

การผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต

PRODUCTION OF RICE FLOUR NOODLES ADDING OAT FIBER



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

การผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต

PRODUCTION OF RICE FLOUR NOODLES ADDING OAT FIBER



T148885



เลขหมู่ 148885  
เลขทะเบียน  
วันเดือนปี 30 11 2560

b. 4257677X  
l.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559



## ใบรองรับปัญหาพิเศษ

การผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต

PRODUCTION OF RICE FLOUR NOODLES ADDING OAT FIBER

จัดทำโดย

นางสาวกนกวรรณ เขื่อนคำ รหัสนักศึกษา 55080002

นางสาวเจนจิรา ไชยเดช รหัสนักศึกษา 55080011

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก



6 / ส.ย. / 59.

(อ. จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต
คณะผู้ดำเนินการวิจัย	กนกวรรณ เชื้อนคำ รหัสนักศึกษา 55080002 เจนจิรา ไชยเดช รหัสนักศึกษา 55080011
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์

### บทคัดย่อ

การผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตมีการศึกษา 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นแรกศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่สัดส่วนร้อยละ 30:70 (โดยมวล) ตามลำดับ ร่วมกับการใช้แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังดัดแปรเป็นส่วนผสมในสัดส่วนร้อยละ 7:21, 14:14 และ 21: 7 โดยน้ำหนัก ต่อมาทำการศึกษาปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose : CMC) ที่ 3 ระดับ คือร้อยละ 1.0 , 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก และศึกษาปริมาณข้าวโอ๊ตที่เสริมในบะหมี่ 3 ระดับ คือร้อยละ 20.0, 30.0 และ 40.0 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด วิเคราะห์คุณภาพของเส้นบะหมี่ที่ได้จากการศึกษาทั้ง 3 ขั้นตอนโดยวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส สี ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก การพองตัว และค่าความชุ่ม ด้วยวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดและแบบเปรียบเทียบความแตกต่าง และการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ที่ใช้ CMC ด้วยวิธีจัดอันดับและของเส้นบะหมี่ที่เสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตโดยการให้คะแนนความชอบ ผลพบว่าสูตรเส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในสัดส่วนร้อยละ 21 : 7 โดยน้ำหนัก มีความเหมาะสมที่สุด ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับร้อยละ 1.5 และปริมาณข้าวโอ๊ตเสริมในเส้นบะหมี่ที่ร้อยละ 40.0 ช่วยปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพด้านกายภาพ คือ การอุ่มน้ำและการพองตัวมาก แต่ร้อยละการสูญเสียน้อย ทำให้เส้นบะหมี่ที่ได้มีความเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น คงรูปได้ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นจากเดิม 9.8 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 7.66 เมื่อคำนวณเทียบกับเส้นบะหมี่ที่ไม่ได้เสริมใยอาหาร

คำสำคัญ : บะหมี่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว ข้าวโอ๊ต เบต้ากลูแคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title            Production of rice flour noodles adding fiber from oat

Student name                    KANOKWAN KHUEANKAM    Student ID    55080002  
     JENJIRA CHAIYADECH        Student ID    55080011

Program                            Bachelor of Science in Food Science and Technology

Year                                2016

Advisor                            Ms. JIRAPORN SIRISON

### ABSTRACT

Study on production of rice flour noodles adding fiber from oat was conducted in 3 steps. The noodle was basically made from the mixture of rice flour and brown glutinous rice flour at 30:70. Firstly, an appropriate ratio of native and modified tapioca starch was studied. The mixture of native and modified tapioca starch was used at 7:21, 14:14 and 21: 7 by wt, respectively. Next, an appropriate amount of carboxymethyl cellulose (CMC) for improvement of noodle texture was determined. The CMC was added in the noodle dough at 1.0, 1.5, and 2.0 % by weight. Finally, quantities of oats fiber to add into the noodle were studied at 20.0, 30.0 and 40.0% by weight. Qualities of noodle obtained from each step of the studies were analyzed in texture, color, cooking loss, water absorption, swelling index and turbidity. All results were designed by completely randomized design (CRD ) Sensory acceptances were evaluated by ranking test to select the appropriate amount of CMC and 9-point hedonic scale to evaluate consumer acceptances of the noodle adding with oat fiber. The results showed that the ratio of native and modified tapioca starch at 21 : 7 % by wt. was appropriate for the gluten free noodle. Water absorption, swelling index of the noodle were increased by addition of 1.5% CMC by wt, whereas cooking loss decreased. Additionally, the noodle added with 1.5% CMC was accepted by panelists. Addition of 40.0% oat fiber was accepted by panelists. Textures of noodle added with fiber was more stickiness, elasticity and firmness that those of noodle without fiber. Total dietary fiber of the noodle added with fiber was increased 9.8 grams or 7.66% (by calculation) compared to the noodle without fiber.

Keywords: Rice flour, Brown glutinous flour, Carboxymethyl cellulose, Oat fiber,  $\beta$ -glucan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตฉบับนี้ที่สำเร็จไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ได้ให้ความช่วยเหลือรวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จึงทำให้รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษตลอดจนวัสดุเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินงานปัญหาพิเศษและที่ขาดไม่ได้คือ อาจารย์ กลุ่มเพื่อนๆ พี่น้องคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และคอยให้กำลังใจ

ขอขอบพระคุณคุณแม่และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจที่ดีพร้อมทั้งให้การสนับสนุนทุนทรัพย์และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือ คำปรึกษา ความห่วงใยและกำลังใจที่ทุกท่านมีให้แก่ข้าพเจ้าตลอด สุดท้ายนี้ขอให้คุณความดีจากการที่ข้าพเจ้ามีความ ตั้งใจและทุ่มเทความพยายามอย่างเต็มที่ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ส่งผลตอบแทนแก่ผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าและข้าพเจ้าหวังว่าหัวข้อปัญหาพิเศษที่ข้าพเจ้าได้ศึกษามานี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ ถ้าหากรายงาน ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดก็ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กนกวรรณ เชื้อนคำ  
เจนจิรา ไชยเดช  
30 พฤษภาคม 2559

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	53
ภาคผนวก ค	75
ประวัติผู้เขียน	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 The Concise Thai Food Composition Tables (composition per 100 g edible portion) of Rice, brown, glutinous raw	9
2.2 ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน	11
2.3 สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินของธัญพืชต่างๆ	12
2.4 Nutrition Facts of Oats flour (Nutrient values and weights are for edible portion)	19
2.5 หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร	27
3.1 การผลิตเส้นเส้นบะหมี่พื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียว	30
3.2 สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca Starch) ระดับต่างๆ	32
3.3 สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) ที่ดีที่สุด	33
3.4 สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียวใส่ข้าวโอ๊ตที่ระดับต่างๆ	34
4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่ที่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ใส่แป้งมันสำปะหลังต่างกัน	38
4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) 1.5%	40
4.3.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียวที่มีปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่างกัน	42
4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกัน	44
4.4.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวก้อนข้าวเหนียวที่มีปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกัน	46
4.5.1 ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวที่เสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต 40%	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กรรมวิธีการผลิตและชนิดของบะหมี่	6
2.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว	7
2.3 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว	8
2.4 โครงสร้างของอะไมโลส (ข้าว) และอะไมโลเพกติน (ข้าว)	10
2.5 ลักษณะโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (semi-crystalline structure) ของเม็ดแป้ง	11
2.6 การพองตัวของเม็ดแป้ง	13
2.7 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน	15
2.8 การคินตัวของแป้ง	16
2.9 เบต้ากลูแคน (Beta-glucan)	21
2.10 แซนแทนกัม (xanthan gum)	24
2.11 โครงสร้างโมเลกุลของ sodium carboxymethyl cellulose	25
3.1 วิธีทำเส้นบะหมี่	30
4.1.1 ลักษณะของโต, เส้นสดและเส้นต้มของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียว สูตรพื้นฐาน	36
4.2.2 ลักษณะของโต เส้นสดและเส้นต้มของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวสูตร พื้นฐานที่ใส่แป้งมันสำปะหลังสูตรที่ 1	37
4.2.3 ลักษณะของโต เส้นสดและเส้นต้มของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวสูตร พื้นฐานที่ใส่แป้งมันสำปะหลังสูตรที่ 2	37
4.2.4 ลักษณะของโต เส้นสดและเส้นต้มของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวสูตร พื้นฐานที่ใส่แป้งมันสำปะหลังสูตรที่ 3	37
4.3.1 ลักษณะเส้นต้ม (Cooked noodle) ของสูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ แซนแทนกัม (Xanthan Gum) ระดับต่างๆ	41
4.3.2 ลักษณะเส้นต้ม (Cooked noodle) ของสูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose : CMC) ระดับต่างๆ	41
4.4.1 ลักษณะของเส้นต้ม (Cooked noodle) ของสูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ตที่ระดับ ต่างๆ	45

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาพิเศษ

บะหมี่ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นที่ชาวจีนคิดค้นขึ้น มีส่วนประกอบของแป้งสาลีและน้ำเป็นส่วนประกอบเป็นส่วนใหญ่ อาจมีไข่ เกลือ และสารละลายต่างหรือสีผสมอาหาร ขึ้นอยู่กับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการและสูตรของผู้ผลิต คุณภาพของเส้นบะหมี่ที่ได้เช่น เนื้อสัมผัส การคืนตัวของเส้นบะหมี่แห้ง ร้อยละของผลผลิตที่ได้ (yield) และร้อยละของเส้นบะหมี่ที่ขาด เป็นต้น ซึ่งคุณภาพของเส้นบะหมี่จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแป้งสาลีที่นำมาใช้ การเปลี่ยนแปลงของแป้งและโปรตีนกลูเตนที่มีอยู่ในแป้งสาลีเมื่อนวดรวมกับน้ำและส่วนผสมอื่นๆ รวมทั้งเทคนิควิธีการผลิตต่างๆ

ในประเทศไทยมีการผลิตและบริโภคบะหมี่ในหลากหลายรูปแบบ มีผู้ผลิตรายย่อย ผู้ผลิตขนาดกลาง และผู้ผลิตขนาดใหญ่ผลิตเส้นบะหมี่สดขายตามร้านค้าตลาดสดทั่วไปให้ผู้บริโภคสำหรับปรุงเป็นอาหารรับประทานที่บ้าน และขายแบบส่งให้กับผู้ประกอบการรายย่อยที่นำเส้นบะหมี่ไปปรุงเป็นอาหาร เช่น บะหมี่น้ำ บะหมี่แห้ง เป็นต้น จำหน่ายให้ผู้บริโภคต่อไป นอกจากนี้กระแสนิยมการบริโภคอาหารต่างชาติเช่น อาหารเกาหลี และอาหารญี่ปุ่น มีส่วนช่วยส่งเสริมให้ผู้บริโภคนิยมบริโภคบะหมี่มากขึ้น เช่น ราเมน และโซบะ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการผลิตบะหมี่ที่ต้องใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลักนั้นทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก

แป้งข้าวเจ้าผลิตได้จากข้าวในประเทศไทย แป้งข้าวมีขนาดของเม็ดแป้งเล็กและให้เจลที่อ่อนนุ่มได้ แป้งข้าวเป็นวัตถุดิบทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีหรือแป้งชนิดอื่นที่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีจัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่ไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ (Gluten free) (William Mccoy, 2015) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนแป้งสาลีนั้นจะมีเนื้อสัมผัสที่ด้อยกว่าการใช้แป้งสาลี แต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารโดยการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนการใช้แป้งสาลีจะเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตได้เองในประเทศไทย ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศได้ นอกจากนี้องค์ประกอบหลักทางเคมีของบะหมี่ทั่วไป จะประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก การเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่เป็นอาหารที่นิยมของผู้บริโภคจึงเป็นเรื่องน่าสนใจ ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานใยอาหารแต่ไม่ชอบรับประทานผักและผลไม้

ข้าวโอ๊ต (Oat) ได้มาจากการบดข้าวโอ๊ตให้ละเอียด การรับประทานข้าวโอ๊ตช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคได้ เช่น โรคหัวใจและความดันโลหิต เนื่องจากอุดมไปด้วยวิตามินบี ธาตุเหล็ก เมกนีเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ในข้าวโอ๊ตยังมี เบต้ากลูแคน (Beta-glucan) ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารที่สามารถละลายในน้ำได้ดี (Soojung Heo, et al., 2013) มีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอลในลำไส้เล็กและปล่อยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นของเสียออกจากร่างกาย นอกจากนี้เบต้ากลูแคนยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ที่มีส่วนช่วยในการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ทำงานได้เป็นปกติดี (Yuree Wandee, et al. , 2015) โดย ทั้งนี้องค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) ระบุว่า หากร่างกายได้รับเบต้ากลูแคนอย่างน้อย 3 กรัมต่อวัน อาจช่วยลดปัญหาคอเลสเตอรอลได้ (USFDA, 2015)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการผลิตเส้นบะหมี่สดจากแป้งข้าวเจ้าและเสริมเส้นใยอาหารจากข้าวโอ๊ต โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดที่ผลิตได้ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตเส้นบะหมี่สูตรพื้นฐานจากแป้งข้าว
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว
- 1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต
- 1.2.4 เพื่อศึกษาปริมาณข้าวโอ๊ตที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่ที่ทำจากแป้งข้าว

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว
- 1.3.2 ได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงไปของคุณภาพในการผลิตบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวผสมข้าวโอ๊ต
- 1.3.3 เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รับประทานใยอาหารจากผักผลไม้ได้น้อยหรือไม่ชอบรับประทานผักผลไม้ ให้มีโอกาสรับประทานอาหารที่มีใยอาหารเพิ่มขึ้น
- 1.3.4 เป็นการเพิ่มมูลค่าของบะหมี่แป้งข้าวเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บะหมี่

บะหมี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเส้นทำจากแป้งสาลีอย่างเดียว หรืออาจผสมกับแป้งชนิดอื่น โดยอาจผ่านกระบวนการที่ทำให้แห้งและสุกที่อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม เพื่อให้เก็บได้นานและสามารถรักษาคุณภาพ กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ไว้ได้

บะหมี่เริ่มทำครั้งแรกในประเทศจีนเมื่อประมาณ 1,200 ปีที่ผ่านมา จากนั้นก็แพร่หลายไปทั่วแถบภูมิภาคเอเชีย ทำให้บะหมี่เกิดขึ้นมากมายหลายรูปแบบ เช่น ในประเทศญี่ปุ่นได้ดัดแปลงบะหมี่จากจีนกลายเป็นบะหมี่ญี่ปุ่น หรือที่เรียกกันว่า อุด้ง (Udon) บะหมี่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ใช้เทคโนโลยีการแช่แข็งและบรรจุภัณฑ์ เพื่อพัฒนาและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคไม่หยุดยั้ง บะหมี่จึงเข้ามามีบทบาทเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมบริโภคทั่วโลก

2.1.1 ชนิดของบะหมี่ เกณฑ์ที่ใช้จำแนกชนิดของบะหมี่มีหลากหลาย เช่น ส่วนประกอบที่เติมกระบวนการผลิต รูปร่าง ความหนาของเส้น ปริมาณความชื้น เป็นต้น แต่โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทบะหมี่ ได้แก่ บะหมี่ที่ทำด้วยมือ (Dough stretching type) การขึ้นรูปแผ่นและการตัดเส้น (Dough sheeted & Cut type) และการเอ็กซ์ทรูชัน (Dough extrusion type) ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียดของชนิดบะหมี่ในเอเชีย ดังนี้

2.1.1.1 บะหมี่แบบจีน (Chinese noodle) ทำจากแป้งสาลี (แป้งที่มีโปรตีนประมาณ 10 – 12 %) เกลือ น้ำ และสารละลายของด่าง จำพวกโซเดียมคาร์บอเนต ที่เรียกว่า คานซูย (Kansui) แล้วนำมาผสมให้เกิดโด ขึ้นรูปเป็นแผ่น ตัดให้เป็นเส้น มีความหนาแตกต่างกันออกไป สามารถนำไปผ่านกระบวนการอื่นๆ เพื่อทำบะหมี่ที่มีความหลากหลายออกไป ลักษณะของบะหมี่จีน คือมี pH ในช่วง 9 – 11 มีสีเหลืองและเนื้อสัมผัสมีความแน่นเนื้อ (Firm) ยืดหยุ่น (Elastic) และผิวสัมผัสเรียบ (Smooth surface) (เส้นเหนียวนุ่ม) ส่วนบะหมี่แบบญี่ปุ่น ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนต่ำกว่าบะหมี่แบบจีน ไม่ใส่ส่วนผสมของด่าง จำพวกโซเดียมคาร์บอเนต เส้นบะหมี่จึงมีสีขาวอ่อนนุ่ม

2.1.1.2 บะหมี่สด / บะหมี่ไข่ (Wonton noodle) บะหมี่ชนิดนี้ไม่ผ่านการทำให้สุก มีร้อยละความชื้นอยู่ระหว่าง 30 – 35 และปกติเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิตู้เย็น มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 วัน หากมากกว่านี้จะเกิดราและสีคล้ำขึ้น บะหมี่ไข่ต้องมีสีเหลือง ในการทำบะหมี่ไข่โดยปกติจะพักโดก่อนการขึ้นแผ่น

2.1.1.3 บะหมี่เปียกหรือบะหมี่ฮกเกี้ยน (Hokkien noodle) บะหมี่ชนิดนี้จะทำให้สุกก่อนบางส่วน (Precook) โดยการลวกหรือต้มในน้ำเดือด ซึ่งบะหมี่ชนิดนี้มีความชื้นสูงมาประมาณ 50 % เมื่อบะหมี่ผ่านการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลวกจะถูกล้างเพื่อไม่ให้แป้งเหนียวติดกัน หรือบางครั้งอาจทำให้อุณหภูมิลดลงโดยการเป่าลมเย็น ซึ่งในขณะที่ทำให้เย็นอาจมีการพ่นน้ำมัน บะหมี่ชนิดนี้มีอายุการเก็บรักษาสั้นและมีสีเหลืองจากสารละลายต่าง บะหมี่ชนิดนี้พบในประเทศมาเลเซีย

2.1.1.4 บะหมี่แห้ง (Dried noodle) การนำบะหมี่สดมาทำให้แห้งด้วยการตากแดดอย่างช้าๆ หรือการนำเข้าสู่ตูอบควบคุมความร้อนให้ค่อยๆ สูงขึ้นอย่างเหมาะสม เพื่อให้เส้นบะหมี่ค่อยๆ สูงขึ้นอย่างเหมาะสม เพื่อให้เส้นบะหมี่ค่อยๆ แห้งลง จากความชื้น 35% ลดลงเหลือ 8 – 10 % เป็นการพัฒนากรรมวิธีให้บะหมี่สดสามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น บะหมี่ชนิดนี้จะมีลักษณะขาวขุ่น

2.1.1.5 บะหมี่แห้งสำเร็จรูป (Steam and dry noodle) กรรมวิธีการทำบะหมี่แห้งสำเร็จรูป ปรับปรุงจากการทำบะหมี่สดโดยนำมาผ่านไอน้ำให้สุกชั้นหนึ่งก่อนแล้วจึงนำมาจับรวมเป็นก้อนขนาดเหมาะสม ทำให้แห้งโดยวิธีการอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อแห้งดีแล้วจะมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10 -13 % ซึ่งสามารถเก็บได้เป็นปีเมื่อต้องการบริโภคก็นำมาต้มให้สุก

2.1.1.6 บะหมี่ทอดสำเร็จรูป (Instant fried noodle) เป็นวิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเก็บได้นานและนำมาบริโภคง่าย เพียงลวกน้ำร้อนเดือด 3 -5 นาที หรือต้มโดยใช้เวลาสั้นกว่าบะหมี่แห้งสำเร็จรูป ซึ่งเกิดจากการนำบะหมี่สดมาอบไอน้ำร้อน จับเส้นให้มีขนาดเหมาะสม นำไปทอดในน้ำมันให้สุก แล้วทิ้งไว้ให้เย็น ทำให้มีความชื้นเพียง 5 – 8 % จึงเก็บได้นาน จึงทำให้นิยมแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศแถบเอเชีย

2.1.2 กรรมวิธีการผลิตบะหมี่ บะหมี่ที่ผลิตตามแบบเอเชีย จะมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ

2.1.2.1 การผสม (Mixing) เป็นการนำเอาสารละลายต่างมาผสมเข้ากับแป้ง ปกติจะมีเวลาการผสม 5 – 10 นาที และอุณหภูมิหลังการผสมต้องเท่ากับอุณหภูมิห้อง วัตถุประสงค์ของการผสมคือ เป็นการกระจายน้ำและส่วนประกอบต่างๆ ให้เข้ากัน จนเกิดโดและพักอย่างน้อย 10 – 30 นาที เพื่อให้เกิดความสมดุลของน้ำในโด

2.1.2.2 การรีดให้เป็นแผ่นบาง (Sheeting) เป็นการขึ้นรูปก้อนโด เพื่อเป็นการปรับความหนา ความชื้น และให้เกิดโครงร่างกลูเตน (Gluten network) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ 2 ตัวแปรสำคัญ คือ อัตราเร็วในการไหลผ่านของแผ่นโดผ่านเครื่องรีด และร้อยละการลดขนาดของแผ่นโด

2.1.2.3 การตัดเส้น (Cutting) การตัดแผ่นโดออกเป็นเส้น กลม หรือแบน ทำให้ได้ชนิดของบะหมี่แตกต่างกันออกไปโดยบะหมี่ที่ได้เริ่มแรกนั้น จะเป็นบะหมี่สด (Fresh noodle) ต่อมาได้พัฒนาการผลิตเพิ่มขึ้น โดยถ้านำบะหมี่สดมาลวกน้ำร้อนก่อนจำหน่ายให้กับผู้บริโภค เรียกว่า บะหมี่เปียก (Wet noodle) หรือบะหมี่สุก ถ้านำบะหมี่สดมาทอด เรียกว่า บะหมี่ทอด (Fried noodle) เมื่อนำบะหมี่สดมาผ่านไอน้ำและทำให้แห้งจะได้บะหมี่แห้งสำเร็จรูป (Instant dry noodle) ถ้าวานไอน้ำแล้วนำมาทอด เรียกว่า บะหมี่ทอดสำเร็จรูป (Instant fried noodle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบะหมี่

### 2.2.1 แป้งข้าวเจ้า

2.2.1.1 แป้งข้าวเจ้า (rice flour) เป็นแป้ง (flour) ที่ผลิตจากการบดเมล็ดข้าว (rice) มีทั้งแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือ ข้าวหักหรือปลายข้าว แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ 2 ชนิดคือ อะไมโลส (Amylose) และ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นโซ่ยาวแต่อะไมโลสจะต่อกันเป็นสายโซ่ตรงไม่แตกแขนงเป็นกิ่งก้านเหมือนอะไมโลเพคติน ขนาดและน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสน้อยกว่าอะไมโลเพคติน (วิภา, 2541) ซึ่งในข้าวแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า ปริมาณอะไมโลส แตกต่างกัน ทำให้ข้าวสุกที่ได้มีคุณภาพต่างกันไป กล่าวคือ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ และได้ข้าวสุกที่มีลักษณะที่บวมไม่ลื่นมัน แข็ง และร่วน ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่า ข้าวสุกที่ได้เหนียวและนุ่มกว่า (งามชื่น, 2541) ซึ่งข้าวที่เหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์เส้นคือ ข้าวที่มีอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 27 เป็นข้าวเก่าเก็บไว้อย่างน้อย 4 เดือน (วิภา, 2541) และมียาคะเซตแบค (set back) สูงกว่า 300 บราเบนเดอร์ยูนิต (B.U.) (ณรงค์, 2538) เพราะหลังจากที่แป้งสุกตามกระบวนการผลิตและทำให้เย็นตัวลง แป้งสุกเกิดภาวะการคืนตัวและจับตัวเชื่อมต่อกันเป็นแผ่นมีลักษณะเหนียวหยุ่นไม่แฉะติดกัน (งามชื่น, 2541)

2.2.1.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้า กรรมวิธีการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำ และวิธีผสม

1. การผลิตแป้งข้าวด้วยการโม่แห้ง ได้จากการนำข้าวมาทำความสะอาด (cleaning) เพื่อแยกสิ่งสกปรกออก แล้วจึงนำไปบดให้เป็นแป้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเม็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูงอายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ได้ง่ายเพราะมีปริมาณไขมันสูง และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย

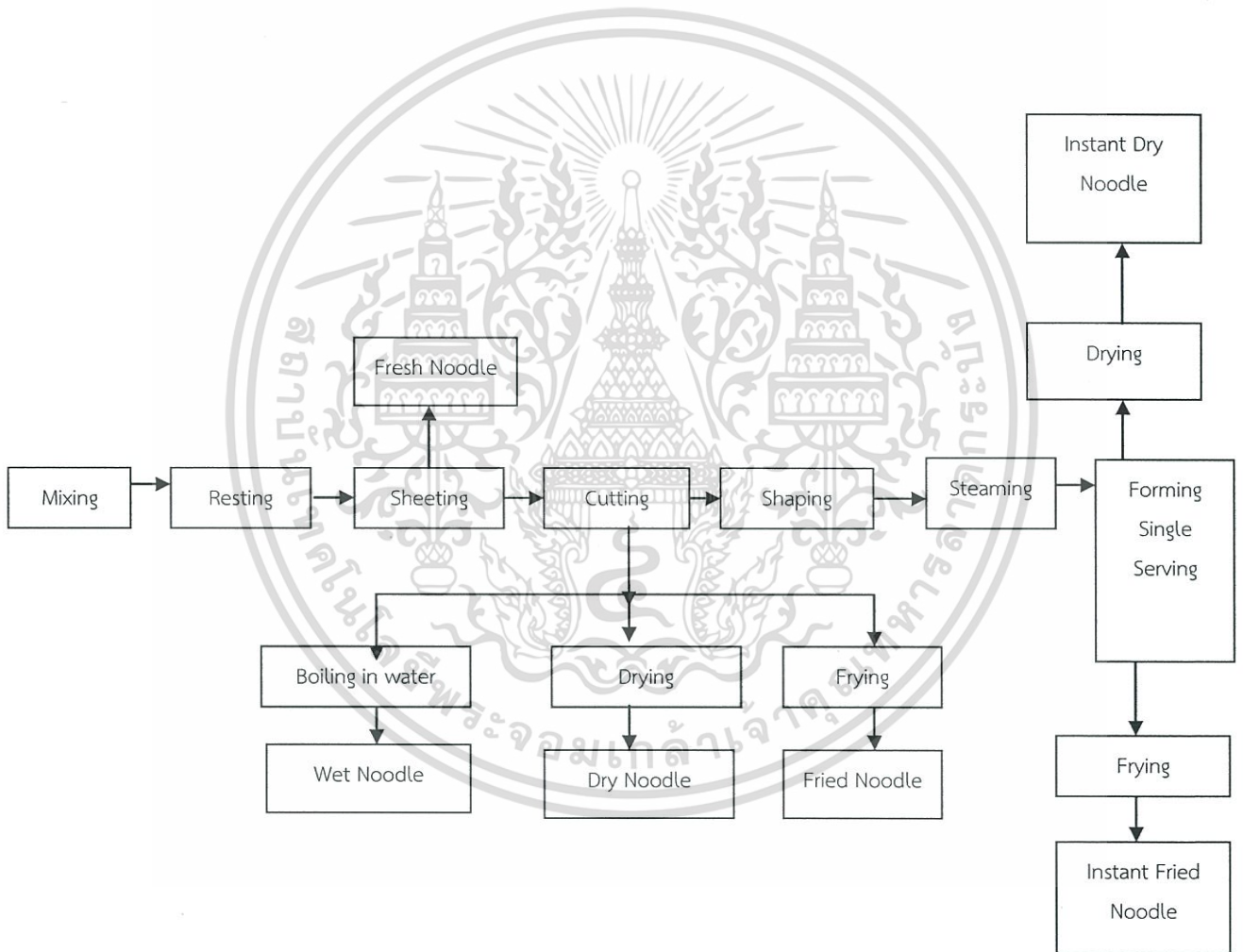
2. การผลิตแป้งข้าวด้วยวิธีการโม่น้ำ เป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งมีคุณภาพดี มีความละเอียดและสิ่งเจือปนน้อย เทคโนโลยีการผลิตแป้งโดยวิธีการโม่น้ำได้รับการพัฒนามาช้านาน การผลิตแป้งในปัจจุบันยังคงมุ่งเน้นแป้งข้าวเจ้าชนิดอะไมโลส (amylose) สูง

3. การผลิตแป้งข้าววิธีผสม เป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่น้ำและอบแห้งด้วยความร้อนก่อนโม่เป็นแป้ง แป้งชนิดนี้เป็นแป้งคุณภาพสูงและนำไปใช้ทำขนมเฉพาะอย่าง เช่น ขนมโก๋จากแป้งข้าวเหนียว

2.2.1.3 ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าว ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เป็นต้น พบว่าปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้ามีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นที่ได้ อาหารเส้นควรผลิตจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสไม่น้อยกว่าร้อยละ 27-28 (น้ำหนักแห้ง) แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าร้อยละ 27 เมื่อนำมาทำก๋วยเตี๋ยวจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความเหนียวและความคงตัวดี

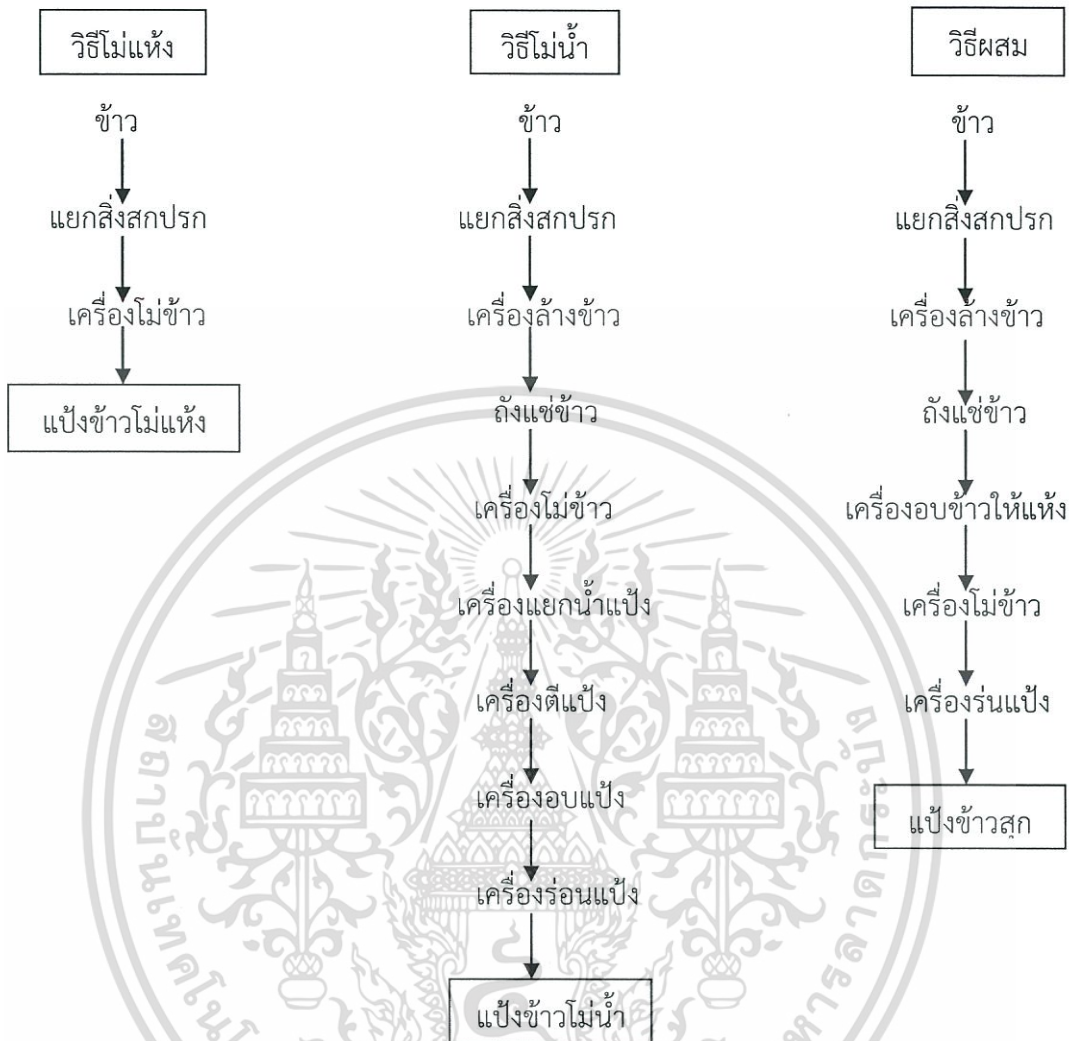
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ความรู้สึกในการเคี้ยวที่ดี เป็นที่พอใจของผู้ชิม (เสนอ, 2522) Bhattacharya , et al. (1999) รายงานว่า ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเมื่อนำมาทำอาหารเส้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่สว่างกว่า และมีความหนาแน่นต่ำกว่า เนื่องจากมีกำลังการพองตัวต่ำกว่า ให้น้ำเนื้อสัมผัสที่แข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ในขณะที่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส ปานกลางจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ได้มีสีคล้ำ ส่วนแบ่งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ทำให้เส้นมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียว มีกำลังการพองตัวดีกว่า นอกจากนี้แบ่งข้าวเจ้าที่ใช้ควรได้จากการโม่เปียก เนื่องจากแบ่งที่ได้จะมีคุณภาพที่ดีมีสีขาว มีความละเอียดมากกว่า สามารถเก็บไว้ได้นานเป็นปีโดยไม่เหม็นหืนหรือเกิดมอดทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี (วรารัตน์, 2537)



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตและชนิดของบะหมี่  
ที่มา : Oh, et al. (1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว  
ที่มา : งามชื่น (2546)

### 2.2.2 แป้งข้าวเหนียว (glutinous rice flour)

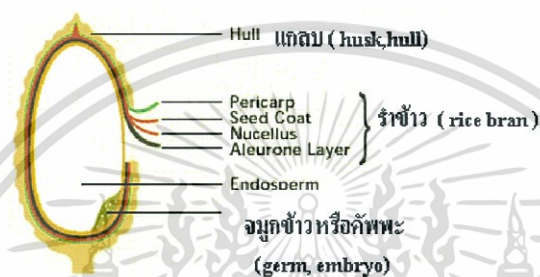
แป้งข้าวเหนียว เป็นแป้งที่ผลิตจากการบดเมล็ดข้าว (rice) โดยใช้ข้าวหักหรือปลายข้าวเช่น

เดียวกับแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว (sticky rice หรือ glutinous rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza sativa* var. *glutinosa* เป็นข้าว (rice) ที่มีลักษณะเด่นคือเนื้อสัมผัสของข้าวซึ่งมีการติดกันระหว่างเมล็ดของข้าวที่หุงสุกแล้ว เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลเพคติน (amylopectin) สูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวเหนียวมี 2 สี คือ สีขาวและสีดำ (คนเหนือเรียกว่า "ข้าวกำ") ข้าวเหนียวดำจะมี มีรงควัตถุคือแอนโทไซยานิน (anthocyanin), Oligomeric Proanthocyanidin Complexes (OPC) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยสารไอพืชีที่พบในข้าวเหนียวดำ เป็นสารชนิดเดียวกับสารสกัดที่ได้จากองุ่นดำ องุ่นแดง และ เปลือกสนข้าวเหนียว ปลูกมากทางภาคอีสานของประเทศไทยและประเทศลาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 แป้งข้าวกล้อง (Brown rice flour)

แป้งข้าวกล้อง เป็นแป้งที่ผลิตจากการบดเมล็ดข้าวกล้องโดยใช้ข้าวหักหรือปลายข้าวเช่นเดียวกับแป้งข้าวเจ้า ข้าวกล้องคือ ข้าวที่สีเอาเปลือก (แกลบ) ออกไป โดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเหลืออยู่ ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้ เป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมาก



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว  
ที่มา : พิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2550)

ข้าวกล้องอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ข้าวซ้อมมือ เป็นชื่อเรียกข้าวที่เอาเปลือกออกโดยวิธีการตำในครกไม้ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในสมัยโบราณ ชาวบ้านโดยทั่วไปจะใช้วิธีตำข้าวกินกันเอง จึงเรียกข้าวที่ตำว่า ข้าวซ้อมมือ แต่ในปัจจุบันใช้เครื่องจักรสีข้าวแทน จึงเรียกข้าวที่สีเอาเปลือกออกว่า ข้าวกล้อง สารอาหารในข้าวกล้องที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย การขัดสีข้าวกล้องจนมีสีขาวจะทำให้โปรตีนสูญหายไปประมาณ 30 % นอกจากนี้ในข้าวกล้องยังประกอบไปด้วย วิตามิน เช่น vitamin B1, Vitamin B2, Vitamin B6, Vitamin E, niacin และเกลือแร่ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส ทองแดง ซึ่งจะช่วยให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีเส้นใยอาหารมาก (dietary fiber) ซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้ใหญ่ มีผลทำให้สุขภาพดีขึ้น เมื่อรับประทานข้าวกล้องเป็นประจำทุกวัน

แป้งเป็นโพลีเมอร์คาร์โบไฮเดรตสังเคราะห์ขึ้นในพืชโดยการเชื่อมต่อด้วยพันธะเคมีของกลูโคสหลายร้อยหลายพันหน่วยจนเป็นสายยาวๆ เมื่อเติมกรดหรือเอนไซม์ สามารถทำให้สายแป้งนั้นหลุดจากหน่วยกลูโคสได้ พืชมีกลไกในการผลิตแป้ง 2 แบบ อาจสร้างเป็นสายตรงยาวจากกลูโคสหลายๆร้อยหน่วยได้เป็น “อะไมโลส” หรือเกิดจากกลูโคสสายตรงสั้นๆ หลายสิบหน่วยเชื่อมต่อบนเป็นสาขาเกิดโพลีเมอร์ลักษณะแบบต้นไม้เป็น “อะไมโลเพคติน” สำหรับลักษณะทางกายภาพของแป้ง เป็นเม็ดเล็กๆสีขาว อาจมาจากเมล็ด แคนลำต้น หรือรากของพืช ในรูปแป้งแห้งจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างแป้งชนิดต่างๆ ที่ refine แล้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 The Concise Thai Food Composition Tables (composition per 100 g edible portion) of Rice, brown, glutinous raw

Nutrient	Unit	Value per 100 g
Proximates		
Water	g	10.5
Energy	kcal	365
Protein	g	8.32
Total lipid (fat)	g	3.15
Carbohydrate, by difference	g	74.79
Fiber, total dietary	g	1.9
Minerals		
Calcium, Ca	mg	17
Iron, Fe	mg	1.45
Magnesium, Mg	mg	-
Phosphorus, P	mg	272
Potassium, K	mg	280
Sodium, Na	mg	15
Vitamins		
Vitamin C	mg	tr.
Thiamin	mg	0.42
Riboflavin	mg	0.04
Niacin	mg	2.10
Vitamin A, retinol	µg	0p
Sugars, total	g	0.80

ที่มา : Mahidol University (2015)

แต่ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นได้ว่าแป้งประกอบด้วยเซลล์เล็กๆ หรือเม็ดแป้งเล็กๆ ซึ่งขนาดและรูปร่างจะต่างไปตามพันธุ์พืช เม็ดแป้งข้าวจะมีลักษณะกลม ขนาดเล็กมาก ในแต่ละเม็ดแป้งประกอบด้วยโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก (พิชทรา, 2532) การรวมตัวของกลูโคสเป็นโพลีเมอร์จะมีการสูญเสีย น้ำ ดังนั้นหน่วยกลูโคสในโพลีเมอร์ที่แท้จริงแล้วคือหน่วย Anhydrous glucose ส่วนประกอบทั้งสองชนิดของแป้งนั้น จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียงตัวในแนวรัศมีภายในเม็ดแป้ง โดยโมเลกุลจะขนานกัน สายโมเลกุลทั้งแบบตรงและมีสาขาจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นผลึกเล็กๆ ซึ่งจับเม็ดแป้งไว้ด้วยกัน การจัดตัวเกิดขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลบนอะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 จากกลูโคสหน่วยหนึ่ง และอะตอมของออกซิเจน ซึ่งต่ออยู่กับคาร์บอนตัวที่ 1 เชื่อมกับกลูโคสหน่วยอื่น

