16664

การศึกษาความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้ของน้ำสกัดข้าวกล้อง

(Study on enzymatic digestibility for soluble nutrient enhancement of brown rice extract)

T096545

นาย ก้องเกียรติ อำไพ
นาย ศิริวรรณะ มิ่งโอโล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2542

ปพ.
ก344ก
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้ของน้ำสกัดข้าวกล้อง

(Study on enzymatic digestibility for soluble nutrient enhancement of brown rice extract)

โดย

นาย ก้องเกียรติ อำไพ

นาย ศิริวรรณะ มิ่งโอโล

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ม.ท
ก 3441
2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้องเกียรติ อำไพ และ ศิริวรรณะ มิ่งโอโล. 2543. : การศึกษาความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้ของน้ำสกัดข้าวกล้อง (Study on enzymatic digestibility for soluble nutrient enhancement of brown rice extract) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 63 หน้า
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

บทคัดย่อ

การศึกษาความสามารถของเอนไซม์ทางการค้าย่อยข้าวกล้องเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้ของน้ำสกัดข้าวกล้อง หาชนิดของเอนไซม์ที่เหมาะสมจากเอนไซม์ Celluclast , Cellubrix , Alcalase เปรียบเทียบการเตรียมตัวอย่างข้าวกล้อง คือ ข้าวกล้องที่สกัดไขมันที่ผิวออกบางส่วนโดยใช้แอลกอฮอล์ 95% และข้าวที่ไม่สกัดไขมันที่ผิว และเปรียบเทียบระหว่างข้าวที่ต้มก่อนนำมาย่อยและข้าวที่ไม่ต้มก่อนนำมาย่อย และศึกษาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสกัดไขมันที่ผิวของข้าวโดยใช้แอลกอฮอล์ 95% ที่เวลา 3 , 4 , 5 , 6 , 8 ,10 และ 12 ชั่วโมง และประเมินคุณภาพของน้ำสกัดข้าวกล้อง ผลการศึกษาพบว่า การเตรียมข้าวกล้องด้วยการต้มสามารถสกัดสารอาหารได้ดีกว่าข้าวที่ไม่ต้ม การสกัดไขมันนั้นไม่มีผลต่อการใช้เอนไซม์ Celluclast และ Cellubrix แต่จะมีผลต่อการใช้เอนไซม์ Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast โดยการสกัดไขมันจะให้ปริมาณสารอาหารมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไม่สกัดไขมันพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % การสกัดไขมันที่ผิวข้าวโดยใช้แอลกอฮอล์ 95% จะคงที่ที่เวลา 10 ชั่วโมง และการประเมินคุณภาพน้ำสกัดข้าวกล้องพบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรตและความชื้นร้อยละ 0.82 , 0 , 0.22 , 0.03 , 15.07 และ 82.4 ตามลำดับ

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษา ปัญหาพิเศษที่ได้กรุณาให้แนวทางคำแนะนำและความช่วยเหลือทุกอย่างในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการทดลอง

ขอขอบคุณ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้กรุณาในความอนุเคราะห์ข้าวกล้อง เพื่อเป็นวัตถุดิบในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในระหว่างปฏิบัติงาน รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือทำให้การดำเนินงานสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่เป็นอย่างสูง ที่เป็นกำลังใจและส่งเสียให้ได้รับการศึกษาจนจบ

ก้องเกียรติ อำไพ
ศิริวรรณะ มิ่งโอโล
16 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	จ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญภาพภาคผนวก	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	2
2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของข้าว	4
2.3 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง	6
2.4 น้ำ RC	11
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าว	12
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
3.1 วัตถุดิบ	13
3.2 สารเคมีและเอนไซม์	13
3.3 อุปกรณ์	14
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	15
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	20
4.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในข้าวกล้องที่สกัดไขมันที่ผิวออก	20
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง	21
4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำสกัดข้าวกล้อง	23
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง	26
4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำสกัดข้าวกล้อง	28
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.1 สรุปผลการทดลอง	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกและส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการขัดสีข้าว 4
2. คุณค่าทางอาหารของน้ำ RC และเนื้อข้าวต่ออาหาร 100 กรัม 11
3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำสกัดข้าวกล้อง 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ก1	แสดงปริมาณไขมันที่สกัดออกจากข้าวกล้อง	38
ก2	การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง	38
ก3	การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำสกัดข้าวกล้อง	39
ก4	การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง	40
ก5	การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำสกัดข้าวกล้อง	41
ข1	ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	42
ข2	ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีน	43
ข3	ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด	44
ข4	ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ	45
ง1	แสดงการหาค่ากราฟมาตรฐาน BSA	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
2. โครงสร้างของ Amylose	5
3. โครงสร้างของ Amylopectin	5
4. โครงสร้างของ L-form และ D-form	8
5. สูตรโครงสร้างของสับสเตรท chymotrypsin และ trypsin	8
6. แสดงการสกัดไขมันที่ผิวของข้าวกล้องโดยใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์	17
7. ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้อง	18
8. ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องที่แยกไขมันที่ผิวออกบางส่วน	19
9. กราฟแสดงการสกัดไขมันที่ผิวของข้าวกล้องโดยใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์	20
10. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง	21
11. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง	22
12. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง	22
13. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง	23
14. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง	24
15. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง	24
16. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง	25
17. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง	25
18. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

19. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง 27
20. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง 27
21. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง 28
22. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำจากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง 29
23. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำจากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง 29
24. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำจากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง 30
25. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำจากการใช้เอนไซม์ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
ค1	ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Celluclast	46
ค2	ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Celluclast	47
ค3	ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Cellubrix	47
ค4	ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Cellubrix	47
ค5	ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Alcalase	48
ค6	ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Alcalase	48
จ1	ข้าวกล้องที่ใช้ในการทดลอง	59
จ2	เครื่องเขย่าที่ใช้ในการสกัดไขมัน	59
จ3	water bath ที่ใช้ในการย่อยข้าวกล้อง	60
จ4	น้ำสกัดข้าวกล้องที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์	60
จ5	เครื่อง Spectophotometer	61
จ6	เครื่องกลั่นที่ใช้ในการหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน	61
จ7	เครื่องสกัดไขมัน	62
จ8	เครื่องย่อยโปรตีน	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวกล้อง คือ ข้าวที่ถูกขัดสีเพียงครั้งเดียวโดยสีเปลือก (แกลบ) ออกเท่านั้นโดยมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่ และเป็นแหล่งรวมสารอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์สูง

ข้าวกล้องเป็นอาหารที่มีวิตามิน เกลือแร่ สารอาหารต่างๆที่สำคัญต่อร่างกายรวม 20 กว่าชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบีรวม ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซียม ทองแดง ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และอื่นๆ ซึ่งวิตามินบีในข้าวกล้อง จะช่วยป้องกันและบรรเทาอาการของโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคเหน็บชา นิ่ว ท้องผูก ปากนกกระจอก โลหิตจาง โรคทางระบบประสาท อ่อนเพลีย เป็นต้น

นอกเหนือจากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าข้าวกล้องนั้นอุดมไปด้วยวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกายแต่มีปริมาณโซเดียมต่ำ และไม่มี cholesterol ปริมาณโปรตีนแม้จะมีต่ำเพียง 7.2 % (N x 5.95) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนชนิดต่าง ๆ ได้แก่ glutelin หรือ oryzenin มีปริมาณสูงสุด (88 - 55 %) รองลงไปคือ prolamin (20.0 - 1.6 %) ส่วน albumin และ globulin จะมีปริมาณต่ำมาก แต่คุณภาพโปรตีนข้าวนั้นยอดเยี่ยมกว่าโปรตีนในธัญชาติชนิดอื่น เพราะมี essential amino acid สูง มี aminoacid profile ที่ดีเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย

ปัจจุบันได้มีการนำข้าวกล้องมาทำเครื่องดื่มเสริมสุขภาพแต่มีคุณค่าทางอาหารน้อยมาก เนื่องจากกระบวนการทำเครื่องดื่มเสริมสุขภาพสามารถสกัดเอาสารอาหารต่างๆออกมาได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้ทำการทดลองหาความเป็นไปได้ในการสกัดน้ำข้าวกล้องโดยใช้เอนไซม์ เพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้ในน้ำข้าวกล้องให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาชนิดของเอนไซม์ทางการค้าที่มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวกล้อง
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยข้าวกล้องด้วยเอนไซม์
3. ประเมินคุณค่าทางอาหารของน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวกล้องด้วยเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* , *Oryza glaberrima* ซึ่งปลูกกันมากในทวีปเอเชียโดยเฉพาะประเทศจีน อินเดีย ไทย เวียดนาม และ ฟิลิปินส์ เป็นต้น ลักษณะของผลเป็นผลเดี่ยวแบบ covered caryopis ซึ่งจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดติดอยู่แน่น ข้าวเจ้าจัดอยู่ในกลุ่มของธัญพืชแบบ Milletlike cereal (วุฒิชัย. 2535)

2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวกล้อง (Brown rice) หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

2.1.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp)

เป็นม่านที่อยู่ถัดจากเปลือกนอก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ ชั้นนอก หรือ อิพิคาร์ป (epicarp) ชั้นกลาง หรือมีโซคาร์ป (mesocarp) และชั้นในหรือเอนโดคาร์ป (endocarp) ชั้นเหล่านี้ทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดไว้ประกอบด้วยด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส แร่ธาตุและโปรตีน

2.1.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat)

อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไปเป็นเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวประกอบด้วยไขมัน

2.1.3 เยื่ออัลลูโรน (aleurone layer)

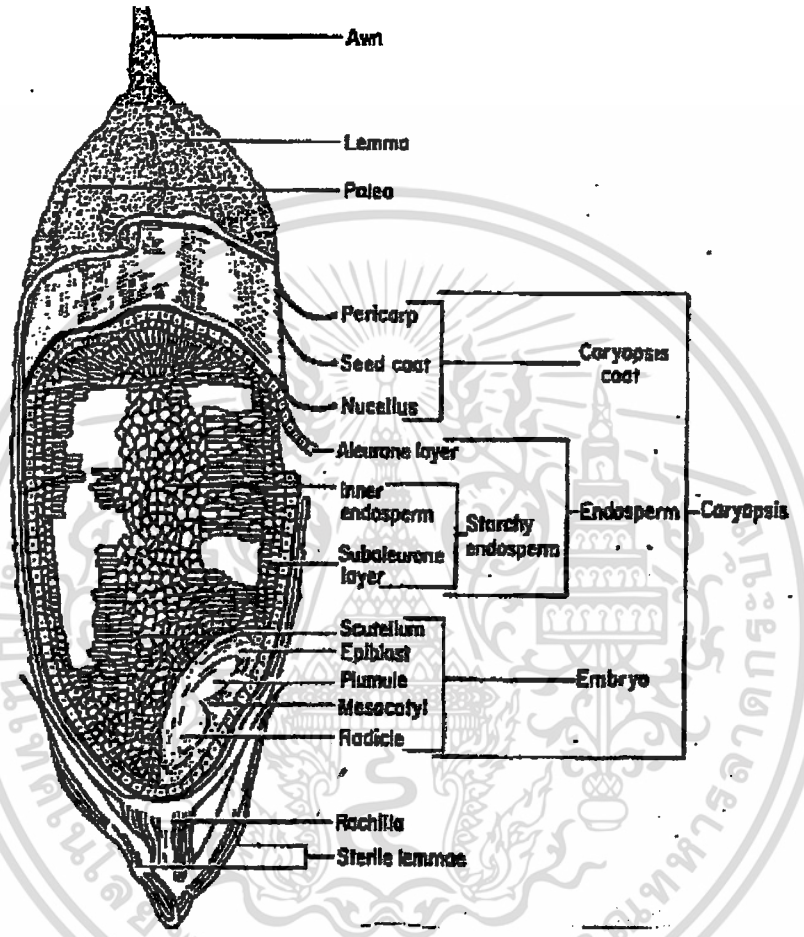
อยู่ถัดจาก tegmen เป็นเซลล์ที่มีผนังหนา ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน

2.1.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm)

อยู่ถัดจากชั้นอัลลูโรน ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่

2.1.5 เอ็มบริโอหรือคัพภะ (embryo or germ) เป็นส่วนที่อยู่ตอนล่างด้านฐานของเมล็ดมีขนาดเล็ก ส่วนที่จะเจริญไปเป็นต้นอ่อน เอ็มบริโอประกอบด้วยสารอาหารต่าง ๆ ได้แก่ แร่ธาตุ ไขมัน น้ำตาล วิตามินที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 1</u> โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : Datta 1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของข้าว

ข้าวที่ผ่านการขัดสีจะได้ส่วนประกอบของข้าวชนิดต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต สะสมอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ชในส่วนของเอนโดสเปอร์ม รองลงมาได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย

ข้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายรวมทั้งวิตามินต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น Thaiamine , Riboflavin , Niacin , Vitamin A , Vitamin E (Tocopherol) และมีเกลือแร่ต่างๆมากมาย เช่น ฟอสฟอรัส โพตัสเซียม แคลเซียม เป็นต้น

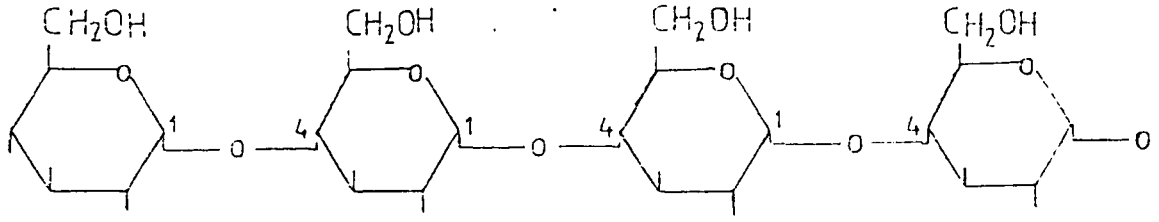
จะเห็นได้ว่าข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญต่อประชากรโลก อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากมายในเมล็ดข้าวมีแป้งร้อยละ 90 ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ amylose เป็นสตาร์ชส่วนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นโมเลกุลของ glucose ที่เป็นสายโซ่ตรง (Linear polymer) เกาะกันด้วยพันธะ α - 1,4 glucosidic (ภาพที่ 2) และ amylopectin เป็นโพลีแซกคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ โมเลกุลเป็นโพลีเมอร์ที่แตกแขนง (branched chran polymer) เกาะกันด้วยพันธะ α - 1,6 glucosidic (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือก และส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการขัดสีข้าว

Milling Fractions	Protein (N x 5.95)	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	13.0-14.1	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.

