers) เช่น มันฝรั่ง พวกรากพืช เช่น มันสำปะหลัง หัวท้าวายม่อม และต้นสาकु ถ้าเป็นธัญพืชกรรมวิธีก็จะเริ่มจากการสีเพื่อแยกเอนโดสเปิร์มออกจากรำและจมูกข้าว แล้วนำเอาส่วนเอนโดสเปิร์มที่มีแป้งสตา์ชประกอบอยู่เป็นส่วนใหญ่ขึ้นไปแช่น้ำ โม่หรือบดแล้วทำให้แห้งเป็นผง ถ้าเป็นพืชประเภทหัวก็ไม่ต้องผ่านการสี แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกัน จึงทำให้แป้งมีคุณสมบัติทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ ต่างกันด้วย โดยทั่วไปแล้วแป้งจะมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด รองลงมาคือ โปรตีน นอกจากนี้มีไขมัน เซลลูโลส เถ้า วิตามิน สารสี เอนไซม์ ความชื้นหรือน้ำ โดยคาร์โบไฮเดรตในแป้งอยู่ในรูปสตา์ช จะมีผลต่อการหุงต้มอาหารมากที่สุด (ศิริลักษณ์, 2519) เนื่องจากแป้งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในอาหารหลายชนิด และอุตสาหกรรมนานาประเภท เนื่องจากแป้งสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไปได้เมื่อได้รับความร้อน รวมทั้งมีราคาถูก จึงมีการใช้แป้งกันอย่างแพร่หลาย เราจึงควรทราบถึงโครงสร้างและคุณสมบัติของแป้ง

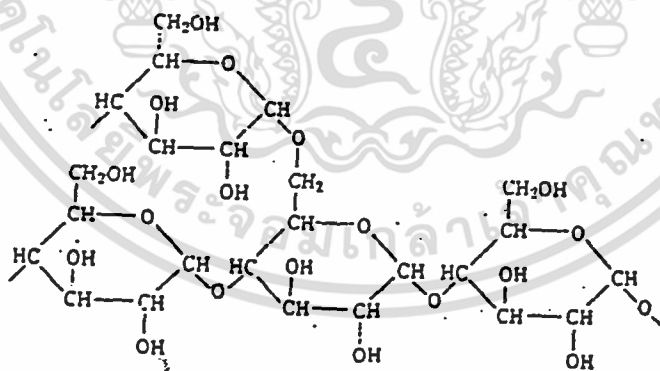
แป้งเป็นโพลีเมอร์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate Polymer) สังเคราะห์ขึ้นในพืช โดยการเชื่อมต่อดัวยพันธะเคมีของกลูโคสหลายร้อยหลายพันหน่วยจนเป็นสายยาว ๆ เมื่อเติมกรดหรือเอนไซม์ สามารถทำให้สายแป้งนั้นหลุดจากหน่วยกลูโคสได้ พืชมีกลไกในการผลิตแป้ง 2 แบบ อาจสร้างเป็นสายตรงยาวจากกลูโคสหลาย ๆ ร้อยหน่วยได้เป็นอะไมโลส (Amylose) หรือเกิดจากกลูโคสสายตรงสั้น ๆ หลายสิบหน่วยเชื่อมต่อแบบเป็นสาขาเกิดโพลีเมอร์ลักษณะแบบต้นไม้ ประกอบด้วย กลูโคสหลายพันหน่วย สำหรับลักษณะทางกายภาพของแป้ง เป็นเม็ดเล็ก ๆ สีขาว อาจมาจากเมล็ด แคน ลำต้น หรือรากของพืช ในรูปแป้งแห้งจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ refine แล้วได้ แต่ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นได้ว่า แป้งประกอบด้วยเซลเล็ก ๆ หรือเม็ดแป้งเล็ก ๆ ซึ่งขนาดและรูปร่างจะต่างไปตามพันธุ์พืช เม็ดแป้งข้าวจะมีลักษณะกลม ขนาดเล็กมาก ในแต่ละเม็ดแป้งประกอบด้วยโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก สร้างขึ้นโดยชั้นของแป้งที่อัดแน่นและมีระเบียบ มีลักษณะเหมือนชั้นหัวหอม โมเลกุลของแป้งจะจัดเรียงตัวเป็นผลึก เม็ดแป้งจะปรากฏเป็นรูปร่างเหมือนผลึกกลม

โครงสร้างทางเคมีของแป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หน่วยพื้นฐานเป็น D-Glucose การรวมตัวของกลูโคสเป็นโพลีเมอร์จะมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้นหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 โครงสร้างของอะไมโลส



ภาพที่ 2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูโคสในโพลีเมอร์ที่แท้จริงแล้วคือหน่วย Anhydrous Glucose ส่วนประกอบทั้งสองชนิดของแป้งนั้น จะเรียงตัวในแนวรัศมีภายในเม็ดแป้ง โดยโมเลกุลจะขนานกัน สายโมเลกุลทั้งแบบตรงและมีสาขาจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นผลึกเล็ก ๆ (Crystalline micelles) ซึ่งจับเม็ดแป้งไว้ด้วยกัน การจัดตัวเกิดขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลบนอะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 (C-2) จากกลูโคสหน่วยหนึ่ง และอะตอมของออกซิเจนซึ่งต่ออยู่กับคาร์บอนตัวที่ 1 (C-1) เชื่อมกับกลูโคสหน่วยอื่น

อะไมโลสเป็นโมเลกุลสายยาวและตรง โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 1 ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000-340,000 สารละลายแป้งจะมีโครงสร้างแบบเกลียวเชือกแบบสุ่ม เมื่อแป้งถูกละลายในตัวทำละลายที่แรง โครงสร้างของแป้งคลายตัวยืดออก ถ้ามีสารประกอบพวกไอโอดีน แป้งที่เป็นสายตรงจะไปพันเกลียวรอบสารประกอบ ส่วนอะไมโลเพกตินมีสาขาลักษณะคล้ายต้นไม้ โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2 ประกอบด้วยสายตรงที่คล้ายกับอะไมโลสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6 จุดที่เกิดสาขาอยู่ในช่วง 20-30 หน่วยกลูโคส นอกจากนี้ยังพบว่า มีการต่อสาขาที่อะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 และ 3 บ้างเล็กน้อย อะไมโลเพกติน 1 โมเลกุลมีสาขาย่อยหลายร้อยสาขา มีน้ำหนักโมเลกุลเป็นล้านหน่วย รูปร่างเป็นก้อนกลมซึ่งทำให้เพิ่มการแผ่ขยายตัว และเพิ่มความหนืดในสารละลาย (ปิ่นทิพย์, 2530)

สรุปความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน มีดังนี้

- | อะไมโลส                                   | อะไมโลเพกติน                     |
|---|----------------------------------|
| 1. ละลายน้ำได้ดีกว่า                      | 1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า           |
| 2. เมื่อต้มในน้ำหนืดข้นน้อยกว่าแต่ข้นกว่า | 2. หนืดข้นมากกว่าและใส           |
| 3. ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน              | 3. ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาล      |
| 4. ประกอบด้วยโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง     | 4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้     |
| 5. ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย       | 5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย |
| 6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวันได้            | 6. ไม่จับตัวเป็นวัน              |

นอกจากนี้ในพืชต่างชนิดกันจะมีสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินจะมีผลต่อ การพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืดและความใสของ Paste ที่ได้หลังจากเย็นลง และ Retrogradation ของ Paste เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอนุหุมิในการพองตัวสูงกว่าปกติ อะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นอะไมโลสเกิด Retrogradation ได้ ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพกตินจะไม่เกิด Retrogradation

ตารางที่ 1 สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินของธัญพืชต่าง ๆ

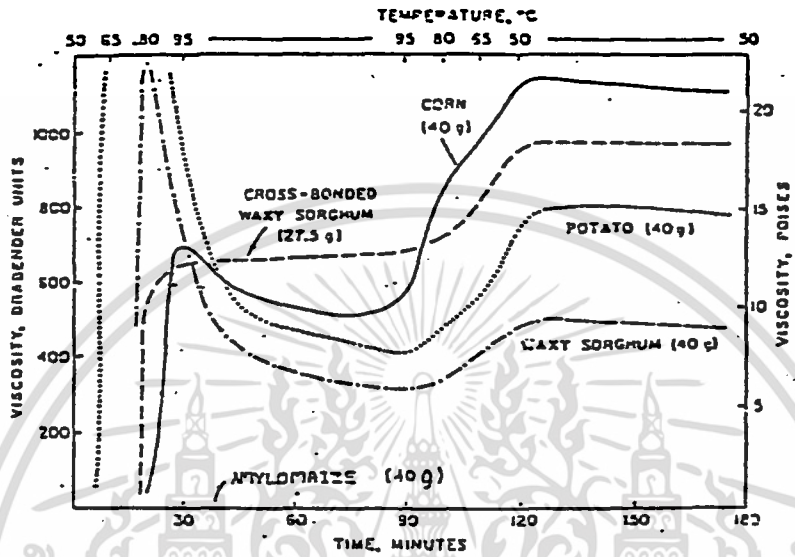
ธัญพืช	อะไมโลส/อะไมโลเพคติน
ข้าวโพดธรรมดา	26/74
ข้าวโพดเหนียว	1/99
ข้าวเจ้า	17/83
ข้าวเหนียว	1/99
ข้าวฟ่าง	26/74
ข้าวสาลี	25/75

ที่มา: นีรนาม 2521

การสุกของเม็ดแป้งเป็นกระบวนการที่แสดงถึงการพองตัว (Swelling) และการดูดซึมน้ำ (Hydration) ของเม็ดแป้งในขณะที่ได้รับความร้อน การพองตัวของเม็ดแป้งจะเริ่มเกิดเมื่อปริมาณความร้อนที่ให้แก่สารละลายแป้งมีพลังงานพอเพียงที่จะทำให้เกิดการแตกของพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้ง ทำให้น้ำสามารถเข้าไประหว่างโมเลกุลของเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ขึ้น ช่วงอุณหภูมิที่แป้งมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว และพองตัวขึ้นมาก เรียกว่า Gelatinization Temperature โดยแป้งแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิแป้งสุกแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 4 และสำหรับปัจจัยที่ผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง มีดังนี้

- การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเม็ดแป้ง
- สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน
- การกระจายของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน
- องค์ประกอบที่ไม่ใช่แป้งภายในเม็ดแป้ง โดยเฉพาะไขมันและโปรตีน

ความหนืดของสารละลายแป้ง (Viscosity and Consistency) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเม็ดแป้ง สามารถติดตามได้ด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amyograph ด้วยการวัดความหนืดของของผสมแป้งและน้ำที่กวนและให้ความร้อนในอัตราคงที่ ทั้งไว้ที่อุณหภูมิและเวลาที่ต้องการได้แล้วทำให้เย็นในอัตราที่คงที่ โดยแป้งแต่ละชนิดจะให้เส้นกราฟที่มีลักษณะเฉพาะตัวตามคุณสมบัติของมัน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความหนืดของเฟสตัด (Paste) แป้งชนิดต่าง ๆ โดยความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ใช้เป็นกรัมของน้ำหนักแป้งแห้งต่อน้ำแป้ง 500 มิลลิลิตร

- แบบ a เป็นลักษณะกราฟที่ได้จากเมล็ดแป้งที่มีการรวมตัวสูง เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้ง Waxy Sorghum
- แบบ b เป็นลักษณะกราฟของแป้งที่มีการพองตัวปานกลาง เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งธัญพืชอื่น ๆ
- แบบ c เป็นลักษณะกราฟของแป้งที่มีการพองตัวน้อย เช่น แป้งถั่วต่าง ๆ แป้ง Cross-bonded Waxy Sorghum
- แบบ d เป็นลักษณะกราฟของแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก ได้แก่ แป้งที่มีอะไมโลสสูง ๆ เช่น Atylomaize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สตาร์ช(Starch)และสมบัติของสตาร์ช

สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่สำคัญซึ่งเก็บสะสมไว้ของพืช พบกันมากในธรรมชาติ สตาร์ชต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในด้านสมบัติทางกายภาพ และเคมี สตาร์ชเกิดจากเม็ดแป้งที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยกลายเป็น แอลฟาไกลูแคนโพลีเมอร์(Alfa-glucan polymer) สายตรงที่เรียกว่า อะไมโลส (Amylose) และแอลฟาไกลูแคนโพลีเมอร์แบบสาขา ที่เรียกกันว่า อะไมโลเพคติน (Amylopectin) สตาร์ชเตรียมได้ง่ายๆ จากเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวโพด, ถั่วเหลือง, ข้าวสาลี และข้าวเจ้า จากพวกรากและพืชหัว เช่น มันฝรั่ง, มันสำปะหลัง, หัวท้าว ยายม่อม และจากแกนของต้นปาล์ม พืชที่สะสมสตาร์ช และเมล็ดธัญพืชเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของมนุษย์ ในสมัยโบราณจะใช้ข้าวสาลีทำสตาร์ช ในอเมริกาใช้ข้าวโพด ในยุโรปใช้มันฝรั่ง และในตะวันออกใช้ธัญพืชพวกข้าว สตาร์ชส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สตาร์ชดัดแปลง และอนุพันธ์ของสตาร์ชมีการใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ

