ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

(Study on high protein rice flour production)

โดย

นางสาว ณัชฌา พันธุ์วงษ์ รหัส 42045082

นางสาว นภาศิริ วิริยกิจโกศล รหัส 42045086

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 14/3/47 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17506

การศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

(Study on high protein rice flour production)

T096577

โดย

นางสาว ณัชฌา พันธุ์วงษ์ รหัส 42045082

นางสาว นภาศิริ วิริยกิจโกศล รหัส 42045086

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2543

ปฟ.
ณ261ก
2543
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.96577
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัชฌา พันธุ์วงษ์และนภาศิริ วิริยกิจโกศล. 2543 : การศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง(Study on high protein rice flour production) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ alpha amylase ในการย่อยแป้ง โดยศึกษาปัจจัยอัตราส่วนของข้าวบด:น้ำและปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง โดยกำหนดอัตราส่วนของข้าวบด:น้ำเป็น 1:2 1:3 และ 1:4 และความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้เป็น 0.05% 0.10% และ 0.15% หลังจากนั้นทำการปรับ pHเป็น 6.0-6.5 แล้วนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที กรองผ่านตะแกรงขนาด 100mesh ล้างส่วนที่เป็นของแข็งด้วยน้ำร้อนและตามด้วยการล้างด้วย ethanol 95% นำส่วนของแข็งที่ได้มาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งได้เป็นแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่าอัตราส่วนข้าวบด:น้ำและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้มีผลให้ปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่อัตราส่วนข้าวบด:น้ำ 1:3 จะให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดเมื่อเทียบกับที่ใช้อัตราส่วนข้าวบด:น้ำ 1:2 และ 1:4 และที่ความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ตัวอย่างแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ 0.15%อัตราส่วนข้าวบด:น้ำ 1:3 จะได้ค่าปริมาณโปรตีนสูงสุดคือ 28.91% และปริมาณความชื้นของแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้จะอยู่ในช่วง 5.17%- 5.93% ปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้คิดเป็นประมาณ 19.86% - 23.41% ของปลายข้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้น

ณัชฌา พันธุ์วงษ์	.....	๑๔/๖/๔๔
นภาศิริ วิริยกิจโกศล	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
ลายมือชื่อนักศึกษา		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจาก ดร.พ่อใจ ถามากร รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา และ ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดมา ผู้จัดทำรู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เอนไซม์ alpha amylase (BAN 480L) จากบริษัท EAST ASIATIC ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการปัญหาพิเศษและคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนเพื่อน ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

ณัชฌา พันธุ์วงษ์
นภาศิริ วิริยกิจโกศล
9 มีนาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์	2
2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของข้าว	2
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว	3
2.3 ความหมายของคำว่าแป้ง	5
2.4 องค์ประกอบของแป้ง	5
2.5 เอนไซม์ที่ย่อยสลายแป้ง	6
2.6 กรรมวิธีการผลิต High protein rice flour และ syrup ชนิดต่างๆ	7
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 วัตถุดิบ	11
3.2 อุปกรณ์	11
3.3 สารเคมี	12
3.4 วิธีการทดลอง	12
บทที่ 4 ผลและอภิปรายผลการทดลอง	15
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	19
หนังสืออ้างอิง	20
ภาคผนวก	21
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข. การคำนวณการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของตัวอย่างข้าวบด	25
ภาคผนวก ค. ตรวจสอบ enzyme activity โดยวิธีของบริษัท NoVo Nordisk	26
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ทางสถิติ	30
ภาคผนวก จ.	33
ประวัติผู้เขียน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกและส่วนต่างๆที่ได้จากการขัดสีข้าว 4

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของธัญพืชชนิดต่างๆ 4

ตารางที่ 4.1 การศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของตัวอย่างข้าวบด 15

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้นและปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้ในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เมื่อใช้อัตราส่วนข้าวบด : น้ำและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆกัน 17

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าดูดกลืนแสงของเอนไซม์ alpha amylase (BAN 180L) ณ.เวลาต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร 28

ตารางที่ ง.1 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวบด : น้ำและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆกัน 30

- แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณความชื้นในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวบด : น้ำและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆกัน 31
- แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวบด : น้ำและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆกัน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	ลักษณะโดยทั่วไปของข้าว	3
ภาพที่ 2.2	แสดงโครงสร้างเป็นวงของหน่วยกลูโคไซด์	6
ภาพที่ 2.3	แผนผังการผลิต High fructose rice syrup และ High protein rice flour	9
ภาพที่ 2.4	แผนผังการผลิต Rice protein isolate	10
ภาพที่ 3.1	ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนของข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ในกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง	14
ภาพที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับอัตราส่วนของข้าวบด : น้ำ ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆกัน	18
ภาพที่ ค.1	แสดงการตรวจสอบ enzyme activity โดยวิธีของบริษัท Novo Nordisk	27
ภาพที่ จ.1	แสดงขั้นตอนการปรับ pH	33
ภาพที่ จ.2	แสดงขั้นตอนการย่อยแป้ง	33
ภาพที่ จ.3	แสดงขั้นตอนการล้างตะกอน	34
ภาพที่ จ.4	แสดงขั้นตอนการอบตะกอน	34
ภาพที่ จ.5	แสดงผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่อัตราส่วน 1 : 2	35
ภาพที่ จ.6	แสดงผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่อัตราส่วน 1 : 3	35
ภาพที่ จ.7	แสดงผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่อัตราส่วน 1 : 4	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย ซึ่งประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี พ.ศ. 2539/2540 มีปริมาณการส่งออกข้าว 5.57 ล้านตัน ในช่วงฤดูกาลผลิตจะมีผลผลิตข้าวออกมามากทำให้ราคาข้าวตกต่ำ การนำข้าวมาแปรรูปเป็นแป้งข้าว เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าว เพิ่มศักยภาพการใช้ สามารถนำไปใช้ได้หลายรูปแบบ นอกจากนี้โปรตีนในข้าวยังเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีและไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ (non – hypoallergenic) ประกอบไปด้วย glutein , oryzenin , prolamin ,albumin และ globulin นอกจากนี้ในข้าวยังมี essential amino acid ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย

แต่ในข้างปกติจะมีโปรตีนอยู่เพียง 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดเป็นปริมาณที่ต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณโปรตีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เพื่อได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์สูงต่อร่างกายและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ใช้ผสมในอาหารเด็กอ่อน หรือ ผสมในอาหารสัตว์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของข้าว

ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันมากในทวีปเอเชียโดยเฉพาะประเทศจีน อินเดีย ไทย เวียดนาม และฟิลิปปินส์ เป็นต้น ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* หรือ *Oryza glaberrima* ลักษณะของผลเป็นผลเดี่ยวแบบ covered caryopis ซึ่งจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดติดอยู่แน่น ข้าวเจ้าจัดอยู่ในกลุ่มของธัญพืชแบบ Milletlike cereal (วุฒิชัย 2535) ข้าวมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบอยู่มากในส่วนของเอนโดสเปอร์ม ข้าวเจ้ามีอะมิโลสร้อยละ 15 – 30 ที่เหลือเป็น อะมิโลเพคติน ปริมาณอะมิโลสต่ออะมิโลเพคติน 17 : 83 (บวรพรรณ และ พิมประภา 2543)

โครงสร้างของเมล็ดข้าว (วุฒิชัย 2535)

เมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ (ดังแสดงในภาพที่ 2.1) คือ

1. แกลบหรือเปลือกข้าว (hull) มีลักษณะเป็นเยื่อไม้หยาบ ๆ หุ้มล้อมรอบเมล็ดข้าว ประกอบด้วย เปลือก 2 ฝา ประกบกันคนละข้างของเมล็ดตามแนวยาว

2. ข้าวหรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

2.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp) ลักษณะเป็นเส้นใยประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ epicarp, mesocarp (hypocarp) และ endocarp ในชั้นนี้ประกอบด้วยสารโปรตีน เซลลูโลส และรงควัตถุที่ควบคุมโดยลักษณะพันธุกรรมของข้าว เช่น สีข้าว แดงหรือม่วง เป็นต้น

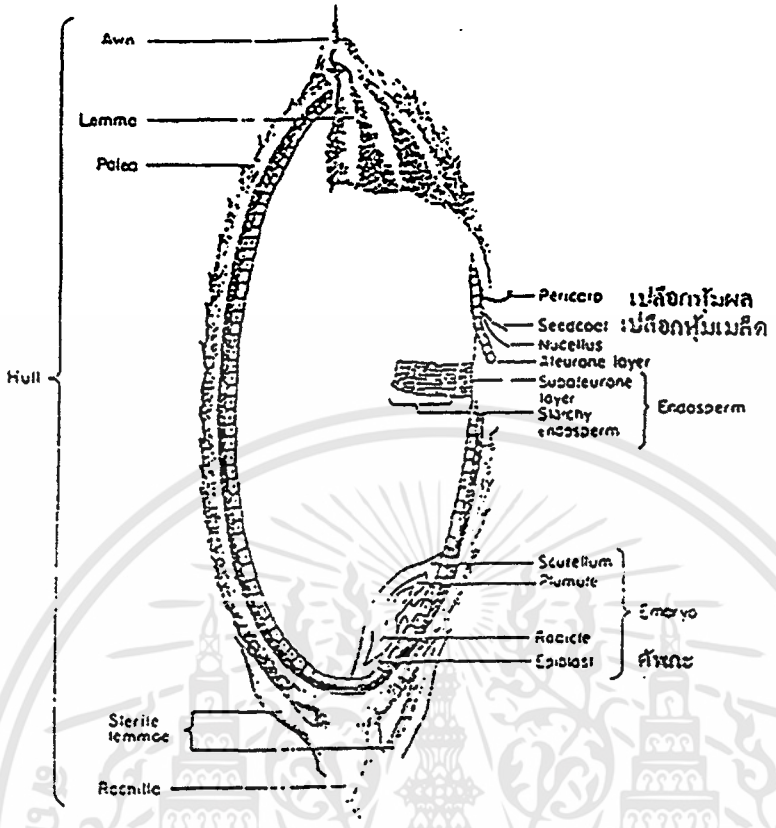
2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผล ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น ซึ่งมีผนังบาง เซลล์ของเนื้อเยื่อแต่ละชั้นเป็นรูปยาวเรียงตามขวาง และเป็นสารพวกไขมัน