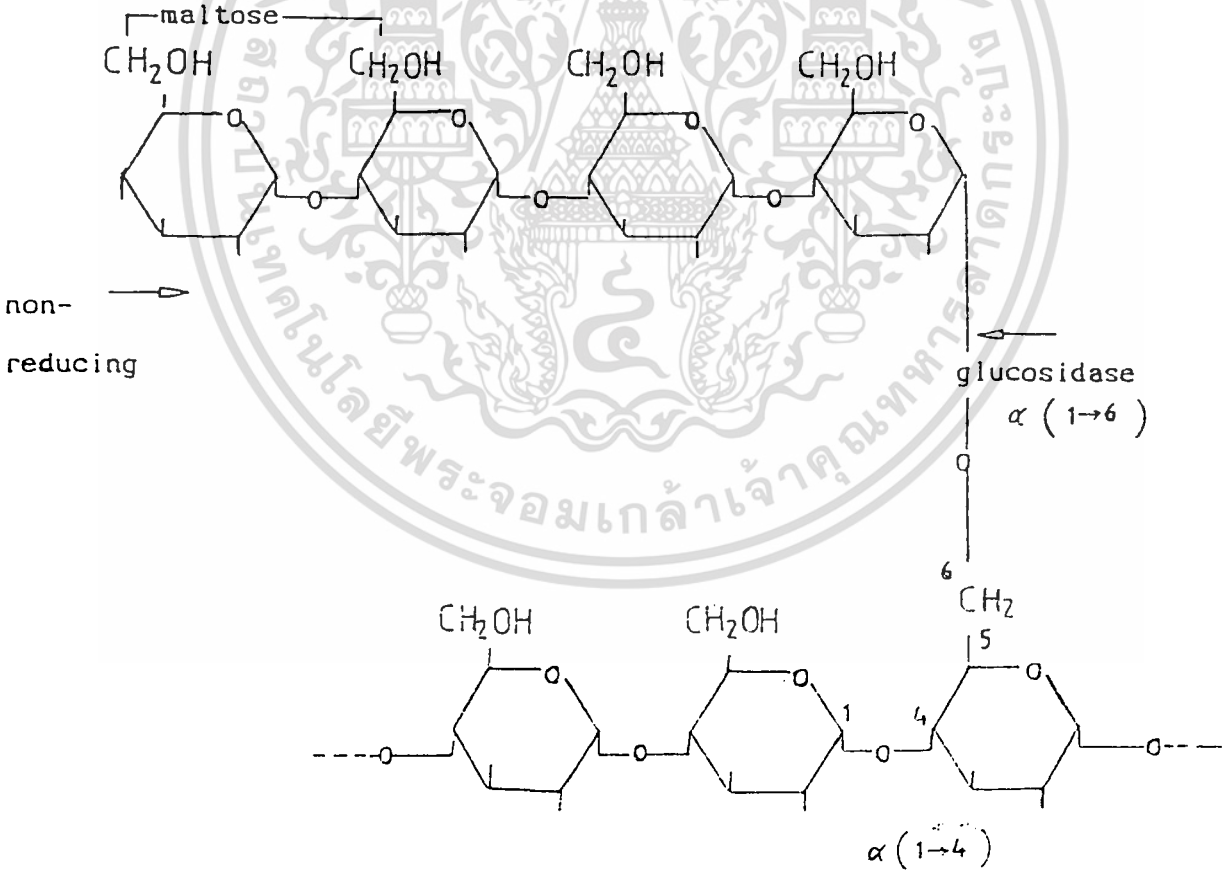
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



non-reducing end

ภาพที่ 2 โครงสร้างของ Amylose

ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย (2536)



ภาพที่ 3 โครงสร้างของ Amylopectin

ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย (2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 เซลลูเลส (cellulases)

สับสเตรทของเซลลูเลส คือ เซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทที่มีมากที่สุดในธรรมชาติชนิดหนึ่ง สังเคราะห์ได้จาก UDP- หรือ GDP- glucose (= donor) และ [O-β-D-glucopyranosyl- (1-4)]$_n$ (=acceptor) ได้โพลิเมอร์ของกลูโคสในลักษณะ β-configuration คือ β-1,4 เป็นโพลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้น้อยมาก ดังนั้นปฏิกิริยาจึงช้า (inert) ต่อพวกไฮโดรเลส หรือ hydrolytic enzyme เอนไซม์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลส คือ เซลลูเลส

เซลลูเลสเป็นกลุ่มของเอนไซม์ผสมซึ่งประกอบเอนไซม์ชนิดต่างๆ จากการใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีคและอิเลคโทรฟอรีซีส (chromatographic and electrophosis) พบได้ว่ามีเอนไซม์อย่างอย่างน้อย 3 ชนิดได้แก่

2.3.1.1 C_1 component เชื่อกันว่า C_1 ช่วยกระตุ้นหรือแยกสายแซลลูโลสเพื่อเตรียมสภาพให้เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์อื่น ๆ ต่อไป

2.3.1.2 β - (1-4) glucanases หรือ C_x สามารถย่อยสลายอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่สามารถละลายได้ แต่ไม่สามารถย่อยสลายสับสเตรท ที่ซับซ้อนมากๆ ได้ การตรวจสอบแอคติวิตีของเอนไซม์ อาจวัดจากค่าความหนืดที่ลดลงหรือปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งที่ถูกปล่อยออกมา โดยปกติ β - (1-4) glucanases มีเอนไซม์ซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ คือ

1. endo - β - (1-4) glucanases ทำหน้าที่ตัดสายเซลลูโลสอย่างอิสระ ออกเป็น oligomer และน้ำตาลกลูโคสบางส่วน

2. exo- β - (1-4) glucanases จะตัดสาย oligomers ทำให้ได้เซลโลบิโอส (cellobiose) และน้ำตาลกลูโคส

3. (1-4) glucanases ทำหน้าที่ย่อยสลายเซลโลบิโอสและเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้นได้น้ำตาลกูลโคส

สมบัติทั่วไปของเซลลูเลส

3.1.มีมวลโมเลกุลโดยเฉลี่ย 63,000 (homogeneous *Myrothecium verrucaria* cellulases)

3.2.pH optimum ที่ 5.5-6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.เสถียรที่ 100 องศาเซลเซียส 5 นาที pH 7.0

3.4.มีมวลโมเลกุลโดยเฉลี่ย 63,000 (homogeneous Myrothecium verrucaria cellulases)

3.5.pH optimum ที่ 5.5-6.0

3.6.เสถียรที่ 100 องศาเซลเซียส 5 นาที pH 7.0

3.7.ถูกยับยั้งด้วยอิออนของโลหะหนัก , -SH reagents , oxidizing-reducing agents และโดยผลผลิต คือ กลูโคส