#### สมบัติทางกายภาพ

สตาร์ชจากธัญพืชจะมีลักษณะเป็นเม็ด (Granule) มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึงประมาณ 3-30 ไมโครเมตร สตาร์ชจากปาล์ม มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 50 ไมโครเมตร และสตาร์ชจากรากและพืชหัว มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 100 ไมโครเมตร

เม็ดสตาร์ชที่ไม่ละลายในน้ำจะพอง เกิดเป็นเจล และสูญเสียสมบัติบิรฟรินเจนซ์(birefringence) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงจนถึงช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำให้เม็ดแป้งเกิดเจลได้ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง เช่น ข้าวโพด 62-72 °C, ข้าวโพดที่มีอะไมโลสสูง 100 °C, มันฝรั่ง 59-68 °C, ข้าวสาลี 58-64 °C, ข้าวเจ้า 68-78 °C และข้าวฟ่าง 68-78 °C

เมื่อเม็ดสตาร์ชแชวนลอยในน้ำ และให้ความร้อนจนถึง 95 °C จะมีผลต่อความหนืด ความหนืดจะลดลงและจะคงที่จนกระทั่งถึงอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิด และความหนืดจะเพิ่มขึ้นตลอดในช่วงของอุณหภูมิการเกิดเจล ในขณะที่เม็ดสตาร์ชที่พองตัวและละลายในน้ำจะทำให้โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเคลื่อนตัวไปอยู่ในสารละลาย ส่งผลให้ความหนืดลดลงจนถึงระดับที่คงที่ เมื่อถูกทำให้เย็นลงจนถึงระดับอุณหภูมิห้อง ความหนืดของเพสต์ (Paste) ที่ได้จะเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างสมบัติของ เพสต์ เมื่อได้รับความร้อนมีดังนี้

1. เพสต์ของสตาร์ชจากเมล็ดธัญพืชจะหนืด และเป็นเจลทึบแสงเมื่อเย็นตัวลง
2. เพสต์ของสตาร์ชจากมันฝรั่งและมันสำปะหลังจะหนืดมาก มีลักษณะใสและเป็นเจลเล็กน้อยเมื่อเย็นตัวลง

- 3. สตาร์ชของแป้งข้าวเหนียว (Waxy Starch) สตาร์ชที่ปรับปรุงจนมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง จะได้เพสต์ใสและเกิดเจลยากกว่า
- 4. สตาร์ชจากถั่วและแป้งที่อะไมโลสสูง จะเกิดเพสต์อย่างสมบูรณ์เมื่อเดือด และเกิดลักษณะเจลเล็กน้อยในระหว่างการทำให้เย็น

สรุปคุณสมบัติของสตาร์ชขึ้นกับปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่เป็นองค์ประกอบ ลักษณะการเป็นคอลลอยด์ที่สำคัญของการกระจายตัวของสตาร์ชหรือเพสต์คือ ความใส ความหนืด ความแข็งแรงของเจล องศาของการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Degree of Retrogradation) ความแข็งแรงในการยึดเหนี่ยว (Adhesive Strength)

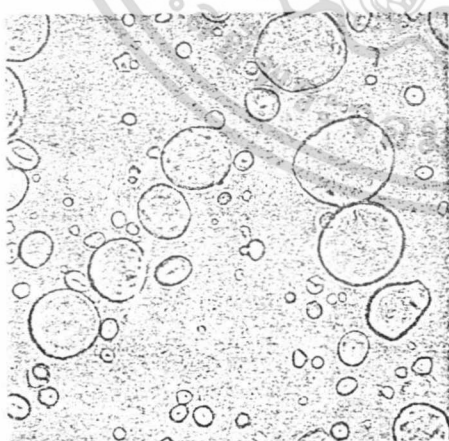
สตาร์ชจากข้าวเจ้า (Rice Starch)

ขนาดของเม็ดสตาร์ช (Granule) จากข้าวจะมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเทียบกับสตาร์ชจากแป้งชนิดอื่น ๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3-5 ไมโครเมตร ลักษณะใกล้เคียงกับข้าวโอ๊ต แต่มีขนาดเล็กกว่า คือมีรูปร่างหลายเหลี่ยม ในสภาวะปกติจะสังเกตเห็น Centric Hilum ได้ยาก แต่ละเม็ดจะประกอบด้วย 2-3 แกรนูล เมล็ดข้าวมีสตาร์ชอยู่มาก แต่ละแกรนูลถูกเคลือบติดแน่นด้วยชั้นของกลูเตน ซึ่งจะต้องถูกทำให้อ่อนตัวก่อนแยกออกไป

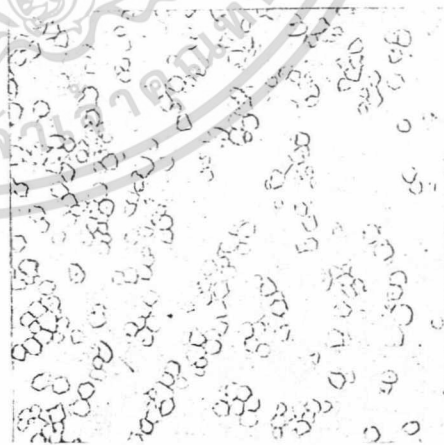
สตาร์ชจากข้าวสาลี (Wheat Starch)

มีลักษณะแตกต่างไปคือ มีรูปร่างกลม บาง อนุออกสองข้างคล้ายเลนส์ แสดง

ดังภาพที่ 4



Wheat Starch



Rice Starch

ภาพที่ 4 .ลักษณะเม็ดสตาร์ชข้าวสาลีและข้าวเจ้า

ที่มา: Whistler 1965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งชนิดต่าง ๆ

แป้งสาลี (Wheat Flour)

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิด ไม่มีแป้งชนิดอื่นใช้แทนแป้งสาลีได้ ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนินและไกลอะดิน (Glutenin & Gliadin) (Osborne 1907) กล่าวถึงโปรตีนที่มีในแป้งสาลี ซึ่งประกอบด้วยกลูเตนินและไกลอะดินที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน 20 % ของโปรตีนทั้งหมด ประกอบด้วย ลูโคซิน อัลบูมิน อีตีสทิน และโปรตีโอส เล็กน้อย ซึ่งจะละลายน้ำและสารละลายเกลือเจือจาง ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารละลายชนิดหนึ่งเรียกว่า " กลูเตน " (Gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซเอาไว้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ แป้งสาลีต่างชนิดกันจะมีกลูเตนต่างกันดังแสดงในภาพที่ 5



แป้งเค้ก

แป้งเอนกประสงค์

แป้งขนมปัง

ภาพที่ 5 ลักษณะกลูเตนของแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ

ที่มา: จิตธนา, อรอนงค์ 2525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งสาลีมีหลายชนิดตามข้าวสาลีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ซึ่งข้าวสาลีจัดจำแนกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ตามปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในเมล็ด คือ

1. ข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard wheat) มีปริมาณโปรตีนสูงประมาณ 12-14% ในข้าวสาลีพวกฮาร์ดสปริง (Hard Spring wheat) และ 9-13 % ในข้าวสาลีพวกฮาร์ดวินเทอร์ (Hard Winter wheat) แป้งที่ได้จากข้าวสาลีชนิดนี้เหมาะสำหรับทำขนมปัง จึงเรียกอีกชื่อว่า ข้าวสาลีทำขนมปัง (Bread wheat) เพราะเมื่อผสมน้ำลงในแป้งในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วवादให้เข้ากันจะได้ก้อนแป้งมีลักษณะเหนียว ยืดหยุ่นได้ เรียกว่า โด (Dough) ซึ่งมีโปรตีนกลูเตน เป็นองค์ประกอบในก้อนแป้งนั้น

2. ข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft wheat) มีปริมาณของโปรตีนต่ำลงมา คือมีประมาณ 10 % ในข้าวสาลีพวกซอฟท์วินเทอร์ (Soft Winter wheat) และ 8-11% ในข้าวสาลีพวกไวท์ (White wheat) แป้งที่ได้จากข้าวสาลีชนิดนี้เหมาะที่จะใช้ทำขนมเค้ก เพราะเมื่อนำมาผสมกับน้ำแล้วवाद จะ ได้ก้อนแป้งที่มีกลูเตนไม่แข็งแรง ไม่เหมาะที่จะใช้ทำขนมปัง

3. ข้าวสาลีดูรัม (Durum wheat) เป็นข้าวสาลีชนิดแข็งมีปริมาณโปรตีน 11-14% นิยมใช้ทำมาคัโรนี สปาเกตตี เพราะแม้จะมีปริมาณโปรตีนสูง แต่เมื่อผสมกับน้ำแล้วवाद จะมีโดที่มีกลูเตนไม่ยืดหยุ่น ไม่เหมาะในการทำขนมปัง

ตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีพันธุ์ต่าง ๆ

ชนิดของแป้ง	ปริมาณโปรตีน (%)
Hard Red Spring	14.0
Hard Red Winter	12.2
Soft Red Winter	10.3
White (Winter and Spring)	9.2
Durum	12.7

ที่มา: ศิริลักษณ์ 2519

ชนิดของแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ผลิตออกมาขายเพื่อการทำผลิตภัณฑ์นั้นมี 3 ชนิดที่สำคัญคือ แป้งขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งขนมเค้ก และแป้งเอนกประสงค์ ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณลักษณะ รวมถึงการใช้ประโยชน์ต่างกันคือ

1. แป้งขนมปัง มีโปรตีนสูง 12-14% ไม่จากข้าวสาลีชนิดแข็ง ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปังจืด ขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของแป้งชนิดนี้คือ เมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกคายมือคล้ายมีกรวด หรือหยาบเหมือนทราย มีสีครีมไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกัน แป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู

2. แป้งเอนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11% เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับข้าวสาลีชนิดอ่อนเข้าด้วยกัน ในสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ขนมปังจืดและหวาน ขนมเค้กบางชนิดและปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี้ ใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าขนมปัง ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน ตัวที่ใช้ขึ้นฟูของแป้งชนิดนี้ใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

3. แป้งเค้ก มีปริมาณโปรตีนต่ำประมาณ 7-9% ไม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อน ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งชนิดนี้คือ เมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่ม เนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้งสองชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะรวมกันเป็นก้อนและคงรอยนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีทำให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช่ยีสต์ (จิตธนา, อรอนงค์ 2525)

คุณสมบัติบางประการของแป้งเมื่อผสมกับน้ำ

1. ความสามารถในการดูดน้ำ แป้งแต่ละชนิดจะดูดน้ำไม่เท่ากัน แป้งหนักมีโปรตีนสูงมีกำลังที่จะดูดน้ำได้ประมาณ 60-65% ของน้ำหนักแป้งในน้ำ ส่วนแป้งเบาจะดูดน้ำได้น้อยกว่า ในการใช้แป้งแทนกันจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติข้อนี้ด้วย ถ้ามีการใช้ความร้อนร่วมด้วยจะพบว่าแป้งสาลีจะเกิดการพองตัวขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 61-89 °C แล้วเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะขุ่นข้นและเหนียว

2. ความสามารถในการเกิดกลูเตน (Gluten) โปรตีนในแป้งดูดซึมน้ำไว้ได้มากประมาณ 200% ของน้ำหนักของมันในขณะที่สตาร์ชดูดซึมน้ำได้เพียง 15% ของน้ำหนัก แต่อย่างไรก็ตาม สตาร์ชยังมีบทบาทสำคัญในการดูดซึมน้ำเพราะแป้งมีสตาร์ชเป็นส่วนประกอบอยู่ถึงราว ๆ 7 เท่าของโปรตีน การที่โปรตีนดูดซึมน้ำนี้มีผลทำให้เกิดลักษณะก้อนแป้งที่ยืดหยุ่นได้ และมีผลต่อปริมาตรของขนมปังที่จะได้จากแป้งหนักมากกว่าแป้งเบา เมื่อเติมน้ำลงในแป้งแล้วคนหรือนวด กลูเตนจะเกิดจากโปรตีนที่มีอยู่ในแป้งคือ ไกลอะดินและกลูเตนิน การเกิดกลูเตนขึ้นกับขึ้นกับ คุณภาพแป้งคือมีไกลอะดินและกลูเตนินมากน้อยเท่าใด กำลังของกลูเตนขึ้นอยู่กับ สัดส่วนของน้ำต่อแป้ง ปกติแล้วกำลังของกลูเตนอยู่ที่ใยของโปรตีนที่รวมตัวกันแน่น ถ้าใช้น้ำมากไปใยของกลูเตนก็จะไม่ยึดกัน จะทำให้ผลิตภัณฑ์แยกออกจากกันได้ การผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือคนเพียงเล็กน้อยก็ทำให้กลูเตนรวมตัวกันได้ ถ้าคนมากยิ่งขึ้นเกิดกลูเตนก็จะมีกำลังมากยิ่งขึ้นจนทำให้ส่วนผสมแป้งไม่ขึ้นเมื่ออบ (ศิริลักษณ์, 2519)