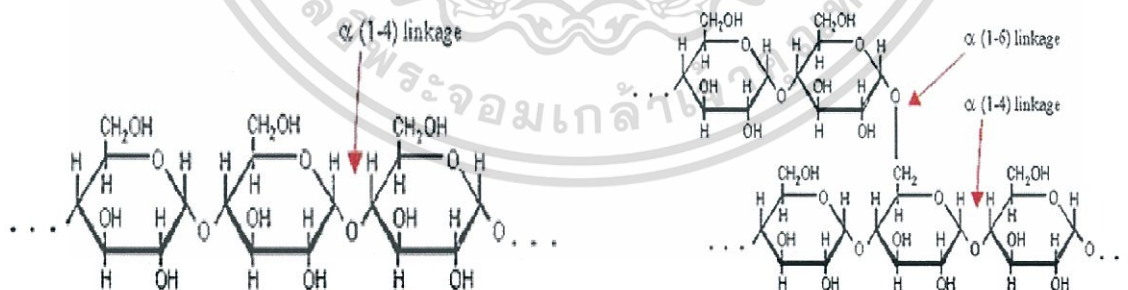
## 2.2.4 องค์ประกอบของแป้ง

### 2.2.4.1 อะไมโลส (Amylose)

อะไมโลสเป็นโพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลสายยาวและตรง (ภาพที่ 2.4 ด้านซ้าย) ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะชนิดแอลฟา -1,4 ( $\alpha - 1,4$ ) น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 - 340,000 สารละลายแป้งจะมีโครงสร้างแบบเกลียวเชือกแบบสุ่ม เมื่อแป้งถูกละลายในตัวทำละลายที่แรง โครงสร้างของแป้งคลายตัวยืดออก ถ้ามีสารประกอบพวกไอโอดีนแป้งที่เป็นสายตรงจะไปพันเกลียวรอบสารประกอบ

### 2.2.4.2 อะไมโลเพคติน (Amylopectin)

อะไมโลเพคตินเป็นโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างทางเคมีที่มีกิ่งก้านสาขาลักษณะคล้ายต้นไม้ (ภาพที่ 2.4 ด้านขวา) โครงสร้างแสดงประกอบด้วยส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิดชนิดแอลฟา -1,4 ( $\alpha - 1,4$ ) และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิดชนิดแอลฟา -1,6 ( $\alpha - 1,6$ ) อะไมโลเพคติน 1 โมเลกุลมีสาขาอยู่หลายร้อยสาขา มีน้ำหนักโมเลกุลเป็นล้านหน่วย รูปร่างเป็นก้อนกลมซึ่งทำให้เพิ่มการแผ่ขยาย และเพิ่มความหนืดในสารละลาย (พัชตรา, 2532)

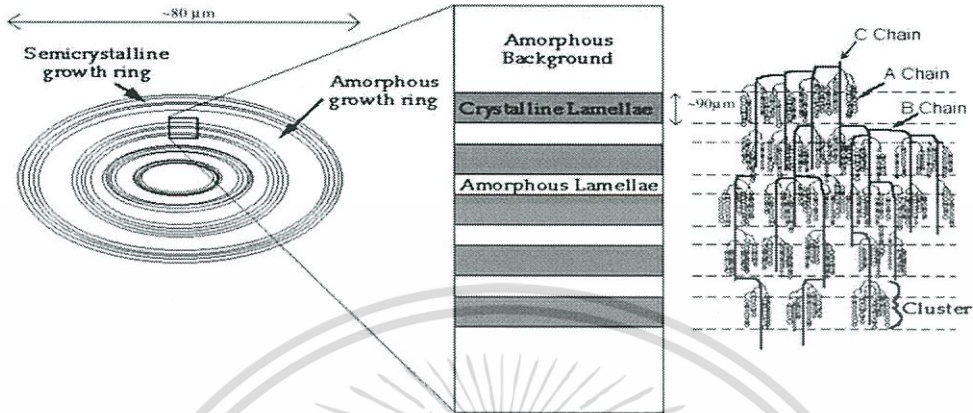


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของอะไมโลส (ซ้าย) และอะไมโลเพคติน (ขวา)

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

เม็ดแป้งมีโครงสร้างเป็นแบบกึ่งผลึก (semi-crystalline) โดยโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจัดเรียงตัวในเม็ดแป้งเป็นโครงสร้างทั้งส่วนที่เป็นผลึก (crystallite) และส่วนอสัณฐาน (amorphous) ดังภาพที่ 2.5 ส่วนสายโซ่สั้นของอะไมโลเพคตินจัดเรียงตัวในลักษณะเกลียวม้วนคู่ (double helix) เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

helices) ซึ่งบางส่วนเกิดเป็นโครงสร้างที่เป็นผลึก ส่วนออสัญฐานของเม็ดแป้งประกอบด้วยโมเลกุลของอะไมโลสและสายโซ่ยาวของอะไมโลเพคติน (Jacobs and Delcour, 1998)



ภาพที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (semi-crystalline structure) ของเม็ดแป้ง  
ที่มา : Jacobs and Delcour (1998)

สรุปความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ละลายน้ำได้ดีกว่า	1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำหนืดขุ่นน้อยกว่าแต่ข้นกว่า	2. หนืดขุ่นมากกว่าและใส
3. ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน	3. ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาล
4. ประกอบด้วยโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง	4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย	5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวุ้นได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น

ที่มา : พืชตรา (2532)

นอกจากนี้ในพืชต่างชนิดกันจะมีสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินต่างกันด้วยดัง แสดงในตารางที่ 2.3 อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืดและความใสของ Paste ที่ได้หลังจากเย็นลงและ Retrogradation ของ Paste เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิในการพองตัวสูงกว่าปกติ อะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น อะไมโลสเกิด Retrogradation ได้ ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินจะไม่เกิด Retrogradation (พืชตรา, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 2.3 สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินของธัญพืชต่างๆ

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

ที่มา : พัทธรา (2532)

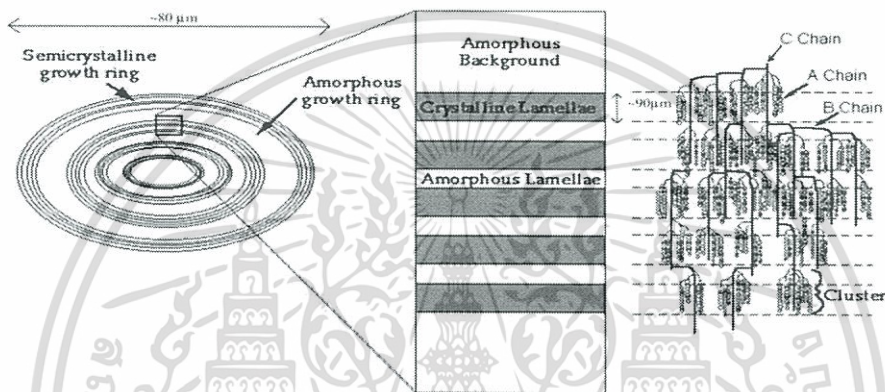
#### 2.2.5 คุณสมบัติของแป้ง

##### 2.2.5.1 การพองตัวของแป้ง (Swelling of starch)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัว และทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบ และมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60°C ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสรูปคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสรูปอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในรูปสารละลายมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 2.6 (สุพิศา, 2547)

การทดลองตรวจสอบกำลังการพองตัวของสตาร์ชจากแป้งชนิดต่างๆได้แก่ แป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งท้าว ยาม่อม แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งถั่วเขียว ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่าสตาร์ชจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกัน มีความสามารถในการพองตัวของสตาร์ชต่างกันที่อุณหภูมิเดียวกัน ค่ากำลังการพองตัว นับเป็นดัชนีหนึ่งที่บอกถึงคุณภาพความแข็งแรงของเจลสตาร์ช ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสที่หยุ่นเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยว เจลที่มีค่ากำลังการพองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสูงมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เป็นคุณสมบัติที่ต้องการของเส้นก๋วยเตี๋ยว (อรรชรณ, 2529) อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาร่วมกับค่าการละลายของเจลด้วย (Crosbie, 1991) ตรวจสอบกลไกการเกิดเจลของสตาร์ชข้าว 3 ชนิดคือข้าวอินดิกา ข้าวจาปอนิกา และข้าวเหนียว ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25.60, 14.80 และ 0.99 ตามลำดับ ค่ากำลังการพองตัวและการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง สตาร์ชจากข้าวอะไมโลสสูงมีการพองตัวน้อยกว่าสตาร์ชจากข้าวอะไมโลสต่ำซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอะไมโลเพคติน โดยอะไมโลเพคตินนี้มีส่วนช่วยในการพองตัว (Lii et al., 1995)



ภาพที่ 2.6 การพองตัวของเม็ดแป้ง

ที่มา : ดุษฎี และน้องนุช (2555)

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้ง ได้แก่ (Leach และคณะ, 1959; Leach, 1965) ได้แก่

1. ชนิดของแป้ง แป้งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1.1 แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น คือมี พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง มีจำนวนพันธะสูงสุดแต่กำลังการพองตัวและการละลายต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

1.2 แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวชั้นเดียว มีกำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เพราะมีจำนวนพันธะน้อยกว่า

1.3 แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูง เนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ และมีหมู่ฟอสเฟตมาช่วยทำให้พองตัวสูงขึ้น เพราะเกิดแรงผลักระหว่างไฟฟ้า เกิดการพองตัวได้ในอุณหภูมิต่ำ

2. ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง คือนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง และในระดับโมเลกุลจะมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบและการกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวของร่างแหในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัวและความยาวของสาขาในอะไมโลเพคติน

3. สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต เช่นกรดไขมันในธรรมชาติ โดยจะไปยับยั้งการพองตัวของแป้ง เพราะไขมันจะไปเกิดสารประกอบกับอะไมโลส

4. คุณสมบัติหลังการดัดแปรทางเคมี เช่นการดัดแปรด้วยกรดหรือการเกิดออกซิเดชันด้วยเกลือไฮโปคลอไรต์ (Hypochlorite) จะทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะ เม็ดแป้งจะกระจายเป็นชิ้นเล็กๆ การละลายและการพองตัวจะสูงขึ้น การดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน หรืออีเทอร์ฟิเคชัน เกิดการแทนที่ของหมู่เอินภายในโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะในแป้งอ่อนแอลง อุณหภูมิในการเกิดเจลาตินซ์ต่ำลง การพองตัวจึงเพิ่มขึ้น ส่วนวิธีการทำครอสลิง (Cross linking) จะทำให้เกิดความแข็งแรงของพันธะภายในแป้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการพองตัวและการละลายจึงลดลง

5. ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว มีผลต่อการพองตัวและการละลาย ทั้งปริมาณน้ำและสารประกอบอื่นๆ เช่นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครส ลดปริมาณแป้งจะทำให้แป้งสามารถละลายได้มากขึ้น

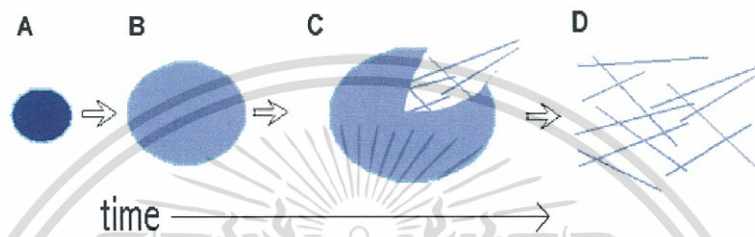
#### 2.2.5.2 ความหนืด (viscosity)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและความหนืดมากขึ้น พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เพราะเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และจะมีเม็ดแป้งบางส่วนที่แตกสลายอยู่เรื่อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ส่วนการแตกสลายมีมากกว่าส่วนที่พองตัวเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลง จุดที่น้ำแป้งมีความหนืดสูงสุดเรียกว่า peak viscosity ถ้าเม็ดแป้งมีความคงตัว และแตกมาก ความหนืดจะยังลดลงมากเมื่อสิ้นสุดการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ในช่วงการทำให้เย็นจากอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ไปเป็น 50 องศาเซลเซียส กราฟแสดงความหนืดสูงขึ้น การที่น้ำแป้งสุกมีความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากการคืนตัวของน้ำแป้งสุก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า รีโทรกราเดชัน (retrogradation) โดยกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระของเม็ดแป้งที่แตกสลายไปแล้วและโมเลกุลอิสระที่ละลายออกมาในน้ำแป้งสุก โดยเฉพาะโมเลกุลอะไมโลสที่มีขนาดเหมาะสมจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนใหม่ และกักน้ำไว้ได้ (สุพิศา, 2547) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด ได้แก่ ชนิดของแป้ง การดัดแปรแป้ง เป็นต้น

#### 2.2.5.3 การเกิดเจลาตินในเซชัน (gelatinization)

เมื่อนำแป้งใส่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะสามารถดูดซับน้ำได้ในปริมาณที่จำกัด แป้งจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น แต่จะไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัด และสังเกตได้ยาก เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้งพันธะไฮโดรเจนจะอ่อนลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดเจลลาคีโนเซชัน และอุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลลาคีโนเซชัน เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ การพองตัวของเม็ดแป้ง และเครื่องหมายกากบาทภายในเม็ดแป้ง เมื่อส่องดูใต้แสงโพลาไรซ์จะหายไป แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน

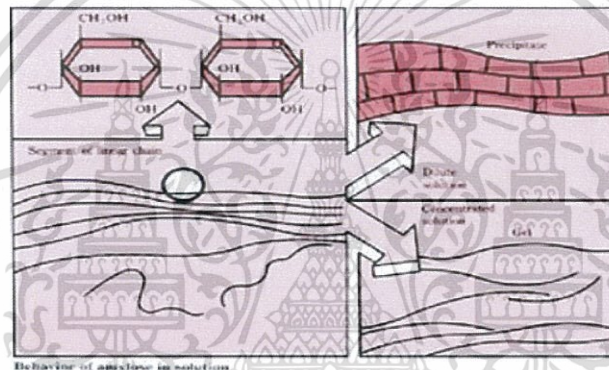
ที่มา : ดุษฎี และน้องนุช (2555)

#### 2.2.5.4 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation)

เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้งจนสตาร์ชเกิดการพองตัวอย่างเต็มที่และแตกตัว โมเลกุลของอะไมโลสที่อยู่ภายในสตาร์ชจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อเย็นตัวลงโมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเข้ามาเรียงตัวจับกันเอง หรือจับกับอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลสตาร์ชที่อยู่ใกล้กันเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัวของสตาร์ช แสดงดังภาพที่ 2.8 จะได้โครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำได้ซึ่งเรียกว่า “เจล” ถ้าอุณหภูมิลดลงอีกจะเกิดการเรียงตัวของโครงสร้างที่แน่นขึ้น ทำให้โมเลกุลของน้ำที่เคยจับอยู่ก่อนถูกบีบออกจากเจล (Syneresis) มีผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มของการเกิดผลึก (Crystalline) (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2543) การคืนตัวจึงเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อการนำมาผลิตอาหารเส้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องการความเหนียวหนืดและแข็งสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันและคุณภาพเจล ได้แก่ ปริมาณอะไมโลส แป้งที่มีอะไมโลสต่ำจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ช้า ได้เจลที่เหนียวเหนอะหนะ แต่เมื่อแป้งมีอะไมโลสสูงขึ้น การคืนตัวเกิดได้เร็วขึ้น ความเหนียวเหนอะหนะจะลดลง และมีความหนืดมากขึ้น มีความคงตัวดีขึ้น สำหรับขนาดโมเลกุลของอะไมโลสที่มีขนาดโมเลกุลพอเหมาะ (Degree of polymerization เท่ากับ 100-200) จะเกิดการคืนตัวได้เร็วและให้โครงสร้างตาข่ายที่เหนียวแน่น เจลที่ได้จึงเหนียวมาก สำหรับปริมาณหรือความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เหมาะสมจะทำให้สตาร์ชดูดน้ำและพองตัวได้เต็มที่ ยิ่งสตาร์ชแตกตัวมากจะทำให้การดูดน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว อะไมโลสละลายออกมาได้มาก เมื่อปล่อยให้แป้งสุกเย็นตัวจะได้เจลที่เหนียวและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บแป้งสุกยิ่งต่ำการคืนตัวจะเกิดขึ้นได้ง่าย (วิภา, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lu, et al. (1996) ศึกษาผลของการเกิดรีโทรเกรเดชันในระหว่างการเก็บรักษาแป้งข้าว โดยเปรียบเทียบระหว่างแป้งจากข้าวที่มีอะไมโลเพคตินสูง (Waxy rice) กับแป้งจากข้าวที่มีอะไมโลสสูง (Non-waxy rice) พบว่า แป้งจากข้าวที่มีอะไมโลสสูงมีการเปลี่ยนแปลงการเกิดรีโทรเกรเดชันในระหว่างการเก็บรักษา โดยระดับการเกิดรีโทรเกรเดชันจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษายิ่งต่ำ ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาโครงสร้างผลึก ซึ่งแป้งจากข้าวที่มีอะไมโลเพคตินสูงจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเกิดรีโทรเกรเดชัน น้อยมากหรือแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งชนิดแป้งที่จะนำมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ดีต้องมีปริมาณอะไมโลสสูง โดยอะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำ (water insoluble amylose) มีความสำคัญมากกว่าปริมาณอะไมโลสทั้งหมด (Total amylose)



ภาพที่ 2.8 การคืนตัวของแป้ง

ที่มา : ดุษฎี และน้องนุช (2555)

การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะไมโลส อะไมโลเพคติน และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆในแป้ง ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำและความเข้มข้นของแป้งสูง แป้งสามารถคืนตัวได้ดี ในช่วง pH 5-7 แป้งสามารถคืนตัวได้ดีที่สุด สำหรับช่วง pH ที่สูงหรือต่ำกว่านี้แป้งจะคืนตัวได้ช้าลง ในการชะลอการคืนตัวของแป้งจะใช้เกลือที่มีประจุลบและบวก (monovalent anion และ cation), แคลเซียมไนเตรท (calcium nitrate) และยูเรีย (urea) (Swinkels, 1985)

### 2.2.6 น้ำ (Water)

น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาด เหมาะสำหรับบริโภค พีเอชควรอยู่ระหว่าง 5.0 – 7.0 จะให้เจลที่มีความเหนียวสูงสุด ถ้ามีพีเอช (pH) สูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์เจลจะมีความเหนียวน้อยลง เนื่องจากโมเลกุลของสตาร์ชแตกตัว นอกจากนี้ น้ำที่ใช้ไม่ควรมีเกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมมากเกินไป เพราะเกลือทั้งสองนี้มีผลทำให้เม็ดสตาร์ชแตกตัวยาก (ณรงค์, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.7 ไข่ (Eggs)

ไข่ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ให้เป็นที่พอใจของผู้บริโภคมากขึ้น เพิ่มสีและคุณค่าทางอาหารของบะหมี่มากขึ้นโดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนที่ครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย

### 2.2.8 เกลือ (Salt)

ปริมาณเกลือที่ใส่ลงในสูตรการทำบะหมี่ ก็เพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการซึ่งอาจจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ร้อยละ 0 - 2 เกลือมีผลโดยตรงต่อลักษณะกลูเตนในโดโดยเพิ่มความแข็งแรงและแรงต้านการยืดตัวของโด ช่วยไม่ให้โดแฉะ เมื่อเป็นเส้นบะหมี่จะไม่ติดกัน นอกจากนี้เกลือยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ประเภทย่อยโปรตีนช่วยให้โดคงความเหนียวและความยืดหยุ่นอยู่ได้นานและยังช่วยระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้สามารถเก็บรักษาบะหมี่ได้นาน (อรอนงค์, 2540)

### 2.2.9 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate)

ใช้ในปริมาณที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 0.3 สารละลายเบสนี้ทำให้ลักษณะโดเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยมีผลต่อลักษณะกายภาพมีผลต่อลักษณะการอุ้มน้ำของโดการดูดซึมน้ำของแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้สตาร์ชในโดมีความหนืดเพิ่มขึ้นช่วยให้โดมีความแข็งแรงต่อการผสมได้มากกว่าเดิม โดมีความยืดตัวได้มากขึ้น ส่วนผลทางเคมีนั้นที่สำคัญ คือทำให้ความเป็นเบสของโดเพิ่มขึ้น (pH 9-10) ทำให้สีของบะหมี่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากปฏิกิริยาของเบสกับสารฟลาโวนในแป้ง นอกจากนี้ยังมีผลต่อลักษณะการต้มหรือลวกบะหมี่ ช่วยให้เนื้อสัมผัสดี ทนต่อการต้ม (อรอนงค์, 2540)