3.8.วัดแอคติวิตีจากการวัดหมู่รีดิวซ์ที่เกิด นิยมใช้สับสเตรทสังเคราะห์ เช่น คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

2.3.2 โปรติเอส (Proteases)

โปรติเอส เป็นเอนไซม์ที่สำคัญชนิดหนึ่งในระบบการย่อยอาหารสู่ร่างกาย อาทิ เช่น เปปซิน ทริปซิน ไคโมทริปวิน เปปติเดส นอกจากนี้ยังมีโปรติเอสในส่วนของการควบคุมการแข็งตัวของเลือด ควบคุมการจับเชื้อโรคโดยการย่อยสลายโปรตีนจากภายนอก เช่น คาเทปซิน

ลักษณะที่สำคัญของโปรติเอส

โปรติเอสมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ เปปติเดส , โปรติเอส , โปรติเนส , เปปไทด์ไฮโดรเลส และเอนไซม์โปรติโอไลติค มีลักษณะปฏิกิริยาดังนี้ คือ สลายพันธะเปปไทด์ด้วยน้ำ

ความจำเพาะต่อสับสเตรท

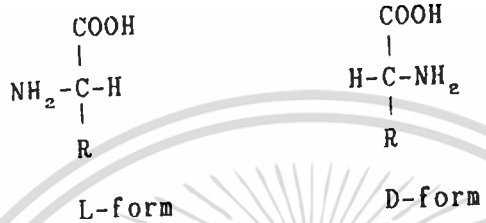
2.3.2.1 ลักษณะธรรมชาติของ R_1 และ R_2

โดยให้ R_1 และ R_2 เป็นอนุมูลของกรดอะมิโน 2 ชนิด ที่มาทำให้เกิดพันธะเปปไทด์ 1 พันธะ หรืออีกนัยหนึ่ง R_1 และ R_2 ก็คือ side chain ของโปรตีน ดังนั้นถ้า โปรติเอสตัวใดมีความจำเพาะต่อ R_1 แสดงว่าเอนไซม์นั้นเข้าตัดพันธะเปปไทด์โดยเข้าทางปลายอะมิโน (N-terminal) โดยที่ R_2 นั้นจะเป็นอะไรก็ได้ และในกรณีที่โปรติเอสมีความจำเพาะต่อ R_2 ก็แสดงว่าเอนไซม์นั้นเข้าตัดพันธะเปปไทด์ในโปรตีน โดยเข้าทางปลาย คาร์บอกซิล (C-terminal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 ลักษณะด้าน configuration ของอนุมูลกรดอะมิโน (R_1 , R_2) เป็น D- หรือ L-

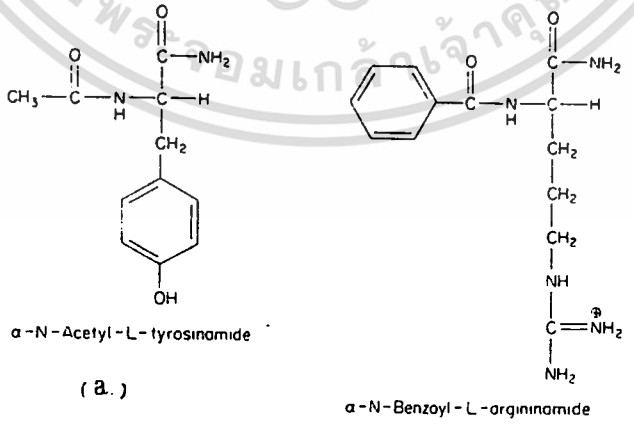
โปรติเอส จะมีความจำเพาะต่อชนิดของ R_1 และ R_2 และ configuration ด้วย คือ โครงรูปต้องเป็น L-amino acid เท่านั้น ทั้งนี้ปกติแล้วโปรตีนจะประกอบด้วย L-amino acid เท่านั้น



ภาพที่ 4 โครงสร้าง ของ L – form และ D - form

2.3.2.3 ขนาดของสารประกอบที่เป็นสับสเตรท

โปรติเอสโดยทั่วไปแล้วไม่มีความจำเพาะต่อขนาดของสับสเตรท ยกเว้น acid proteases ที่มีความจำเพาะต่อขนาดของสับสเตรท กล่าวคือ ตามภาพที่ 4 ซึ่งแสดงสับสเตรทของ α-chymotrypsin และ trypsin ซึ่งจะเห็นว่าสับสเตรททั้ง 2 ชนิด มีขนาดไม่เท่ากัน แต่มีอนุมูลกรดอะมิโน (R_1) ที่สอดคล้องกับความเจาะจงของเอนไซม์ และอนุมูลกรดอะมิโนนั้นเป็น L-form



ภาพที่ 5 สูตรโครงสร้างของสับสเตรท chymotrypsin (a) และ trypsin (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 ลักษณะธรรมชาติของหมู่ X และ Y (H^+ และ OH^-)

โปรตีนทั่วไปจะมีหมู่ X เป็น H^+ และหมู่ Y เป็น H^- แต่เมื่อโปรตีนนั้นๆ หมู่ X และหมู่ Y เปลี่ยนไปจะมีผลให้ความจำเพาะของเอนไซม์เปลี่ยนไป กล่าวคือเอนไซม์ที่มีความจำเพาะต่อหมู่ X และ Y จะบงชี้ลักษณะการตัดสายยาวของโพลีเปปไทด์ คือ

1.Endopeptidases

เป็นโปรติเอสที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์อย่างอิสระ (randomly) ภายในสายโปรตีน ทั้งนี้ต้องให้จำเพาะตรงต่อ R_1 และ R_2 ด้วย จึงจะตัดพันธะเปปไทด์ได้ ถ้า R_1 และ R_2 ไม่สอดคล้องกับความจำเพาะของเอนไซม์นั้น การตัดพันธะเปปไทด์ก็ไม่เกิดขึ้น และจะให้แอกติวิตีสูงสุด ถ้า X และ Y เป็นหมู่อนุพันธ์ ไม่ใช่ H^+ , OH^- กล่าวคือ X อาจเป็น acyl group (acetyl , benzyloxycarbonyl เป็นต้น) และ Y เป็น amide หรือ ester group หรือ amino acid resudues

2.Exopeptidases

เป็นโปรติเอสที่ย่อยสลายพันธะเปปไทม์จากปลายสายของโปรตีน จะเป็นปลายด้านไหนก็ต้องสอดคล้องต่อความจำเพาะของเอนไซม์ต่อ R_1 หรือ R_2ดังอธิบายไว้ในข้อ 2.3.2.1 กล่าวคือ

ถ้าจำเพาะต่อ R_1 , $X = H^+$, Y =อะไรก็ได้ เรียก N-terminal splitting

ถ้าจำเพาะต่อ R_2 , X = อะไรก็ได้ , $Y = OH^-$ เรียก C-terminal splitting

ดังนั้นจึงแบ่งเอนไซม์ตามทิศทางการตัดปลายสายได้ 2 ประเภท คือ

2.1.Carboxypeptidases (C-terminal splitting)

เอนไซม์ในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกตามระบบว่า Peptidyl – amino acid hydrolase , EC 3.4.2.X ลักษณะที่สำคัญมีดังนี้