#### แป้งข้าวเจ้า (Rice Flour, White Rice Flour)

แป้งข้าวเจ้าทำจากข้าวบด โดยที่ส่วนประกอบทางเคมีจะเหมือนกับข้าวทั้งเมล็ด แต่จะแตกต่างกันในเรื่องปริมาณโปรตีน ไขมันและแป้ง รวมทั้งอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน การที่แป้งมีองค์ประกอบทางเคมีและฟิลิกลส์ต่างกัน ทำให้แป้งมีความแตกต่างกัน เช่น คุณสมบัติด้านความหนืด อุณหภูมิที่แป้งเกิด Gelatinization , Water Absorption และคุณสมบัติอื่น ๆ อีก ความหนืดในข้าวยังมีผลต่อการฟอร์มตัวของอาหาร การเปลี่ยนแปลงความหนืด ขึ้นกับองค์ประกอบของของแข็ง และต้องประกอบด้วยองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันต่ำ (รัญญา, 2531) มีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของแป้งสาลี เปรียบเทียบกับแป้งข้าวเจ้า โดยการใช้วิสโคมิเตอร์ (Viscometer) สำหรับศึกษาพฤติกรรม Slurry แป้งระหว่าง Cooking และแอลฟาอะไมเลสที่ได้จากข้าวที่สีจะต่างจากข้าวสาลี ซึ่งให้ผลลบบน Amylogram ยกเว้น Waxy Rice ( Voissey et. at 1972 ) เนื่องจากการที่องค์ประกอบทางเคมี และสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินต่างกัน (แสดงในตารางที่ 3 และ 1 ) ทำให้มีการใช้แป้งทั้งสองชนิดที่กล่าวมาในวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่ Rice Snack Food, Rice Cookie, Rice Peanut Butter Cookie

#### แป้งข้าวเหนียว (Glutinous Rice Flour, Waxy Rice, Sweet Rice Flour)

การใช้และการบริโภคแป้งข้าวเหนียวในประเทศไทยมีการใช้ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่น จึงมีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมควบคู่ไปกับแป้งข้าวเจ้า โดยมีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกันคือ

1. การแช่ข้าว โดยใช้ปลายข้าวที่มีขนาดเล็ก เช่น ข้าวหัก ปลายข้าว แช่กับน้ำต่าง 24 ชั่วโมง อาจใช้โซดาไฟ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ก็ได้
2. บดให้ละเอียด นำข้าวที่แช่ไว้แล้วมาล้างให้สะอาด บดด้วยโม่หิน (Hammer Mill) อาจใช้สารฟอกสี เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปด้วย เพื่อให้แป้งขาวขึ้น

แป้งข้าวเหนียวที่ผลิตได้เป็นแป้งที่บดจากข้าวเหนียวทั้งเมล็ด การที่จะแยกเอาออกมาแต่แป้งจากเอนโดสเปิร์มจริง ๆ นั้นทำได้ยาก เพราะแป้งจะเกาะติดอยู่กับโปรตีนซึ่งเรียกว่า กลูเตลิน (Glutelin) ซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรงแต่กระจายไม่เกาะกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งขนาดของเม็ดแป้งก็เล็กมาก การแยกจะต้องใช้ต่างละลายโปรตีนออกก่อน แล้วจึงนำข้าวที่ได้มาบดต่อไป อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของแป้งที่ผลิตได้ทั้งสองวิธี ก็ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้แป้งข้าวเหนียวโดยทั่วไป จะใช้ในรูปข้าวบดมากกว่าแป้งสกัด เพราะอย่างแรกต้นทุนต่ำกว่ามาก

มีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติแป้งสาลีเปรียบเทียบกับแป้งข้าวเหนียวผสมกับแป้งสาลี 40-60% ในการทำซอสเกรวี โดยเก็บที่อุณหภูมิ ๑๐ °C ได้นาน 5-6 เดือน แต่เมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวอย่างเดียวจะเก็บได้นาน 1 ปี นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อนำมาใช้กับ Frozen Pudding ประกอบใน Frozen Cake ก็จะทำให้ผลที่นำพอใจ (Hanson 1957) จากปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินดังแสดงในตารางที่ 1 และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวดังตารางที่ 3 มีผลทำให้แป้งข้าวเหนียวมีคุณสมบัติ ดูดน้ำและนิ่มกว่าแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า มีการพองตัวรวดเร็วกว่า เนื่องจากมีอุณหภูมิการเกิดเจล (Gelatinization Temperature) ต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า ดังแสดงในตารางที่ 4 และมีโปรตีนชนิดเดียวกับแป้งข้าวเจ้า คือ กลูเตลิน (Glutelin) แต่ไม่มีกลูเตนิน (Glutenin) ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญมีเฉพาะในแป้งสาลีเท่านั้น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งที่ผลิตภายในประเทศบางชนิด

ชนิดของแป้ง	แป้งสาลี	แป้งข้าวเจ้า	แป้งข้าวเหนียว	แป้งข้าวเจ้า สกัดโปรตีน	แป้งข้าวเหนียว สกัดโปรตีน
องค์ประกอบ (%)					
ไขมัน	1.7	0.3	0.3	0.3	0.3
เถ้า	1.8	0.3	0.3	0.3	0.3
โปรตีน	12.5	6.5-7.0	6.5-7.0	0.5	0.5
คาร์โบไฮเดรต	71.0	80.0	80.0	85.0	85.0
ความชื้น	13.0	12-13	12-13	12-13	12-13

ที่มา : บริษัท ซอเองลิ่ง จำกัด และ Amos, A. J., Kent-Jone, D. W. 1967



### บะหมี่

บะหมี่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของมักโรนี ซึ่งประกอบด้วยมักโรนี สปาเกตตี้ และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายๆ กัน ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีแป้งสาลี และน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีการใช้เครื่องเทศ สารชูรส หรือสารเคมีชนิดอื่นด้วยก็ได้

การผลิตบะหมี่นั้นได้เริ่มมานับเป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว สันนิษฐานกันว่าชาวจีน เป็นผู้ผลิตขึ้นก่อน เนื่องจากรับประทานข้าวสาลีเป็นอาหารหลัก โดยนำมาทำเป็นเส้นยาวๆ ที่เรียกกันว่า "Mein" หลังจากนั้นจึงมีผู้นำไปผลิตในประเทศญี่ปุ่นและประเทศใกล้เคียง โดยมีการพัฒนาทั้งในด้านรูปแบบและเทคนิคการผลิต โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น มีการผลิตบะหมี่หลายแบบ ทั้งบะหมี่สด บะหมี่แห้ง และบะหมี่ทันใจ บะหมี่สดที่รู้จักกันดี ได้แก่ อุดง(Udon) ฮิยามูกิ(Hiya-mugi) โซเมน (Sou-men) และฮิโมกาวา (Himo-kawa) ซึ่งแต่ละชนิดมีขนาดแตกต่างกัน สำหรับการผลิตบะหมี่ในประเทศไทยนั้น ไม่มีใครทราบแน่ชัดว่าเริ่มขึ้นเมื่อใด แต่เข้าใจว่า ชาวจีนที่อพยพเข้ามาหาหากินในประเทศไทยได้นำเอาเทคนิคการผลิตเข้ามาด้วยการผลิตส่วนใหญ่ไม่มีการพัฒนาไปมากเท่าที่ควร บะหมี่ที่พบมากในประเทศไทย คือ บะหมี่กวางตุ้ง บะหมี่แต้จิ๋ว และบะหมี่อกเกี๋ยง (ณรงค์, 2528)

### ชนิดของบะหมี่

บะหมี่อาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ โดยถือเอาส่วนประกอบเป็นหลัก คือ บะหมี่แบบจีน และบะหมี่แบบญี่ปุ่น หรือแบ่งเป็น 3 แบบ โดยถือเอาวิธีการผลิตเป็นหลัก คือ บะหมี่สด บะหมี่สุก และบะหมี่แห้ง

1. บะหมี่สด คือบะหมี่ที่ผ่านขั้นตอนการทำให้เป็นเส้นไปแล้ว แต่ยังมีได้ผ่านขั้นตอนเพื่อให้เก็บได้นาน เช่น การทำให้สุก การตากแห้ง เป็นต้น เป็นบะหมี่ที่ต้องรับประทานภายใน 1-2 วัน มีทั้งเส้นกลม เส้นแบน หรือเป็นแผ่นบางๆ บะหมี่ชนิดนี้มีส่วนผสมที่แตกต่างกันมาก ส่วนใหญ่มีส่วนผสมของแป้งสาลี น้ำ ต่าง ไข่ เกลือ และอาจใส่สีเหลืองด้วย

2. บะหมี่สุก เป็นบะหมี่ที่ผ่านการลวกให้สุกบางส่วน โดยเฉพาะส่วนนอกของเส้น เหลือส่วนกลางเป็นไส้ดิบ เมื่อต้องการรับประทานต้องนำมาลวกอีกครั้ง เพื่อให้สุกทั้งเส้น การลวกครั้งแรกเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่อยู่บนพื้นผิว ทำลายเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และโปรตีเอส และป้องกันมิให้เส้นติดกันเมื่อเก็บไว้นาน บะหมี่แบบนี้จะต้องมีความเหนียวพอสมควร เพื่อมิให้เส้นขาด แป้งจะต้องมีความหนืดสูง(peak viscosity) เพื่อให้เส้นนุ่มและหยุ่นได้

3. บะหมี่ทันใจ หรือบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เป็นบะหมี่ที่ผ่านขั้นตอนการทำให้แห้งมาแล้ว บะหมี่แบบนี้ได้ออกแบบไว้เพื่อให้เก็บได้นาน และขนส่งง่าย อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บะหมี่สดแห้ง บะหมี่สุกแห้ง และบะหมี่ทันใจ (บรรจุ, 2528)

### องค์ประกอบของบะหมี่

บะหมี่มีองค์ประกอบที่สำคัญเพียงไม่กี่ชนิด คือ

1. แป้งสาลี เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการทำบะหมี่ทุกชนิด เพราะแป้งสาลีเป็นแป้งที่มีโปรตีน ซึ่งเมื่อรวมกับของเหลวแล้วจะได้ก้อนแป้งที่สามารถรีดแผ่ให้เป็นแผ่นหรือตัดเป็นเส้นๆ ได้
2. น้ำ เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญเช่นกัน เพราะนอกจากเป็นของเหลวที่รวมกับแป้งในสัดส่วนที่พอเหมาะกันแล้ว จะทำให้ได้ก้อนแป้ง ซึ่งเราสามารถนำมารีดเป็นแผ่นบางๆ และตัดเป็นเส้นๆ แล้วยังช่วยละลายสารอื่นๆ ให้กระจายไปได้ทั่วก้อนแป้งอีกด้วย
3. เกลือ เป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดรสชาติ และทำให้ก้อนแป้งแข็ง ซึ่งจะช่วยให้เส้นบะหมี่ที่ลวกแล้วไม่เละจนเกินไป
4. ไข่ เป็นองค์ประกอบที่พบในบะหมี่จีนและบะหมี่อิตาลี เช่น บะหมี่กวางตุ้ง หรือบะหมี่อกเกี้ยน แต่จะไม่พบในบะหมี่ญี่ปุ่น ไข่จะทำหน้าที่ให้สีส้ม และรสชาติอร่อยยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้เส้นบะหมี่มีความเหนียว และให้คุณค่าทางอาหารสูง เพราะไข่ 1 ฟอง ประกอบด้วยโปรตีน 10.88% ไขมันประมาณ 10% นอกจากนี้ ยังมีวิตามิน และเกลือแร่อื่นๆ อีกด้วย
5. ด่าง เป็นองค์ประกอบที่พบในบะหมี่ที่มีไข่ เพราะด่างจะเป็นตัวช่วยให้เส้นบะหมี่แห้ง แข็ง แยกจากกัน หากไม่มีด่าง เส้นบะหมี่ที่มีไข่เป็นส่วนประกอบจะคินตัวรวมตัวกันในช่วงเวลาเพียงข้ามคืน
6. สีผสมอาหาร เป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้บะหมี่มีสีสดขึ้น น่ากินมากขึ้น
7. สารอื่นๆ ในการทำอุตสาหกรรมบะหมี่ จำเป็นต้องเติมสารบางอย่างเพื่อยืดอายุการเก็บให้ยาวนานขึ้น หรือให้เส้นกรอบอร่อยขึ้น หรือสารช่วยปรุงแต่งรสชาติอื่นๆ