## 2.3 ข้าวโอ๊ต (Oat)

ข้าวโอ๊ต (Oat) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Avena sativa* เป็นเมล็ดธัญพืชชนิดแข็ง สามารถทนต่อสภาพดินที่พืชอื่น ๆ ไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตได้ ข้าวโอ๊ตมีกลิ่นเฉพาะที่เกิดจากการอบแห้งหลังจากเก็บเกี่ยวและการทำความสะอาด แม้ว่าข้าวโอ๊ตถูกปลูกเปลือกออกแล้ว แต่ไม่ได้ตัดรากและจมูกข้าวโอ๊ตออก ช่วยให้คงสารอาหารและใยอาหารอยู่ แป้งข้าวโอ๊ต (Oat flour) ได้มาจากการบดข้าวโอ๊ตให้ละเอียด โดยข้าวโอ๊ตนั้นไม่มีกลูเตน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะมาจากโรงงานผลิตเดียวกับแป้งสากแพ้งสาธิตแต่ต้องการทานข้าวโอ๊ตต้องระมัดระวังเวลาเลือกซื้อบริโภค ควรเลือกซื้อที่ระบุบนฉลากว่า Gluten Free เพื่อความปลอดภัย

2.3.1 ประเภทของข้าวโอ๊ต ข้าวโอ๊ตถูกแบ่งประเภทออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆตามลักษณะของเนื้อข้าวโอ๊ตและวิธีการผลิต

2.3.1.1 โอ๊ตมีล มีลักษณะเป็นผงหยาบๆ เมื่อนำมาเติมน้ำหรือนมจะมีลักษณะคล้ายๆโจ๊กหรือข้าวต้ม โดยโอ๊ตมีลจะได้ออกจากการสับเมล็ดข้าวโอ๊ตออกเป็นชิ้นหยาบๆจึงทำให้สารอาหารยังอยู่ครบถ้วน รวมถึงส่วนของรากข้าวโอ๊ตด้วย ส่วนมากนำโอ๊ตมีลมาเติมนมหรือน้ำ ต้มให้สุกและทานคู่กับผลไม้เป็นอาหารเช้า

2.3.1.2 โรลโอ๊ต มีลักษณะเป็นเกร็ดคล้ายๆกับซีเรียล โดยโรลโอ๊ตจะได้ออกจากการนึ่งข้าวโอ๊ตให้สุกจากนั้นนำมาทับกดให้แบนด้วยลูกกลิ้ง และนำมาอบให้แห้งอีกครั้ง โดยโรลโอ๊ตนิยมนำมาเป็นส่วนผสมของขนมอบ และ นำมาผสมกับผลไม้แห้ง ถั่ว หรือที่เรียกว่า มูสลี่และกราโนล่า

2.3.1.3 ข้าวโอ๊ตสำเร็จรูปพร้อมทาน ข้าวโอ๊ตสำเร็จรูปพร้อมทานจะมีลักษณะและการผลิตเหมือนกับโรลโอ๊ต คือจะทำให้ข้าวโอ๊ตสุกเสียก่อนด้วยการนึ่ง ซึ่งจะใช้เวลานานกว่าโรลโอ๊ตเมื่อให้ข้าวโอ๊ตสุกเต็มที่ ก่อนที่จะนำสับและมาอบให้แห้ง และทำการปรุงรสต่างๆเพื่อให้ทานได้ง่าย และสะดวกกับผู้รับประทาน

2.3.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโอ๊ตและข้าวโอ๊ต จากข้อมูล Basic Oat USDA รายงานผลข้อมูลทางโภชนาการของข้าวโอ๊ต ดังตารางที่ 2.4 เช่น

2.3.2.1 ให้โปรตีนสูง ในข้าวโอ๊ตมีโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมากถึง 6 ชนิด โดยแบ่งใน ข้าวโอ๊ตนั้นถือเป็นแบ่งที่ง่าย เพราะมีเอนไซม์ชนิดหนึ่งซึ่งช่วยในการย่อย มีไขมันต่ำ และเกือบทั้งหมดเป็นไขมันอิ่มตัวเชิงซ้อน ที่ดีต่อร่างกาย

2.3.2.2 ช่วยลดน้ำหนัก ข้าวโอ๊ตอุดมไปด้วยใยอาหาร ทำให้อวัยวะต่างๆ ในร่างกาย โดยเฉพาะลำไส้ จะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ช่วยลดอาการท้องผูก ลดการดูดซึมน้ำตาล ไขมันและ ของเสียต่างๆ นั้นหมายถึงเมื่อเราทานข้าวโอ๊ตในมื้อเช้า จะทำให้เราได้รับพลังงาน และเติมกระเพาะของเราให้อิ่มอยู่ได้นาน ซึ่งดีกว่าการทานอาหารเช้าที่มีน้ำตาลและไขมันสูงๆ ที่จะทำให้รู้สึกหิวเร็วขึ้น



ตารางที่ 2.4 Nutrition Facts of Oats flour (Nutrient values and weights are for edible portion)

Nutrient	Unit	1Value per 100 g	1cup = 156g
Proximates			
Water	g	8.22	12.82
Energy	kcal	389	607
Protein	g	16.89	26.35
Total lipid (fat)	g	6.90	10.76
Carbohydrate, by difference	g	66.27	103.38
Fiber, total dietary	g	10.6	16.5
Minerals			
Calcium, Ca	mg	54	84
Iron, Fe	mg	4.72	7.36
Magnesium, Mg	mg	177	276
Phosphorus, P	mg	523	816
Potassium, K	mg	429	669
Sodium, Na	mg	2	3
Zinc, Zn	mg	3.97	6.19
Vitamins			
Vitamin C,	mg	0.0	0.0
Thiamin	mg	0.763	1.190
Riboflavin	mg	0.139	0.217
Niacin	mg	0.961	1.499
Vitamin B-6	mg	0.119	0.186
Folate, DFE	µg	56	87
Vitamin B-12	µg	0.00	0.00
Vitamin A, RAE	µg	0	0
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	0.0
Lipids			
Fatty acids, total saturated	g	1.217	1.899
Fatty acids, total	g	2.178	3.398
Fatty acids, total	g	2.535	3.955
Cholesterol	mg	0	0

ที่มา : USDA (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 โยอาหาร (Dietary Fiber)

โยอาหาร (Dietary Fiber) หมายถึง ส่วนประกอบของพืช ผัก และผลไม้ที่พบในส่วนที่เป็นผนังเซลล์ เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วสามารถทนต่อการย่อยสลายของเอนไซม์ที่อยู่ในกระเพาะอาหารและในลำไส้เล็กของมนุษย์ (ประกาศรี และคณะ, 2533) แต่เมื่อผ่านมาถึงส่วนของลำไส้ใหญ่บางส่วนของโยอาหาร จะถูกย่อยโดยแบคทีเรียกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจน น้ำและกรดไขมันสายสั้น ๆ ซึ่งจะถูดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ด้วยเหตุนี้โยอาหารจึงมีผลต่อการทำงานของลำไส้ และการดูดซึมของสารโยอาหารไม่ใช่สารอาหารไม่ให้พลังงานแก่ร่างกายแต่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพของร่างกายทั้งในภาวะปกติและภาวะเจ็บป่วย (สุรัตน์, 2534)

### 2.4.1 ประเภทของโยอาหาร แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

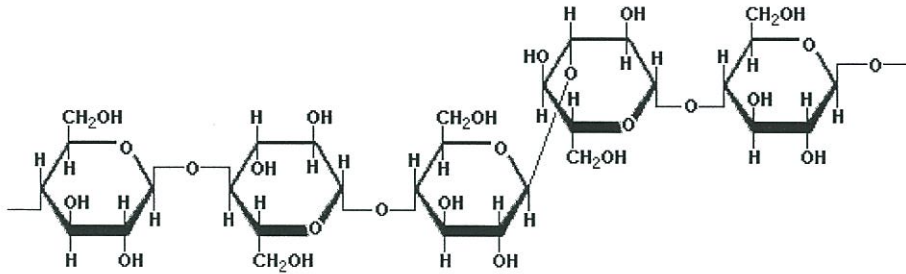
2.4.1.1 เส้นโยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ (insoluble dietary fiber) หมายถึงเส้นโยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ แต่จะพองตัวในน้ำเหมือนฟองน้ำไม่ให้ความหนืด ทำให้เพิ่มปริมาณน้ำในกระเพาะอาหาร จึงรู้สึกอึด เส้นโยอาหารเหล่านี้ แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อยได้ ช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระ ลดปัญหาท้องผูกได้ และลดความเสี่ยงของมะเร็งลำไส้ใหญ่ ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin)

2.4.1.2 เส้นโยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ (soluble dietary fiber) หมายถึงเส้นโยอาหารที่เมื่อละลายในน้ำแล้วดูดซับน้ำไว้กับตัว ทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น สารเหล่านี้ร่างกายย่อยไม่ได้ แต่แบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยได้ ตัวอย่างของเส้นโยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ ได้แก่

1. แปะทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์หรือสตาร์ชที่ให้พลังงานต่ำ (Resistant starch) เช่น เบต้ากลูแคน (Beta-glucan) เบต้ากลูแคนเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) และเป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่ง เบต้ากลูแคนสกัดได้จากผนังเซลล์ของยีสต์ (yeast) รา (mold) เมล็ดธัญพืช (cereal grain) เช่น ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เลย์ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (glucose) มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส (cellulose) คือโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) แบบปีตา 1-4 และทุก 3 โมเลกุลจะมีพันธะ ระหว่างออกซิเจนที่ตำแหน่ง C1 กับ hydroxyl ที่ตำแหน่ง C3 ของอีกกลุ่มหนึ่ง และทำให้แต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปดังแสดงในภาพที่

2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 เบต้ากลูแคน (Beta-glucan)

ที่มา : พรพจน์ ศรีสุขชยะกุล

การใช้เบต้ากลูแคนในอาหาร เบต้ากลูแคนเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ไม่ละลายในน้ำแต่ดูดน้ำได้ดี ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เบต้า-กลูแคน เพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะเชิงหน้าที่ (functional properties) ของอาหาร เช่น ใช้เป็นสารให้ความหนืด (thickening agent) ใช้เป็นสารที่ทำให้มีลชนคังตัว (emulsifier) Soojung Heo, et al. (2013) ศึกษาการใช้เบต้ากลูแคนจากเห็ดหอมเสริมในเส้นบะหมี่ ช่วยเพิ่มการยึดตัวและความแน่นเนื้อ(ให้ความแข็งแรง)กับเส้นบะหมี่ นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) เป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่เป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เป็นสารที่ยอมรับทั่วไปว่าปลอดภัย (Generally Recognized as Safe, GRAS) และ Resistant starch นอกจากนี้ เช่น maltodextrin, inulin เป็นต้น

ตัวอย่างของเส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ

- Oligosaccharide เช่น fructo-oligosaccharide
- Unabsorb sugar เช่น sugar alcohol
- Heteropolysaccharide เช่น pectin, glucomannan, gum (guar gum) เป็นต้น

2.4.2 แหล่งของเส้นใยอาหาร ผักและเมล็ดธัญพืชทั้งเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการขัดขาว เป็นแหล่งสำคัญของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ ส่วนผลไม้และถั่วเมล็ดแห้งเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ การได้รับเส้นใยอาหารทั้ง 2 กลุ่มนี้ในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้เกิดความสมดุลของระบบทางเดินอาหาร เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย อาหารที่มีใยอาหารสูง (มากกว่า 3 กรัม/อาหาร 100 กรัม) ข้าวกล้อง, เมล็ดธัญพืชทั้งเมล็ด (whole cereal grain) เม็ดแมงลัก ผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล, ฝรั่ง, ข้าวโพดอ่อน, ผักหวาน, ถั่วเหลือง ผักสด เป็นต้น

2.4.3 ปริมาณที่ควรได้รับ (Thai Recommended Daily Intake : Thai RDI) ได้กำหนด ปริมาณเส้นใยอาหารที่ร่างกายควรรับเท่ากับ 25-30 กรัมต่อวัน ซึ่งนักโภชนาการแนะนำให้เลือกรับประทานผักและผลไม้ วันละ 5 ขนาดที่เสิร์ฟ (serving size) เมล็ดธัญพืชที่ไม่ขัดสีและถั่วเมล็ดแห้งวันละ 7 ขนาดที่เสิร์ฟ (serving size) จะทำให้ร่างกายได้รับเส้นใยอาหารเพียงพอต่อหนึ่งวัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ประโยชน์ของเส้นใยอาหาร เส้นใยอาหารเป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน แต่เป็นมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จัดเป็น functional food เหมาะเป็นอาหารสำหรับคนทั่วไป และอาหารผู้ป่วยเฉพาะโรค เช่น อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ประโยชน์ของเส้นใยอาหารต่อสุขภาพคือ

2.4.4.1 เป็นพรีไบโอติก (prebiotic) เส้นใยอาหารประเภท soluble fiber ซึ่งไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร แต่จะเป็นอาหารให้กับ แบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก (probiotic) ที่พบได้ในลำไส้ใหญ่ เช่น *Lactobacillus* sp.

2.4.4.2 ลดไขมันในเลือด

2.4.4.3 ลดน้ำตาลในเลือด

2.4.4.4 ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้

2.4.4.5 ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ

2.4.4.6 ช่วยควบคุมน้ำหนัก

## 2.5 แป้งดัดแปร (Modified starch)

คือแป้งธรรมชาติ (Native Starch) ที่ได้รับการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติให้แตกต่างออกไปจากแป้งธรรมชาติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งทางกายภาพหรือทางเคมีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของแป้งภายในเม็ดแป้ง วิธีการในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลภายในของเม็ดแป้งมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีผลแตกต่างกันตามความต้องการในการที่จะนำไปใช้งานปัจจุบัน ขั้นตอนการผลิตได้โดยไม่ทำให้ความหนืด และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งดีขึ้น ลดการคืนตัว (retrogradation) และการเกิดเป็นเจล (gelatinization) มีความคงตัวสูงเมื่อผ่านการคืนรูปจาก จุดเยือกแข็ง (freeze – thaw stability) นอกจากนี้กระบวนการดัดแปรยังสามารถเพิ่มสมบัติพิเศษของแป้งได้ เช่น เปลี่ยนจากสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เป็นสมบัติการชอบน้ำ (hydrophilic) ได้ โดยการเพิ่มประจุให้กับแป้งเป็นต้น แป้งที่นำมาใช้แปรรูปเป็นแป้งดัดแปร ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า เป็นต้น ชนิดของแป้งดัดแปร สามารถจำแนกออกเป็นหมวดหลัก ๆ ได้ ดังนี้

2.5.1 แป้งดัดแปรโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งโดยใช้สารเคมี (Chemicals modified starches) ได้แก่

2.5.1.1 แป้งประเภทต่อเติม (Derivatization) แป้งกลุ่มนี้เป็นแป้งที่สารเคมีเข้าไปจับกับในโมเลกุลแป้งทั้งในรูปโมกุลเดี่ยวหรือ มากกว่าซึ่งทำให้โมเลกุลแป้งมีขนาดใหญ่ขึ้น ได้แก่

1. Etherification reaction type
2. Carboxymethyl starch หรือ แป้งประจุลบ
3. Cationic Starches หรือ แป้งประจุบวก
4. Cross linking type reaction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 แป้งประเภทตัด – แดก (Converted starch) แป้งกลุ่มนี้เป็นการทำให้ขนาดของโมเลกุลแป้งเล็กลงทั้งโดยการตัดระหว่างหน่วยกลูโคส หรือทำให้หน่วยกลูโคสแตก ได้แก่

1. Acid Conversion หรือ Acid Modified Starch
2. Oxidized Hypochlorite - Modified Starch
3. Pyroconversion หรือ Pyrodextrins
4. Enzyme conversion starch

### 2.5.1.3 Combination Starches

2.5.2 แป้งดัดแปลงโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งโดยวิธีทางกายภาพ (Physicals Modified starch) เป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ได้ใช้สารเคมีเป็นตัวหลักที่ทำให้โครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงแต่ใช้พลังงานความร้อนหรือพลังงานจลน์หรือทั้งสองอย่างประกอบกันซึ่งเมื่อโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปคุณสมบัติของแป้งก็เปลี่ยนไปเช่นกันแป้งในกลุ่มนี้ เช่น

2.5.2.1 สตาร์ชพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch) เป็นสตาร์ชดัดแปร (modified starch) โดยการให้ความร้อนกับสารละลายสตาร์ชเพื่อให้เกิดการเจลาติไนเซชัน (gelatinization) จากนั้นทำให้แห้ง (dehydration) ด้วยเครื่องทำแห้ง เช่น เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum drier) เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier) สตาร์ชพรีเจลาติไนซ์จะกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น จึงเหมาะกับการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ปรุงสำเร็จประเภทละลายได้ทันที เช่น ซุป โดยไม่ต้องผ่านความร้อน หรือเป็นส่วนผสมของไส้พาย พุดดิ้ง จะมีความหนืดเทียบเคียงได้กับอาหารเตรียมใหม่และกลิ่นไม่หายไป แต่สตาร์ชพรีเจลาติไนซ์มีความหนืดและ adhesiveness ต่ำกว่าสตาร์ชสุกที่เตรียมใหม่ ๆ การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ชขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 3 ประการ คือ อุณหภูมิ, ชนิดและแหล่งที่มาของสตาร์ช และอัตราส่วนของสตาร์ชต่อน้ำในส่วนผสมนั้นๆ การดัดแปรสตาร์ชด้วยวิธีนี้ ภาวะที่เหมาะสมนี้อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 95 – 110 องศาเซลเซียส ความชื้น 18 – 27 เปอร์เซ็นต์และใช้เวลานานประมาณ 12 – 16 ชั่วโมง

2.5.3 แป้งดัดแปลงโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งหรือโครงสร้างภายนอกโดยวิธีทางชีวภาพ (Biological modified starch) ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางชีวภาพและพันธุวิศวกรรมได้มีการพัฒนาขึ้นมามากมายและนี่เป็นปัจจัยหลักที่จะทำให้เกิดการพัฒนาในเชิงอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติที่ตรงตามความต้องการในการใช้งานโดยอาศัยเทคโนโลยีทางชีวภาพและในปัจจุบันนี้เราก็ได้ใช้ผลผลิตจากเทคโนโลยีชีวภาพอยู่เช่น High amylase starch (Hylon V, VII) และ Waxy starch (High Amylopectin ie Waxy corn) การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของ amylase และ amylopectin ในแป้งจะทำให้คุณสมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

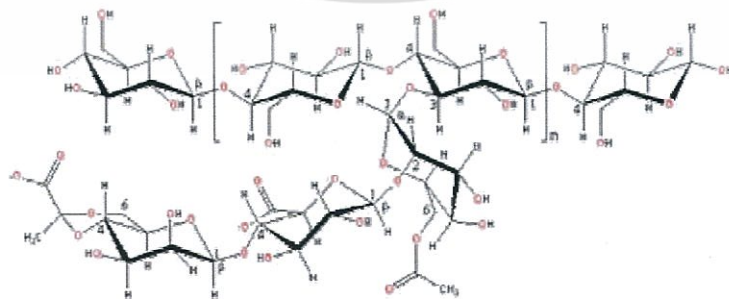
## 2.6 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลีเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลีเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่นๆ โพลีเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น (Phillips and Williams, 2000) .