มีความเจาะจงสับสเตรทที่มี R_2 และ $Y = OH^-$ และ X = อะไรก็ได้ คือ H^+ หรืออนุพันธ์ และจะตัดพันธะเปปไทด์โดยเข้าจากปลายคาร์บอกซิล ($Y = OH^-$) เพื่อให้แอคติวิตีสูงสุดพบว่า X ต้องเป็นอนุพันธ์ที่ไม่ใช่ H^+

2.2.Aminopeptidases (N-terminal splitting)

เอนไซม์ในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกว่า α-Amino acylpeptide hydrolase , EC 3.4.1 X ลักษณะที่สำคัญมีดังนี้ มีความเจาะจงสับสเตรทที่มี R_1 และ $X = H^+$, และ Y = อะไรก็ได้ คือ OH^- หรืออนุพันธ์ และจะตัดพันธะเปปไทด์โดยเข้าสู่สายจากปลายอะมิโน ($X = H^+$) ไปเรื่อย ๆ ตามความเจาะจง R_1 เพื่อให้แอกติวิตีสูงสุดพบว่า Y ไม่ควรเป็น OH^- ควรจะเป็นอนุพันธ์อื่น ๆ ได้แก่ leucine aminopeptidases

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.Dipeptidases (dipepyide hydrolase , EC 3.4.3.X)

มีความเจาะจงสับสเตรทที่มีหมู่ X และ Y เป็น H^+ และ OH^- เหมือนไดเปปไทด์ทั่วไป และมีความเจาะจงแบบ N-terminal มากกว่า C-terminal สามารถตัดพันธะเปปไทด์ได้ทั้งในสับสเตรทที่เป็น dipeptidees (A-A) และ tripeptides (A-A-A)

2.4.Tripeptidases

เหมือน dipeptidases แต่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์เฉพาะใน tripeptides เท่านั้น

2.3.2.5 ความต้องการพันธะเปปไทด์

โปรติเอสส่วนใหญ่จะย่อยสลายพันธะอื่นๆที่มาแทนพันธะเปปไทด์ได้ดีกว่าพันธะเปปไทด์โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธะเปปไทด์ที่ถูกแทนที่ด้วยหมู่ต่าง ๆ เช่น หมู่ amide ($-NH_2$) , ester (-COOR) , thiolester (-COSR) หรือ hydroxamate (-CONHOH) แสดงว่าเอนไซม์เหล่านี้มีความจำเพาะต่ออนุมูล R_1 มากกว่า R_2 และกรณีของพวก pepsin และ acid proteases ที่มีความจำเพาะต่ออนุมูล R_2 นั้นพบว่า ถ้าพันธะเปปไทด์ถูกแทนที่ด้วยพันธะอื่น ๆ ดังกล่าวมาแล้ว สับสเตรทนั้นก็จะไม่เป็นสับสเตรทของ pepsin และ acid proteases มีรายงานว่า chymotrysin สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ได้เป็น 200-1000 เท่า ถ้าพันธะ amide ใน α-N-Acetyl-L-tyrosinamide ตามภาพที่ 4 เปลี่ยนเป็นพันธะจากหมู่ ester (-COOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 น้ำ RC

R.C. คือ REJUVENATING CONCOCTION

น้ำอาซี คือ การนำธัญพืชหลายๆชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวแดง ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวซ้อมมือ ลูกเดือย ลูกบัว มาต้มรวมกัน แล้วกรองเอาส่วนน้ำมาดื่ม

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของน้ำ RC และเนื้อข้าวต่ออาหาร 100 กรัม

ตัวอย่างอาหาร	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	Protein(g)	Lipid(g)	CHO (g)	เถ้า (g)	Fiber (g)
น้ำ RC ใส	5.5	0.09	0.14	0.97	0.12	0.08
น้ำ RC ข้น	26.0	0.47	0.52	4.8	0.25	0.09
น้ำต้มข้าวขาว ร.พ.	19.9	0.05	0.27	4.3	0.06	0.2
น้ำต้มข้าวกล้อง ร.พ.	20.6	0.18	0.30	4.3	0.05	0.2
เนื้อข้าว RC ใส	138.6	3.1	0.67	27.8	0.42	3.4
เนื้อข้าว RC ข้น	120.9	2.9	1.57	23.8	0.44	2.8
เนื้อข้าวขาว ร.พ.	54.5	0.59	0.2	12.6	0.14	0.7
เนื้อข้าวกล้อง ร.พ.	62.6	1.24	0.5	13.3	0.10	0.8
น้ำ RC กระทรวง	2.44	0.12	-	0.49	0.06	0.06

ที่มา : วรนันท์ 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าว

Lee-GM.et.al, (1996) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมของการทำเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์จากข้าวโดยใช้กระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อนและความดันสูง พบว่า Shikhae เป็นเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์จากข้าวได้จากการย่อยแป้งจากมอล์ท ในการสกัดมอล์ทที่อุณหภูมิต่างๆกันตั้งแต่ 30-70 องศาเซลเซียส ได้ประเมินคุณภาพของมอลท์ที่อุณหภูมิต่างๆกันออกมาในรูปของปริมาณอะไมโลส อะมิโนไนโตรเจน น้ำตาลรีดิวส์และค่าสี หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำต่อมอล์ทที่ใช้ การย่อยแป้งในข้าวสุกดด้วยน้ำสกัดมอล์ทที่อุณหภูมิต่างๆช่วง 50-70 องศาเซลเซียส แล้วผ่านการให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มอล์ทสกัดที่40 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ให้ผลการสกัดที่ดีที่สุด อัตราส่วนของน้ำต่อมอล์ทที่เหมาะสมที่สุดคือ 10:1 การย่อยข้าวสุก (5%) ในน้ำสกัดมอล์ทจะได้น้ำตาลสูงสุด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

Hyung-Joo-Suh.et.al (1997) ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของการเตรียมมอล์ทจากข้าวบาเลย์ทั้งเปลือก ข้าวบาร์เลย์ที่กระเทาะเปลือกและข้าวสาลี พบว่าคุณภาพของ sikhe ซึ่งเป็นเครื่องดื่มพื้นเมืองจากข้าวของประเทศเกาหลี ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล กลิ่นรสตามธรรมชาติ และอื่นๆ ดังนั้นจึงทำให้การประเมินคุณลักษณะของมอล์ทที่ได้จากข้าวชนิดต่างๆ คือข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ทั้งเปลือก และข้าวบาร์เลย์ที่กระเทาะเปลือกแล้ว เพื่อปรับปรุงคุณภาพของ sikhe

อัตราการงอกที่เวลา 6 วันของข้าวสาลีเท่ากับ 82 % ส่วนข้าวบาร์เลย์กระเทาะเปลือกและข้าวบาร์เลย์ทั้งเปลือกเท่ากับ 69 % และ 56 % ตามลำดับ มอล์ทที่ทำจากเมล็ดข้าวงอกที่มีความยาว 1.5 ถึง 2 เท่า ของความยาวของ buds จะมีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลสูงสุด การสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จะสามารถสกัดเอนไซม์ย่อยแป้งไปเป็นน้ำตาลและน้ำตาลรีดิวส์ได้ สูงสุด มอล์ทของข้าวสาลีมีเอนไซม์ย่อยแป้งสูงสุด ส่วนมอล์ทของข้าวบาร์เลย์กระเทาะเปลือกมีเอนไซม์สูงกว่ามอลจากข้าวบาร์เลย์ทั้งเมล็ด ชนิดของเอนไซม์อะไมเลสในมอลท์จากข้าวทั้ง 3 ชนิด เป็นเบต้าอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวกล้อง