### การศึกษาการใช้แบ่งภายในประเทศทดแทนแบ่งสาส์

(ชาญชัย และคณะ, 2528) ศึกษาการใช้แบ่งที่ผลิตภายในประเทศทดแทนบางส่วน ของแบ่งสาส์ในการทำเส้นบะหมี่ โดยการใช้แบ่งข้าวเจ้า แบ่งข้าวโพด แบ่งมันสำปะหลัง และแบ่งถั่วต่างๆ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แบ่งมันสำปะหลังและแบ่งข้าวเจ้า เป็นส่วนทดแทน คือ 40% และ 30% ตามลำดับ เพราะให้ลักษณะโดที่ดี คุณภาพเป็นที่ยอมรับ ของผู้บริโภค และราคาถูกลง แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แบ่งข้าวโพด และแบ่งถั่ว เหลืองทดแทน คือ 40% และ 20% ตามลำดับ เพราะให้ลักษณะโดที่ดี คุณภาพเป็นที่ยอมรับ ของผู้บริโภค แต่ราคาจะสูงกว่าการใช้แบ่งสาส์ล้วน

(ัญญะ, 2531) การทดแทนส่วนผสมบางชนิด เพื่อลดต้นทุนการผลิตในผลิตภัณฑ์ เค้กกล้วยหอม พบว่าสามารถทดแทนแบ่งสาส์ได้โดยแบ่งข้าวเจ้าในปริมาณ 40% และทดแทน ด้วยแบ่งข้าวโพด และแบ่งข้าวเหนียวในปริมาณ 20%

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์

1. แป้งสาลีเอนกประสงค์ตราหัวกวาง ของบริษัท แผลมทองสหการ จำกัด มีปริมาณโปรตีนปานกลางประมาณ 10.4-10.6% ราคา กิโลกรัมละ 17.00 บาท
2. แป้งสาลีทำขนมปังตราอินทรี ของบริษัท แผลมทองสหการ จำกัด มีปริมาณโปรตีนสูงมาก 14.0-14.2% ราคา กิโลกรัมละ 18.50 บาท
3. แป้งข้าวเจ้าตราช้างสามเศียร ของบริษัท ซอเองลิ่ง จำกัด ราคา กิโลกรัมละ 9.00 บาท
4. แป้งข้าวเหนียวตราช้างสามเศียร ของบริษัท ซอเองลิ่ง จำกัด ราคา กิโลกรัมละ 9.00 บาท
5. แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน (Rice Starch) ของบริษัท ซอเองลิ่ง จำกัด ราคาประมาณ กิโลกรัมละ 15.00 บาท
6. แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน (Glutinous Rice Starch) ของบริษัท ซอเองลิ่ง จำกัด ราคาประมาณ กิโลกรัมละ 15.00 บาท
7. ไข่ไก่
8. สารเคมี ได้แก่ ด่าง (โซเดียมคาร์บอเนต) , เกลือ และสีเหลืองไข่
9. เครื่องผสม Kitchen Aid Model K5SS
10. เครื่องรีดและตัดบะหมี่เป็นเส้น เช่น เครื่องมือทำในประเทศ ประกอบด้วยลูกกลิ้งทองเหลืองผิวเรียบสองลูกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว สำหรับรีดแป้งให้เป็นแผ่น และลูกกลิ้งทองเหลืองสองลูกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว ที่ผิวเซาะเป็นร่องสำหรับตัดแป้งให้เป็นเส้น ลูกกลิ้งทั้งสองคู่นี้หมุนเข้าหากัน เพื่อรีดแป้งออกเป็นแผ่นหรือตัดแป้งเป็นเส้นยาว โดยสามารถปรับระยะห่างจากกันได้ตามต้องการ (รูปแสดงในภาคผนวก ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีดำเนินการทดลอง

### 1. ศึกษาการเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำขนม

เนื่องจากการผลิตขนมสามารถผลิตได้จากแป้งสาลีหลายชนิด ทั้งจากแป้งสาลีเอนกประสงค์ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ปานกลาง และแป้งสาลีทำขนมปังที่มีปริมาณโปรตีนอยู่สูง จึงเริ่มการทดลอง โดยการศึกษาการผลิตขนมใช้สูตรพื้นฐานโดยใช้แป้งสาลีชนิดดังกล่าวในสัดส่วนต่าง ๆ กัน คือ ปริมาณแป้งเอนกประสงค์ : แป้งขนมปัง เท่ากับ ๑๐:๑๐, ๒๕:๗๕, ๕๐:๕๐, ๗๕:๒๕ และ ๑๐๐:๐ ตามลำดับ (ซึ่งกรรมวิธีการผลิตขนมแสดงในภาคผนวก ข.)

เกณฑ์การตัดสินในการเลือกสูตรพื้นฐาน ใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นอาจารย์และนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์เกษตรกรรมเกษตรครั้งละ ๑๐-๒๐ คน โดยนำขนมที่ได้มาลวกในน้ำเดือด ๑ นาที หรือจนขนมสุก ล้างน้ำเย็นแล้วจุ่มลงในน้ำเดือดอีกครั้ง สะเด็ดน้ำให้แห้ง คลุกน้ำมันไม่ให้เส้นติดกัน จึงนำมาทดสอบโดยพิจารณา สี เนื้อสัมผัส และลักษณะทั่วไป โดยใช้ขนมจากแป้งสาลีล้วนเป็นตัวควบคุมทุกครั้ง แบบฟอร์มการให้คะแนนเป็นแบบ Hedonic Scale-9 โดยมีคะแนนจาก ๑ คือไม่ยอมรับที่สุดจนถึง ๙ คือดีที่สุด (ดังแสดงในภาคผนวก ค.) คะแนนเฉลี่ยนำมาเปรียบเทียบกันและวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ F-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% ถ้าข้อมูลแต่ละชุดมีความแตกต่างกัน จึงนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างภายในชุดข้อมูลต่อ โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% เช่นกัน ตัวอย่างการคำนวณและวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงในภาคผนวก ง.

### 2. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งที่ผลิตภายในประเทศ

ทำขนมจากสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในข้อ ๑ โดยทดแทนการใช้แป้งสาลีในสูตรด้วยแป้งข้าวเจ้า ๑๐%, ๓๐%, ๓๕%, ๔๐%, ๔๕%, ๕๐%, ๖๐%, ๖๕% และ ๗๐% ตามลำดับ แล้วประเมินผลโดยการสังเกตลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิต ซึ่งใช้บันทึกความยากง่ายในการรวมตัวของส่วนผสม (Dough) ลักษณะของโดในระหว่างเข้าเครื่องตัดเป็นเส้น และลักษณะของเส้นภายหลังการลวก เพื่อเลือกปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ทดแทนได้เหมาะสมที่สุด

ทำเช่นเดียวกันโดยใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน แทนการใช้แป้งข้าวเจ้า ในสัดส่วนการทดแทนของแป้งแต่ละชนิดในระดับ ๑๐% , ๓๐% , ๓๕% , ๔๐% , ๔๕% , ๕๐% , ๕๕% , ๖๐% และ ๖๕% แล้วประเมินผลเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 13679

3. ศึกษาสมบัติทางต่าง ๆ ของบะหมี่แป้งผสม เปรียบเทียบกับบะหมี่สูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งสาลีล้วน  
นำผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ใช้แป้งต่าง ๆ ทดแทนมาเปรียบเทียบกับบะหมี่แป้งสาลีล้วนในด้าน
- 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์
- 3.1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) (A.O.A.C.1984-14.004)
- 3.1.2 ปริมาณโปรตีน (Crude Protein) (A.O.A.C.1984-2.057)
- 3.1.3 ปริมาณไขมัน (Crude Fat) (A.O.A.C.1984-7.062)
- 3.1.4 ปริมาณเถ้า (Ash) (A.O.A.C.1984-14.006)
- 3.1.5 ปริมาณสารเยื่อใย (Crude Fibre) (A.O.A.C.1984-7.070)
- 3.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Proximate Carbohydrate) ได้จากการคำนวณ

หมายเหตุ วิธีการวิเคราะห์และการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.

3.2 การพองตัวของเส้นบะหมี่

โดยการลวกบะหมี่ในน้ำเดือด 1 นาทีหรือจนสุก สะเด็ดน้ำ แล้วแช่บะหมี่ที่สุกในน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 80-90 °C สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเส้นบะหมี่ทุก 1 นาที เป็นเวลา 20 นาที

4. ศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบะหมี่จากแป้งผสมกับบะหมี่สูตรพื้นฐานจากแป้งสาลีล้วน  
คำนวณต้นทุนการผลิตบะหมี่ โดยคิดราคาจากราคาแป้งที่ใช้ 1 กิโลกรัม (แป้ง 1 กิโลกรัมสามารถผลิตบะหมี่ได้ประมาณ 1.8 กิโลกรัม)

หมายเหตุ วิธีการคำนวณต้นทุนการผลิตแสดงในภาคผนวก ฉ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำสงวนลิขสิทธิ์ไว้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. ศึกษาการเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำบะหมี่

จากการเปรียบเทียบการใช้แป้งเอนกประสงค์ แป้งขนมปัง และแป้งผสมระหว่างแป้งเอนกประสงค์กับแป้งขนมปังในการทำบะหมี่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตของบะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์ (A) กับแป้งขนมปัง (B)

ลำดับที่	A : B	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิต
		สี	เนื้อสัมผัส	ลักษณะทั่วไป	
1	100 : 0	7.53 <sub>u</sub>	4.50 <sub>u</sub>	5.33 <sub>u</sub>	การเกิดโดช้า รีดและตัดเป็นเส้นได้ยาก เมื่อลวกเส้นเหนียวติดกัน
2	75 : 25	7.44 <sub>u</sub>	5.67 <sub>u</sub>	6.22 <sub>u</sub>	รวมตัวเกิดโดง่ายกว่า 1 แต่ย้งรีดและตัดเป็นเส้นได้ยาก
3	50 : 50	7.11 <sub>u</sub>	5.83 <sub>u</sub>	6.22 <sub>u</sub>	รวมตัวง่ายกว่า 2 รีดและตัดเป็นเส้นได้ง่ายขึ้น
4	25 : 75	5.90 <sub>u</sub>	6.50 <sub>u</sub>	6.07 <sub>u</sub>	รวมตัวได้ดี รีดและตัดเป็นเส้นได้ดี ได้เส้นสวยตรง ไม่ติดกัน
5	0 : 100	5.83 <sub>u</sub>	7.17 <sub>u</sub>	6.11 <sub>u</sub>	รวมตัวได้ดีมาก ดูดน้ำเร็ว รีดและตัดเป็นเส้นได้ง่าย ได้เส้นตรง สวย

หมายเหตุ และ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5 พบว่า บะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์หรือที่มีสัดส่วนของแป้งเอนกประสงค์สูง จะให้บะหมี่ที่มีสีสวยเป็นที่ยอมรับคือ บะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์ล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งเอนกประสงค์ 75% ได้คะแนนด้านสีสูงถึง 7.53 และ 7.44 ตามลำดับ โดยที่บะหมี่ที่ใช้แป้งเอนกประสงค์มีคะแนนการยอมรับด้านสีสูงสุด เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งขนมปังสูงขึ้น ส่งผลให้คะแนนด้านสีลดลง เนื่องจากแป้งขนมปังมีสีครีม คล้ำกว่าแป้งเอนกประสงค์ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ทำให้บะหมี่ที่ได้มีสีคล้ำลงไป ด้านเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญในการบริโภคบะหมี่ โดยบะหมี่ที่ดีต้องมีลักษณะเส้น นุ่ม เหนียว คะแนนด้านเนื้อสัมผัสของบะหมี่แป้งเอนกประสงค์ล้วนต่ำสุดคือ 4.50 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับบะหมี่จากแป้งขนมปัง 75% และบะหมี่จากแป้งขนมปังล้วนซึ่งมีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดคือ 7.17 นั่นคือ การใช้แป้งขนมปังในปริมาณที่สูง จะให้บะหมี่ที่เหนียว นุ่ม ให้คะแนนการยอมรับยิ่งสูง เนื่องจากการที่แป้งขนมปังมีโปรตีนอยู่สูงมาก ทำให้รวมตัวเกิดโดได้เร็วกว่า (ดูน้ำได้เร็วกว่า) รีดและตัดเป็นเส้นได้ดี ด้านลักษณะทั่วไป พบว่า บะหมี่แป้งเอนกประสงค์ล้วนให้คะแนนด้านนี้ต่ำสุด คือ 5.33 และบะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์ 75% และ 50% ให้คะแนนด้านนี้สูงสุดคือ 6.22 เพราะว่าการเติมแป้งขนมปังในปริมาณสูง ทำให้ได้บะหมี่ที่มีสีคล้ำ คะแนนจึงต่ำลง แต่ก็ยังมีคะแนนสูงกว่าบะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์ล้วน เนื่องจากบะหมี่จากแป้งเอนกประสงค์ล้วน จะมีลักษณะเส้นที่เหนียวติดกัน เส้นคงอไม่สวย ผู้บริโภคไม่ยอมรับ และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตร่วมด้วย พบว่า การใช้แป้งขนมปังในปริมาณที่สูงขึ้น จะช่วยให้การรวมตัวของโดเกิดได้ดี เนื่องจากแป้งขนมปังมีโปรตีนสูง ดูน้ำได้รวดเร็ว รีดและตัดเป็นเส้นได้ง่ายขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการทำบะหมี่ควรเลือกใช้แป้งขนมปัง 100% เนื่องจากให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด ทั้งยังรวมตัวเกิดโดได้ง่าย รีดและตัดเป็นเส้นได้ดี และสำหรับลักษณะสีที่ดีด้วยนั้น สามารถแก้ไขได้โดย การใช้สีเหลืองจากไข่หรือสีธรรมชาติอย่างอื่นเพิ่มเติมลงไป