2.3 เยื่อแอรูโรน (aleurone layer) โดยอยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด และห่อหุ้มเอนโดสเปอร์ม (ส่วนที่เป็นแป้ง) และเอ็มบริโอ (คัพภะหรือเชื้อพันธุ์) ความหนาของเยื่อนี้แตกต่างตามพันธุ์ข้าว ข้าวเมล็ดสั้นจะมีเยื่อนี้หนากว่าข้าวเมล็ดยาว ชั้นนี้มีโปรตีนสูงนอกจากนี้ยังมีน้ำมันเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส

2.4 เอ็มบริโอ (คัพภะ) เป็นส่วนที่จะเจริญไปเป็นต้นอ่อนมีโปรตีนและไขมันสูง

2.5 เอนโดสเปอร์ม คือส่วนของอาหารสะสมอยู่ในชั้นในสุดของเมล็ดข้าว ประกอบด้วยสตาร์ชของข้าวเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygonal) มีขนาดเล็กมาก 2 – 10 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของข้าว

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า องค์ประกอบที่สำคัญและมีอยู่มากในเมล็ดข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรท ซึ่งสะสมอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ชในส่วนของเอ็นโดสเปอร์ม รองลงมาได้แก่ โปรตีนและไขมัน (ดังแสดงในตารางที่ 2.1) เมื่อเปรียบเทียบข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำข้าว พบว่ามีส่วนที่เป็นสตาร์ชร้อยละ 77.2 , 90.2 และ 16.1 ตามลำดับโปรตีนร้อยละ 8.3 – 9.6, 7.3 – 8.3 และ 13.2 – 17.3 ตามลำดับ ไขมันร้อยละ 2.1 – 3.3, 0.4 – 0.6 และ 17.0 – 22.9 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเยื่อใยร้อยละ 0.7 – 1.2, 0.3 – 0.6 และ 9.5 – 13.2 ตามลำดับ และเถ้าร้อยละ 1.2 – 1.8, 0.4 – 0.9 และ 9.2 – 11.5 ตามลำดับ

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ กับธัญพืชชนิดอื่น ๆ (ดังแสดงในตารางที่ 2.2) พบว่า ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวกล้อง ข้าวฟ่าง ข้าวขาว และรำข้าวมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น Lysine เท่ากับ 2.3, 2.5, 3.8 2.7, 3.8 และ 5.6 (g/16 g N) ตามลำดับ และมีปริมาณวิตามิน เช่น Niacin เท่ากับ 4.3, 2.2 4.7, 3.9, 1.6 และ 29.8 ตามลำดับ และมีปริมาณแร่ธาตุ เช่น เหล็ก เท่ากับ 5, 4, 3, 10, 0.67 และ 15.7 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือก และส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการขัดสีข้าว

Milling Fractions	Protein (Nx5.59)	Fat	Fiber	Ash	Nitrogen Free extract	Starch	Free Sugars
Rough rice	6.7-8.3	2.1-2.7	8.4-12.1	3.4-6.0	75.4-85.1	62.1	1.4
Brown rice	8.3-9.6	2.1-3.3	0.7-1.2	1.2-1.8	84.8-88.2	77.2	0.8-1.5
Milled rice	7.3-8.3	0.4-0.6	0.3-0.6	0.4-0.9	89.2-91.2	90.2	0.25-0.52
Hull	2.3-3.2	0.4-0.7	40.1-53.4	15.3-24.4	26.0-41.1	1.8	0.7
Rice bran	13.2-17.3	17.0-22.9	9.5-13.2	9.2-11.5	39.6-60.8	16.1	6.4-6.5
Rice embryo	17.7-23.9	19.3-23.8	2.8-4.1	6.8-10.1	39.8-48.1	2.4	20.7
Rice polish	13.0-14.4	11.7-14.4	2.7-3.7	6.1-8.5	59.4-64.0	48.3-55.4	-

ที่มา : Pomeranz and Ory 1982.

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของธัญพืชชนิดต่าง ๆ

	Wheat*	Corn*	Brown Rice*	Sorghum*	Milled Rice**	Bran**
Protein (N x 6.25) (%)	12.3	11.4	8.5	9.6	7.7	15.7
Fat (%)	2.2	5.7	2.6	4.5	0.6	22.8
Available carbohydrate (%)	81.1	74.0	74.8	67.4	89.8	9.7
Crude fiber (%)	1.2	2.3	0.9	4.8	0.8	38.1
Ash (%)	1.6	1.6	1.6	3.0	0.56	10.6
Thiamin (mg/100 g)***	0.52	0.37	0.34	0.38	0.07	2.05
Riboflavin (mg/100 g)***	0.12	0.12	0.05	0.15	0.03	0.22
Niacin (mg/100 g)***	4.3	202	4.7	3.9	1.6	29.01
Fe (mg/100 g)	5	4	3	10	0.67	15.7
Zn (mg/100 g)	3	3	2	2	1.3	10.9
Lysine (g/16 g N)	2.3	2.5	3.8	2.7	3.8	5.6
Threonine (g/16 g N)	2.8	3.2	3.6	3.3	3.7	4.1
Methionine + cystine (g/16 g N)	3.6	3.9	3.9	2.8	4.9	4.7
Trytophan (g/16 g N)	1.0	0.6	1.1	1.0	1.2	1.2

ที่มา : * McCance and Widdowson, 1960 ; Khan and Eggum, 1978

** Sing h and Juliano, 1977

*** Houston and kohler 1970

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความหมายของคำว่าแป้ง

โดยทั่วไปได้แบ่งความหมายของแป้งจากการเรียกในภาษาอังกฤษได้ 2 ประเภท คือ แป้งฟลาว (Flour) และแป้งสตาร์ช (Starch) โดยทั้ง 2 ประเภท จะมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกัน

แป้งฟลาว (Flour) หมายถึง แป้งที่ผลิตได้จากเมล็ด หัวหรือส่วนอื่น ๆ ของพืชที่สามารถนำมาบริโภค โดยนำมาสี บด หรือโม่แล้วร่อนให้เป็นผงละเอียด ซึ่งแป้งที่ได้จะประกอบด้วยสารอาหารที่อยู่ในวัตถุดิบเดิมทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย แร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น

แป้งสตาร์ช (Starch) หมายถึง แป้งที่ผลิตได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชเช่นเดียวกับแป้งฟลาว แต่กรรมวิธีการผลิตจะแยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรตล้วน ๆ โดยมีสารอื่น ๆ ปะปนมาน้อยที่สุด ดังนั้นแป้งสตาร์ชจึงประกอบด้วยสารอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่

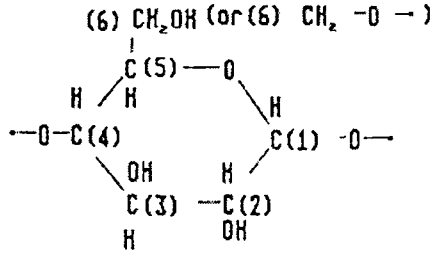
แป้งข้าวเจ้า หมายถึง แป้งที่ได้จากข้าวเจ้า ซึ่งอาจเป็นข้าวทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักหรือปลายข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเจ้าของพืชที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า ออไรซา ซาไตวา แอล. (*Oryzae sativa l*) ลักษณะที่ดีของแป้งข้าวเจ้าจะต้องมีสีขาวหรือขาวนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าวเจ้า ไม่มีกลิ่นอับหืน เหม็นเปรี้ยว หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ปราศจากสิ่งแปลกปลอม ต้องเป็นผงละเอียดไม่จับกันเป็นก้อน

2.4 องค์ประกอบของแป้ง

แป้งคาร์โบไฮเดรตมีอัตราส่วนอะตอมคาร์บอน : ไฮโดรเจน : ออกซิเจน (C : H : O) คือ 6 : 10 : 5 โมเลกุลเป็นกลูโคสโพลีเมอร์แบบความแน่น (โมเลกุลกลูโคสต่อกันโดยสูญเสียโมเลกุลน้ำ) แป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ซึ่งประกอบด้วยหน่วยกลูโคสขาดน้ำ (dextrose หรือ glucosidic) อะไมโลส (amylose) คือ สตาร์ชที่โครงสร้างมีลักษณะเป็นเส้นตรงประกอบด้วยหน่วยกลูโคสโดยเฉลี่ยปริมาณ 1,500 หน่วย ต่อกันด้วยพันธ 1, 4 กลูโคซิติก (glucoside) ทั้งหมด อะไมโลเพคติน (amylopictin) คือ สตาร์ชที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นสายตรง (linear form) ต่อกันด้วยพันธะ 1, 4 กลูโคซิติก (glucoside) และมีส่วนที่เป็นสาขาแยกจากโครงสร้างหลัก (branced form) ต่อกันด้วยพันธ 1, 6 กลูโคซิติก มีหน่วยกลูโคสขาดน้ำได้มากกว่า 1,000,000 หน่วย แต่โดยปกติแล้วมีประมาณ 100,000 หน่วย

หน่วยกลูโคไซด์ (glucoside unit) มีโครงสร้างเป็นวง (ring structure) ดังภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างเป็นวง (ring structure) ของหน่วยกลูโคไซด์
ที่มา : บวรพรรณ และ พิมประภา (2543)

โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้มีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ นอกจากนี้อะไมโลสและอะไมโลเป็กตินยังมีคุณสมบัติอื่นที่แตกต่างดังนี้