3.2 สารเคมีและเอนไซม์

1. Hydrochloric acid
2. กรดซัลฟูริคเข้มข้น
3. กรดบอริก 2%
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30%
5. catalyst
6. Mixed indicator
7. Anhydrous ether
8. เอนไซม์เซลลูเลส (celluclast – 1.5 L ของบริษัท NOVO)
9. เอนไซม์เซลลูเลส (Cellubrix – L ของบริษัท NOVO)
10. เอนไซม์โปรติเอส (Allalase Food Gradeของบริษัท NOVO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์

1. เครื่องบด
2. เครื่องสกัดไขมัน
3. บิกเกอร์
4.Volumemetric flask
5. Aluminium can
6. .Erlenmeyer flask
7. ปิเปต
8. ช้อนตักสาร
9. Porcelain dish
10. Thimble
11. ตู้อบรมร้อน
12. ชุดไตเตรท
13. กรวยกรอง
14. Aluminum can
15. Condenser
17. เครื่องสกัดโปรตีน
18. Hot plate
19. Desicator
20. Kjeldahl flask
21. Boiling chips
22. กระดาษวัด pH
23. ขวดเก็บสารเคมี
24 .Tong
25. หลอดหยด
26. กระบอกตวง
27. แท่งแก้ว
28. Extraction tube
29. Water bath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลองเป็นการทดลองแบบ Factorial โดยมีปัจจัยในการศึกษาคือ ระยะเวลาการสกัดของเอนไซม์ การต้มและไม่ต้มข้าว การสกัดและไม่สกัดไขมัน และชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ศึกษาผลของการสกัดไขมันที่ผิวของข้าวเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อเตรียมตัวอย่างโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1.1 นำข้าวมา 50 กรัม และเอทธานอล 95 เปอร์เซนต์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ใส่ใน flask 500 มิลลิลิตร

1.2 นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่เวลา 3, 4, 5, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง

1.3 นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที

1.4 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันด้วยวิธี soxhled method

เตรียมตัวอย่างที่สกัดไขมันในช่วงเวลาที่ศึกษาว่ามีความเหมาะสม เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. ศึกษาประสิทธิภาพรวมของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องที่ไม่ได้สกัดไขมันที่ผิวออกโดยมีขั้นตอนการทดลองดังแสดงในแผนภาพที่ 7

2.1. เตรียมตัวอย่างข้าวกล้องจำนวน 3 ชุด โดยใช้ปริมาณข้าวกล้อง 100 กรัมและเติมน้ำ 300 มิลลิลิตร

2.2. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้จากข้อ 2.1 เติมเอนไซม์ โดยชุดที่หนึ่งไม่เติมเอนไซม์ ส่วนอีก 2 ชุดเติมเอนไซม์ คือ Celluclast , Cellubrix , Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast โดยชุดแรกจะเติมเอนไซม์พร้อมกับข้าวเลยก่อนนำไปบ่ม ส่วนชุดหลังจะนำข้าวไปต้มให้เดือดแล้วจึงจับเวลา 5 นาทีก่อนจึงเติมเอนไซม์ลงไป ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าว

2.3. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ทั้งหมดไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ water bath ใช้เวลา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง ในระหว่างการย่อยต้องมีการคนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้เอนไซม์กระจายตัวอย่างทั่วถึง ทำให้การทำงานของเอนไซม์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.4. นำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh

2.5. นำตัวอย่างจนเดือดแล้วจับเวลา 5 นาที

2.5. หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Biuret Method

2.7. หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยวิธี Total sugar

2.8. หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (Total soluble solid)

3.ศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องที่สกัดไขมันที่ผิวออกโดยมีขั้นตอนการทดลองดังแสดงในแผนภาพที่ 8

3.1 เตรียมตัวอย่าง (เหมือนข้อ 2.1) แต่ใช้ข้าวกล้องที่สกัดไขมันที่ผิวออกแล้ว

3.2 นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.1 เติมเอนไซม์ โดยที่ชุดหนึ่งไม่เติม ส่วนอีก 2 ชุด เติมเอนไซม์ เหมือนข้อ 2.1

3.3 นำตัวอย่างที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ water bath โดยใช้เวลา 6 , 12 และ 18 ชั่วโมง ในระหว่างการย่อยต้องมีการคนเป็นระยะๆ เพื่อให้เอนไซม์กระจายตัวอย่างทั่วถึง ทำให้การทำงานของเอนไซม์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

3.4 นำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh

3.5 นำไปต้มจนเดือด แล้วจับเวลา 5 นาที

3.5 หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)

3.6. หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Biuret Method

3.7 หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยวิธี Total sugar

3.8 หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (Total soluble solid)

4. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำข้าวกล้อง

4.1 โดยนำผลการทดลองที่ให้ผลการวิเคราะห์ขั้นต้นที่ดีที่สุดมาทดลองทำการผลิตน้ำสกัดข้าวกล้อง ซึ่งจะเพิ่มขนาดการทดลองขึ้นโดยใช้ข้าว 500 กรัม เติมน้ำ 1500 มิลลิลิตร

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร (Poximate Analysis) ใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม AOAC 1995

4.2.1 หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC 1995)

4.2.2 หาปริมาณโปรตีน (AOAC 1995)