## 2. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งที่ผลิตภายในประเทศ

### 2.1 การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทน

จากการทดลองใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วนต่าง ๆ คือ 0%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65% และ 70% ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตของหมี่แป้งสาลีล้วนและขนมที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทน

ลำดับที่	% แป้งข้าวเจ้า ในแป้งผสม	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรม วิธีการผลิต
		สี	เนื้อสัมผัส	ลักษณะทั่วไป	
1	0	4.13 <sub>u</sub>	6.40 <sub>u</sub>	5.67 <sub>u</sub>	การเกิดโศและตัด เส้นทำได้ดี หลัง การลวก เส้นไม่ ขาดจากกัน
2	30	5.27 <sub>u</sub>	6.07 <sub>u</sub>	5.67 <sub>u</sub>	เหมือน 1
3	35	5.67 <sub>u</sub>	6.07 <sub>u</sub>	5.67 <sub>u</sub>	เหมือน 1
4	40	5.93 <sub>u</sub>	6.00 <sub>u</sub>	6.27 <sub>u</sub>	เหมือน 1
5	45	6.67 <sub>u</sub>	6.33 <sub>u</sub>	6.27 <sub>u</sub>	เหมือน 1
6	50	6.87 <sub>u</sub>	5.90 <sub>u</sub>	6.46 <sub>u</sub>	โศยึดหยุ่นน้อยกว่า 1 รีดและตัดเป็น เส้นได้ง่าย
7	55	6.40 <sub>u</sub>	5.70 <sub>u</sub>	6.13 <sub>u</sub>	การรวมตัว เริ่ม ยาก ดูดน้ำเข้า โศยึดหยุ่นน้อยกว่า 6 ยังรีดและตัด เป็นเส้นได้ง่าย
8	60	6.40 <sub>u</sub>	5.60 <sub>u</sub>	4.90 <sub>u</sub>	การรวมตัว ยาก ดูดน้ำเข้า แต่ยัง ตัดเส้นได้ง่าย
9	65	5.10 <sub>u</sub>	4.80 <sub>u</sub>	4.00 <sub>u</sub>	การรวมตัว ยาก กว่า 8 เปียกขึ้น
10	70	4.10 <sub>u</sub>	2.10 <sub>u</sub>	2.40 <sub>u</sub>	การรวมตัวยากมาก หลังลวกเส้นขาด

หมายเหตุ และ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 6 พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ลักษณะทางด้านสีดีขึ้นจากเหลืองคล้ำเป็นสีเหลืองสด เนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีสีขาว กว่าแป้งสาลี แต่การใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่สูงเกินไป คະแนนการยอมรับต่ำลง เนื่องจากกะหมี่สีเหลืองสด ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในปริมาณ 50% จะให้คะแนด้านสีสูงสุดคือ 6.87 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกะหมี่จาก แป้งสาลีล้วน ด้านเนื้อสัมผัสของกะหมี่ทุกตัวอย่าง พบว่า กะหมี่จากแป้งสาลีล้วนจะให้คะแนด้านนี้สูงสุดคือ 6.4 แต่เมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในปริมาณสูงถึง 70% จะให้คะแน การยอมรับต่ำสุดคือ 2.4 (อยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ) นั่นคือ การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในปริมาณที่สูงขึ้น จะทำให้คะแนด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มต่ำลง เนื่องจากการขาดความ สมดุลระหว่างแป้งกับโปรตีนในส่วนผสม ทำให้ได้เส้นกะหมี่ที่ขาดความเหนียว ด้านลักษณะทั่วไป การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในปริมาณ 50% จะให้คะแนการยอมรับสูงสุดคือ 6.46 และการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในปริมาณ 70% จะส่งผลให้กะหมี่ที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติจากตัวอย่างอื่น เนื่องจากกะหมี่ขาดความเหนียว ขาดง่าย เมื่อลวกจึงนิ่ม และ และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตพบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนใน สัดส่วน 0-45% จะให้ลักษณะโดดเด่นเดียวกัน การรีดและตัดเป็นเส้นทำได้ดี แต่ถ้าเพิ่มปริ มาณแป้งข้าวเจ้าสูงกว่า 45% การเกิดโด้จะยากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณแป้งอยู่สูง แต่มีปริ มาณโปรตีนที่ช่วยจับยึดอยู่น้อย ดุนน้ำช้า ทำให้รวมตัวได้ยาก เนื่องจากแป้งดุนน้ำช้ากว่าโปร ติน ดังนั้นการเลือกใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมทดแทนแป้งสาลีควรเลือกใช้แป้งข้าวเจ้า 45% เพราะให้ลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส ที่ผู้บริโภคยอมรับ อีกทั้งยังให้ลักษณะที่เกี่ยวข้อง กับกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับการใช้แป้งสาลีล้วน

## 2.2 การใช้แบ่งข้าวเหนียวทดแทน

จากการทดลองใช้แบ่งข้าวเหนียวทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วน ๐%, 30% 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60% และ 65% ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 7** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตของบะหมี่แป้งสาลีล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทน

ลำดับที่	% แป้งข้าวเหนียว ในแป้งผสม	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี เนื้อสัมผัส	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับ กรรมวิธีการผลิต	
1	0	4.75	6.55	6.57	การเกิดโด รีดและ ตัดเป็นเส้นทำได้ดี หลังการลวกเส้นไม่ ขาดจากกัน
2	30	4.85	6.25	5.75	เหมือน 1
3	35	5.60	6.40	6.40	เหมือน 1
4	40	5.65	6.25	6.25	เหมือน 1
5	45	6.30	6.40	6.40	โดยืดหยุ่นตัวน้อยกว่า การรีดและตัดเส้นทำ ได้ง่าย
6	50	6.25	5.90	6.25	การรวมตัวเริ่มยาก แต่ยังรีดและตัดเส้น ได้ง่าย
7	55	6.25	5.70	5.25	รวมตัวยากกว่า 6 ยังรีดและตัดเส้นได้ดี
8	60	5.75	5.45	4.75	รวมตัวยากกว่า 7 โดเป็ยกขึ้น หลัง ลวกเส้นบางส่วนขาด จากกัน
9	65	5.40	2.70	3.00	รวมตัวยากกว่า 8 หลังการลวกเส้นขาด จากกัน

**หมายเหตุ** และ ๒ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7 พบว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวในปริมาณที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ลักษณะทางด้านสีดีขึ้นเช่นเดียวกันกับการใช้แป้งข้าวเจ้า เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีลักษณะเนื้อละเอียด และมีสีขาวกว่าแป้งสาลีเช่นกัน โดยที่การใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนในปริมาณ 40% ให้คะแนนการยอมรับด้านสีสูงสุดคือ 6.65 แต่เมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนในปริมาณที่สูงกว่านี้ จะได้คะแนนที่มีสีเหลืองสด ให้คะแนนการยอมรับด้านสีต่ำลงคือการใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนในปริมาณ 65% มีคะแนนเท่ากับ 5.4 เท่านั้น แต่ก็ยังมีคะแนนสูงกว่าคะแนนจากแป้งสาลีทางด้านเนื้อสัมผัส จากค่าคะแนนการยอมรับจะเห็นว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวในปริมาณที่สูงขึ้น คะแนนการยอมรับด้านสีจะลดลง สืบเนื่องจากความเหนียวของเส้นบะหมี่ที่ลดลง โดยบะหมี่จากแป้งสาลีจะให้คะแนนการยอมรับสูงสุดคือ 6.55 และบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนในปริมาณ 65% ให้คะแนนการยอมรับต่ำสุดคือ 2.5 เนื่องจากเกิดความไม่สมดุลระหว่างปริมาณโปรตีนกับสตาร์ช ทำให้ได้คุณภาพไม่ดี ด้านลักษณะทั่วไปของเส้นบะหมี่ก็เช่นเดียวกับเนื้อสัมผัสคือ การใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทน 65% ให้คะแนนการยอมรับต่ำสุดคือ 3.0 และบะหมี่จากแป้งสาลีมีคะแนนการยอมรับสูงสุดคือ 6.57 เนื่องจากยังมีปริมาณแป้งข้าวเหนียวสูง เกิดความไม่สมดุลของโปรตีนและสตาร์ช ทำให้รวมตัวยากขึ้น การเกิดโดยยากขึ้น รีดและตัดเป็นเส้นได้ยาก ลักษณะทั่วไปของเส้นบะหมี่ที่ได้ภายหลังลวกจะขาด นิ่ม และเล่งง่าย เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตพบว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนในปริมาณที่สูงกว่า 40% การรวมตัวเกิดโดยยากขึ้น ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมในการเลือกใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนแป้งสาลีคือ 40% เพราะให้คะแนนด้านสีค่อนข้างสูง เนื้อสัมผัสและลักษณะทั่วไปดี รวมทั้งให้ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกันกับการใช้แป้งสาลี

### 2.3 การใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทน

จากการทดลองใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วน 0%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55% และ 60% ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตของเบ  
 ห์มีแป้งสาลีล้วนและเบห์มีที่ใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทน

ลำดับที่	% แป้งข้าวเจ้าสกัด โปรตีนในแป้งผสม	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี เนื้อสัมผัส	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับ กรรมวิธีการผลิต	
1	0	4.40 <sub>a</sub>	6.90 <sub>a</sub>	6.50 <sub>a</sub>	การเกิดโด รีดและ ตัดเส้นทำได้ดี หลังการลวกเส้นไม่ ขาดจากกัน
2	30	5.80 <sub>a</sub>	6.70 <sub>a</sub>	6.40 <sub>a</sub>	เหมือน 1
3	35	6.15 <sub>a</sub>	6.65 <sub>a</sub>	6.65 <sub>a</sub>	เหมือน 1
4	40	6.53 <sub>a</sub>	6.56 <sub>a</sub>	6.78 <sub>a</sub>	การเกิดโดเริ่มยาก
5	45	6.85 <sub>a</sub>	6.00 <sub>a</sub>	5.65 <sub>a</sub>	การเกิดโดยากกว่า 4 โดไม่ยืดหยุ่น หลัง การลวกเส้นไม่ขาด จากกัน
6	50	7.11 <sub>b</sub>	5.55 <sub>a</sub>	5.73 <sub>a</sub>	การเกิดโดยากกว่า 5
7	55	6.50 <sub>b</sub>	3.90 <sub>b</sub>	3.40 <sub>b</sub>	การรวมตัวยากมาก โดแข็ง มีแนวโน้ม จะแตก หลังลวกเส้น บางส่วนขาดจากกัน
8	60	3.80 <sub>b</sub>	2.60 <sub>b</sub>	2.80 <sub>b</sub>	การรวมตัวยากมาก โดแข็ง เมื่อตัด เส้นขาดเป็นท่อน ๆ