2.6.1 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มา ได้แก่

2.6.1.1 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืชได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนิกัม (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (carrageenan) หรือได้จากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

แซนแทนกัม (xanthan gum) ได้จากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ ชนิดที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม คือ *Xanthomonas compestris* เป็นเห็ดออโรพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำตาลกลูโคสแมนโนส และกรดกลูคูโรนิก ในอัตราส่วน 2.8:3:2 มีหมู่อะซิตรายละ 4.7 และกรดไพรูวิกประมาณร้อยละ 3 โดยน้ำตาลกลูโคสต่อกับแมนโนสด้วยพันธะ  $\beta$ -1,4 glycosidic bond และน้ำตาลแมนโนสที่เป็นสายแขนงต่อกับสายหลักด้วยพันธะ 1,2 หรือ 1,3 glycosidic bond ส่วนกรดกลูคูโรนิกต่อกันด้วยพันธะ  $\beta$ -1,2 glycosidic bond สารละลายแซนแทนกัมให้ความหนืดสูงแม้มิมีความเข้มข้นต่ำ มีความคงตัวสูงต่อความร้อน ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่ ถึงแม้อุ่นหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส และแสดงลักษณะการเพนซูโดพลาสติกสูง โดยไม่มีสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดตาม ระยะเวลา (thixotropic) สมบัติการเพนซูโดพลาสติกนี้เกิดจากโครงสร้างเฉพาะตัวของแซนแทนกัมเมื่อมีแรงมากระทำ แซนแทนกัมไม่มีสมบัติเป็น gelling agent แต่สามารถเกิด thermo reversible gel ได้ (ภาพที่ 2.10)



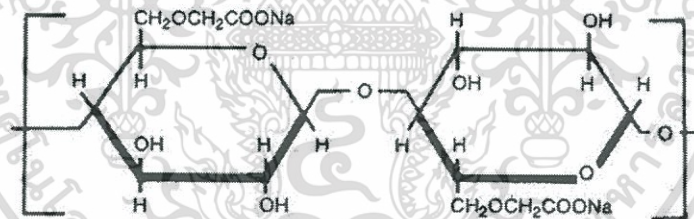
ภาพที่ 2.10 แซนแทนกัม (xanthan gum)

ที่มา : Chaplin (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.1.2 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่

อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น Carboxymethyl cellulose (CMC) (E-number : E466) เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสในรูปเกลือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อาจเรียกว่า เซลลูโลสกัม (Cellulose gum) เป็นพอลิเมอร์ชนิดประจุลบที่ละลายน้ำได้ ผลิตจากเซลลูโลสที่บริสุทธิ์มาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 18 % ได้เป็น Alkali cellulose หลังจากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับเกลือโซเดียมของกรดคลอโรแอซติก ได้เป็นเกลือโซเดียมของคาร์บอกซีเมทิลอีเทอร์(เซลลูโลส - o - CH<sub>2</sub> - COONa) CMC ที่ผลิตเป็นการค้ามีค่า degree of substitution (DS) อยู่ในช่วง 0.4 - 0.8 ส่วน CMC ที่ใช้สำหรับอาหารที่ค่า DS = 0.9 ทำให้สามารถละลายได้ในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความคงตัวของ CMC ขึ้นอยู่กับชนิดไอออน คือ ถ้าเป็นเกลือของ CMC ที่เกิดจากไอออนประจุบวกที่มีเวเลนซ์ 1 จะละลายได้ดีในน้ำ แต่ถ้าเกิดจากไอออนประจุบวกที่มีเวเลนซ์ 2 จะได้สารละลายที่มีลักษณะขุ่นและความหนืดลดลง และถ้าเกิดจากไอออนประจุบวกที่มีเวเลนซ์ 3 จะได้สารละลายเกลือที่ไม่ละลายน้ำ หน้าที่ในอาหารของ CMC คือ สารเพิ่มความหนืด (thickening agent), สารเพิ่มความคงตัว (stabilizing agent) และ อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) อาหารที่ใช้ ได้แก่ ไอศกรีม น้ำกะทิ กระจกเนยแข็ง cheese soft drinks มันฝรั่งแข็ง cake filling ใส่ CMC เติมลงในไอศกรีม ช่วยในการอุ้มน้ำ ลดการเคลื่อนตัวของน้ำ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนียนนุ่ม และเมื่อไอศกรีมแข็งตัวจะไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และยังใช้เติมลงในอาหารมีพลังงานต่ำ โดยทำหน้าที่เป็น bulking agent (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.11 : โครงสร้างโมเลกุลของ sodium carboxymethyl cellulose  
ที่มา : นิธิยา และพิมพ์เพ็ญ (2552)

2.6.1.3 ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอทิลีนออกไซด์ โพลีเอทิลีนออกไซด์ (polyethylene oxide polymers) ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่นๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารแสดงดังตารางที่ 2.5 นอกจากนี้ไฮโดรคอลลอยด์ยังแบ่งตามลักษณะโครงสร้างที่ต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกัน

1. โครงสร้างโพลีเมอร์แบบเชิงเส้น (linear) เมื่อละลายน้ำหรือกระจายตัวจะให้ควาหนืดสูง เกิดเจลและคืนตัว (retrogradation) ได้ง่าย เช่น agar, alginate, cellulose และ pectin เป็นต้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีสายกิ่งก้าน (linear with side chains) ให้ความหนืดสูง ปกติไม่เกิดเจล แต่จะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ร่วมกับสารประกอบอื่นในสภาวะที่เหมาะสม เช่น guar gum และ locust bean gum

3. โครงสร้างโพลิเมอร์แบบมีกิ่งก้าน (branched chains): ให้ความหนืดต่ำและคงตัวดี ไม่เกิดเจล มีความเหนียว เช่น gum arabic

#### 2.6.2 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้ ไฮโดรคอลลอยด์

2.6.2.1 ลักษณะเนื้อ (body) ที่ต้องการ: viscosity, rheology

2.6.2.2 ลักษณะความรู้สึกเมื่อมีอาหารอยู่ในปาก (mouthfeel): slimy, non slimy

2.6.2.3. ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของ gel ที่ต้องการ: Gel strength

2.6.2.4. ลักษณะปรากฏที่ต้องการ (appearance): cloud, clear

2.6.2.5. ความคงตัว (stability) ต่อกระบวนการผลิต: beat, shear stress

2.6.2.6. ความคงตัวในการเก็บรักษา: syneresis, freeze/thaw

ตารางที่ 2.5 หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

หน้าที่	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
Adhesive	Bakery glaze
Binding agent	Sausages
Calorie control agent	Dietetic foods
Crytallization inhibitor	Ice cream, sugar syrups
Clarifying agent	Beer, wine
Cloud agent	Fruit juice
Coating agent	Confectionery
Emulsifier	Salad dressing
Encapsulating agent	Powdered flavors
Film former	Sausage casing, protective coatings
Flocculating agent	Wine
Foam stabilizer	Whipped topping, beer
Gelling agent	Pudding, desserts, aspics
Molding	Gum drops, jelly candies
Protective colloid	Flavor emulsifiers
Stabilizer	Beer, mayonnaise
Suspending agent	Chocolate milk
Swelling agent	Processed meats
Thickening	Jams, pie fillings, sauces
Water binding (prevents syneresis)	Cheese, frozen foods
Whipping agent	Topping, icings

ที่มา : Sharma (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1.1 แป้งข้าวเจ้า จากข้าวไร่ จังหวัด ชุมพร
- 3.1.1.2 แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว ยี่ห้อ ชั้นทอง จังหวัด เชียงราย
- 3.1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง (Native tapioca starch) จากบริษัท สยามมอดิฟายด์สตาร์ช จำกัด
- 3.1.1.4 แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Pre-gel Tapioca starch จากบริษัท สยามมอดิฟายด์สตาร์ช จำกัด
- 3.1.1.5 ข้าวโอ๊ต (100 015 PromOat Betaglucan) จากบริษัท TATE & LYLE
- 3.1.1.6 น้ำมันถั่วเหลือง ยี่ห้อ อุ่น

##### 3.1.2 สารเคมี

- 3.1.2.1 น้ำกรอง
- 3.1.2.2 น้ำกลั่น
- 3.1.2.3 Sodium bicarbonate จากบริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด
- 3.1.2.4 เกลือ ยี่ห้อ ประจักษ์
- 3.1.2.5 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ได้แก่ Carageenan , Xanthan Gum , Guar Gum, Locust Bean Gum และ Carboxymethyl cellulose จากบริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด

#### 3.2 อุปกรณ์

##### 3.2.1 สำหรับการทำบะหมี่

- 3.2.1.1 เครื่องรีดแป้งและตัดเส้นบะหมี่ ยี่ห้อ ATLAS รุ่น 150 Italy
- 3.2.1.2 เครื่องรีดแป้งและตัดเส้นบะหมี่ จากประเทศจีน
- 3.2.1.3 เครื่องผสมอาหาร ยี่ห้อ OTTO รุ่น HM - 275
- 3.2.1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Adventurer
- 3.2.1.5 เครื่องบด (Pin mill) ยี่ห้อ Retsch รุ่น ZM 1000
- 3.2.1.6 หม้อสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2.1.7 กระชอน
- 3.2.1.8 ไม้ค้ำแข็ง
- 3.2.1.9 ถ้วยพลาสติก
- 3.2.1.10 ถ้วยอะลูมิเนียม
- 3.2.1.11 กะละมังสแตนเลส
- 3.2.1.12 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.2.1.13 ซ้อนตวง
- 3.2.1.14 ตะแกรงร่อนแป้ง
- 3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพ
  - 3.2.2.1 ด้านกายภาพ
    - 3.2.2.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร(Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i
      - 3.2.2.1.1 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR300 England
      - 3.2.2.1.2 เครื่อง UV spectrophotometer รุ่น UV1601
      - 3.2.2.1.3 เครื่องแก้วต่างๆ เช่น Flask, Volumetric flask, Beaker, Burette เป็นต้น
      - 3.2.2.1.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Adventurer
      - 3.2.2.1.5 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
      - 3.2.2.1.6 โถดูดความชื้น (Desiccator)
      - 3.2.2.1.7 Aluminium can
      - 3.2.2.1.8 Hotplate
      - 3.2.2.1.9 เตาแก๊ส
    - 3.2.2.2 ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส
      - 3.2.2.2.1 ถ้วยพลาสติก
      - 3.2.2.2.2 แก้วน้ำพลาสติก
      - 3.2.2.2.3 ซ้อนหรือส้อมพลาสติก
      - 3.2.2.2.4 กระดาษ A4

### 3.3 วิธีการทดลอง

#### 3.3.1 การผลิตสูตรพื้นฐานของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

3.3.1.1 ทำการผลิตเส้นบะหมี่จากสูตรที่ดัดแปลงจากชิน سراและณัฐชา (2557) โดยมีส่วนผสม ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า, แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว, ไข่, เกลือ, โซเดียมไบคาร์บอเนตและน้ำ ผลิตด้วยวิธีการทำที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัดแปลงจาก kanchana (2015) สัดส่วนของผสมที่ใช้ทำเส้นขนมเป็นร้อยละโดยมวล (% weight/weight: %W/W) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และผลิตเส้นขนมด้วยวิธีทำที่แสดงในภาพ 3.1

ตารางที่ 3.1 การผลิตสูตรเส้นขนมพื้นฐานจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

วัตถุดิบ	ร้อยละโดยมวล (% W/W)
แป้งข้าวเจ้า	19.0
แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว	44.0
ไข่	14.0
เกลือ	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.5
น้ำ	21.5

ที่มา : ดัดแปลงจากชินิสราและณัฐชา (2557)

1. ร่อนแป้งข้าวทั้งหมดก่อนนำมาใช้ ชั่งและ ผสมส่วนผสมแห้งคือ แป้งข้าวเจ้า , แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว และ โซเดียมไบคาร์บอเนต จากนั้นชั่งและผสมส่วนผสมเปียก คือ ไข่ไก่ผสมกับน้ำตามด้วยเกลือ



2. นำส่วนผสมแห้งใส่เครื่องผสมแล้วค่อยๆเทส่วนผสมเปียก ตามลงไปทีละน้อย ตีผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน เนื้อไม่ติดกับอ่างผสม ปั่นเป็นก้อนโด นำก้อนโดไปแช่เย็นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำก้อนโดออกมารีดให้เป็นแผ่นบาง โดยโรยแป้งนวลเพื่อป้องกันไม่ให้แป้งติดกัน และรีดออกเป็นเส้นออกมาคลุกแป้งนวลอีกเช่นกัน



4. ลวกเส้นบะหมี่ 3 นาที และแช่น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ นำเส้นบะหมี่ใส่ตะกร้าสะเด็ดน้ำ เส้นบะหมี่ ที่ได้ไว้ใช้สำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป เปรียบเทียบและเลือกสูตรที่ดีที่สุดมาพัฒนาต่อ



ภาพที่ 3.1 วิธีทำเส้นบะหมี่

ที่มา : ดัดแปลงจาก kanchana, 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.2 วิเคราะห์คุณภาพของเส้นบะหมี่ทั้งสามสูตรที่ได้จากการผลิตที่ได้ ดังนี้

1. ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) (โดยการใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i)
2. ค่าสีระบบ CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) (โดยการใช้เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR300)
3. ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking Loss) (AACC, 1976)
4. ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption) (AACC, 1976)
5. การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index) (AACC, 1976)
6. การวัดค่าความขุ่น (Turbidity) (Jang H.L. et al., 2015)

### 3.3.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

3.3.2.1 ทำการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวโดยใช้ แป้งมันสำปะหลัง 2 ชนิด ได้แก่ Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch เติมน้ำไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สูตรพื้นฐานจากข้อ 3.3.1 ที่สัดส่วนร้อยละ 28 คำนวณสูตรที่ได้นี้จากวิธีการวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) จากโปรแกรม Design expert สัดส่วนเป็นร้อยละโดยมวล (% weight/weight: %W/W) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และทำเส้นบะหมี่ด้วยวิธีสูตรพื้นฐาน ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยเปรียบเทียบกับเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรพื้นฐานที่ไม่เติม Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch

ตารางที่ 3.2 สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca Starch) ระดับต่างๆ

วัตถุดิบ	ร้อยละโดยมวล (% W/W)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แป้งข้าวเจ้า	10.5	10.5	10.5
แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว	24.5	24.5	24.5
ไข่	14.0	14.0	14.0
เกลือ	0.07	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.5	1.5	1.5
น้ำ	21.5	21.5	21.5
Native tapioca starch	7.0	14.0	21.0
Pregel tapioca starch	21.0	14.0	7.0

### 3.3.2.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพตามการวิเคราะห์ในข้อ 3.3.1.2 และเปรียบเทียบผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3. การศึกษาปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการใช้ผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกว๊องข้าวเหนียว

3.3.3.1 เลือกสูตรการผลิตเส้นบะหมี่ที่ทำให้ได้เส้นบะหมี่คุณภาพดีที่สุดจากข้อ 3.3.2 มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเส้นด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ ใช้สารไฮโดรคอลลอยด์จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม (Xanthan Gum), กวักกัม (Guar Gum), โลคัสบีนส์ กัม (Locust Bean Gum), คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxy methyl Cellulose) และ คาราจีแนน (Carageenan) ในสัดส่วนร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดซึ่งได้ ไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมคือ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) และ แซนแทนกัม (Xanthan Gum) โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดทดแทนสัดส่วนแป้ง Native tapioca starch สัดส่วนร้อยละโดยมวลของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้คือ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 และ ได้แก่ แซนแทนกัม (Xanthan Gum) ร้อยละ 1.5, 2 และ 2.5 ตามลำดับ

3.3.3.2 เลือกสูตรเส้นบะหมี่ที่ผสมไฮโดรคอลลอยด์ที่ดีที่สุด (ตารางที่ 3.3) ด้วยวิธีทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบความแตกต่างแบบจัดอันดับ (Ranking test) ว่าสูตรใดได้รับความนิยมที่สุดไปน้อยที่สุดโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (Untrended panalists ) จำนวน 30 คน จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของเส้นบะหมี่ที่ผสมไฮโดรคอลลอยด์ที่ดีที่สุด ตามการวิเคราะห์ในข้อ 3.3.1.2 โดยเปรียบเทียบกับเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกว๊องข้าวเหนียวที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์จากข้อ 3.3.2

ตารางที่ 3.3 สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ Carboxy methyl cellulose ที่ดีที่สุด

วัตถุดิบ	ร้อยละโดยมวล (% W/W)
	สูตร 2
แป้งข้าวเจ้า	10.5
แป้งข้าวกว๊องข้าวเหนียว	24.5
Native tapioca starch	19.5
Pregel tapioca starch	7.0
ไข่	14.0
เกลือ	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.5
น้ำ	21.5
Carboxy methyl cellulose (CMC)	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 การศึกษาปริมาณใยอาหารข้าวโอ๊ตที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

3.3.4.1 ผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวโดยเลือกใช้สูตรที่ดีที่จากข้อ 3.3.3 มาเติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตในสัดส่วนร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 3.4

3.3.4.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่เติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตเหมือนกับกรณีวิเคราะห์ปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม ตามการวิเคราะห์ในข้อ 3.3.1.2 และเปรียบเทียบกับเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่ไม่เติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตจากข้อ 3.3.3 จากนั้นทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการทดสอบความชอบหรือการยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale บอกระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์จากชอบมากที่สุดไปจนถึงไม่ชอบเลย

ตารางที่ 3.4 สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวใส่ข้าวโอ๊ตที่ระดับต่างๆ

วัตถุดิบ	ร้อยละโดยมวล (% W/W)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แป้งข้าวเจ้า	10.5	10.5	10.5
แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว	24.5	24.5	24.5
Native tapioca starch	19.5	19.5	19.5
Pregel tapioca starch	7.0	7.0	7.0
ไข่	14	14.0	14.0
เกลือ	0.07	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.5	1.5	1.5
น้ำ	21.5	21.5	21.5
Carboxymethyl cellulose (CMC)	1.5	1.5	1.5
ข้าวโอ๊ต	20	30	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองในข้อ 3.3.2 ด้านลักษณะทางกายภาพใช้วิธีวางแผนการทดลองเป็นการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่ม (Two samples t – test) ส่วนข้อ 3.3.3 ด้านลักษณะทางกายภาพ ใช้วิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design: CRD) และทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน วิเคราะห์ผลการทดลองแบบจัดอันดับความชอบ (Ranking Test For Preference) และข้อ 3.3.4 ด้านลักษณะทางกายภาพ ใช้วิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design: CRD) และทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการทดลองทั้งหมดวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS คำนวณเป็นค่า ANOVA และทำการทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 สูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

จากการทดลองและวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ (Water hydration properties) ได้แก่ ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking loss) , ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water absorption) และ การพองตัวของเส้น (Swelling index) ของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่สัดส่วนร้อยละ 30 ต่อ 70 ตามลำดับและให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จึงนำสัดส่วนที่ได้จากการทดลองนี้มาผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้า (ดัดแปลงจาก Soojung Heo et al. , 2012 ) และในสูตรเส้นบะหมี่นี้มีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต และน้ำที่เหมาะสม (ดัดแปลงจากชินิสราและณัฐชา, 2557 และ kanchana, 2015) ผลพบว่า เส้นบะหมี่ที่ได้ มีความเหนียวติดกันมากและขาดง่าย ซึ่งลักษณะของโด เส้นสด และ เส้นสุกของบะหมี่สูตรพื้นฐานนี้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1.1

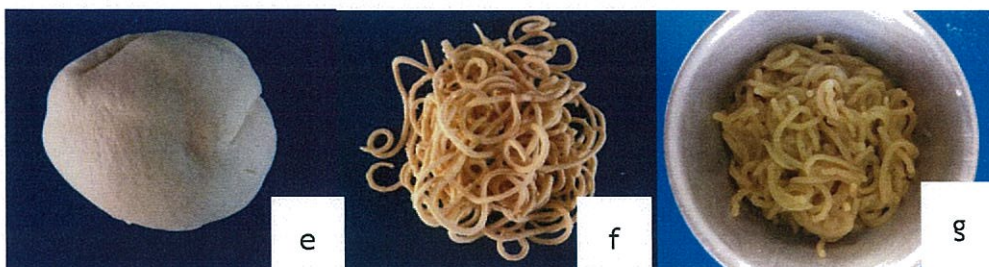


ภาพที่ 4.1.1 ลักษณะของโด (Dough : a), เส้นสด (Raw noodle : b) และเส้นต้ม (Cooked noodle : c) ของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรพื้นฐาน

#### 4.2 สูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว

เนื่องจากเส้นบะหมี่สูตรพื้นฐานที่ผลิตได้มีลักษณะไม่เหมาะสมดังที่กล่าวไปข้างต้น เพราะแป้งที่ใช้ผลิตคือแป้งข้าว ไม่มีโปรตีน กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดีน (gliadin) ที่สามารถทำให้เกิดกลูเตนได้เมื่อนวดกับน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้เส้นมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ ดังนั้น จึงใช้แป้งมันสำปะหลัง 2 ชนิด ได้แก่ Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเส้นทดแทน เพราะแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง ทำให้พองตัว และมีความเหนียวนุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 – 4.2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2.2 ลักษณะของโด (Dough : e), เส้นสด (Raw noodle : f) และเส้นต้ม (Cooked noodle : g) ของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรพื้นฐานที่ใส่แป้งมันสำปะหลังสูตรที่ 1