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ละลายน้ำได้น้อย	1. ละลายน้ำได้ดีกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำจะหนืดข้นมากและใส	2. เมื่อต้มในน้ำจะหนืดน้อยแต่ขุ่นตัว
3. ให้สีน้ำเงินเมื่อทำปฏิกิริยากับสารไอโอดีน	3. ให้สีแดงม่วงเมื่อทำปฏิกิริยากับสารไอโอดีน
4. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรง	4. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นแขนงคล้ายกิ่งไม้
5. เมื่อให้ความร้อนในน้ำแล้วตั้งทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้น	5. เมื่อให้ความร้อนในน้ำแล้วตั้งทิ้งไว้จะไม่จับตัวเป็นวุ้น

2.5 enzyme ที่ย่อยสลายแป้ง (amylolytic anzymes หรือ amylase)

อะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายแป้ง หรือไกลโคเจน (glycogen) แบ่งออกเป็น 4 ชนิดด้วยกัน

1. Glucoamylase เป็น enzyme ที่ย่อยสลายแป้งให้เป็น glucose โดยเริ่มย่อยจากปลายสุดของโมเลกุล ซึ่งเป็น Reducing end จะย่อยโมเลกุลของแป้งทำให้ได้ glucose สำหรับ glucoamylase นี้ย่อยแป้งตรงจุดที่โมเลกุลของ glucose ต่อกันเป็นแบบ α - (1 – 4) glucosidic linkage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. β- amylase จะย่อยสายแป้งให้เป็น maltose (เป็นน้ำตาลประเภท 2 โมเลกุล) Disaccharide มี glucose 2 โมเลกุล มาต่อกันโดย α- (1 – 4) glucosidic linkage โดยจะเริ่มย่อยจากปลายสุดของโมเลกุลของแป้ง ซึ่งเป็น redercing end และจะตัดโมเลกุลของ amylose ออกที่จะ 2 โมเลกุล ทำให้ได้น้ำตาล maltose และ limit dextrins (เป็นโมเลกุลใหญ่) ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Saccharification

เอนไซม์ β- amylase นี้จะตัดตรงช่วงที่โมเลกุลของ glucose ต่อกันแบบ α-(1 – 4) glucosidic linkage เท่านั้น

3. α- amylase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายแป้ง ที่มีโครงสร้างเชื่อมกันแบบ α (1 – 4) glucosidic linkage จะย่อยส่วนใดก็ได้ ไม่จำกัดว่าจะย่อยเพียงปลาย reducing end อย่างเช่นเอนไซม์ glucoamylase และ β- amylase ดังนั้นหลังจากย่อยสลายเป็นแป้งแล้วจะได้พวก glucose และ limit dextrins (ที่มีโมเลกุลเล็ก) ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Liquefication

4. isoamylase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยแป้งตรงจุดที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลของ glucose ที่เกิด branched ในโมเลกุลของ amylopectin ส่วนที่โมเลกุลต่อกันนี้เป็นแบบ α (1 – 6) glucosidic linkage หลังจากย่อยตรง branched แล้วจะช่วยทำให้เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้น (glucoamylase, β- amylase และ α- amylase) สามารถย่อยสลายแป้งเป็นโมเลกุลของ glucose ได้มากที่สุด

แหล่งต่าง ๆ ที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส

1. *Bacillus subtilis* สามารถผลิตเอนไซม์ได้ทั้ง α- amylase และ β- amylase

2. *Aspergillus niger* เป็นเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ glucoamylase และ amylo 1 – 6 glucosidase (isoamylase) แป้งที่ได้รับการย่อยจากเอนไซม์ชนิดนี้จะได้ glucose ประมาณร้อยละ 80 – 90

2.6 กรรมวิธีการผลิต High – protein rice flour และ Syrup ชนิดต่าง ๆ

1. Chen และ Chang (1984) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการผลิต High – Fructose rice syrup และ High – protein rice flour จากข้าวหักเพื่อใช้ผลิตเป็นอาหารเด็กอ่อน โดยนำข้าวหักมาบดเป็นแป้งข้าว จากนั้นเติมน้ำจะได้แป้งข้น ปรับ pH ≈ 6.5 นำมาเติมเอนไซม์ α- amylase (Termamyl 60 L) 0.12% ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 96°C เป็นเวลา 90 นาที นำมา Centrifuge และกรองจะได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 สารที่กรองได้นำมาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saccharified ด้วย glucoamylase ที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.015% 0.030% และ 0.060% ที่อุณหภูมิ 60°C จากนั้นทำให้เข้มข้นถึง 40% จะได้ glucose syrup ซึ่งถูก isomerised ไปเป็น fructose ที่อุณหภูมิ 60°C ในกระบวนการทำงานที่ต่อเนื่องโดยใช้ glucose isomerase pack ใน column นำ ismerased syrup มาทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นถึง 71% d.s. ส่วนที่ 2 ตะกอนจะถูกทำให้แห้งโดยวิธี Spray หรือ Drum Drying จะได้ High Protein Rice Flour

จากการทดลองพบว่าได้ปริมาณ glucose จากแป้ง 90.8 ± 3.6% ภายใต้สภาวะการใช้เอนไซม์ α - amylase 0.12%, rice flour 20% อุณหภูมิ 96°C เวลา 90 นาที และพบว่า การใช้เอนไซม์ที่เข้มข้นมาก จะใช้เวลาน้อยกว่าและจะได้โปรตีนสูงกว่า ใน High Fructose Rice Syrup ที่ได้จะมี Glucose 50%, Fructose 42% และ Maltose 3%

ในส่วนของโปรตีนพบว่า การทำแห้งโดยวิธี Drum – Dried จะได้ปริมาณโปรตีนสูงกว่าวิธี Spray – Dried เล็กน้อย โดยพบว่า High Protein Rice Flour ที่ไขมันและโปรตีนเพิ่มขึ้นแต่มี Starch ลดลงเมื่อเทียบกับ Rice Flour

2. Morita และ Kiriyama (1993) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแยกโปรตีนข้าว โดยนำแป้งข้าวผสมกับเอนไซม์ Termamyl 120L 0.6% ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 97°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และตลอดเวลา จะเกิดเจลขึ้นพร้อมกับส่วนที่เป็นของเหลว โปรตีนข้าวที่แยกได้จะนำไปกรองและล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นนำไปกรองและล้างด้วย ethanol อีกครั้ง จะได้โปรตีนที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 90% ของน้ำหนักแห้ง โปรตีนข้าวที่แยกได้จะมีปริมาณเส้นใย 6.4% ถ้า 1.3% และคาร์โบไฮเดรต 1.1% ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการให้ความร้อนคงที่ การทำให้เกิดเจลก่อนและการล้างโปรตีนที่ได้ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะทำให้โปรตีนที่แยกได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น รวมทั้งการใช้ข้าวบดซึ่งมีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าข้าวสาลี และผลจากการทดลองที่ให้โปรตีนที่แยกได้ความเข้มข้น 40 – 50% กับหนูเพื่อศึกษาประเมินคุณภาพทางโภชนาการ พบว่าจะทำให้มีการเจริญเติบโตสูงสุดของหนูเท่ากับที่หนูได้รับ casein 25% โปรตีนที่แยกได้นี้จะย่อยง่ายใกล้เคียงกับ casein และมีปริมาณ cholesterol, triglyceride และ phospholipid ต่ำกว่าด้วย

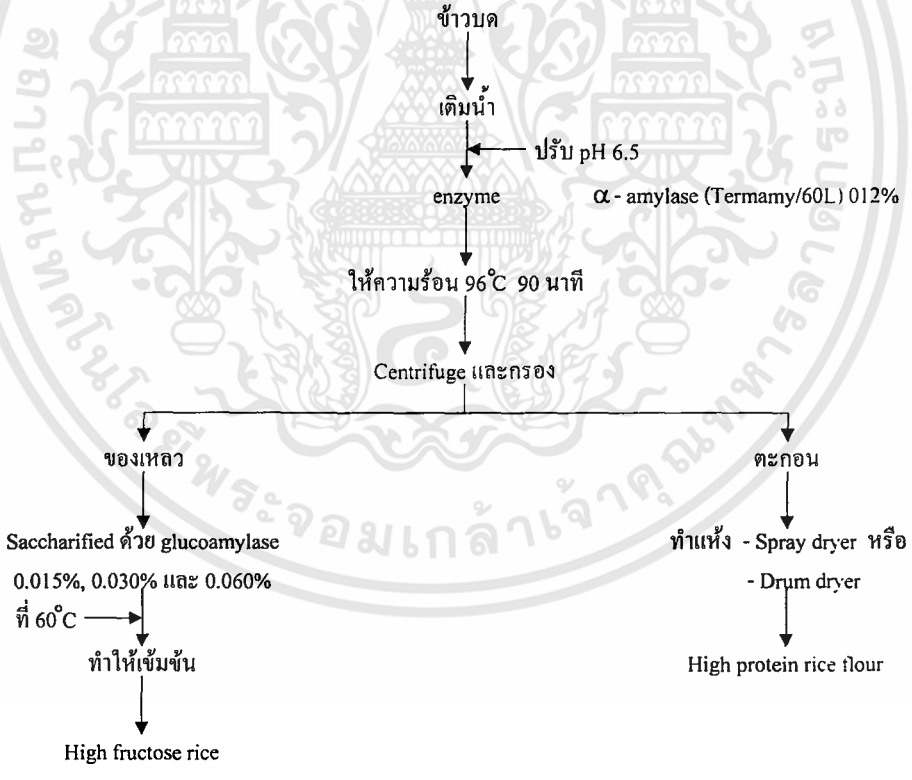
3. Shih และ Daigle (1997) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ในการแยกโปรตีนจากแป้งข้าว โดยนำแป้งข้าวมาย่อยด้วยเอนไซม์ α - amylase ที่อุณหภูมิคงที่โดยศึกษา 2 สภาวะ ได้แก่ สภาวะที่ 1 ใช้เอนไซม์ α - amylase ที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ Termayl 120L และ Taka – Term L340 เติมลงในน้ำแป้งข้าวที่ข้นและให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 95°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ 2 นำแป้งข้าวมาทำให้เกิดเจลก่อนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 30 นาที และใช้ enzyme α - amylase (Taka – therm L340)