หมายเหตุ และ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 8 พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณที่สูง จะให้คะแนนด้านสีสูงขึ้น โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณ 50% จะให้คะแนนการยอมรับด้านสีสูงสุดคือ 7.11 เพราะว่าแป้งชนิดนี้มีสีขาวมาก เนื่องจากถูกสกัดโปรตีนออกไปจนเกือบหมด แต่เมื่อใช้ทดแทนในปริมาณที่สูงกว่านี้ คะแนนการยอมรับจะต่ำลง เช่นเดียวกับการทดแทนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ด้านเนื้อสัมผัสก็เช่นเดียวกับการใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนคือ ความเหนียวของเส้นบะหมี่ลดลง ทำให้คะแนนการยอมรับลดลงเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณสตาร์ชมากไปในส่วนผสมนั่นเอง ทำให้ได้คุณภาพไม่ดี ได้โตแข็งไม่ยืดหยุ่น ด้านลักษณะทั่วไป การใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณ 0-40% ให้คะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับบะหมี่จากแป้งสาลีล้วน และเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณสูงกว่า 40% ขึ้นไปคะแนนการยอมรับลดลง เนื่องจากเส้นบะหมี่มีความเหนียวลดลง ขาดง่ายเมื่อรีดและตัดเป็นเส้น เมื่อลวกจึงให้ลักษณะที่ไม่น่ารับประทาน ผู้บริโภคจึงไม่ยอมรับ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตพบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณ 0-35% ได้ลักษณะโตเช่นเดียวกัน และถ้าใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณที่สูงกว่า 35% จะทำให้การเกิดโตยากขึ้นเนื่องจากโตจะพยายามแยกตัวออกจากกัน (แตกออก) รวมตัวยาก เพราะมีโปรตีนที่ช่วยในการยึดเหนี่ยวในปริมาณต่ำ เมื่อตัดเป็นเส้นจะได้เส้นบะหมี่ที่สั้น ขาดเป็นท่อน เมื่อเทียบกับการใช้แป้งข้าวเจ้า โตที่ได้จากแป้งสาลีผสมกับแป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนเกิดโตยากกว่า เนื่องจากการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนยังมีความสมดุลของโปรตีนและสตาร์ชอยู่สูงกว่า เพราะในแป้งข้าวเจ้ายังมีโปรตีนกลูเตลินอยู่บ้าง ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมในการเลือกใช้แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนทดแทนแป้งสาลีในการทำบะหมี่คือ 35% เท่านั้นซึ่งต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า การที่ไม่สามารถใช้ทดแทนได้ในปริมาณที่สูงเท่ากับแป้งข้าวเจ้า ก็เนื่องจากปริมาณสตาร์ชที่มีอยู่สูงภายหลังสกัดโปรตีนออกไปแล้วนั่นเอง

#### 2.4 การใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทน

จากการทดลองใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วน 0%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55% และ 60% ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่

9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตของ  
 บะหมี่จากแป้งสาลีล้วนและบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทน

ลำดับที่	% แป้งข้าวเหนียว สกัดโปรตีน ในแป้งผสม	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี	เนื้อสัมผัส	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับ กรรมวิธีการผลิต
1	0	5.33 <sub>ab</sub>	7.27 <sub>a</sub>	6.07 <sub>a</sub>	การเกิดโด้ การรีด และตัดเส้นทำได้ดี หลังลวกเส้นไม่ขาด
2	30	5.67 <sub>ab</sub>	6.43 <sub>a</sub>	6.67 <sub>a</sub>	เหมือน 1
3	35	7.21 <sub>a</sub>	6.73 <sub>a</sub>	6.79 <sub>a</sub>	เหมือน 1
4	40	7.27 <sub>a</sub>	6.73 <sub>a</sub>	6.79 <sub>a</sub>	เหมือน 1
5	45	7.33 <sub>a</sub>	6.33 <sub>a</sub>	6.53 <sub>a</sub>	การรวมตัวเริ่มยาก
6	50	6.67 <sub>ab</sub>	5.13 <sub>b</sub>	5.06 <sub>b</sub>	การรวมตัวยากกว่า 5 ยังรีดและตัดเส้นได้ดี
7	55	5.33 <sub>bc</sub>	4.03 <sub>b</sub>	3.21 <sub>b</sub>	การรวมตัวยากกว่า 6 หลังลวกเส้นบางส่วน ขาดจากกัน
8	60	3.90 <sub>b</sub>	3.06 <sub>b</sub>	3.50 <sub>b</sub>	การรวมตัวยากมาก โดนพยายามแยกจากกัน รีดและตัดเป็นเส้นได้ ยาก

หมายเหตุ และ ๒ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 9 พบว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณที่  
 สูงขึ้น ส่งผลให้คะแนนการยอมรับด้านสีสูงขึ้น โดยการใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทน  
 ในปริมาณ 45% ให้คะแนนการยอมรับด้านสีสูงสุดคือ 7.33 แต่ถ้าใช้แป้งชนิดนี้ทดแทนในปริ  
 มาณที่สูงกว่านี้ คะแนนการยอมรับลดลง เช่นเดียวกับการใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนดังที่กล่าวมาแล้ว  
 เนื่องจากแป้งมีสีขาว และเนื้อละเอียดมากเนื่องจากถูกสกัดโปรตีนออกไปจนเกือบหมด ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัส การใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณสูง ทำให้ความเหนียวของบะหมี่ลดลง คณะกรรมการยอมรับลดลง อธิบายได้เช่นเดียวกันกับการใช้แป้งทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวมาแล้ว ด้านลักษณะทั่วไป การใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน 35% และ 40% ให้คณะกรรมการยอมรับสูงสุดเท่ากันคือ 6.79 และถ้าใช้ปริมาณแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนในการทดแทนสูงกว่านี้ คณะกรรมการยอมรับลดลง เพราะจะได้บะหมี่ที่นุ่ม เละง่าย ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ทำให้คณะกรรมการยอมรับลดลงเช่นเดียวกับแป้งทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวมาแล้ว เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิต พบว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน 40% จะให้ลักษณะโดเหมือนกับการใช้แป้งสาลีล้วน แต่ถ้าใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทนในปริมาณที่สูงกว่านี้ พบว่าทำให้โดมีแนวโน้มการรวมตัวยากขึ้น

ดังนั้นสัดส่วนที่ควรเลือกใช้ในการใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทนแป้งสาลีคือ 40% เพราะว่า นอกจากจะได้คะแนน เนื้อสัมผัส และลักษณะทั่วไปเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ลักษณะโดก็ยังเหมือนกับการใช้แป้งสาลีล้วนอีกด้วย การต่างจากแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน เนื่องจากมีความสมดุลของปริมาณโปรตีนกับสตาร์ชต่ำกว่า มีผลให้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนใช้ได้ปริมาณที่ต่ำกว่า แต่ยังมีองค์ประกอบของสตาร์ช คือ สัดส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินคงเดิม ส่งผลให้บะหมี่ค่อนข้างนุ่ม เส้นติดกัน เมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนในสัดส่วนที่สูง ทั้งที่การมีอะไมโลเพคตินสูงจะช่วยให้ดูน้ำเร็วกว่าก็ตาม

3. ศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของบะหมี่แป้งผสมเปรียบเทียบกับบะหมี่สูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งสาลีล้วน

3.1 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์  
ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บะหมี่**

องค์ประกอบ (%)	ความชื้น	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
<b>ส่วนผสมบะหมี่</b>					
แป้งสาลี	28.95	51.12	13.65	3.65	2.63
แป้งข้าวเจ้าทดแทน	26.44	56.71	10.42	3.76	2.67
แป้งข้าวเหนียวทดแทน	27.31	55.66	10.43	3.84	2.76
แป้งข้าวเจ้าสกัด					
โปรตีนทดแทน	26.41	61.84	5.51	3.45	2.79
แป้งข้าวเหนียวสกัด					
โปรตีนทดแทน	28.45	60.16	5.48	3.51	2.40

**หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารเยื่อใยมีค่าน้อยมาก**

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันในบะหมี่ทั้ง 5 ส่วนผสม แต่ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ ปริมาณโปรตีน พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีนจะทำให้ปริมาณโปรตีนลดต่ำลงมาก แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้นมา เนื่องจากในแป้งทั้งสองชนิดที่มาทดแทนนี้ เหลือปริมาณโปรตีนในตัวแป้งเพียง 0.5% เท่านั้น

**3.2 ผลการทดสอบการพองตัวของเส้นบะหมี่  
ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 11**

**ตารางที่ 11** การทดสอบการพองตัวของเส้นบะหมี่ผสมแป้งที่ผลิตภายในประเทศเปรียบเทียบกับเส้นบะหมี่จากแป้งสาลีล้วน

ส่วนผสมแป้ง	เวลา (นาที)							
	๐	10	15	16	17	18	19	20
แป้งสาลีล้วน	1	1	1	1	1	2	3	4
แป้งข้าวเจ้า 65%	1	1	1	1	2	3	4	5
แป้งข้าวเหนียว 6๐%	1	1	1	2	3	4	5	5
แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน 5๐%	1	1	1	2	3	4	5	5
แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน 5๐%	1	1	1	2	3	4	5	5
หมายเหตุ	1	หมายถึง	เส้นบะหมี่ปกติ	สังเกตไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง				
	2	หมายถึง	เริ่มสังเกต	เห็นการเปลี่ยนแปลง				
	3	หมายถึง	เส้นบะหมี่	เกิดการพองตัวเล็กน้อย				
	4	หมายถึง	เส้นบะหมี่	เกิดการพองตัวเป็นส่วนใหญ่				
	5	หมายถึง	เส้นบะหมี่	อัด นิ่ม ขาดง่ายเมื่อตัด				

จากตารางที่ 11 พบว่าบะหมี่จากแป้งสาลีล้วนจะเกิดการพองตัวช้าที่สุด คือ 17 นาที ถึงเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลง และบะหมี่จากแป้งผสมทั้งสามชนิดคือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน จะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงพร้อมกัน คือเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที สำหรับบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าจะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป 16 นาที ทั้งนี้การที่บะหมี่ทั้งสามชนิดนั้นพองตัวรวดเร็วกว่า ก็เนื่องจากการที่แป้งข้าวเหนียวมีอุณหภูมิการเกิดเจลสมบูร์นต่ำกว่าแป้งชนิดอื่น เพราะมีปริมาณอะไมโลสอยู่ต่ำมาก (แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะพองตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า) และการที่บะหมี่ที่ใช้แป้งผสมแป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีนพองตัวรวดเร็วกว่าบะหมี่แป้งผสมจากแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากการที่แป้งชนิดนี้มีองค์ประกอบอื่นที่มีผลต่อการพองตัวของแป้งอยู่น้อย คือ โปรตีน สตาร์ชจึงเกิดการพองตัวได้รวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร็วกว่า แบ่งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีนยึดเหนี่ยวอยู่

4. ศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบะหมี่จากแป้งผสมกับบะหมี่สูตรพื้นฐานจากแป้งสาลีล้วน  
ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบะหมี่จากแป้งสาลีและแป้งสาลีผสมแป้งที่ผลิตภายในประเทศ

ลำดับที่	% แบ่งภายในประเทศ	ต้นทุนการผลิต (บาท)			
		แบ่งข้าวเจ้า	แบ่งข้าวเหนียว	แบ่งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน	แบ่งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน
1	0	18.50	18.50	18.50	18.50
2	30	15.65	15.65	17.45	17.45
3	35	15.18	15.18	17.28	17.28
4	40	14.70	14.70	17.10	17.10
5	45	14.23	14.23	16.93	16.93
6	50	13.75	13.75	16.75	16.75
7	55	13.28	13.28	16.58	16.58
8	60	12.80	12.80	16.40	16.40
9	65	12.33	12.33	-	-
10	70	11.85	-	-	-

จากตารางที่ 12 พบว่า การใช้แบ่งภายในประเทศทั้ง 4 ชนิดทดแทนแป้งสาลีในการทำบะหมี่นั้น สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้มากน้อยต่างกัน คือ การใช้แบ่งข้าวเจ้าและแบ่งข้าวเหนียวสามารถลดต้นทุนการผลิตได้เท่ากันและมากกว่าการใช้แบ่งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีน เนื่องจากแบ่งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีนมีราคาสูงกว่าเกือบ 1 เท่า เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในกระบวนการแยกสกัดโปรตีนออกไปอีก ทั้งยังไม่มียุทธศาสตร์ที่ผลิตแบ่งชนิดนี้ออกจำหน่ายอย่างจริงจัง (ราคาจะถูกลง) ทำให้การใช้แบ่งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีนช่วยลดต้นทุนการผลิตได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอุตสาหกรรมการผลิตขะหมี่ จึงควรเลือกใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวทดแทนแป้ง  
สาลี เนื่องจากช่วยลดต้นทุนการผลิตได้มากกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

1. การเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำบะหมี่ ควรเลือกใช้แป้งขนมปัง 100% ในการผลิต เนื่องจากให้เนื้อสัมผัส ลักษณะทั่วไป และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตดีกว่าการใช้แป้งเอนกประสงค์ 100% หรือการใช้แป้งผสมจากแป้งขนมปัง และแป้งเอนกประสงค์

2. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งที่ผลิตภายในประเทศ โดยการใช้แป้ง 4 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน พบว่าแป้งทั้ง 4 ชนิด มีคุณสมบัติและความเหมาะสมต่างกัน จึงสามารถทดแทนได้ปริมาณต่างกันดังนี้ คือ