ภาพที่ 4.2.3 ลักษณะของโด (Dough : h), เส้นสด (Raw noodle : i) และเส้นต้ม (Cooked noodle : j) ของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรพื้นฐานที่ใส่แป้งมันสำปะหลังสูตรที่ 2



ภาพที่ 4.2.4 ลักษณะของโด (Dough : k), เส้นสด (Raw noodle : l) และเส้นต้ม (Cooked noodle : m) ของบะหมี่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรพื้นฐานที่ใส่แป้งมันสำปะหลังสูตรที่ 3

โดยผลิตบะหมี่ 3 สูตรที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) จากโปรแกรม Design expert (ตาราง 3.2.1) เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าคุณภาพของเส้นบะหมี่ในด้านกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture), ค่าสีระบบ CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking Loss), ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water absorption) , การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index) และความชุ่มชื้นของน้ำต้ม ดังแสดงในตารางที่ 4.2.1 ผลพบว่า

การวัดเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ที่ได้ทั้ง 3 สูตร มีค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ 3 มีค่าความทนต่อแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 กับสูตรควบคุมที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เพราะเส้นเหนียวติดกันมาก และขาดเป็นเส้นเล็กๆ เนื่องจากเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตรใช้อัตราส่วนของการใช้แป้งมัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำปะหลังต่างกัน (Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch) ซึ่งคุณสมบัติแป้ง Native tapioca มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้น ทำให้สามารถรีดเป็นเส้นได้ และเส้นบะหมี่มีความเหนียวและคงตัวดี และด้วยอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน จึงทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของเส้นบะหมี่ต่างกันด้วย

ตารางที่ 4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่ที่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่สัดส่วนแป้งมันสำปะหลังต่างกัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
Texture				
เนื้อสัมผัส (Tensile strength)	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	2.65 ± 0.14 <sup>b</sup>	3.12 ± 0.18 <sup>c</sup>
Color measuring				
L* <sup>ns</sup>	92.16 ± 0.13	66.04 ± 5.29	64.09 ± 0.24	78.41 ± 23.10
a* <sup>ns</sup>	- 4.44 ± 0.08	- 3.885 ± 0.67	- 4.26 ± 1.26	- 4.27 ± 0.35
b* <sup>ns</sup>	10.02 ± 7.61	18.84 ± 5.46	23.01 ± 0.86	11.31 ± 7.76
Water hydration				
ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking loss)	0.40 ± 0.34 <sup>a</sup>	1.205 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.73 ± 0.32 <sup>ab</sup>	0.63 ± 0.28 <sup>b</sup>
ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water absorbtion)	92.72 ± 0.78 <sup>b</sup>	50.81 ± 9.38 <sup>a</sup>	60.92 ± 23.99 <sup>ab</sup>	72.66 ± 7.92 <sup>ab</sup>
การพองตัวของเส้น (Swelling index)	2.64 ± 0.14 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.48 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.32 <sup>a</sup>
ความขุ่น (Turbidity)	0.12 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1.) ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างทางสถิติ (P≤0.05)

2.) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≥0.05)

3.) สูตรควบคุม = สูตรพื้นฐานไม่ใส่แป้งมันสำปะหลัง ( Native tapioca และ Pregel tapioca starch )

สูตรที่ 1 = 7.0 % Native tapioca starch : 21.0% Pregel tapioca starch

สูตรที่ 2 = 14.0% Native tapioca starch : 14.0% Pregel tapioca starch

สูตรที่ 3 = 21.0% Native tapioca starch : 7.0% Pregel tapioca starch

การวัดค่าสีพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่าง (L\*) อยู่ในช่วง 64.09 - 92.16 , ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a\*) อยู่ในช่วง (- 4.43) - (- 4.26) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b\*) อยู่ในช่วง 10.01-23.01 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05) แสดงว่า ชนิดแป้งข้าวและแป้งมันสำปะหลังไม่มีผลต่อสีของเส้นบะหมี่ เพราะเส้นบะหมี่ที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตรใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก พบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ 3 มีค่าการสูญเสียของแข็งน้อยที่สุด ตามด้วยสูตรที่ 2, 1 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากสูตรที่ 3 มีอัตราส่วนของมันสำปะหลังชนิด Native tapioca starch มากกว่าสูตรอื่น ซึ่งแป้งชนิดนี้มีคุณสมบัติไม่เป็นแป้งพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch) เมื่อละลายน้ำหรือโดนความร้อนเม็ดแป้งจะสามารถยึดเกาะกันได้ดีกว่าแป้งพรีเจลาติไนซ์ จึงทำให้แป้งละลายตัวออกมาได้น้อย (พิมพ์เพ็ญและนิธยา, 2552)

ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก พบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีค่าร้อยละการดูดซับน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุกของสูตรที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สูตรที่ 2 และ 1 เนื่องจากเส้นบะหมี่สูตรควบคุมมีปริมาณแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่มากกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวนี้ มีคุณสมบัติคือ ปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่ คือ มีปริมาณอะไมโลเพคตินและใยอาหารสูง สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งอัตราส่วนของอะไมโลสต่อ อะไมโลเพคตินในแป้งข้าวทั้งสองจะมีผลต่อการดูดซับน้ำ (พิชตรา, 2532) รวมถึงใยอาหารที่สามารถดูดซับน้ำได้เช่นกัน แม้ว่าทั้ง 3 สูตรใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวทั้งสองชนิดเท่ากัน แต่คุณสมบัติการพองตัวและการดูดซับน้ำของมันสำปะหลังทั้ง 2 ชนิดก็แตกต่างกันด้วย ทำให้ค่าร้อยละการดูดซับน้ำแตกต่างกัน

ส่วนการพองตัวของเส้น พบว่าการพองตัวของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีการพองตัวของเส้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยค่าการพองตัวของเส้นบะหมี่สูตรควบคุมที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวมีค่ามากกว่าเส้นบะหมี่ที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 สูตร เนื่องจากในแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวมีใยอาหารสูง ซึ่งสูตรควบคุมนั้นมีปริมาณแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวมากกว่าทั้ง 3 สูตร จึงมีใยอาหารและมีค่าการพองตัวมากกว่า และการพองตัวของเส้น 3 สูตรนั้นขึ้นอยู่กับค่าการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังแต่ละชนิดจากการเกิดปฏิกิริยาเจลาติไนซ์ (Gelatinization) (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2550)

ความชุ่มของน้ำต้มเส้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ 3 มีความชุ่มน้อยที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 1 เนื่องจากความแข็งแรงของเส้นต่อความร้อน ถ้ามีความชุ่มน้อย แสดงว่ามีแป้งละลายออกมาน้อย เส้นมีความแข็งแรงมากกว่าน้ำที่มีความชุ่มมาก สอดคล้องกับค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพข้างต้นของสูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังปรับปรุงคุณภาพเส้นที่เหมาะสมคือสูตรที่ 3 ที่มีสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังชนิด Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch พบว่า แป้งมันสำปะหลังไม่มีผลต่อค่า Water hydration ต่างๆและค่าสีอย่างชัดเจน แต่มีผลทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น เป็นเพราะแป้งมันสำปะหลัง ชนิด Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch ทำให้เส้นบะหมี่ยึดเกาะได้ดีขึ้น และทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ได้มากขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยแป้งมันสำปะหลังชนิด Native tapioca starch เมื่อผ่านความร้อนจะไม่สามารถคงรูปได้นาน จึงมีการใช้ Pregel tapioca starch ที่เป็นแป้งดัดแปร (Modified starch) เสริม ซึ่งจะช่วยให้เส้นบะหมี่คงรูปได้นานขึ้นและไม่ละลายน้ำ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 คุณภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในการปรับปรุงคุณภาพ

จากผลการทดลองที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) และ แซนแทนกัม (Xanthan Gum) ในการปรับปรุงคุณภาพเส้นโดยใช้ CMC ที่ ระดับ ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 และ แซนแทนกัม (Xanthan Gum) ร้อยละ 1.5, 2.0 และ 2.5 ตามลำดับ ผลพบว่าการใช้แซนแทนกัมทั้ง 3 ระดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.3.1 ทำให้เส้นบะหมี่ได้ เส้นสีเหลืองนวล เหนียวติดกันมาก และขาดเป็นเส้นเล็กๆ ดังนั้นจึงเลือกใช้เฉพาะคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) (ภาพที่ 4.2.2) แทนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส จึงเลือกสูตรนี้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมแสดงในตารางที่ 4.3.1

ตารางที่ 4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ใส่ส่วนไฮโดรคอลลอยด์ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose) 1.5%

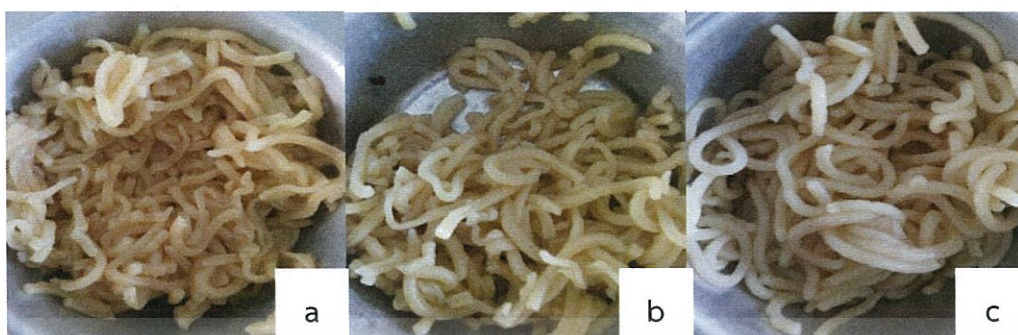
คุณสมบัติทางกายภาพ	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1
Texture		
เนื้อสัมผัส (Tensile strength)	$3.12 \pm 0.18^a$	$17.8 \pm 0.84^b$
Color measuring		
L* <sup>ns</sup>	$78.41 \pm 23.10$	$100.71 \pm 2.73$
a* <sup>ns</sup>	$-4.27 \pm 0.35$	$-5.02 \pm 0.51$
b* <sup>ns</sup>	$11.31 \pm 7.76$	$7.23 \pm 0.24$
Water hydration		
ความขุ่น (Turbidity) <sup>ns</sup>	$0.11 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.00$
ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking loss) <sup>ns</sup>	$0.63 \pm 0.28$	$0.18 \pm 0.01$
ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water absorbtion) <sup>ns</sup>	$72.66 \pm 7.92$	$96.3 \pm 0.24$
การพองตัวของเส้น (Swelling index) <sup>ns</sup>	$0.76 \pm 0.32$	$1.36 \pm 0.05$

หมายเหตุ 1.) ตัวอักษร a และ b ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

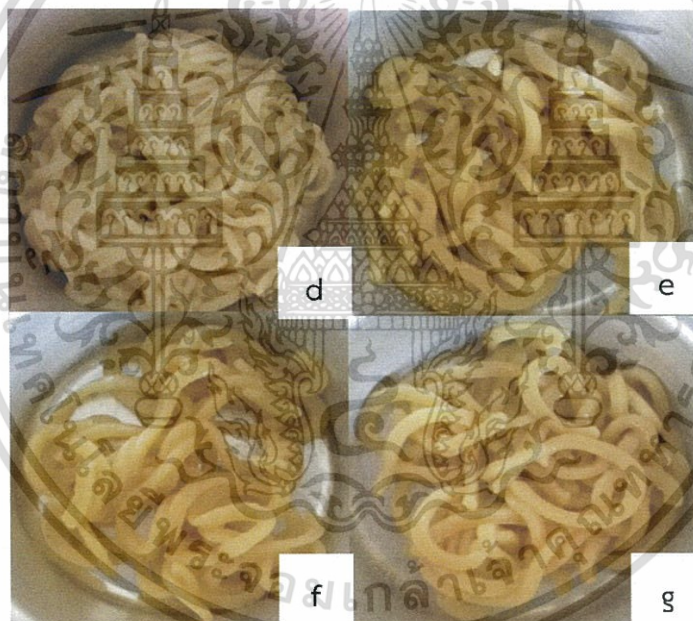
2.) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

3.) สูตรควบคุม = สูตรที่ใส่ 21.0 % Native tapioca starch : 7.0 % Pregel tapioca starch  
สูตรที่1= สูตรที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) 1.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3.1 ลักษณะเส้นต้ม (Cooked noodle : ) ของสูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์แซนแทนกัม (Xanthan Gum) ระดับต่างๆ (a : Xanthan Gum 1.5%) (b : Xanthan Gum 2.0%) และ (c : Xanthan Gum 2.5%)



ภาพที่ 4.3.2 ลักษณะเส้นต้ม (Cooked noodle : ) ของสูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose : CMC) ระดับต่างๆ (d : control) , (e : CMC 1.0%) , (f : CMC 1.5%) และ (g : CMC 2.0%)

จากตารางที่ 4.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่สูตรควบคุมและที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose : CMC) 1.5% พบว่าการวัดเนื้อสัมผัสสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 2 สูตร มีค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เนื่องจากเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 2 สูตร เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการใส่และไม่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ซึ่งคุณสมบัติคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้น ทำให้คงรูป สามารถรีดเป็นเส้นได้ และเส้นบะหมี่มีความยืดหยุ่นดี จึงทำให้ค่าแรงดึงแตกต่างกัน

ค่าสี, ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก, ร้อยละการดูดซับน้ำ, การพองตัวและความชุ่มของน้ำต้มเส้นบะหมี่ทั้งสอง พบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียวทั้ง 2 สูตร มีค่าร้อยละการสูญเสียของแข็ง, ร้อยละการดูดซับน้ำ และการพองตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) เนื่องจากเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียวทั้ง 2 สูตร เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส สูตรที่ใช้คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส มีร้อยละการสูญเสียของแข็งน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส มีคุณสมบัติช่วยอุ้มน้ำ เพิ่มความหนืด ทำให้เกิดการยึดเกาะของเส้นบะหมี่ คงตัว และการพองตัวมากขึ้น (Gularte & Rosell, 2011)

การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ที่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียวที่มีปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.3.2

ตารางที่ 4.3.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียวที่มีปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่างกัน

คุณลักษณะด้านความชอบ	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ความเหนียวนุ่ม <sup>ns</sup>	78	79	83	60
ความชอบโดยรวม	82 <sup>b</sup>	82 <sup>b</sup>	83 <sup>b</sup>	53 <sup>a</sup>

- หมายเหตุ 1.) ตัวอักษร a และ b ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )  
 2.) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P \geq 0.05$ )  
 3.) กำหนดระดับคะแนนการจัดอันดับจาก 1 ถึง 4 (1 = ไม่ชอบมากที่สุดและ 4 = ชอบมากที่สุด)  
 4.) สูตรควบคุม = สูตรที่ไม่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส  
 5.) สูตรที่ 1 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส 1.0%  
 6.) สูตรที่ 2 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส 1.5%  
 7.) สูตรที่ 3 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส 2.0%

จากตารางที่ 4.3.2 ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียวโดยใช้แบบทดสอบการจัดอันดับที่ 4 ระดับความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 30 คน ประเมินความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวม

ด้านความเหนียวนุ่ม พบว่าคะแนนความชอบความเหนียวนุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) โดยจัดอันดับเรียงจากชอบมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 3 2 1 และ 4 ตามลำดับ

ด้านความชอบโดยรวมพบว่าพบว่าคะแนนความชอบความเหนียวนุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยจัดอันดับเรียงจากชอบมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 3 2 1 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสรุปได้ว่าสูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด จึงเหมาะสมที่จะนำมาปรับปรุงคุณภาพต่อไป

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของสูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่ที่ใช้ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ปรับปรุงคุณภาพเส้นที่เหมาะสมคือ สูตรที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

#### 4.4. ผลของปริมาณข้าวโอ๊ตที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตร

จากการทดลองทำการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวผสมในสัดส่วนร้อยละ 70 ของสัดส่วนแป้งข้าวทั้งหมดที่ใช้และดัดแปลงจากชนิสรุและณัฐชา, 2557 และ kanchana, 2015 ผลพบว่าเส้นบะหมี่ที่ได้ ยังมีคุณภาพไม่พอดีจึงใช้ไฮโดรคอลลอยด์ ในการปรับปรุงคุณภาพเส้น โดยใช้คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (CMC) ที่ ระดับ ร้อยละ 1.5 ทำให้เส้นบะหมี่ที่มีคุณภาพดีขึ้นจากเดิม ต่อมาเสริมใยอาหารที่เหมาะสม สำหรับเติมในเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่สัดส่วนร้อยละ 20.0, 30.0 และ 40.0 ของน้ำหนักทั้งหมดของส่วนผสมที่ใช้ในการทำเส้นบะหมี่ในสูตรที่ได้จากข้อ 3.3.3 ดังแสดงในตารางที่ 3.4 (ภาพที่ 4.4.1) นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.4.1

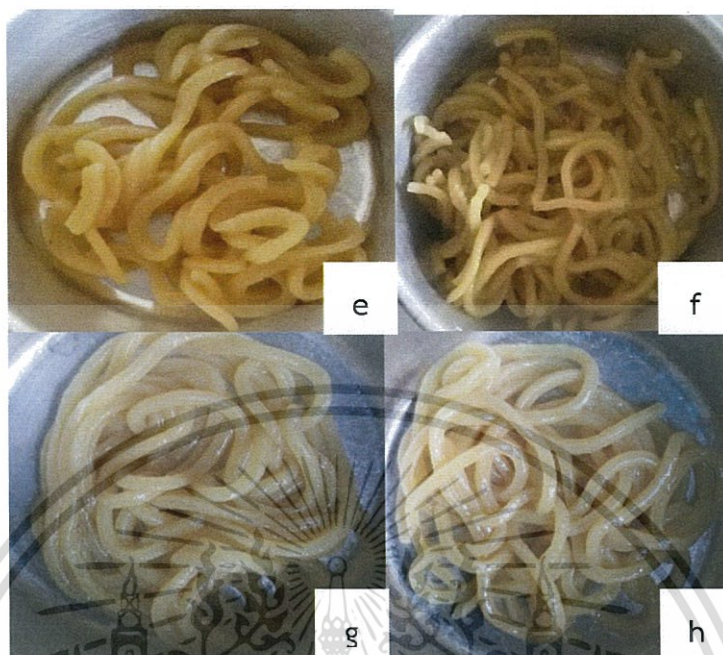
จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกัน พบว่าการวัดเนื้อสัมผัสสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เนื่องจากเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตรเป็นการเปรียบเทียบปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกัน จากผลการทดลองสูตรควบคุมมีค่าแรงดึงที่มากกว่าสูตรที่ใส่ข้าวโอ๊ตทั้ง 3 สูตรและค่าแรงดึงเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณข้าวโอ๊ตเพิ่มขึ้นตามลำดับ อาจเกิดจากใยอาหารในข้าวโอ๊ต เมื่อใส่ในปริมาณมากขึ้นทำให้มีความทนทานต่อแรงดึงมากขึ้น แต่อาจมีการเปราะ ขาดง่าย ไม่เหนียวและยืดหยุ่นเหมือนสูตรควบคุมที่มีคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (CMC) จึงทำให้ค่าแรงดึงแตกต่างกัน

การวัดค่าสีพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่ปริมาณข้าวโอ๊ตต่างๆทั้ง 3 สูตร มีค่าสีทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) กับสูตรควบคุม ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ในช่วง 88.35 – 99.17 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) อยู่ในช่วง (- 5.02) - (- 2.38) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) อยู่ในช่วง 6.72 -10.74 แสดงว่า ปริมาณข้าวโอ๊ตมีผลต่อสีของเส้นบะหมี่ โดยเมื่อปริมาณข้าวโอ๊ตเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้สีเส้นบะหมี่คล้ำลงมากขึ้นสังเกตจากค่า  $b^*$