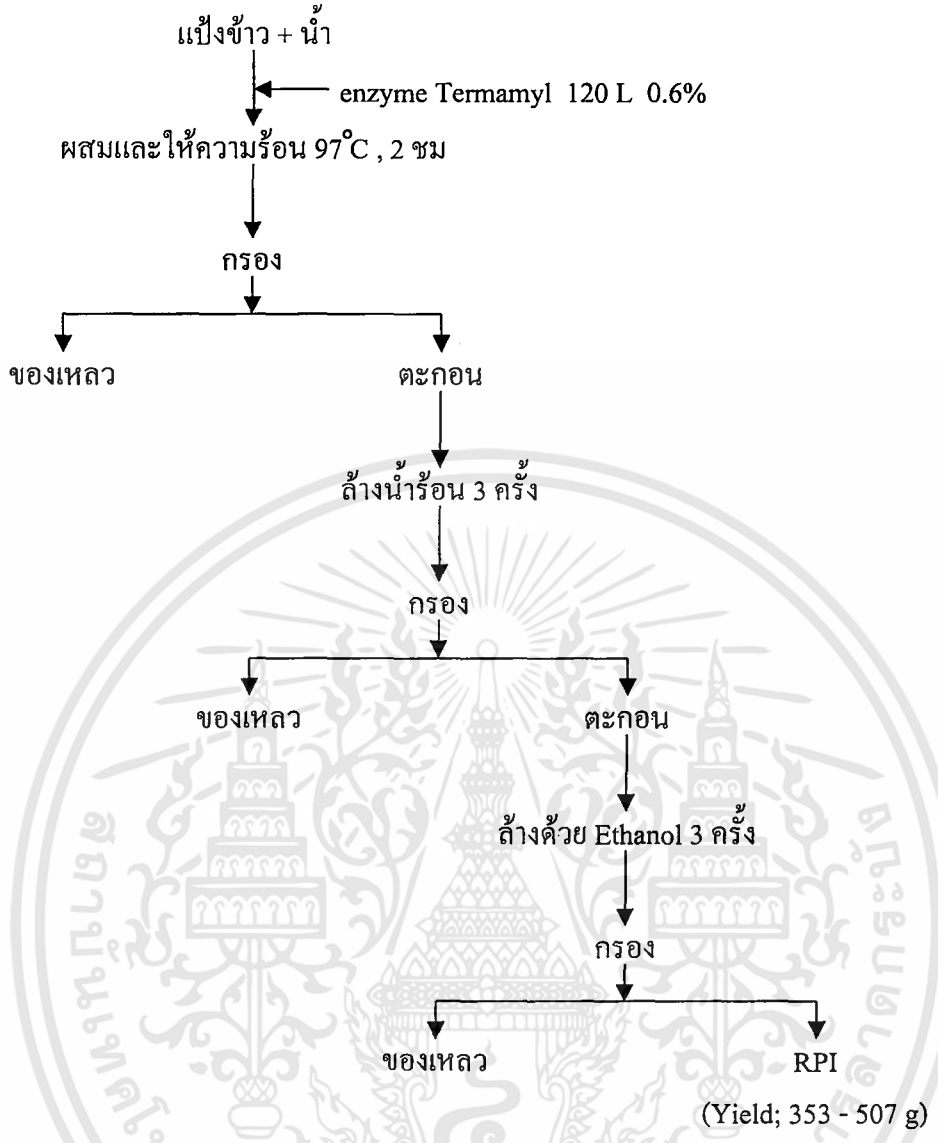
หลังจากนั้นทั้ง 2 สภาวะมา Incubation ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 ชม. หลังจากนั้นปรับ pH ≈ 4 และต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นแบ่งของผสมออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำมาแยกโดยใช้แรงเหวี่ยง และล้างตะกอนด้วยน้ำ 3 ครั้ง ทำการ Recover จะได้ส่วนของโปรตีน และส่วนที่ 2 นำมาเติม Carbohydrate – hydrolyzing enzyme ได้แก่ glucoamylase, cellulase และ hemicellulase แล้วจึงนำมาแยกโดยใช้แรงเหวี่ยง แล้วล้างตะกอน 3 ครั้ง จะได้ส่วนของโปรตีน แล้วพบว่าส่วนของการนำมา recovered ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 76%

แล้วพบว่าการนำมาย่อยเพิ่มเติมด้วย เอนไซม์หลายชนิด ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 76.4% เมื่อเทียบการใช้เอนไซม์เพียงชนิดเดียว พบว่ามีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งการใช้เอนไซม์หลายชนิดจะเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น



ภาพที่ 2.3 แผนผังการผลิต High – Fructose rice syrup และ High – protein rice flour
ที่มา : Chen และ Chang (1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แผนผังการผลิต Rice Protein isolate

ที่มา : Morita และ Kiriyama (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ปลายข้าวเจ้า
2. เอนไซม์ Alpha – amylase (BAN 480L)

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. เครื่องบดข้าว
3. เครื่อง size distribution
4. หลอดทดลองขนาดกลาง
5. Water bath
6. Pipet
7. Rack
8. Aluminium can
9. ตู้อบลมร้อน
10. Spectrophotometer
11. Rotor
12. Silk screen
13. Kieldahl Flask
14. เครื่องสกัดโปรตีน
15. ชุดไตเตรท
16. Desicator
17. pH – meter
18. Volumetric Flask
19. กระบอกตวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

1. Ethanol
2. Sodium hydroxide
3. Conc. Sulphuric acid
4. Boric acid
5. Hydrochloric acid
6. Catalyst
7. Mixed Indicator
8. Potassium iodide
9. Sodium chloride
10. Iodine
11. Starch
12. Potassium dihydrogen phosphate
13. Sodium hydrogen phosphate

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาการกระจายตัวของอนุภาค (Size Distribution)

1. บดปลายข้าวประมาณ 120 กรัม ด้วยเครื่องบดข้าว

2. นำข้าวที่บดแล้ว ชั่งน้ำหนักให้ได้ 100 กรัม และชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกอัน รวมทั้ง pan บันทึกน้ำหนักไว้

3. นำข้าวที่บดใส่ลงในเครื่องร่อนตะแกรงชั้นบนสุด ปิดฝาและล็อคเครื่องให้แน่นพร้อมที่จะทำงาน เปิดสวิทซ์เดินเครื่อง ตั้งเวลา 5 นาที และตั้งความแรงในการเขย่า 10 แอมพิจูด

4. เมื่อร่อนจนครบ 5 นาที นำตะแกรงและ pan ไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักของข้าวบดที่อยู่ในตะแกรง บันทึกน้ำหนักที่ได้ นำมาหา % ของแต่ละตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ศึกษาอัตราส่วนของข้าวบด: น้ำ และความเข้มข้นเอนไซม์ในกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงดังนี้

1. ชั่งข้าวบด 100 กรัมและเติมน้ำตามสัดส่วนที่กำหนด

2. เติมเอนไซม์ alpha amylase แล้วปรับ pH เป็น 6.0-6.5 ด้วยNaOH

3. นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาทีโดยใช้ Water bath ระหว่างการย่อยต้องกวนตลอดเวลาด้วย rotorที่ความเร็วรอบ 100 rpm

4. กรองผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

5. ล้างส่วนของแข็งที่ติดบนตะแกรงด้วยน้ำร้อน 3 ครั้งรวม1.5 ลิตร

6. ล้างส่วนของแข็งด้วย ethanol 95 % 3 ครั้งรวม 300 มิลลิลิตร

7. นำส่วนของแข็งบนตะแกรงใส่ถาดอบด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนแห้ง

8. นำส่วนของแข็งมาบดให้เป็นผงจะได้แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

9. ทำการทดลองโดยแปรสัดส่วนของข้าวบด : น้ำ (นน. : ปริมาตร) เป็น 1:2 1:3 และ 1:4 และแปรความเข้มข้นเอนไซม์เป็น 0.05 0.10 % และ 0.15 %

วางแผนการทดลองแบบ factorial design ศึกษา 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 3ระดับ ทดสอบสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างทางค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan Multiple Rang Test (DMRT)