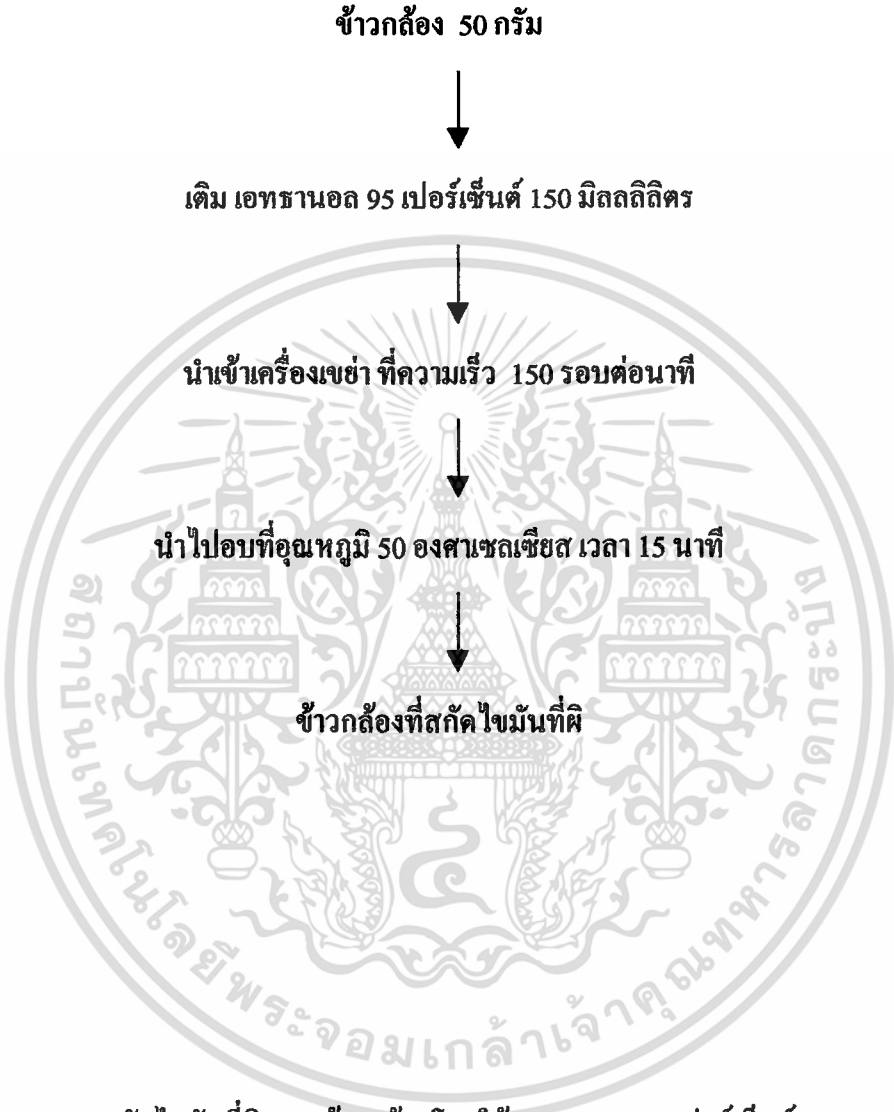
4.2.3 หาปริมาณไขมัน (AOAC 1995)

4.2.4 หาปริมาณเถ้า (AOAC 1995)

4.2.5 หาปริมาณไฟเบอร์ (AOAC 1995)

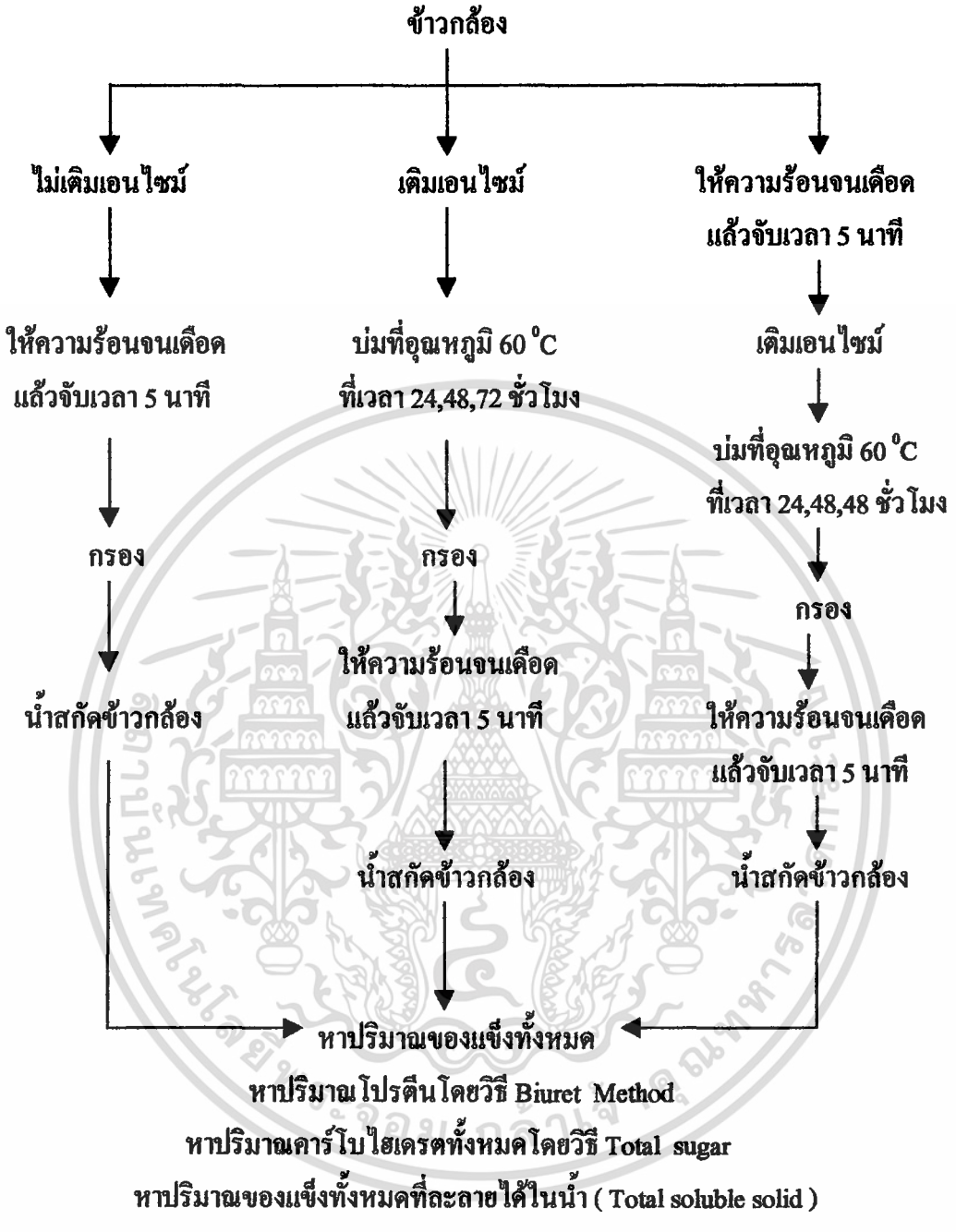
4.2.6 หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