ตารางที่ 4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
เนื้อสัมผัส (Tensile strength)	17.8 ± 0.84 <sup>c</sup>	8.3 ± 0.6 <sup>a</sup>	10.15 ± 1.06 <sup>ab</sup>	12.35 ± 2.47 <sup>b</sup>
ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking loss) <sup>ns</sup>	0.18 ± 0.01	0.22 ± 0.04	0.24 ± 0.02	0.22 ± 0.02
ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water absorption)	96.3 ± 0.24 <sup>d</sup>	70.88 ± 1.24 <sup>a</sup>	78.46 ± 2.82 <sup>b</sup>	82.70 ± 3.58 <sup>c</sup>
การพองตัวของเส้น (Swelling index)	1.36 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.74 ± 0.03 <sup>bc</sup>	1.88 ± 0.10 <sup>c</sup>
ความขุ่น (Turbidity)	0.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.175 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.09 ± 0.02 <sup>d</sup>
L*	100.71 ± 2.73 <sup>b</sup>	99.17 ± 0.79 <sup>b</sup>	82.22 ± 0.14 <sup>a</sup>	88.35 ± 3.71 <sup>a</sup>
a*	-5.02 ± 0.51 <sup>a</sup>	-2.34 ± 0.24 <sup>b</sup>	-2.74 ± 0.06 <sup>b</sup>	-2.88 ± 0.35 <sup>b</sup>
b*	7.23 ± 0.24 <sup>ab</sup>	6.9 ± 0.40 <sup>a</sup>	6.72 ± 1.08 <sup>a</sup>	10.64 ± 2.18 <sup>b</sup>

- หมายเหตุ 1) ตัวอักษร a - d ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )  
 2) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P \geq 0.05$ )  
 3) สูตรควบคุม = สูตรที่ไม่ใส่ข้าว  
 4) สูตรที่ 1 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ต 20.0%  
 5) สูตรที่ 2 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ต 30.0%  
 6) สูตรที่ 3 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ต 40.0%



ภาพที่ 4.4.1 ลักษณะของเส้นต้ม (Cooked noodle) ของสูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ตที่ระดับต่างๆ ( b )เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ( e : control), ( f : oat 20.0%) , ( g : oat 30.0%) และ ( h : oat 40.0%)

การวัดค่าสีพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่ปริมาณข้าวโอ๊ตต่างๆทั้ง 3 สูตร มีค่าสีทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) กับสูตรควบคุม ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ในช่วง 88.35 – 99.17 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) อยู่ในช่วง (- 5.02) - (- 2.38) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) อยู่ในช่วง 6.72-10.74 แสดงว่า ปริมาณข้าวโอ๊ตมีผลต่อสีของเส้นบะหมี่ โดยเมื่อปริมาณข้าวโอ๊ตเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้สีเส้นบะหมี่คล้ำลงมากขึ้น เพราะปริมาณ (ดูจากค่า  $b^*$ ) (Emine and Duygu, 2011)

ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุกพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) อาจเกิดจากใยอาหารและคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ที่ช่วยทำให้เส้นคงรูปและละลายออกมาได้น้อย

ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุกพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่ที่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีค่าร้อยละการดูดซับน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เนื่องจากเส้นบะหมี่ของสูตรควบคุมมีค่าร้อยละการดูดซับน้ำสูงกว่าสูตรที่ใส่ข้าวโอ๊ต และเมื่อปริมาณข้าวโอ๊ตมากขึ้นทำให้มีร้อยละการดูดซับน้ำมากขึ้นตามลำดับ เพราะใยอาหารและคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลสเช่นเดียวกัน ใยอาหารที่พบในแป้งข้าวโอ๊ตคือเบต้ากลูแคน (Beta - glucan) ซึ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้และสูญเสียไปในระหว่างการทดลองทำให้ค่าร้อยละการดูดซับน้ำลดน้อยลงต่ำกว่าสูตรควบคุม (Anna – Sopie, et al., 2010) แต่ก็เพิ่มขึ้นตามปริมาณข้าวโอ๊ต (Emine and Duygu, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพองตัวของเส้น พบว่าการพองตัวของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร มีค่าแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยค่าการพองตัวของเส้นบะหมี่สูตรควบคุมที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวมีค่าน้อยกว่าเส้นบะหมี่ที่ใส่ข้าวโอ๊ต และเมื่อปริมาณข้าวโอ๊ตมากขึ้น การพองตัวของเส้นก็มากขึ้นตามลำดับ เพราะใยอาหารในข้าวโอ๊ตจะช่วยอุ้มน้ำทำให้พองตัวขึ้นมากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ใส่คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Emine and Duygu, 2011)

ความชุ่มของน้ำต้มเส้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสูตรที่ 3 มีความชุ่มน้อยที่สุด ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 1 เนื่องจากความแข็งแรงของเส้นต่อความร้อน ถ้ามีความชุ่มน้อย แสดงว่ามีแป้งละลายออกมาน้อย เส้นมีความแข็งแรงมากกว่าน้ำที่มีความชุ่มมาก สอดคล้องกับค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก

การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวที่มีปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.4.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวที่มีปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกัน

คุณลักษณะด้านความชอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะของเส้นบะหมี่ <sup>ns</sup>	6.86±1.07	6.80±1.18	6.76±1.04
สี <sup>ns</sup>	6.96±0.80	7.03±0.96	6.83±0.95
เนื้อสัมผัส	6.13±1.46 <sup>ab</sup>	5.53±1.47 <sup>a</sup>	6.53±1.59 <sup>b</sup>
ความชอบโดยรวม	6.36±1.32 <sup>ab</sup>	6.03±0.96 <sup>a</sup>	6.60±1.40 <sup>b</sup>

หมายเหตุ 1.) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P \geq 0.05$ )

2.) กำหนดระดับคะแนนการยอมรับจาก 1 ถึง 9 (คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 = ชอบมากที่สุด)

3.) สูตรที่ 1 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ต 20 %

4.) สูตรที่ 2 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ต 30 %

5.) สูตรที่ 3 = สูตรเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ใส่ข้าวโอ๊ต 40 %

จากตารางที่ 4.4.2 ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกึ่งข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ปริมาณข้าวโอ๊ตต่างกันโดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนนด้วยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 -point hedonic scale โดยใช้ผู้ชิมเป็นนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 30 คน ประเมินด้านลักษณะของเส้นโดยรวม, สี, เนื้อสัมผัส, และความชอบโดยรวม ใช้น้ำซุ้บุดังในการทดสอบด้วย

ด้านลักษณะของเส้นบะหมี่ โดยรวมพบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (ระดับ 6 คะแนน) แต่ผู้ชิมให้ระดับคะแนนค่าเฉลี่ยโดยรวมของเส้นบะหมี่ที่เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวแต่ละสูตรที่ปริมาณข้าวโอ๊ตสูตรที่ 3 มากที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 สอดคล้องกับผลการทดลองด้านเนื้อสัมผัสในตาราง 4.4 ที่มีระดับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ (ระดับ 4 ถึง 5 คะแนน) ทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมมากที่สุด

ด้านสีพบว่าคะแนนความชอบด้านสีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (ระดับ 6 คะแนน) แต่ผู้ชิมให้ระดับคะแนนค่าเฉลี่ยสีของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรที่ 2 มากที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากสูตรที่ 2 เส้นบะหมี่มีสีเหลืองนวลกำลังดีระหว่างสูตรที่ 1 และ 3

ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวช่วงเฉยๆและชอบเล็กน้อย (ระดับ 5 - 6 คะแนน) แต่ผู้ชิมเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวให้ระดับคะแนนค่าเฉลี่ยเนื้อสัมผัสสูตรที่ 3 มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณข้าวโอ๊ต 40.0% มากที่สุด เส้นมีลักษณะแข็งแรง คงรูปและยืดหยุ่นได้ดี (Emine and Duygu, 2011)

ด้านความชอบโดยรวมพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (ระดับ 6 คะแนน) แต่ผู้ชิมให้ระดับคะแนนค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของเส้นบะหมี่ที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว สูตรที่ 3 มากที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองด้านเนื้อสัมผัสในตาราง 4.3.1 ที่มีระดับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (ระดับ 5 ถึง 6 คะแนน) ทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวเสริมโยอาหารจากข้าวโอ๊ตสูตรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สูตรที่ดีที่สุดพบว่าสูตรที่ 3 คือ เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวที่ใช้ข้าวโอ๊ต 40 % เป็นเส้นที่มีความแข็งแรง ยืดหยุ่น และเป็นที่ยอมรับมากที่สุด

#### 4.5 สูตรสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่โดยใช้แป้งข้าวเจ้าที่เติมโยอาหารจากข้าวโอ๊ต

จากขั้นตอนการศึกษาทั้งหมดทำให้ได้ทราบว่า การผลิตเส้นบะหมี่โดยใช้แป้งข้าวเจ้าและข้าวกล้องข้าวเหนียวที่เติมโยอาหารจากข้าวโอ๊ต สามารถทำได้โดยผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้า จากสูตรที่ได้จากซินิสรา และณัฐชา, 2557 และมาประยุกต์ใช้กับวิธีของกมลพรรณและ Emine Aydin and Duygu Gocmen มีการใช้แป้งมันสำปะหลังตามสัดส่วนที่เหมาะสมและคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (CMC) 1.5 % มาปรับปรุงคุณภาพของเส้น และเติมโยอาหารจากข้าวโอ๊ต 40.0 % (ตารางที่ 4.5.1) ลงไปในเส้นบะหมี่เพื่อเพิ่มโยอาหารใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นบะหมี่สด ซึ่งทำได้โดย ชั่งน้ำหนักส่วนผสมของการทำเส้นบะหมี่ตามอัตราส่วนดังแสดงตารางที่ นำส่วนผสมทั้งหมดลงผสมในเครื่องผสมด้วยความเร็วระดับที่ 1 จนเข้ากันดีและนวดด้วยมือจนได้ก้อนโดเนื้อเนียน นำก้อนโดที่ได้ใส่ถุงพลาสติกและพักทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำโดที่พักครบเวลาแล้วมารีดเส้น โดยใช้เครื่องรีดเส้นจะได้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (ถ้าไม่นำไปลวกทันทีให้คลุกแป้งมันไว้) นำเส้นที่ได้มาลวกในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เอาลงแช่น้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 วินาทีให้เส้นอยู่ตัว ขั้นตอนการทำเส้นบะหมี่ดังแสดงในภาพที่ 3.1

ตารางที่ 4.5.1 ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวที่เสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต 40%

ชนิดส่วนผสม	ร้อยละโดยมวล (% W/W)
แป้งข้าวเจ้า (Rice flour)	10.5
แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว (Brown Glutinous Rice Flour)	24.5
Native Tapioca Starch	19.5
Pre-gel Tapioca Starch	7.0
โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate : NaHCO <sub>3</sub> )	14.0
เกลือ (Salt)	0.07
ไข่ (Egg)	1.5
น้ำ (Water)	21.5
คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose : CMC)	1.5
ข้าวโอ๊ต (Oat fiber)	40.0

จากการศึกษาขั้นต้นการผลิตเส้นบะหมี่สดจากแป้งข้าวเจ้าและข้าวกล้องข้าวเหนียวที่เติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตมีความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามการทำให้เส้นบะหมี่สดจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตควรวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ได้เนื่องจากอาจสูญเสียไปจากกระบวนการผลิต หรืออาจเปลี่ยนชนิดของใยอาหารที่นำมาเติมในเส้นบะหมี่สดจากแป้งข้าวเจ้าและข้าวกล้องข้าวเหนียวที่เติมใยอาหารจากข้าวเป็นสารสกัดโดยตรง และทำการวิเคราะห์สารอาหารที่มี เช่น เบต้ากลูแคน (Beta - glucan) เพื่อให้ทราบถึงปริมาณของใยอาหารในเส้นบะหมี่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าว ประกอบด้วย โดยมีส่วนผสม ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า, แป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียว, ไข่, เกลือ, โซเดียมไบคาร์บอเนตและน้ำ ที่ดัดแปลงจากชนิดและพันธุ์ชา, 2557 และ kanchana, 2015 ได้สัดส่วนร้อยละโดยมวล (%W/W) ของแป้งข้าวเจ้า : แป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียว 30.0 ต่อ 70.0 %

5.1.2 สูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่ที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียว ที่จะนำมาเสริมใยอาหารซึ่งปรับปรุงคุณภาพสูตรพื้นฐานนี้ด้วยแป้งมันสำปะหลัง คือ Native tapioca starch และ Pregel tapioca starch คือสูตร 3 ที่สัดส่วนร้อยละโดยมวล (% W/W) 21.0 และ 7.0 ตามลำดับ เนื่องจากมีการคงตัวของเส้นที่ดี เนื้อแป้งมีลักษณะเหนียวนุ่ม จึงเป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมากที่สุด

5.1.3 คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxymethyl Cellulose) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมจะสัดส่วนร้อยละโดยมวลที่ (% W/W) 1.5 นำมาผลิตเส้นบะหมี่ที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียว เนื่องจากเส้นบะหมี่มีเนื้อแป้งมีลักษณะเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น คงรูปได้ดี จึงเป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมากที่สุด

5.1.4 สูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่ที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวกุ้งข้าวเหนียว ที่นำมาเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตที่ร้อยละ 40.0 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้รับการยอมรับมากที่สุด

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. การนวดแป้งให้ทั่ว สม่ำเสมอกัน เพื่อให้แป้งโดเป็นเนื้อเดียวกันให้มากที่สุด ก่อนไปรีดเป็นเส้นเพื่อคุณภาพที่ดีของเส้นบะหมี่

5.2.2. หลังการลวกเส้นบะหมี่ด้วยน้ำร้อน ควรนำเส้นบะหมี่มาแช่น้ำเย็นต่อทันที เพื่อให้เส้นบะหมี่มีความยืดหยุ่น



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

#### ก.1 แบบสอบถามวิธีเรียงลำดับความชอบ(Ranking test)

##### แบบสอบถามวิธีเรียงลำดับความชอบ

ผลิตภัณฑ์เส้นขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต วันที่..... ผู้ทดสอบ .....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และเขียนลำดับความชอบที่ท่านรู้สึก โดย 4 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ชอบน้อยที่สุด ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

ความเหนียวนุ่ม

รหัส .....

ลำดับที่ : .....

ความชอบรวม

รหัส .....

ลำดับที่ : .....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก.2 แบบสอบถามวิธีเรียงลำดับความชอบ(9 - Hedonic scale)

แบบสอบถามวิธีการให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์เส้นขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต วันที่..... ผู้ทดสอบ .....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

สเกลความชอบ : 1 = ไม่ชอบมากที่สุด    2 = ไม่ชอบมาก    3 = ไม่ชอบปานกลาง  
 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย    5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ    6 = ชอบเล็กน้อย  
 7 = ชอบปานกลาง    8 = ชอบมาก    9 = ชอบมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ	รหัสตัวอย่าง		
		582	409
ลักษณะปรากฏ			
ลม			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

#### ข.1 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

1.1 ผลวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเมื่อทดลองใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวที่ปริมาณต่างๆ ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) ชนิดต่างๆ

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Texture	Between Groups	16.901	3	5.634	439.699	.000
	Within Groups	.051	4	.013		
	Total	16.952	7			
L	Between Groups	1011.084	3	337.028	2.398	.209
	Within Groups	562.117	4	140.529		
	Total	1573.201	7			
a	Between Groups	.801	3	.267	1.190	.419
	Within Groups	.897	4	.224		
	Total	1.697	7			
b	Between Groups	229.643	3	76.548	2.056	.249
	Within Groups	148.897	4	37.224		
	Total	378.540	7			
Cookingloss	Between Groups	.690	3	.230	3.057	.154
	Within Groups	.301	4	.075		
	Total	.991	7			
WAI	Between Groups	1943.942	3	647.981	3.564	.126
	Within Groups	727.291	4	181.823		
	Total	2671.233	7			
Swelling	Between Groups	5.194	3	1.731	17.438	.009
	Within Groups	.397	4	.099		
	Total	5.592	7			
Turbidity	Between Groups	.022	3	.007	4.661	.086
	Within Groups	.006	4	.002		
	Total	.028	7			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

Texture				
Duncan				
starch	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
control (rice 30 : sticky rice 70)	2	.0000		
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2	.0000		
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2		2.6500	
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2			3.1250
Sig.		1.000	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				

ตารางที่ 1.1.2 ค่าสีระบบ CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )

L				
Duncan				
starch	N	Subset for alpha = 0.05		
		1		
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2	64.0900		
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2	66.0350		
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	78.4100		
control (rice 30 : sticky rice 70)	2	92.1650		
Sig.		.082		
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a		
Duncan		
starch	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2	-4.7635
control (rice 30 : sticky rice 70)	2	-4.4350
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	-4.2700
Modified starch( NT 7% : AT 21%)	2	-3.8850
Sig.		.143
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.		
b		
Duncan		
starch	N	Subset for alpha = 0.05
		1
control (rice 30 : sticky rice 70)	2	10.0150
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	11.3100
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2	18.8350
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2	23.0100
Sig.		.105
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1.3 ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking Loss)

Cookingloss			
Duncan			
starch	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
control (rice 30 : sticky rice 70)	2	.3982	
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	.6300	.6300
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2	.7348	.7348
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2		1.2050
Sig.		.293	.109
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

ตารางที่ 1.1.4 ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption)

WAI			
Duncan			
starch	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2	50.8100	
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2	60.9221	60.9221
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	72.6600	72.6600
control (rice 30 : sticky rice 70)	2		92.7225
Sig.		.186	.082
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1.5 การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index)

Swelling index			
Duncan			
starch	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2	.7596	
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	.7675	
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2	.8000	
control (rice 30 : sticky rice 70)	2		2.6362
Sig.		.905	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

ตารางที่ 1.1.6 ความขุ่น (Turbidity)

Turbidity			
Duncan			
starch	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Modified starch ( NT 21% : AT 7%)	2	.1100	
control (rice 30 : sticky rice 70)	2	.1145	
Modified starch ( NT 7% : AT 21%)	2	.1200	
Modified starch ( NT 14% : AT 14%)	2		.2350
Sig.		.814	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.2 การศึกษาชนิดไฮโดรคอลลอยด์สำหรับปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

2.1 ผลวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเมื่อทดลองใช้ไฮโดรคอลลอยด์ คือ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose) ที่ระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ใช้วิธี Two sample T - test

ตารางที่ 2.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

		Group Statistics						
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Mean		
Texture	control	2	3.1250	.17678	.12500			
	CMC15	2	17.5000	.42426	.30000			

		Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances								
		F	Sig	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Texture	Equal variances assumed	5.512E16	.0	-44.231	2	.001	-14.3750	.3250	-15.7734	-12.9766
	Equal variances not assumed	5.512E16	.0	-44.231	1.337	.004	-14.3750	.3250	-16.7016	-12.0484

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.2 ค่าสีระบบ CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
L	Control	2	78.4100	23.10825	16.34000
	CMC15	2	1.0071E2	2.72943	1.93000

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances										
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
L	Equal variances assumed	2.394E18	.000	-1.355	2	.308	-22.300	16.4536	-93.0940	48.4940
	Equal variances not assumed			-1.355	1.028	.400	-22.300	16.4536	-218.4199	173.8199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
a	Control	2	-4.4350	.07778	.05500
	CMC15	2	-3.8850	.67175	.47500

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances										
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
a	Equal variances assumed	1.663E18	.00	-1.150	2	.369	-.5500	.4782	-2.6074	1.5074
	Equal variances not assumed			-1.150	1.027	.452	-.5500	.4782	-6.2634	5.1634

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
b	Control	2	11.3100	7.76403	5.49000
	CMC15	2	7.2300	.24042	.17000

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances										
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
b	Equal variances assumed	1.829E16	.00	.743	2	.535	4.0800	5.4926	-19.5529	27.7129
	Equal variances not assumed			.743	1.0	.593	4.0800	5.4926	-65.3956	73.5556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.3 ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking Loss)

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Cooking Loss	Control	2	.6300	.28284	.20000
	CMC15	2	.1850	.00707	.00500

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances										
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Cooking Loss	Equal variances assumed	6.833	.000	2.224	2	.156	.44500	.2000	-4158	1.3058
	Equal variances not assumed			2.224	1.00	.269	.44500	.2000	-2.0895	2.9795

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.4 ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption)

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WAI	Control	2	72.6600	7.91960	5.60000
	CMC15	2	96.3050	.24749	.17500

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances										
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
WAI	Equal variances assumed	2.302E16	.00	-4.22	2	.052	-23.6450	5.6027	-47.7516	.4616
	Equal variances not assumed	2.302E16	.00	-4.22	1.00	.148	-23.6450	5.6027	-94.5074	47.2174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.5 การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index)

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Swelling	Control	2	.7675	.32598	.23050
	CMC15	2	1.3600	.05657	.04000

Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances										
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Swelling	Equal variances assumed	8.103E17	.00	-2.53	2	.127	-.5925	.2339	-1.5990	.4140
	Equal variances not assumed			-2.53	1.06	.228	-.5925	.2339	-3.1945	2.0095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.6 ความขุ่น (Turbidity)