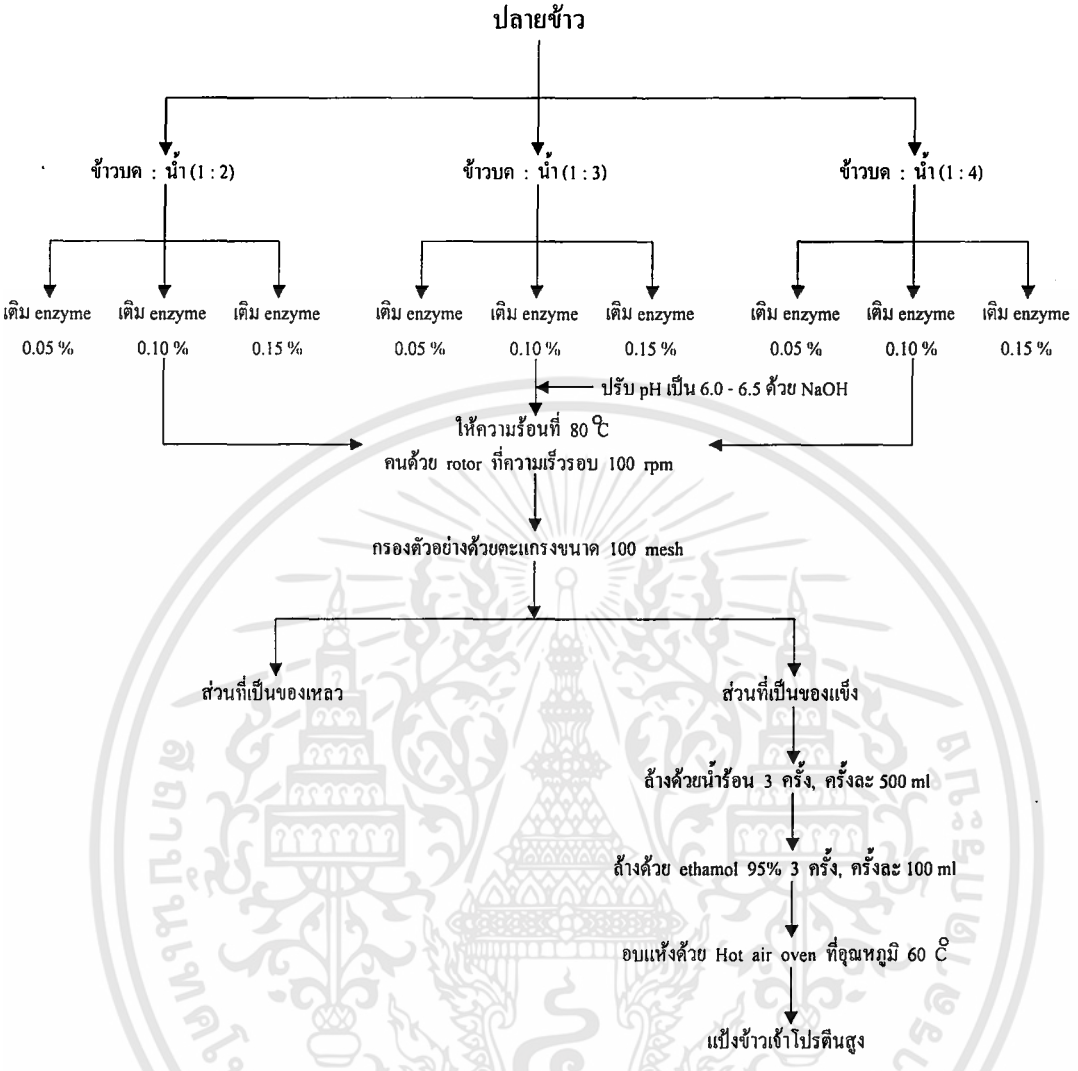
3.4.3 ศึกษาคุณสมบัติแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

1. วิเคราะห์ปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้ (Yield)

2. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

3. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC , 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนของข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของตัวอย่างข้าวบด

ผลจากการศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของตัวอย่างข้าวบดโดยใช้เครื่องบดเมล็ดพืชยี่ห้อ Retsh รุ่น ZM 1000 ขนาดตะแกรงที่ใช้บดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 มิลลิเมตร พบว่าข้าวบดที่ได้มีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 100-200 mesh เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.112 - 0.05 มิลลิเมตรมากที่สุด คิดเป็นประมาณ 50 % ของตัวอย่างทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 4.1 และมีการกระจายตัวของขนาดของอนุภาคต่ำกว่า 40 mesh อยู่ในปริมาณน้อยมากคือประมาณ 1% ของตัวอย่างทั้งหมด และพบการกระจายตัวของขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 40-100 mesh และมากกว่า 200 mesh อยู่อย่างละประมาณ 25 % ของตัวอย่างทั้งหมด

การศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของตัวอย่างข้าวที่บดแล้วเพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของข้าวบด ที่นำมาใช้ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง

ตารางที่ 4.1 การศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของตัวอย่างข้าวบด

ขนาดของตะแกรง (mesh)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)	Distribution (%)
ต่ำกว่า 20	ต่ำกว่า 0.45	0.15
20 – 30	0.45 – 0.40	0.50
30 – 40	0.40 – 0.25	0.90
40 – 100	0.25 – 0.112	23.30
100 – 200	0.112 – 0.05	46.70
มากกว่า 200	มากกว่า 0.05	26.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาปริมาณโปรตีน ความชื้นและปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้ในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เมื่อใช้อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆกัน

จากการทดลองโดยใช้อัตราส่วนข้าวบด : น้ำเป็น 1:2 1:3 และ 1:4 และที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ alpha amylase(BAN 480L) เป็น 0.05% 0.10% และ 0.15% พบว่าปริมาณโปรตีนของแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ความเข้มข้นของเอนไซม์สูงขึ้น จะทำให้ได้แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น โดยที่อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:2 ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มจาก 14.16 % เป็น 23.12 % ที่อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:3 ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มจาก 19.87 % เป็น 28.91 % และที่อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:4 ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มจาก 17.12 % เป็น 26.36 % ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ ที่ 1:3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณโปรตีนของแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงสูงที่สุด ในการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:2 และ 1:4 ดังแสดงในกราฟภาพที่ 4.1

จากการทดลองนี้จะได้ปริมาณโปรตีนสูงสุดที่สภาวะการใช้ อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:3 ความเข้มข้นเอนไซม์ 0.15 % ซึ่งจะทำให้ได้แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่มีโปรตีน 28.91 %

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง พบว่ามีความชื้นค่อนข้างต่ำอยู่ระหว่าง 5.17 % ถึง 5.93 % ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการวิเคราะห์ปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้ พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์สูงขึ้นจะทำให้ได้แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงต่ำลง โดยจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จาก 0.05 % เป็น 0.10 % ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเอนไซม์ที่สูงจะสามารถย่อยแป้งออกไปเป็นน้ำตาลซึ่งละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณแป้งที่ได้ลดลง แต่จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มจาก 0.10% เป็น 0.15 % ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และที่อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:2 จะได้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงค่อนข้างสูง เนื่องจากสารละลายที่อัตราส่วน 1:3 และ 1:4 มีลักษณะใสมากกว่า ทำให้เกิดการกรองผ่านได้ง่ายกว่าและเกิดการสูญเสียได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

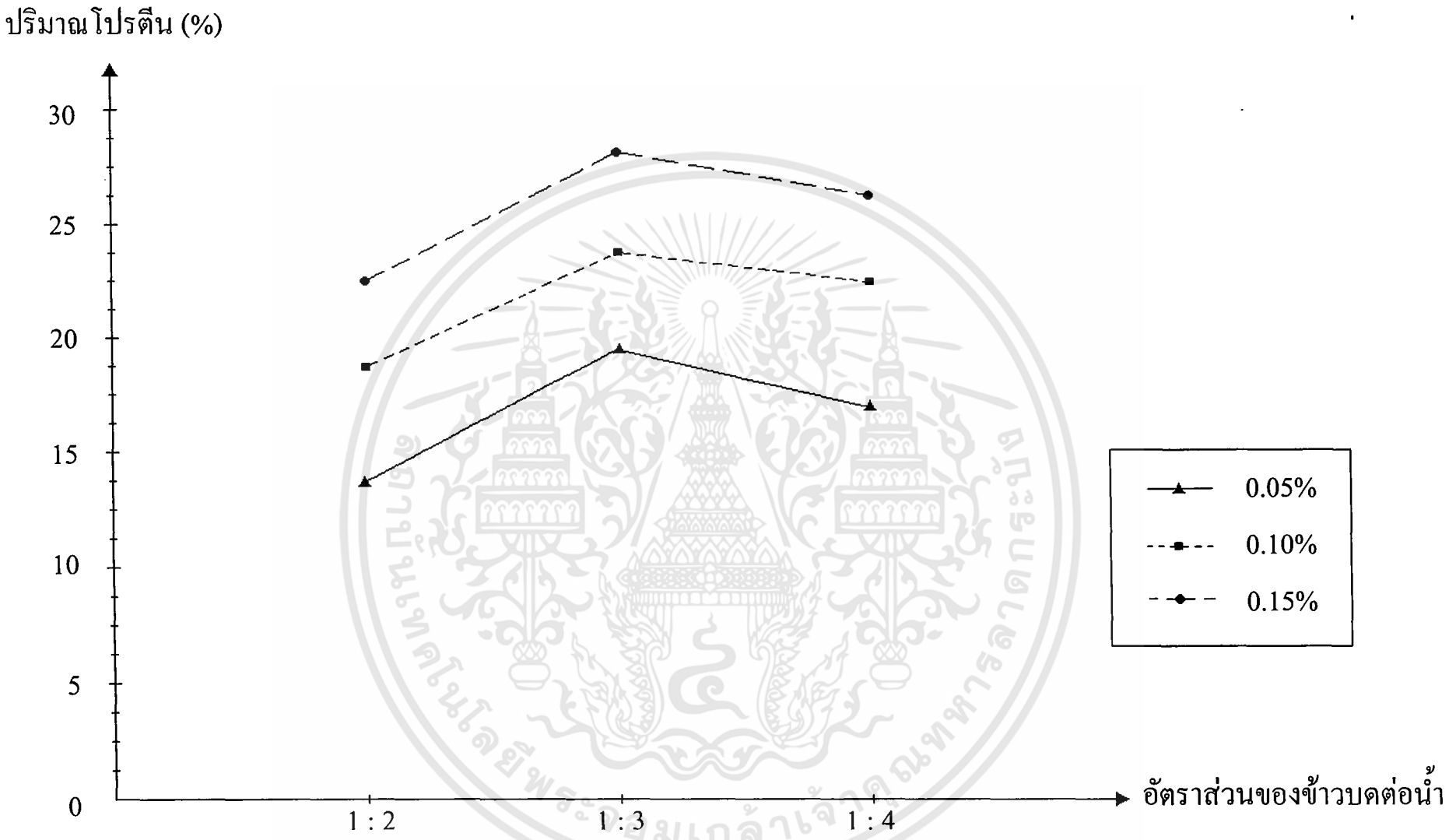
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น และปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้ในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เมื่อใช้อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ กัน