แป้งข้าวเจ้าทดแทนได้สูงกว่าแป้งชนิดอื่นๆ คือ 65% แป้งข้าวเหนียวทดแทนได้รองลงมา คือ 60% สำหรับแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนสามารถทดแทนได้เท่ากัน คือ เพียง 50% ต่ำกว่าแป้ง 2 ชนิดแรก โดยตัดสินจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี เนื้อสัมผัส ลักษณะทั่วไป แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตร่วมด้วย พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน และแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีนทดแทนได้ในสัดส่วน 45%, 40%, 35% และ 40% ตามลำดับ โดยจะทำให้รวมตัวเกิดโดได้ดี เช่นเดียวกับการใช้แป้งสาลีล้วน

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ บะหมี่แป้งผสม พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน จะมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าบะหมี่สูตรควบคุม และการใช้แป้งข้าวเจ้า หรือแป้งข้าวเหนียว คือ ปริมาณโปรตีนลดต่ำลงมากจนเห็นชัด แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ตัวแป้งได้มีการสกัดโปรตีนออกไปเหลือปริมาณโปรตีนเพียง 0.5% เท่านั้น และเมื่อนำบะหมี่ที่ผลิตได้มาทดสอบการพองตัวพบว่า บะหมี่แป้งผสมทั้ง 4 ชนิดจะพองตัวรวดเร็วกว่าบะหมี่จากแป้งสาลีล้วนเล็กน้อย

4. ในด้านต้นทุนการผลิตพบว่า การใช้แป้งภายในประเทศทั้ง 4 ชนิด ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบะหมี่ ช่วยลดต้นทุนการผลิตได้มากน้อยต่างกัน คือ การใช้แป้งข้าวเจ้า และข้าวเหนียวจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้มากกว่าแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีนเกือบ 1 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวสกัดโปรตีนมีราคาแพงกว่า เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนการแยกโปรตีนออกอีกด้วย

### ข้อเสนอแนะ

1. การใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลี สามารถใช้ได้ ในปริมาณจำกัดค่าหนึ่งๆ เท่านั้น ไม่สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ทั้งหมด เนื่องจากการเกิดกลูเตน เป็นลักษณะเฉพาะของแป้งสาลีเท่านั้น ถึงแม้แป้งข้าวเจ้าใช้ทดแทนได้สูงถึง 65% แต่ก็ทำให้ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนี้จากการที่การทดลองนี้เลือกใช้แป้งสาลีโปรตีนสูงในการผลิตขนม ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีการใช้แป้งภายในประเทศทดแทนได้ในปริมาณที่สูงขึ้นอีกด้วย จึงอาจมีการศึกษาเปรียบเทียบการทดแทนในแป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ปานกลาง และสูง
2. ผลติจากการใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมอีกประการ คือ สีของขนมที่ได้จากการใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และข้าวเหนียวสกัดโปรตีน จะมีสีสวยกว่าขนมจากแป้งสาลีล้วน โดยเฉพาะขนมในการทดลองซึ่งใช้แป้งขนมปังที่มีโปรตีนสูงในการผลิต ทำให้แป้งมีสีคล้ำ การใช้แป้งภายในประเทศที่มีความขาว ทำให้ขนมที่ได้มีสีสวย เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า ขนมที่ได้จึงไม่จำเป็นต้องปรุงแต่งสีใช้เพียงสีเหลืองธรรมชาติจากไข่ ก็น่าจะเพียงพอ
3. อาจมีการศึกษาทดแทนการใช้แป้งสาลี โดยแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวในการผลิตขนมที่สำเร็จรูป โดยพิจารณา ลักษณะการคืนตัวภายหลัง อายุการเก็บรักษา (การทดลองที่ผ่านมา เป็นการศึกษาขนมสด เก็บรักษาเพียง 1-2 วัน)
4. การเพิ่มคุณค่าทางอาหารในขนม โดยการเติมองค์ประกอบอื่นที่มีประโยชน์ เช่น การใช้โปรตีนจากถั่ว การเติมผักทองผง เป็นต้น

### เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ ไนวิกุล.2525. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. น.23-32.

ชาญชัย คุณตะธรรมะกุล และคณะ.2525. การใช้แป้งที่ผลิตภายในประเทศแทนบางส่วน ของแป้งสาลีในการทำเส้นขนมปัง. วารสารเคมีวิศวกรรมเทคโนโลยีทางอาหารและ เชื้อเพลิง. 4(1):37-47.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528. ขนมปัง. วารสารอาหาร. 15(1): 1-11.

นิรนาม. 2521. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; กรุงเทพฯ. น.134.

ธัญญา ทรงมณีโรจน์. 2531. การทดแทนส่วนผสมบางชนิดเพื่อลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ เค้กกล้วยหอม. ปัญหาพิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาด กระบัง; กรุงเทพฯ. 50 น.

ปิ่นทิพย์ ประไพวงษ์. 2530. การใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นสารให้ความข้นเหนียวในอาหารเด็ก อ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; กรุงเทพฯ. น.17-21.

ประชิด ศรีสวัสดิ์.2529. ผลิตภัณฑ์ขนมอบจากแป้งเผือก. ปัญหาพิเศษ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง; กรุงเทพฯ. 45 น.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2519. ทฤษฎีอาหารเล่ม 1. น.152-159.

Amos, A. J., Kent-Jones, D.W. 1967. Modern Cereal Chemistry. London; Food Trade Press Ltd, ed V, pp.13, 139-141.

Birch, G. G. 1985. Analysis of Food Carbohydrate. New York; Elsevier Science Publishing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hanson, H. L., Fletch, L. R., Campbell, A. A. 1957. The Time-Temperature Tolerance of Frozen Foods as Influenced by Composition and Storage Conditions. Food Technology. 11(6): 339-343.

Kent, N.L.1975. Technology of Cereals. ed II. Oxford; Pergamon Press.

Matz, Samuel A. 1970. Cereal Technology. Connecticut; AVI Publishing Company. pp.301-314.

Paschall, Engene F., Whistler, Roy L.1965. Starch : Chemistry and Technology. New York; Academic Press Inc. p.45.

Radley, J.A. 1954. Starch and Derivatives. Vol II. New York. pp.23-29, 318-328.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.



ภาพที่ 1 เครื่องรีดและตัดเส้นบะหมี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

กรรมวิธีในการทำเส้นบะหมี่

1. อัตราส่วนผสม

แป้งสาลีหรือแป้งผสม	66.67%
ไข่ไก่	15.33%
น้ำ	13.33%
เกลือ	2.0%
ด่าง (โซเดียมคาร์บอเนต)	2.0%
สีเหลืองไข่	2-3 หยด

2. การเตรียมก้อนแป้ง

- 2.1 เทแป้งสาลีที่ร่อนแล้ว ลงในอ่างผสมขนาดพอเหมาะ ทำแบ่งให้เป็นบ่อตรงกลาง
- 2.2 ละลายเกลือ ด่างและสีเหลืองในน้ำ เติมไข่ลงไปคนให้เข้ากันดี
- 2.3 เทส่วนผสมในข้อ 2.2 ลงในแบ่งที่เตรียมไว้ นวดให้เข้ากันด้วยมือหรือเครื่องนวดแป้ง ใช้ความเร็วต่ำ นานประมาณ 7-8 นาที จนกระทั่งได้ก้อนแป้งที่เนียนและเป็นเนื้อเดียวกัน
- 2.4 นึกไว้ 20 นาที (เพื่อให้โปรตีนคลายตัว ช่วยให้รีดและตัดเป็นเส้นได้ดี) โดยใช้ผ้าชื้นหรือแผ่นพลาสติกคลุมให้มิด เพื่อช่วยไม่ให้ก้อนแป้งแห้ง

3. การรีดให้เป็นแผ่นและตัดให้เป็นเส้น

- 3.1 แบ่งก้อนแป้งออกเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กัน กดแต่ละส่วนให้แบนลง
- 3.2 นำส่วนหนึ่งมารีด โดยปรับระยะลูกกลิ้งทั้งสองให้ห่างกันมากที่สุด เมื่อได้แผ่นแป้งแล้วจึงรีดให้บางลงอีก ด้วยการปรับระยะลูกกลิ้งให้แคบลง แล้วรีดแป้งผ่านอีกครั้ง ทำเช่นนี้จนได้แผ่นบางตามต้องการคือ ประมาณ 3 เท่าของแผ่นกระดาษ หรือประมาณ 1/10 เซนติเมตร
- 3.3 วางแผ่นแป้งลงบนโต๊ะที่สะอาด โรยนวลแป้งทั้งสองด้าน
- 3.4 นำเข้าเครื่องตัด แป้งจะถูกตัดเป็นเส้น ๆ ใช้มือจับเส้นบะหมี่ที่ได้ให้เป็นกลุ่ม วางบนถาด คลุมด้วยผ้าสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนหมดแบ่ง จะได้กะหมี่ 4 กลุ่ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมส่วนผสม



ตัดเป็นเส้นบะหมี่

## ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตบะหมี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก ง.

## การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## 1. การวิเคราะห์ความแตกต่างรวมของชุดข้อมูลโดยใช้ F-Test

ตัวอย่างการวิเคราะห์ นำข้อมูลจากตารางที่ 1 ผลการประเมินการยอมรับทั่วไปมาวิเคราะห์

## ตารางผนวกที่ 2 ผลการประเมินการยอมรับทั่วไป

No. ตัวอย่าง	379	952	246	831	128	813
ผู้ทดสอบคนที่						
1	3	3	3	3	6	6
2	4	1	4	2	2	7
3	1	1	3	3	4	5
4	3	4	6	4	5	8
5	2	1	2	1	3	3
6	5	6	6	3	6	8
7	1	4	6	4	5	8
8	3	3	4	3	3	6
9	2	1	2	1	3	4
10	1	2	4	3	3	6
Total	21	26	40	27	40	61
Sample Mean	2.1	2.6	4.0	2.7	4.0	6.1

## 1.1 คำนวณหา Correction Factor (C.F.) จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 C.F. &= (Total)^2 / N \\
 Total &= \text{ผลรวมของทั้งหมดทุก Treatment และผู้ชิมทั้งหมด} \\
 N &= \text{ผลรวมของจำนวนข้อมูลทั้งหมด} \\
 \\ 
 C.F. &= (215)^2 / 60 \\
 &= 770
 \end{aligned}$$

1.2 คำนวณค่า Total Some of Square (SS)

$$\begin{aligned}
 SS &= \text{Sum(Total for Each Sample / Number of} \\
 &\quad \text{Judgement for Each Sample) -- C.F.} \\
 &= (21/10)^2 + (26/10)^2 + (40/10)^2 + \\
 &\quad (27/10)^2 + (40/10)^2 + (61/10)^2 \\
 &\quad - 770 \\
 &= 107
 \end{aligned}$$

1.3 คำนวณค่า Some of Square , Panelists (SP)

$$\begin{aligned}
 SP &= \text{Sum(Total For Each Panelist / Num} \\
 &\quad \text{ber of Judgement by Each Panelist)} \\
 &\quad - C.F. \\
 &= (24/6)^2 + (16/6)^2 + \dots + (19/6)^2 \\
 &\quad - 770 \\
 &= 83
 \end{aligned}$$

1.4 คำนวณค่า Total Some of Square

$$\begin{aligned}
 TS &= \text{Some of Square of Each Judgement} \\
 &\quad - C.F.
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= (3^2 + 0^2 + 1^2 + \dots + 62) - 770$$

$$= 229$$

หรือ  $TS = SS + SP + SS_{error}$

ตารางผนวกที่ 3 ANOVA Table

SOV	Df	SS	MS	$F_{cal}$	$F_{table 0.05}$
Sample	5	107	21.4	24.43	2.61
Panelist	9	83	9.22	24.6	1.98
Error	45	39	0.88		
Total	59	229			

Df (Degree of freedom)

- Df ของตัวอย่าง หรือ Treatment คือ จำนวน Treatment - 1  
 $Df_{treatment} = 6 - 1 = 5$
- Df ของ Panelist คือ จำนวนผู้ชิม - 1  
 $Df_{panelist} = 10 - 1 = 9$
- Df ของทั้งหมด คือ จำนวนการตัดสินทั้งหมด - 1  
 $Df_{total} = 60 - 1 = 59$
- Df ของ Error คือ  $Df_{total} - Df_{treatment} - Df_{panelist}$   
 $Df_{error} = 59 - 5 - 9 = 45$   
 เช่นเดียวกับ  $SS_{error} = TS - SP - SS$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MS (Mean Square)

MS ของ Variable แต่ละตัว หาได้จาก ผลหารระหว่าง Sum Square แต่ละตัวกับ Df ของตัวนั้น

$$\begin{aligned} MS_{\text{treatment}} &= SS / Df_{\text{treatment}} \\ &= 107 / 5 \\ &= 21.4 \end{aligned}$$

$F_{\text{cal}}$  ค่า  $F_{\text{cal}}$  ของ Treatment หาได้จากผลหาร  $MS_{\text{treatment}}$  กับ  $MS_{\text{error}}$

$$\begin{aligned} F_{\text{cal}} &= 21.4 / 0.88 \\ &= 24.43 \end{aligned}$$

$F_{\text{table}}$  จากตารางสถิติของ  $Df_{\text{treatment}}$  กับ  $Df_{\text{error}}$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การสรุปผล ถ้า  $F_{\text{cal}} < F_{\text{table}}$  ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างข้อมูลแต่ละชุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือระดับนัยสำคัญ 5 %

แต่ถ้า  $F_{\text{cal}} > F_{\text{table}}$  มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างข้อมูลแต่ละชุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ไม่ทราบว่าแต่ละ Treatment ต่างกันอย่างไร ต้องมาหาความแตกต่างภายในชุดข้อมูลโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ต่อไป

ดังตัวอย่าง  $24.43 > 2.61$  แสดงว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในชุดข้อมูล

2. การวิเคราะห์ความแตกต่างภายในชุดข้อมูลโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

No. of Sample	563	926	751	912	849	734
Sample Mean	6.2	6.73	6.07	6.73	7.13	6.33
Sample Score	93	101	91	101	107	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากสูงไปต่ำ

7.13 6.73 6.73 6.33 6.20 6.07

2.2 การคำนวณหา Standard Error of the Sample Mean

$$S_x = (MS_{error} / \text{Number of Judgement for Each Sample})^{0.5}$$

$$= (1.74 / 6)^{0.5}$$

$$= 0.54$$

2.3 เปิดค่า rp จากตาราง Significant Studentized Range (SSR) ซึ่งจะต้องทราบ

2.3.1 ค่า Range (P) คือช่วงระหว่างคู่ที่เปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยที่เรียงจากสูงไปต่ำ

P = 2 , 3 , 4 , 5 , 6

2.3.2  $Df_{error}$  คือค่า Degree of Freedom of Error ในตารางซึ่งเท่ากับ 6

2.3.3 Error Propability ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เท่ากับ

P	2	3	4	5	6
$rp_{0.05}$	2.815	2.955	3.090	3.155	3.210

2.4 คำนวณ LSR (Least Significant Range) หรือค่า RP

$$RP = rp_{0.05} * S_x$$

P	2	3	4	5	6
RP	1.5201	1.5957	1.6686	1.7037	1.7334

2.5 การเปรียบเทียบ ให้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับค่า RP ในช่วงเดียวกันดังนี้

ตัวอย่าง

P = 2

7.13 - 1.7334 = 5.3966 < 6.73 Non-Significant

7.13 - 1.7037 = 5.4263 < 6.73 Non-Significant

7.13 - 1.6686 = 5.4614 < 6.33 Non-Significant

7.13 - 1.5957 = 5.5343 < 6.20 Non-Significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$7.13 - 1.5201 = 5.6099 < 6.07 \text{ Non-Significant}$$

ทำการเปรียบเทียบเช่นเดียวกันที่ P ค่าอื่น แล้วสรุปผลดังตัวอย่าง

6.73<sub>u</sub>    6.73<sub>u</sub>    6.33<sub>u</sub>    6.20<sub>u</sub>    6.07<sub>u</sub>

แสดงว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตัวอย่างทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำ

คัญทางสถิติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่

โดยการทำให้ Proximate Analysis

1. ปริมาณความชื้น (Moisture Content) โดยวิธี Air oven Method

(A.O.A.C. 1984 - 14.004)

- 1.1 อบ Aluminium can พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
- 1.2 นำใส่ desicator ทิ้งให้เย็น 30 นาที
- 1.3 ชั่งน้ำหนัก Aluminium can พร้อมฝา
- 1.4 ชั่งตัวอย่างใส่ใน Aluminium can ประมาณ 3-5 กรัม ให้ทราบ น้ำหนักที่แน่นอน
- 1.5 นำไปอบในตู้อบ 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน Desicator ชั่งน้ำหนัก จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ลดลงไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม)

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{[(\text{น้ำหนัก Aluminium Can} + \text{ตัวอย่างแห้ง}) - \text{น้ำหนัก Aluminium Can}] * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

2. ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C. 1984 - 2.057)

สารเคมีที่ต้องเตรียม

1. กรดซัลฟูริก (Conc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98-98 % Reagent Grade)

2. กรดบอริก (Boric acid 2% )

ละลายผงสีชาขาวกรดบอริก 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือด และปล่อยให้เย็นจำนวน 500 มิลลิลิตร เกลงเก็บในขวดแก้วที่มีจุกเป็นแก้ว

3. กรดไฮโดรคลอริก 0.01 N.

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30%

ละลายเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัม ในน้ำกลั่น 350 มิลลิลิตร

5. คตะลิสต์ผสม (Mixed Catalyst) ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซีลีเนียมไดออกไซด์ ( $\text{SeO}_2$ )
- โพแทสเซียมซัลเฟต ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
- คอปเปอร์ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

ซึ่งซีลีเนียมไดออกไซด์ 2.5 กรัม โพแทสเซียมซัลเฟต 100 กรัม และ คอปเปอร์ซัลเฟต 20 กรัม ผสมให้เข้ากันอย่างดี

#### 6. Mixed indicator

6.1 เตรียม 0.1% Bromocresol green (ใน 95% แอลกอฮอล์) และ 0.1% Methyl red (ใน 95% แอลกอฮอล์)

6.2 ผสม 10 มิลลิลิตร Bromocresol green กับ 2 มิลลิลิตร Methyl red ในขวดหยด สารละลายดังกล่าว 4 หยด มีปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร

#### วิธีการ

- 2.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 1 กรัม (ถ้าเป็นอาหารที่มีโปรตีนต่ำ เช่น ผลไม้ ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ผัก 3 กรัม เป็นต้น) ใส่ลงในขวด Kjeldahy flask ขนาด 250 มิลลิลิตร อย่าให้ตัวอย่างเกาะตามคอขวด
- 2.2 เติมคะตะลิสต์ 2 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และ boiling chips
- 2.3 นำ Kjeldahy flask ไปตั้งบนชุดเครื่องย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดไอน้ำ กรดที่ดี ใช้เครื่องย่อยโปรตีน BUCHI 425 ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายสีฟ้าใส
- 2.4 ปลอຍให้สารละลายสีฟ้าอ่อนเย็น และหมุดควันของไอกรด
- 2.5 ตูดสารละลาย 2% Boric acid 50 ml ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่แห้งสะอาด หยด Mixed indicator 4 หยด เขย่าสารละลายก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่น ให้ปลายคอนเดนเซอร์จุ่มในตัวสารละลาย นำ Kjeldahy flask ที่ได้จากข้อ 2.4 ตั้งบนชุดเครื่องกลั่นโปรตีน BUCHI 321 เปิดเครื่องเติมน้ำกลั่นลงไป จนปริมาตรสารละลายได้ถึง 100 ml เติม 30% NaOH ลงไปทำปฏิกิริยา จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีดำ กลั่นโปรตีนเป็นเวลานาน 3 นาที
- 2.6 ปลอຍให้เย็น นำสารละลายที่ได้ใน Erlenmeyer flask มาไตเตรท กับ 0.01 N. HCl จนสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นไม่มีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 ทำการทดลองกับ blank เหมือนกับตัวอย่างทุกประการ

### การคำนวณ

$$\% \text{ โปรตีน (Crude Protein)} = \frac{6.25 \times 1.4 \times \text{Normality} \times (\text{ปริมาณกรดที่ใช้กับตัวอย่าง} - \text{ปริมาณกรดที่ใช้กับ Blank})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

### 3. ปริมาณไขมัน (Soxhlet Method) (A.O.A.C. 1984-7.062)

3.1 ชั่งตัวอย่างแบ่งที่แห้งประมาณ 2.5 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองแล้วนำไปในใส่ใน Thimble ใน Extraction Tube ของ Soxhlet Apparatus

3.2 ใส่ตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เอทเซน, อีเธอร์ หรือปิโตรเลียมอีเธอร์ ประมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมที่แห้ง และที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3.3 นำไป Reflux บน Heating Muffle ใช้อุณหภูมิปานกลาง โดยให้อัตราการกลั่นตัวของปิโตรเลียมอีเธอร์ 2-3 หยดต่อนาที ใช้เวลาในการ Reflux ประมาณ 16 ชั่วโมง

3.4 ระบายเอาตัวทำละลายออกจากขวดก้นกลมที่สกัดไขมัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.5 ทำให้เย็นใน Desicator

3.6 ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลม

### การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน (Crude Fat)} = \frac{[(\text{น้ำหนักของขวดก้นกลม+น้ำมัน}) - \text{น้ำหนักขวดก้นกลม}] \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

### 4. ปริมาณเถ้า (Ash) โดยวิธี Direct method (A.O.A.C. 1984 - 14.006)

4.1 เเผครุซีเบิล (Crucible) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.2 ซึ่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ให้ทรานน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในครุชีเบิล แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
- 4.3 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว มีน้ำหนักคงที่
- 4.4 นำมาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์
- 4.5 ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือในครุชีเบิล

#### การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้า (Crude Ash) } = \left[ \frac{(\text{น้ำหนักครุชีเบิล} + \text{เถ้า}) - \text{น้ำหนักครุชีเบิล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \right]$$

#### 5. ปริมาณเส้นใย (Crude fibre) (A.O.A.C. 1984 - 7.065)

##### การเตรียมสารเคมี

1. 0.255 N. กรดซัลฟูริก (หรือกรดกำมะถัน 1.25 กรัม จนได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร)

เตรียมได้โดยใช้กรดกำมะถันเข้มข้นที่มีความบริสุทธิ์ 98.1% (ถน. 1.84) จำนวน 6.93 มิลลิลิตร มาเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร หากความบริสุทธิ์ของกรด เป็น 96% ใช้กรดจำนวน 7.09 มิลลิลิตร เจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. 0.313 N. โซเดียมไฮดรอกไซด์

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม จนได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร โดยใช้ น้ำกลั่นปราศจากโซเดียมคาร์บอเนต

3. แอลกอฮอล์ 95%

##### วิธีการ

- 5.1 ซึ่งตัวอย่างแห้งที่สกัดไขมันออกแล้ว (ยกเว้นกรณี ไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1) ปริมาณ 2 กรัม ที่ทรานน้ำหนักแน่นอน ใส่ลงใน Digestion Flask เติมน้ำ Boiling Chips 2-3 ชิ้น ก่อนเสียบคอนเดนเซอร์
- 5.2 เติมน้ำ 0.255 N. กรดซัลฟูริก 150 มิลลิลิตร
- 5.3 ต้มให้เดือด 30 นาที ต่อเนื่องกัน บนเครื่องย่อย พยายามเขย่าขวด เพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะผนังของขวด
- 5.4 กรองตะกอนด้วยผ้ากรองบน Buchner Funnel โดยอาศัย Suction Pump
- 5.5 ล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
- 5.6 นำกากที่กรองได้ใส่ลงใน Digestion flask เติมน้ำละลายโซเดียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮดรอกไซด์ ที่ผ่านการต้มเดือด 150 มิลลิลิตร

5.7 ต้มให้เดือดนาน 30 นาที ต่อเนื่องกัน

5.8 กรองผ่านแอสเบสตอล(Asbestos) ใน Gooch Crucible

5.9 ล้างด้วยกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 1.25% 25 มิลลิลิตร ล้างตามด้วย น้ำกลั่นที่เดือดจำนวน 50 มิลลิลิตร และแอลกอฮอล์ 95% 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5.10 นำครุชีเบิลไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นใน Desicator และชั่งน้ำหนัก (X)

5.11 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 ± 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นใน Desicator แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (Y)

การคำนวณ

$$\% \text{ เส้นใย (น้ำหนักแห้ง)} = \frac{(X-Y) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

น้ำหนักตัวอย่าง

X = น้ำหนักตัวอย่างใน Crucible ก่อนเผา

Y = น้ำหนักตัวอย่างใน Crucible หลังเผา

6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

การคำนวณ

$$\% \text{ คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\text{ปริมาณความชื้น} + \text{ปริมาณโปรตีน} + \text{ปริมาณไขมัน} + \text{ปริมาณเถ้า} + \text{ปริมาณเส้นใย})$$

ภาคผนวก จ.

การคำนวณต้นทุนการผลิต

โดยคำนวณจากราคาแบ่งที่ใช้ 1 กิโลกรัม (แบ่ง 1 กิโลกรัมผลิตบะหมี่ได้ 1.8 กิโลกรัม)

ตัวอย่าง สัดส่วนใช้แป้งข้าวเจ้า 45% ผสมกับแป้งขนมปัง 55%

แป้งข้าวเจ้าราคา กิโลกรัมละ 9.00 บาท

แป้งขนมปังราคา กิโลกรัมละ 18.50 บาท

เพราะฉะนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{ราคาแบ่งที่ใช้ทำบะหมี่ (ต้นทุนการผลิต)} &= (45/100 \times 9) + (55/100 \times 18.50) \\ &= 14.25 \text{ บาท} \end{aligned}$$