Group Statistics					
	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Turbidity	Control	2	.1100	.01414	.01000
	CMC15	2	.0700	.00000	.00000

Independent Samples Test									
Levene's Test for Equality of Variances									
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
Turbidity	Equal variances assumed	4.00	.057	4.00	2	.057	.0400	.0100	-.0030 .0830
	Equal variances not assumed	4.00	.156	4.00	1.00	.156	.0400	.0100	-.0870 .1670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเมื่อทดลองใช้ไฮโดรคอลลอยด์ คือ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose) ที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบ (Ranking test)

ตัวอย่าง A คือ สูตรควบคุม (245)

ตัวอย่าง B คือ CMC 1.0 % (862)

ตัวอย่าง C คือ CMC 1.5 % (351)

ตัวอย่าง D คือ CMC 2.0 % (746)

ปัจจัยคุณภาพ	ผลรวมอันดับ			
	ตัวอย่าง A	ตัวอย่าง B	ตัวอย่าง C	ตัวอย่าง D
ความเหนียวนุ่ม <sup>ns</sup>	78	79	83	60
ความชอบโดยรวม	82 <sup>b</sup>	82 <sup>b</sup>	83 <sup>b</sup>	53 <sup>a</sup>

การใช้วิธี Friedman

เรียงลำดับผลรวมจากมากไปน้อย

คำนวณค่า T

$$\text{คำนวณจากสูตร } T = \left[ \frac{12}{bt(t+1)} \times (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_n^2) \right] - 3b(t+1)$$

$$\begin{aligned} T \text{ ความเหนียวนุ่ม} &= \left[ \frac{12}{30 \times 4(4+1)} \times (78^2 + 83^2 + 79^2 + 60^2) \right] - 3 \times 30(4+1) \\ &= 6.28 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 T \text{ ความชอบรวม} &= \left[ \frac{12}{30} \times (82^2 + 83^2 + 82^2 + 53^2) \right] - 3 \times 30 (4+1) \\
 &= 30 \times 4(4+1) \\
 &= 12.92
 \end{aligned}$$

ค่า  $X^2$  เปิดตาราง ได้ = 7.82 (df = 3) จาก 4 ตัวอย่าง

ดังนั้น ความเหนียวนุ่ม ไม่แตกต่าง แต่ความชอบโดยรวมแตกต่างกัน เพราะค่า T ความชอบรวมมากกว่าค่าที่เปิดจากตาราง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.3 การศึกษาปริมาณข้าวโอ๊ตที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

3.1 ผลวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเมื่อทดลองใช้ปริมาณข้าวโอ๊ตที่ระดับต่างๆ

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
texture	Between Groups	94.925	3	31.642	16.331	.010
	Within Groups	7.750	4	1.938		
	Total	102.675	7			
L	Between Groups	469.401	3	156.467	28.607	.004
	Within Groups	21.878	4	5.470		
	Total	491.280	7			
a	Between Groups	8.480	3	2.827	35.041	.002
	Within Groups	.323	4	.081		
	Total	8.802	7			
b	Between Groups	20.724	3	6.908	4.486	.091
	Within Groups	6.159	4	1.540		
	Total	26.883	7			
WAI	Between Groups	717.423	3	239.141	66.008	.001
	Within Groups	14.492	4	3.623		
	Total	731.914	7			
Cookingloss	Between Groups	.003	3	.001	1.396	.366
	Within Groups	.003	4	.001		
	Total	.006	7			
Swelling	Between Groups	.286	3	.095	24.307	.005
	Within Groups	.016	4	.004		
	Total	.301	7			
Turbidity	Between Groups	.964	3	.321	1.725E4	.000
	Within Groups	.000	4	.000		
	Total	.964	7			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

texture				
Duncan				
starch	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
oat 20%	2	8.3000		
oat 30%	2	10.1500	10.1500	
oat 40%	2		12.3500	
control	2			17.5000
Sig.		.255	.189	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 3.1.2 ค่าสีระบบ CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )

Duncan				
starch	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
oat 30%	2	82.2200		
oat 40%	2	88.3550		
oat 20%	2		99.1700	
control	2		100.7100	
Sig.		.059	.546	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a			
Duncan			
starch	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
control	2	-5.0200	
oat 40%	2		-3.0850
oat 30%	2		-2.7400
oat 20%	2		-2.3400
Sig.		1.000	.062
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

b			
Duncan			
starch	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
oat 30%	2	6.7250	
oat 20%	2	6.9000	
control	2	7.2300	7.2300
oat 40%	2		10.6450
Sig.		.708	.051
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.3 ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking Loss)

Cookingloss		
Duncan	N	Subset for alpha = 0.05
starch		1
control	2	.1850
oat 40%	2	.2150
oat 20%	2	.2186
oat 30%	2	.2400
Sig.		.118

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 3.1.4 ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption)

WAI					
Duncan	N	Subset for alpha = 0.05			
starch		1	2	3	4
oat 20%	2	70.8820			
oat 30%	2		76.4642		
oat 40%	2			82.7064	
control	2				96.3050
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.5 การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index)

Swelling index				
Duncan				
starch	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
control	2	1.3600		
oat 20%	2		1.6434	
oat 30%	2		1.7400	1.7400
oat 40%	2			1.8750
Sig.		1.000	.198	.097

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 3.1.6 ความขุ่น (Turbidity)

Turbidity					
Duncan					
starch	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
control	2	.0700			
oat 30%	2		.1100		
oat 20%	2			.1735	
oat 40%	2				.9150
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเมื่อทดลองใช้ปริมาณข้าวโอ๊ตที่ระดับต่างๆ

ตารางที่ 3.2.1 การยอมรับทางด้านลักษณะเส้นโดยรวม

noodle		
Duncan		
block	N	Subset
		1
oat40%	30	6.7667
oat30%	30	6.8000
oat20%	30	6.8667
Sig.		.579
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square (Error) = .423.		

ตารางที่ 3.2.2 การยอมรับทางด้านสี

color		
Duncan		
block	N	Subset
		1
oat40%	30	6.8333
oat20%	30	6.9667
oat30%	30	7.0000
Sig.		.165
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square (Error) = .187.		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.3 การยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส

texture				
Duncan			Subset	
block	N		1	2
oat30%	30		5.5000	
oat20%	30		6.1000	6.1000
oat40%	30			6.5333
Sig.			.056	.165

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square (Error) = 1.423.

ตารางที่ 3.2.4 การยอมรับทางด้านความชอบรวม

prefer				
Duncan			Subset	
block	N		1	2
oat30%	30		6.0333	
oat20%	30		6.3667	6.3667
oat40%	30			6.6000
Sig.			.163	.327

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square (Error) = .836.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

### การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของ

### ตัวอย่างเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้า

#### ค.1 การวัดเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

Texture Profile คือการพรรณนาค่าศัพท์เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยในเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) วัดค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสอาหารออกมา ซึ่งจะมีโปรแกรมสำเร็จรูปอธิบายค่าในลักษณะของ Texture Profile ได้

#### วิธีการ

ประกอบชุดเครื่องมือวัด Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

โดยใช้หัววัดชนิด tensile : A/SPR

ตัดตัวอย่างเส้นบะหมี่ ความยาว 20 เซนติเมตร

Calibrate force และ Calibrate probe ก่อนทำการวัดทุกครั้ง

เลือกรูปแบบการวัด Test Mode and option (TPA)

Parameters:	Pre Test Speed	3.0 mm/s
	Test Speed	3.0 mm/s
	Post Test Speed	5.0 mm/s
	Rupture Test Dist	1.0 mm
	Distance	70.0 mm
	Force	25000 g
	Time	60 sec.
	Count	5

เกี่ยวข้องกับหัววัด กดคำสั่งวัดค่า เมื่อเริ่มทำการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์  
จะแสดงกราฟที่วัด

ส่งโปรแกรมคำนวณหาค่า TPA ของเส้นบะหมี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Texture Profile Analysis มีค่าเนื้อสัมผัสที่วัดได้ดังนี้

1. Tensile stress หมายถึง ความเค้นดึง คือ แรงที่ใช้ในการดึงหรือยืดตัวอย่าง
2. Tensile strain หมายถึง ความเครียดตามแนวตั้ง

ซึ่งความเค้นดึง (tensile stress) กับความเครียดตามแนวตั้ง (tensile strain) แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟ เรียกว่า กราฟความเค้นกับความเครียด (stress-strain curve) หรือ แรงดึงกับระยะการเปลี่ยนรูป (deformation) ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวออกจากระยะเดิม

## ค.2 การวัดค่าสีค่าสีระบบ CIE ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) ด้วย CR-400 CHROMA METER

1. ต่อสายไฟเข้าที่หัววัดและกล่องแสดงผล
2. เปิดสวิตช์ ON ที่หัววัดและที่กล่องแสดงผล
3. CALIBRATE ที่หัววัดก่อนโดยใช้ แผ่น WHITE PLATE แล้วคีย์ค่าตามเหมือนที่ แผ่น WHITE PLATE ระบุไว้ เอาหัววัดไปทาบบนแผ่น WHITE PLATE แล้วกดปุ่มเครื่องวัด 1 ครั้ง รอให้เครื่องทำการ CALIBRATE สังเกตจากจะมีแสงไฟเหมือน แสงแฟลชสว่างขึ้นมา 3 ครั้ง และหน้าจอแสดงผล มีคำว่า NOW CALIBRATING
4. สามารถนำไปใช้งานได้ทันที โดยการวัดค่าสี กับสิ่งต่างๆ ก็ทำเช่นเดียวกัน คือ กดปุ่มเครื่องวัด 1 ครั้ง รอให้เครื่องทำการ CALIBRATE สังเกตจากจะมีแสงไฟเหมือน แสงแฟลชสว่างขึ้นมา 3 ครั้ง และหน้าจอแสดงผล มีคำว่า และค่าแสดงผลบนหน้าจอ จะมีค่า

$L^*$  = ความสว่าง (0 - 100)

$a^*$  =  $+a^*$  หมายถึงอยู่ในทิศของสีแดง และ  $-a^*$  หมายถึงอยู่ในทิศของสีเขียว

$b^*$  =  $+b^*$  หมายถึงอยู่ในทิศของสีเหลือง และ  $-b^*$  หมายถึงอยู่ในทิศของสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ค.3 การวัดค่า ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุก (Cooking Loss)

นำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยว 10 g. มาใส่ในน้ำเดือด 500 ml.

ต้มเป็นเวลา 3 นาที

นำเส้นบะหมี่ขึ้นมาพักไว้ 5 นาทีแยกไว้ นำไปคำนวณ ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption) และค่าการพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index) และแยกน้ำต้มเก็บไว้

ปิเปิดน้ำต้มที่เก็บไว้มา 10 ml. ใส่ Aluminium can ที่อบแห้งไว้แล้ว

นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 5 – 6 ชั่วโมง

นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desicator) แล้วชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักต้องคงที่ ต่างกันไม่เกิน 0.01 – 0.03 g.)

ชั่งน้ำหนัก

จัดบันทึกน้ำหนัก

คำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{Cooking Loss} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนน้ำต้มหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักเส้นบะหมี่สด}} \times 100$$

### ค.4 การวัดค่าร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption)

ใช้วิธีการทดลองเหมือนกับ %Cooking Loss คำนวณจากสูตร

$$\% \text{Water Absorption} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นบะหมี่ต้ม} - \text{น้ำหนักเส้นบะหมี่สด}}{\text{น้ำหนักเส้นบะหมี่สด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.5 การวัดค่าการพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling index )

เส้นบะหมี่สดต้มแล้ว (Cooked noodles)

นำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยว 10 g. มาใส่ในน้ำเดือด 500 ml.

ต้มเป็นเวลา 3 นาที

เอาขึ้นมาพักไว้ 5 นาที

ชั่งน้ำหนัก

จดบันทึกน้ำหนัก

เส้นบะหมี่ต้มและอบแห้งแล้ว (Cooked noodles after drying)

เส้นบะหมี่สดต้มแล้ว โปบที่อุณหภูมิ 40 °C ทิ้งไว้ 1 คืน

ชั่งน้ำหนัก

จดบันทึก

นำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{Swelling index} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นบะหมี่ต้ม} - \text{น้ำหนักเส้นบะหมี่ต้มที่อบแห้ง}}{\text{น้ำหนักเส้นบะหมี่ต้มที่อบแห้ง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล            นางสาว กนกวรรณ เชื้อนคำ  
 วัน เดือน ปี เกิด        4 ตุลาคม 2536  
 ประวัติการศึกษา        คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร  
                                   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (จบการศึกษาเมื่อปีการศึกษา  
                                   2558)  
 ประสบการณ์ทำงาน    ฝึกงาน บริษัท เอ็นเอสแอล ฟู้ดส์ จำกัด (พ.ศ. – มิ.ย. 2558)  
 และผลงานวิจัย        เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต

ชื่อ-นามสกุล            นางสาว เจนจิรา ไชยเดช  
 วัน เดือน ปี เกิด        17 เมษายน 2537  
 ประวัติการศึกษา        คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร  
                                   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (จบการศึกษาเมื่อปีการศึกษา  
                                   2558)  
 ประสบการณ์ทำงาน    ฝึกงานบริษัท แมคคีย์ ฟู้ด เซอร์วิสเฮส (ประเทศไทย) จำกัด (พ.ศ. – มิ.ย. 2558)  
 และผลงานวิจัย        เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กนกกานต์ วีระกุล. 2545. การพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ. 2554. สมบัติทางเคมี-กายภาพและหน้าที่ของแป้งถั่วเหลืองและการประยุกต์ใช้. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 10 – 86.
- กมลรัตน์ รักกิจศิริ. 2549. การศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาขนมปัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กมลวรรณ อิศราคาร. 2548. ผลของการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กฤติกา บุรณโชคไพศาล. 2556. การพัฒนาขนมปังเสริมซีสแตนท์สตาร์ช. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 11-90.
- งามชื่น คงเสรี. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 157
- ชนิสรา ปุตตธรรมกุล และณัฐชา บุบผาสวรรค์. 2556. การผลิตเส้นขนมปังที่ปราศจากกลูเตนแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นิภารัตน์ ศรีเรศ, เย็นจิต พรหมบุญ และ ชิต ศิริวรรณ. ผลของการเสริมเบต้ากลูแคนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตสุรูปมูล และค่าโลหิตวิทยาของสุกรรุ่น. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 18: 39 - 40.
- ประสงค์ เทียนบุญ. โยอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.med.cmu.ac.th/dept/Nutrition/DATACOMMON/nutrition%20requirement2.pdf>. 31 ตุลาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรีศนา สุวรรณภรณ์ และ กมลพรรณ วิวัฒน์วณิชย์. 2546. ผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี. ในการประชุมทางวิชาการสาขาอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปานมนัส ศิริสมบุรณ์. 2555. เทคโนโลยีเนื้อสัมผัสของผลผลิตเกษตรและอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มินเซอริวิส ซัพพลาย.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. Beta glucan / บีตา-กลูแคน.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1088/Beta-glucan-บีตา-กลูแคน>. 30 ตุลาคม 2558.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. โยอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1102/dietary-fiber-โยอาหาร>. 31 ตุลาคม 2558.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คุกกี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2554/agip20354sn\\_ch2.pdf](http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2554/agip20354sn_ch2.pdf). 31 ตุลาคม 2558.

ยุทธนา พิมพ์ศิริผล, กมลวรรณ แจ่มชัด , สมบัติ ขอทวีวัฒนา และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศ. ใน การประชุมทางวิชาการสาขาอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพร พิชกมฺุท. 2557. คู่มือปฏิบัติการ วิชาเคมีอาหาร FOOD-CHEMISTRY. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. มหาวิทยาลัยมหิดล. 2556. ผลิตภัณฑ์แป้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sc.mahidol.ac.th/wiki/doku.php?id=ผลิตภัณฑ์แป้ง>. 31 ตุลาคม 2558.

ละม้ายมาศ ยังสุข, งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน, จารุวรรณ บางแวก, อนุวัฒน์ รัตนชัยและ พูลศรีสว่างจิต.2546. การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์พาสต้า. หน้า 26 – 27 . ใน บทความวิชาการประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2546. กรุงเทพฯ.

ศิริจนา กันภัย. บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรท-ไฮโดรคอลลอยด์ และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap4/Chapter4\\_1.html](http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap4/Chapter4_1.html).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เสมอพร ส้งวาสี. 2552. บะหมี่นานาชาติ. กรุงเทพมหานคร. สายธุรกิจโรงพิมพ์. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- Ai-Ling Choy, Bee K. May, Darryl M. Small. 2011. The effects of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles. *Food Hydrocolloids*. 26:2 – 8.
- Anna – Sophie Hager, Liam A.M. Ryan, Clarissa Schwab, Michael G. Ganzle, John V.O’Doherty and Elke K. Arendt. 2010. Influence of the soluble fibres inulin and oat  $\beta$ -glucan on quality of dough and bread. *Eur Food Res Technol*. 232:405 – 413.
- BETA GLUCAN - opac.tistr.or.th. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: opac.tistr.or.th/Multimedia/STJN/4704/4704-9.pdf. 26 ตุลาคม 2558.
- Basic Report: 20038, Oats. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/6507?fgcd=&manu=&facet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=Oat>. 7 พฤศจิกายน 2558.
- C. E. McDonald . *Methods of Protein Analysis*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/handle/10365/4777/farm\\_34\\_05\\_01.pdf?sequence=1](http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/handle/10365/4777/farm_34_05_01.pdf?sequence=1). 7 พฤศจิกายน 2558.
- e-KMUTT. บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/.../Chap4\\_intro.htm](http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/.../Chap4_intro.htm). 2 พฤศจิกายน 2558.
- Emine Aydin and Duygu Gocmen .2011. Cooking quality and sensorial properties of noodle supplemented with oat flour. *Food Science and Biotechnology*. 20 : 507-511.
- Hye Lim Jang a, In Young Bae b and Hyeon Gyu Lee. 2015. In vitro starch digestibility of noodles with various cereal flours and Hydrocolloids. *LWT - Food Science and Technology*. 63: 122 – 128.
- Institute of Nutrition Mahidol University. 2015. Thai Food Composition Tables. 2<sup>nd</sup> ed Judthong Co., Ltd : Mahidol University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- K. Tsatsaragkou, G. Gounaropoulos and I. Mandala . 2014. Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*. 58 : 124 – 129.
- Kanchana Iijima. ทำเส้นอุด้งแบบง่ายๆ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.youtube.com/watch?v=pL2GbrCBmf0>. 20 พฤษภาคม 2559.
- Kanchana Iijima. บะหมี่เหลือง(ญี่ปุ่น) . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.youtube.com/watch?v=o6dLeKC9pGU>. 20 พฤษภาคม 2559.
- Lovefitt. ข้าวโอ๊ต สุดยอดอาหารไขมันต่ำเพื่อการลดน้ำหนัก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.lovefitt.com/tag/ข้าวโอ๊ต/>. 22 ตุลาคม 2558.
- Oh, N.H., P.A.Seib, C.W.Deyoe, and A.B.Ward. 1983. Measuring The Textural Characteristics of Cooked Noodle. *Cereal Chem.* 60(6) ; 433-438.
- Soojung H, Soyong J and Suyong L. 2014. Utilization of *Lentinus edodes* mushroom  $\beta$  - glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. *LWT - Food Science and Technology*. 55: 627- 631.
- S. Suzanne Nielsen. Compositional Analysis of Foods. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-1478-1](http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-1478-1). 8 ธันวาคม 2558.
- Thai Tapioca Starch Association (TTSA). แบ่งตัดแปลงโครงสร้าง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://www.thaitapiocastarch.org/article25\\_th.asp](http://www.thaitapiocastarch.org/article25_th.asp). 22 ตุลาคม 2558.
- The world' s healthiest foods. Oats. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=54>. 5 พฤศจิกายน 2558.
- U.S. Food and Drug Administration. 2015. Soluble fiber from certain foods and risk of coronary heart. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=101.81>. 15 พฤศจิกายน 2558.
- William Mccoy. Is Rice Flour Gluten Free?. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.livestrong.com/article/362942-is-rice-flour-gluten-free/#page=1>. 5 พฤศจิกายน 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yuree Wandee, Dudsadee Uttapap , Santhanee Pucha-arnon, Chureerat Puttanlek,Vilai Rungsardthong and Nuanchawee Wetprasit.2015. Quality assessment of noodles made from blends of rice flour and canna starch. Food Chemistry. 176: 85 – 93.



## สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้