Treatment	อัตราส่วน ข้าวบด : น้ำ	ความเข้มข้นของเอนไซม์ alpha - amylase	ปริมาณ โปรตีน*	ปริมาณ ความชื้น	ปริมาณแป้งข้าว เจ้าโปรตีนสูง
1	1 : 2	0.05%	14.16 ± 0.8^{h}	5.25 ± 0.09	23.41 ± 0.04^{a}
2	1 : 3	0.05%	19.87 ± 0.09^{f}	5.85 ± 0.18	20.50 ± 0.36^{cde}
3	1 : 4	0.05%	17.12 ± 0.09^{g}	5.33 ± 0.16	21.03 ± 0.18^{bcd}
4	1 : 2	0.10%	19.67 ± 0.06^{f}	5.73 ± 0.04	21.36 ± 0.16^{bc}
5	1 : 3	0.10%	24.13 ± 0.19^{c}	5.31 ± 0.04	20.61 ± 0.84^{bcde}
6	1 : 4	0.10%	22.52 ± 0.44^{e}	5.53 ± 0.02	19.86 ± 0.40^{e}
7	1 : 2	0.15%	23.12 ± 0.14^{d}	5.17 ± 0.02	21.69 ± 0.64^{b}
8	1 : 3	0.15%	28.91 ± 0.12^{a}	5.93 ± 0.07	19.93 ± 0.09^{de}
9	1 : 4	0.15%	26.36 ± 0.16^{b}	5.67 ± 0.02	20.22 ± 0.66^{cde}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96577



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับอัตราส่วนของข้าวบดต่อน้ำ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและมูลค่าของข้าวในการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ โดยใช้ปลายข้าวนำมาบดด้วยเครื่องบดเมล็ดพืช ยี่ห้อ Retsh รุ่น ZM 1000 ขนาดตะแกรง 1.0 มิลลิเมตร จากนั้นนำข้าวบดที่ได้มาศึกษาอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:2 1:3 และ 1:4 และความเข้มข้นของเอนไซม์ 0.05 % 0.10 % และ 0.15 % ได้ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น
2. อัตราส่วนข้าวบด : น้ำ 1:3 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดและให้โปรตีนสูงสุด การเลือกใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ขึ้นกับความต้องการในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น
3. ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง มีค่าใกล้เคียงกันในตัวอย่างแป้งที่ผลิตได้ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5.17 % ถึง 5.93 %
4. ปริมาณของแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้จะมีปริมาณลดลงเล็กน้อย เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 19.86 % ถึง 23.41 % ของปลายข้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตรที่สำคัญ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 16/2542 พฤษภาคม 2542

นิรนาม. 2541. ข้าวกล้อง ในเรื่องพิเศษหมอชาวบ้าน. สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 16 หน้า

บวรพรรณ และ พิมประภา . 2543 . การผลิตข้าวเสริมแคลเซียม . ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 51 หน้า

พนอจิต ธัญญมงคล. 2531. การแยกส่วนอะมิโลสจากแป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 130 หน้า

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2541. วิศวกรรมอาหาร : หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. 271 หน้า

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันวิจัยข้าว. (ไม่มีระบุปี) ข้าวกล้อง, ข้าวซ้อมมือ, ข้าสาร. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 2 หน้า (เอกสารโรเนียว)

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2541. เทคโนโลยีของแป้ง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ. 275 หน้า

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 15th ed., Assoc. off. Anal. Chem., Washington., D.C.

Shih , F.F. and Daigle , K.1997. Use of Enzyme for the Separation of Protein from Rice. Cereal Chem. 74(4) ; 437-441.

Morita , T. and Kiriyama , S.1993. Mass Production Method for Rice Protein Isolate and Nutritional Evaluation. J. Food Sci. 58 (8) : 1393-1396.

The East Asiatic Company (Thailand) Limited. 1996. NoVo Method For Determination of Bacterial Alpha-Amylase. Bankok Thailand.

Chen , W.P. and Chang , Y.C.1984. Production of High-fructose Rice Syrup and High-product Rice Flour From Broken Rice. J. Sci. of Food and Agri. 35 (10) ; 1128-1135.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17506

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี
วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดย Kjeldahl method (AOAC 1995)

การเตรียมสารเคมี

1. กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc H_2SO_4 97%) reagent grade

2. กรดบอริค (Boric acid) 2% เตรียมจากสารละลายผลึกของกรดบอริค 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและทิ้งให้เย็น ปริมาตร 500 ml เก็บสารละลายในขวดจุกแก้ว

3. กรดไฮโดรคลอริค 0.1 N

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30% เตรียมจากละลายเกร็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัมใน น้ำกลั่น 350 ml

5. Catalyst :

ซิลิเนียมไดออกไซด์ (SeO_2)	2.5	กรัม
โปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)	100	กรัม
คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	20	กรัม

ผสม Catalyst ทั้งสามเข้าด้วยกัน

6. Mixed indicator

6.1 เตรียม 0.1% Bromocresol green ใน 95% แอลกอฮอล์และ 0.1% Methyl red ใน 95% แอลกอฮอล์

6.2 ผสม Bromocresol green จำนวน 10 มิลลิลิตรกับ Methyl red จำนวน 2 มิลลิลิตร ในขวดหยด สารละลายดังกล่าว 4 หยดมีปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัมลงในขวด kjeldahl flask ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

2. เติม Catalyst 2 กรัม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และ boiling chips

3. นำ kjeldahl flask ตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดควันที่ดี ใช้ความร้อนต่ำประมาณ 5 นาที ก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะ ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รอให้สารละลายเย็นและหมดควันก่อนเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร โดยแยกเติมที่ละ 5 มิลลิลิตร

5. เทสารละลายทั้งหมดลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ล้างขวดย่อยโปรตีนด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีด

6. ทำ blank (ตั้งแต่ข้อ 1 – 6) โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

7. เปิดชุดกลั่นโปรตีนและผ่านน้ำเย็นเข้าออก condenser โดยเปิดสวิทซ์เตาของชุดกลั่นให้มีความร้อนเพียงพอในขณะเริ่มกลั่นและป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บแอมโมเนีย

8. ดูดกรดบอริค 10 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาด หยด mixed indicator 4 หยด เขย่าให้ดีก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่นโดยให้ปลาย condenser จุ่มในสารละลาย

9. ดูดสารละลายในข้อ (5) 5 มิลลิลิตร ลงในขวดกลั่น ล้างปิเปตด้วยน้ำกลั่น 2 – 3 ครั้งลงในขวดกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30% จำนวน 3 มิลลิลิตร ประกอบเข้าชุดกลั่น

10. แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะผ่าน condenser ลงสู่สารละลายบอริค สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วง – น้ำเงิน (bluish purple) ไปเป็นเขียว – น้ำเงิน (bluish green) การเปลี่ยนสีเป็นอย่างรวดเร็วประมาณ 20 – 30 วินาที เมื่อสารละลายบอริคเปลี่ยนสีประมาณ 5 นาที ลดระดับของ erlenmeyer flask ให้ปลาย condenser อยู่เหนือระดับของของเหลว 1 เซนติเมตร ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปประมาณ 1 – 2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลายไฮโดรคลอริค 0.1 N จนสีน้ำเงินเปลี่ยนไปเป็นใส – ไม่มีสี

11. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ blank

การคำนวณ

$$\%\ \text{ไนโตรเจน} = \frac{[(\text{Normality ของ HCl})(\text{titer ของตัวอย่าง} - \text{titer ของ blank})(14)(100)]}{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเป็นมิลลิกรัม})}$$

$$\%\text{Protein} = 5.95 \times (\%\ \text{Nitrogen})$$

<u>หมายเหตุ</u> Conversion factor ของข้าวเจ้า 5.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

นำตัวอย่างบด ชั่งน้ำหนักประมาณ 2 – 5 กรัม ใส่ aluminium can (ที่อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ½ ชม) อบที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชม เก็บใน desicator ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็น

คำนวณความชื้นจาก

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละ} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณการกระจายตัวของอนุภาคแป้งข้าวเจ้า (Size Distribution)

วัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารบางครั้งจะมีขนาดใหญ่เกินไป จึงต้องลดขนาดด้วยวิธีการต่าง ๆ ของแข็งอาจใช้วิธีการบดหรือตัด การบดใช้มากในอุตสาหกรรมแป้ง การบดน้ำตาลทำให้วัตถุดิบหรืออาหารมีขนาดเล็กลง ซึ่งไม่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดธรรมดาใช้วิธีการใช้ตะแกรงร่อน (Sive Analysis) ตะแกรงที่ใช้มีลักษณะเป็นชั้น ๆ ขนาดของรูตะแกรงจะมีขนาดใหญ่ด้านบนและมีขนาดเล็กลงตามลำดับ ชั้นล่างสุดมีถาดรองรับการทำงานจะอาศัยการเขย่า โดยเครื่องควบคุมเวลา วิธีการและความเร็วในการเขย่าได้ อนุภาคที่เล็กกว่าช่องเปิดของตะแกรงจะผ่านรูตะแกรงเพื่อไปยังตะแกรงชั้นต่อไป จนถึงขนาดรูตะแกรงที่ไม่สามารถผ่านไปได้จะค้างอยู่บนตะแกรงนั้น ขนาดของอนุภาคของวัตถุหรืออาหารวิเคราะห์และแสดงผลในรูปของเปอร์เซนต์ต่ำกว่าขนาดที่กำหนดให้เทียบกับขนาดของรูตะแกรง ลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของพวกแป้งมีประโยชน์ในการประมาณพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น พื้นที่ผิวที่ทำปฏิกิริยา

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์การกระจายตัว} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่ค้างบนตะแกรง}}{\text{น้ำหนักแป้งที่ใช้}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตรวจสอบ Enzyme activity โดยใช้วิธีของบริษัท Novo Nordisk

สารเคมี

1. 0.43 M $CaCl_2$ เตรียมจาก $CaCl_2.2H_2O$ 63.22g และ Tris 1.10 g เติมน้ำกลั่น 900 ml ปรับ pH = 7.0 ด้วย 4 N HCl ปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

2. Iodine solution A (Stock solution) เตรียมจากการละลาย KI 22.00 g ในน้ำกลั่น 60 ml และละลาย I_2 11.00 g ในสารละลาย KI ปรับปริมาตรเป็น 1000ml

3. Iodine solution B เตรียมจาก 4.00 ml ของ Iodine Solution A เติม 40 g ของ KI ปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

4. Salt stock solution, pH 5.2 เตรียมจาก NaCl 9.366 g, KH_2PO_4 69.00g และ ปริมาตรเป็น 1000 ml

5. Starch solution, pH 5.6 เตรียม$Na_2PHO_4.2H_2O$ 4.80 g ปรับจาก Starch ที่อบที่อุณหภูมิ 120°C 4 ชม. ชั่งแป้ง 6.95g ละลายในน้ำกลั่น 100 ml เทใส่ beaker ที่มีน้ำร้อน 200 ml (กวนผสมตลอดเวลา) ต้มต่ออีก 30 วินาที เทใส่ Volumetric flask 1000 ml ทำให้เย็นเติม Salt stack solution 100 ml ปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

6. Enzyme solution เตรียมจากการชั่ง enzyme alpha – amylase 0.0146g ละลายน้ำกลั่น ปิเปตสารละลาย $CaCl_2$ 1% 1 ml ลงใน Volumetric flask ปรับปริมาตรเป็น 100 ml

วิธีการ

1) ปิเปต Strach solution 20.00 ml และน้ำกลั่น 8.00 ml ใส่ในหลอดทดลอง

2) บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 10 นาที

3) ปิเปต Iodine solution B 5 ml ใส่หลอดทดลอง

4) บ่มที่อุณหภูมิ 22°C เป็นเวลา 10 นาที

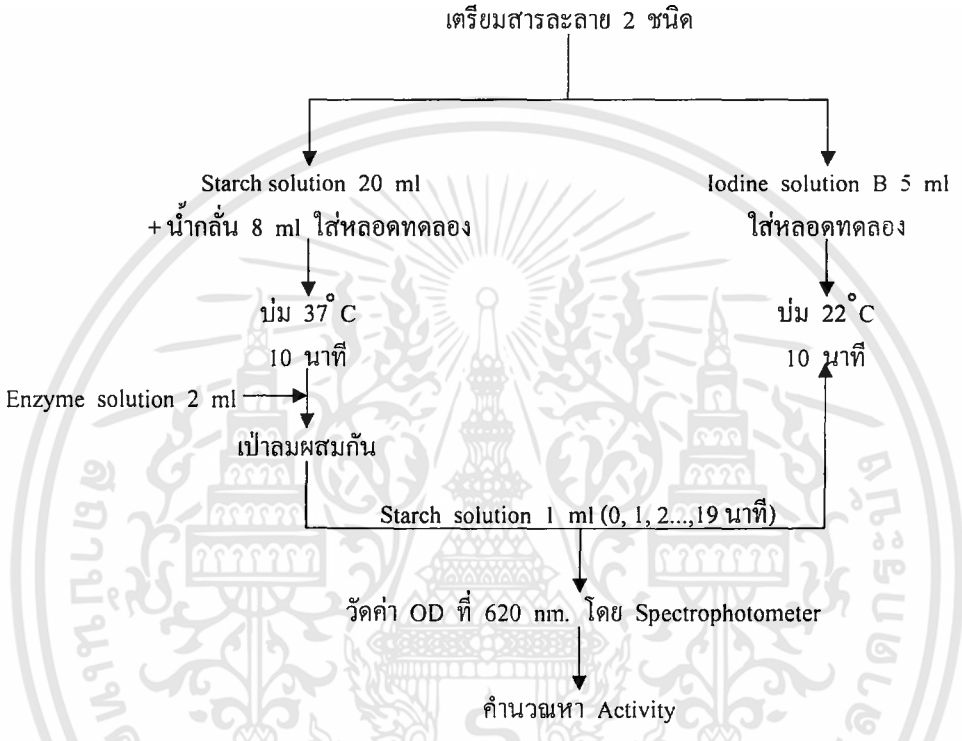
5) เมื่อครบ 10 นาที ปิเปต Enzyme solution 2 ml ลงใน Starch solution ที่บ่มไว้ (เป่าลมเพื่อให้ผสมกันดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ปิเปต Strach solution 1 ml ใส่ลงในหลอดที่มี Iodine solution ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 22°C อยู่ที่เวลาต่าง ๆ กันดังนี้ (0, 1, 2, ..., 19 นาที)

7) วัดค่า OD ที่ความยาวคลื่น 620 nm โดยใช้ Spectrophotometer

8) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหา Activity



ภาพที่ ค.1 ตรวจสอบEnzyme activity โดยวิธีของ Novo Nordisk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของ enzyme alpha amylase (BAN 480L) ณ เวลาต่าง ๆ ที่ ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง (nm)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
0	2.9042	2.9042	2.8186
1	2.8054	2.8317	2.5238
2	2.5056	2.5420	2.1641
3	2.2441	2.0840	1.6993
4	1.7607	1.6378	1.3889
5	1.4140	1.3637	1.0198
6	1.0416	0.9980	0.6094
7	0.6084	0.6104	0.4557
8	0.4677	0.4437	0.3299
9	0.3210	0.3387	0.2191
10	0.2085	0.2296	0.1515
11	0.1514	0.1516	0.0865
12	0.0850	0.0880	0.0630
13	0.0576	0.0684	0.0433
14	0.0443	0.0422	0.0302
15	0.0302	0.0301	0.0213
16	0.0215	0.0210	0.0159
17	0.0159	0.0159	0.0141
18	0.0139	0.0142	0.0096
19	0.0093	0.0099	0.0096
20	0.0096	0.0096	0.0096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ Activity Enzyme **ของ** Alpha – Amylase (BAN 480 L)

วิธีการคำนวณของ NoVo Nordisk

$$\text{Activity} = \frac{1585 \times V}{t \times a \times v} = \text{NoVo – alpha – amylase – units (NU/g)}$$

V = ปริมาตรของเอนไซม์ที่เจือจาง (100 ml)

t = เวลาที่วัดค่าดูดกลืนแสงได้เท่ากับศูนย์

a = ปริมาตร enzyme ที่ชั่งมา (0.0146 g)

v = ปริมาตรของ enzyme ที่เติมในสารละลาย (2 ml)

ดังนั้น $\text{Activity} = \frac{1585 \times 100}{12 \times 0.0146 \times 2} = 452340.18$ NU/g

$= 452.34$ k NU/g

เอนไซม์ที่ใช้ในงานวิจัย

แอลฟา – อะไมเลส (alpha – amylase)

alpha – amylase มีชื่อทางการค้าว่า BAN (Bacterial Amylase Novo) ผลิตได้จากการหมักของ Bacillus amylolique faciens ซึ่ง alpha – amylase มีชื่อตามระบบว่า 1 – 4 α - D – glucan – hydrolase BAN เป็น endo – amylase ซึ่งจะ hydrolyzes พันธะ 1 – 4 α - glucosidic ใน amylose และ amylopectin มีผลในการลดความหนืด และการเกิดเจลของแป้งได้เป็น dextrins และ oligosaccharides

สมบัติทั่วไปของ BAN

1. มี 2 ลักษณะ
   - ของแข็ง ขนาด 300 microns
   - ของเหลว สีน้ำตาล ความหนาแน่น 1.2 g/ml BAN ที่ใช้เป็นของเหลวชนิด BAN 480 L มี Activity 480 KNU/g
2. Temperature optimum ที่ 70 - 90°C
3. pH optimum ที่ 6.0 – 6.5
4. วัดแอคติวิตีจากการดูดกลืนแสงของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ง.1 การวิเคราะห์แบบ Factorial

การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ กัน

ANOVA

		Experimental Method				
		SS	df	MS	F	Sig
PROTEIN Main Effect (Combined)		333.982	4	83.495	2302.265	.000
	ratio	85.467	2	42.733	1178.312	.000
	concen	248.515	2	124.258	3426.219	.000
2 – Way Interaction	ratio* concen	1.294	4	.324	8.923	.003
Model		335.276	8	41.910	1155.594	.000
Residual		.326	9	3.627E-02		
Total		335.603	17	19.741		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณความชื้นในแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ กัน

ANOVA

		Experimental Method				
		SS	df	MS	F	Sig
Moisture Main Effect (Combined)		.338	4	8.461E-02	9.315	.003
	ratio	.298	2	.149	16.411	.001
	concen	4.030E-02	2	2.015E-02	2.218	.165
2 – Way Interaction	ratio* concen	.895	4	.224	24.646	.000
Model		1.234	8	.154	16.978	.000
Residual		8.175E-02	9	9.083E-03		
Total		1.315	17	7.738E-02		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

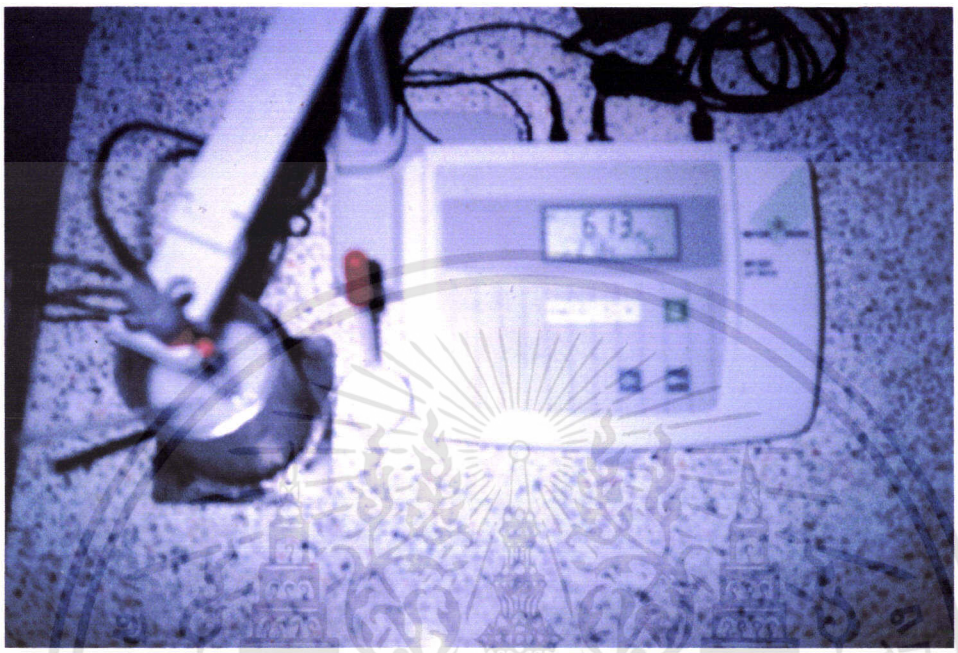
การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณแป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่ผลิตได้ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวบด : น้ำ และความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ กัน

ANOVA

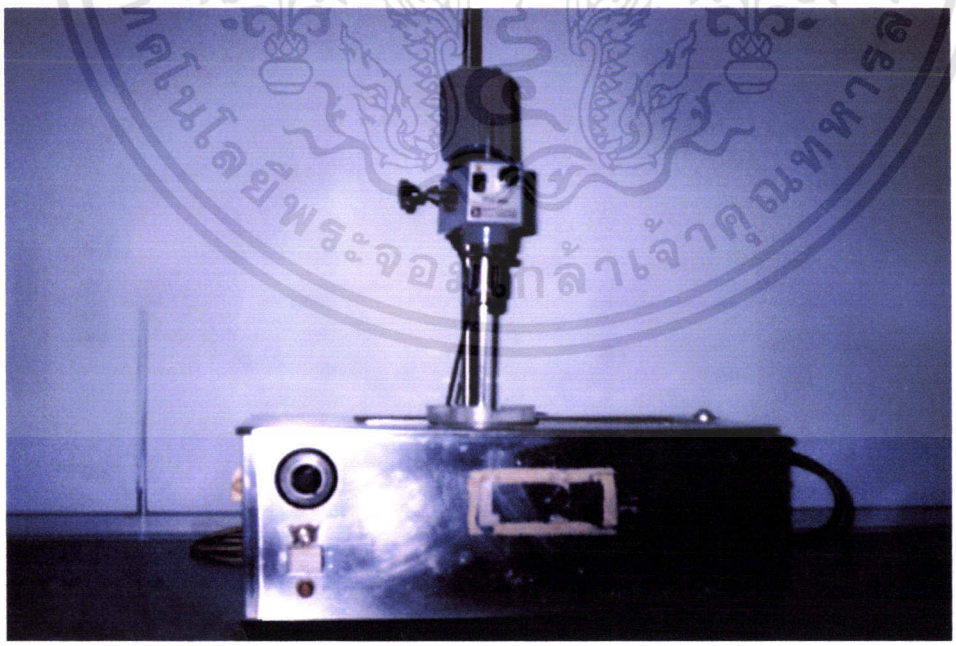
		Experimental Method				
		SS	df	MS	F	Sig
Yield Main Effect (Combined)		17.216	4	4.304	19.691	.000
	ratio	12.933	2	6.467	29.584	.000
	concen	4.283	2	2.141	9.797	.006
2 – Way Interaction	ratio* concen	2.536	4	.634	2.900	0.085
Model		19.752	8	2.469	11.296	.001
Residual		1.967	9	.219		
Total		21.719	17	1.278		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.



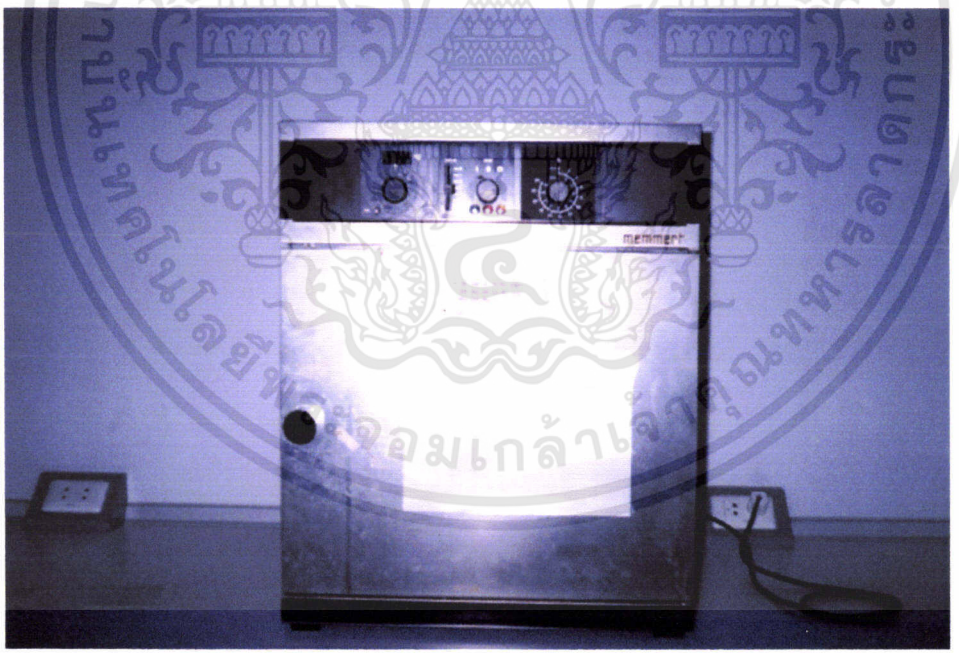
ภาพที่ จ.1 แสดงขั้นตอนการปรับ pH



ภาพที่ จ.2 แสดงขั้นตอนการย่อยแป้ง

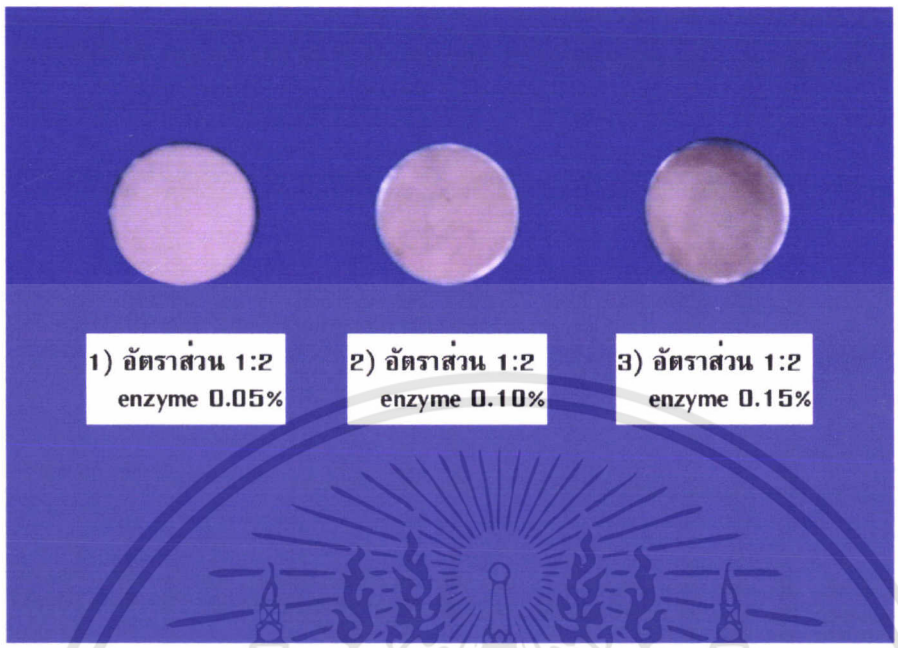
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ.3 แสดงขั้นตอนการล้างตะกอน



ภาพที่ จ.4 แสดงขั้นตอนการอบตะกอน

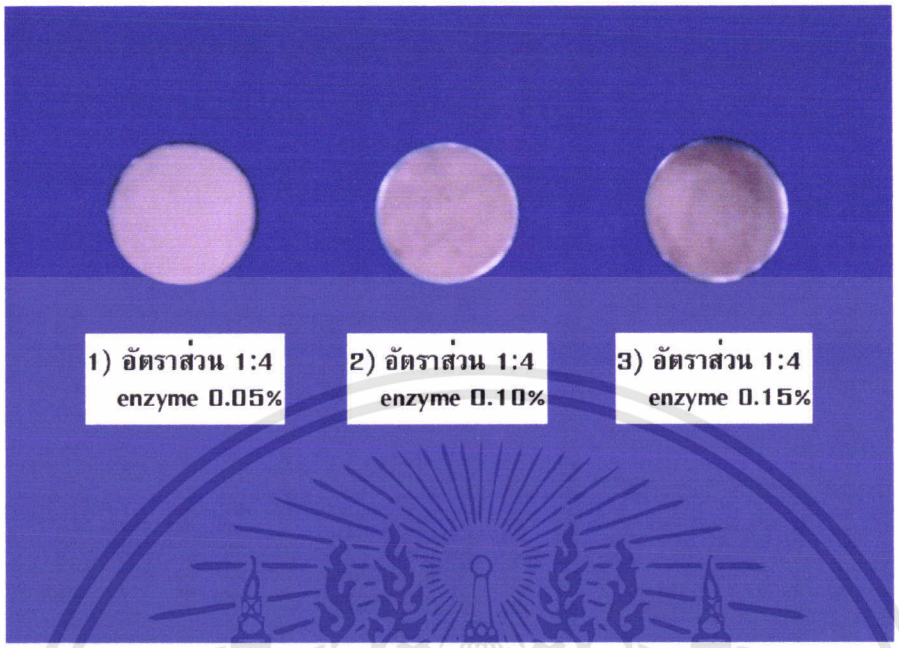
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ.5 แสดงผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่อัตราส่วน 1 : 2

ภาพที่ จ.6 แสดงผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่อัตราส่วน 1 : 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ.7 แสดงผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าโปรตีนสูงที่อัตราส่วน 1 : 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ณัชฌา พันธุ์วงษ์ ภูมิลำเนาเดิมที่จังหวัดสุพรรณบุรี วุฒิการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียน สงวนหญิง วุฒิการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

นางสาว นภาศิริ วิริยกิจโกศล ภูมิลำเนาเดิมที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร วุฒิการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียน บางปะกอกวิทยาคม วุฒิการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้