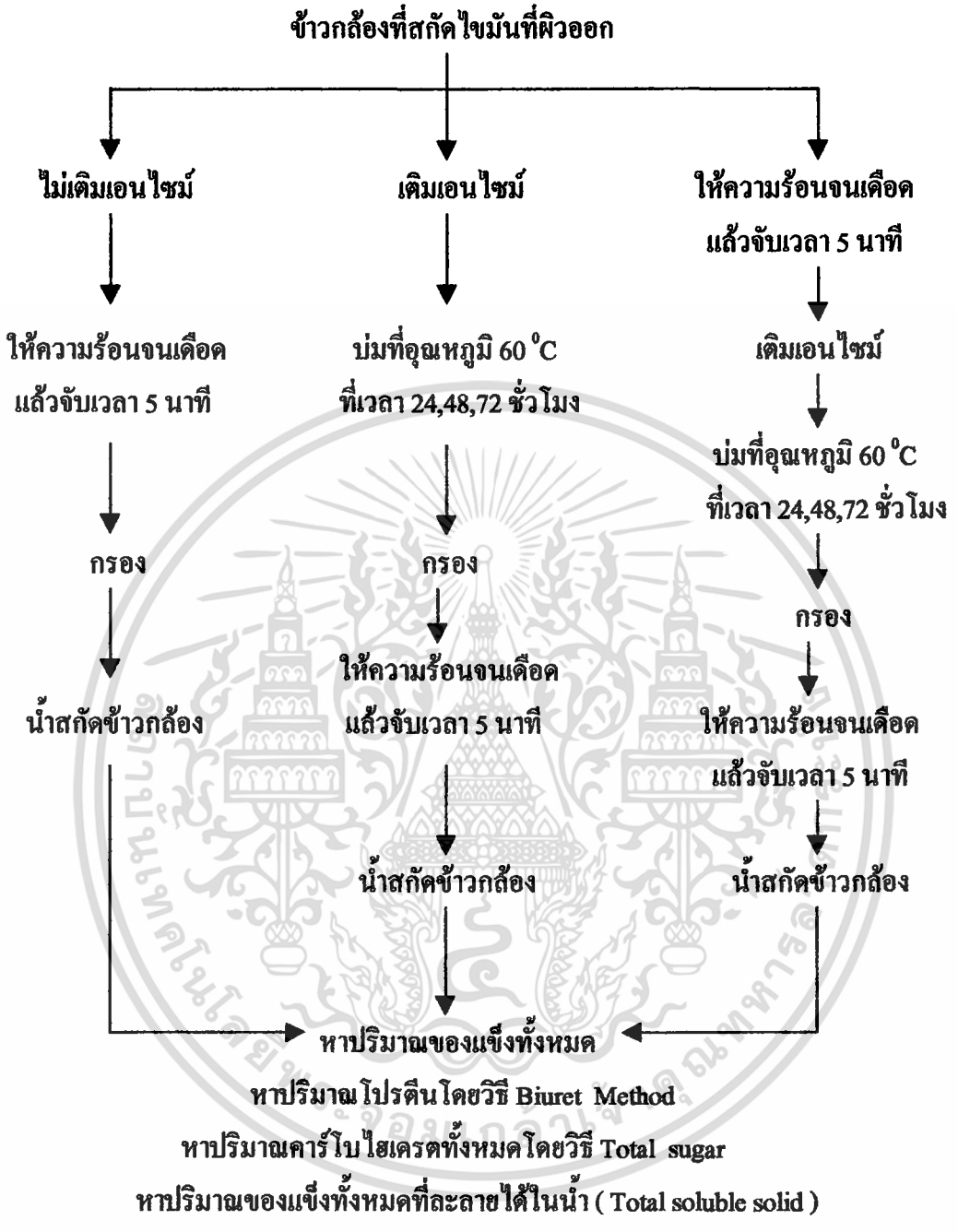
<u>ภาพที่ 6</u> แสดงการสกัดไขมันที่ผิวของข้าวกล้องโดยใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
93545



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยข้าวกล้องที่แยกไขมันที่ผิวออกบางส่วน

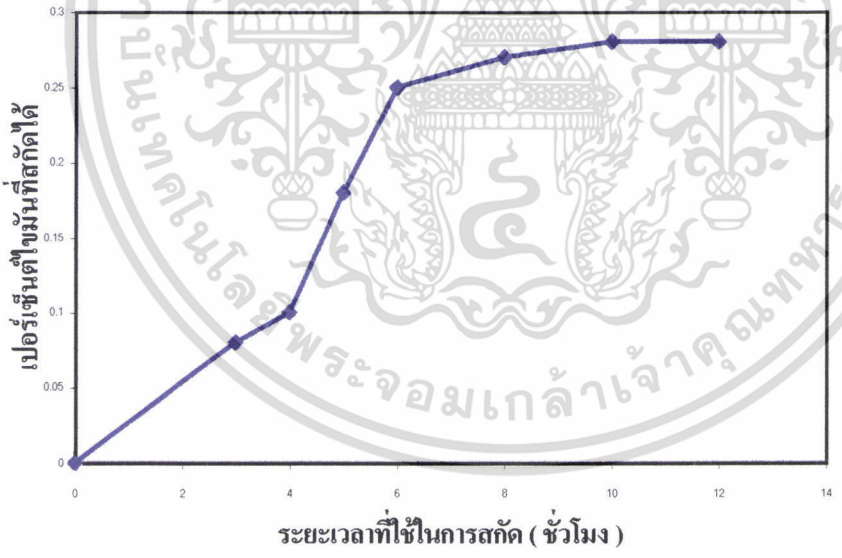
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในข้าวกล้องที่สกัดไขมันที่ผิวออก ด้วยเอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

จากการนำข้าวกล้องมาสกัดไขมันที่ผิวออก โดยใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซนต์ด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่ระยะเวลา 3 , 4 , 5 , 6 , 8 , 10 , 12 ชั่วโมงโดยใช้ข้าว 50 กรัมต่อเอทธานอล 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันที่สกัดได้ โดยใช้เครื่อง soxhlet ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 9 กราฟแสดงการสกัดไขมันที่ผิวข้าวกล้องโดยใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ข้าวกล้อง 50 กรัมต่อเอทธานอล 150 มิลลิลิตร

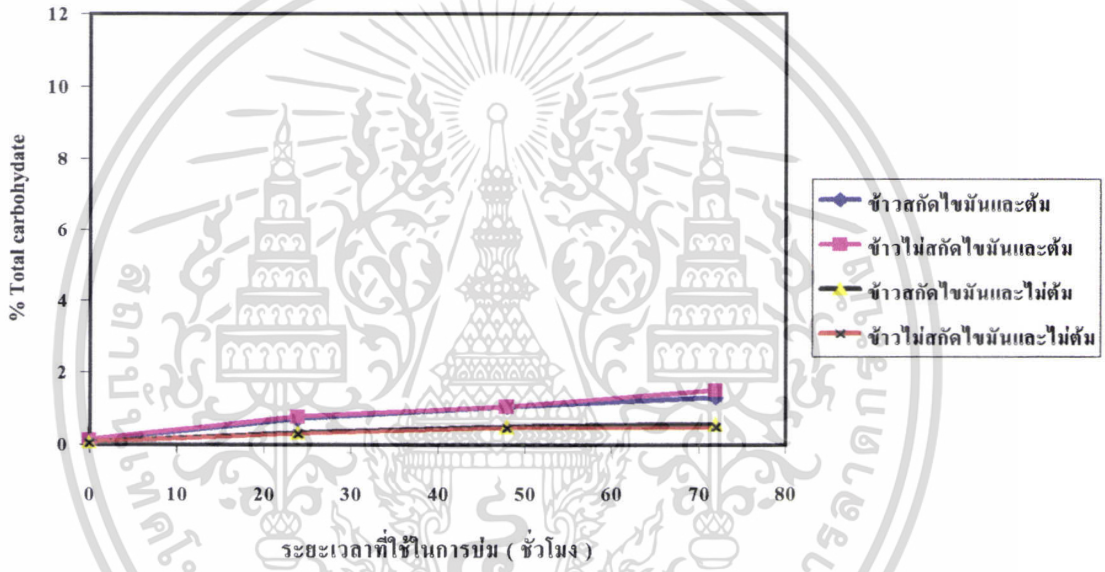
จากการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันที่สกัดได้จากข้าวกล้องที่เวลาต่าง ๆ พบว่าปริมาณไขมันที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และคงที่ที่เวลา 10 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16664

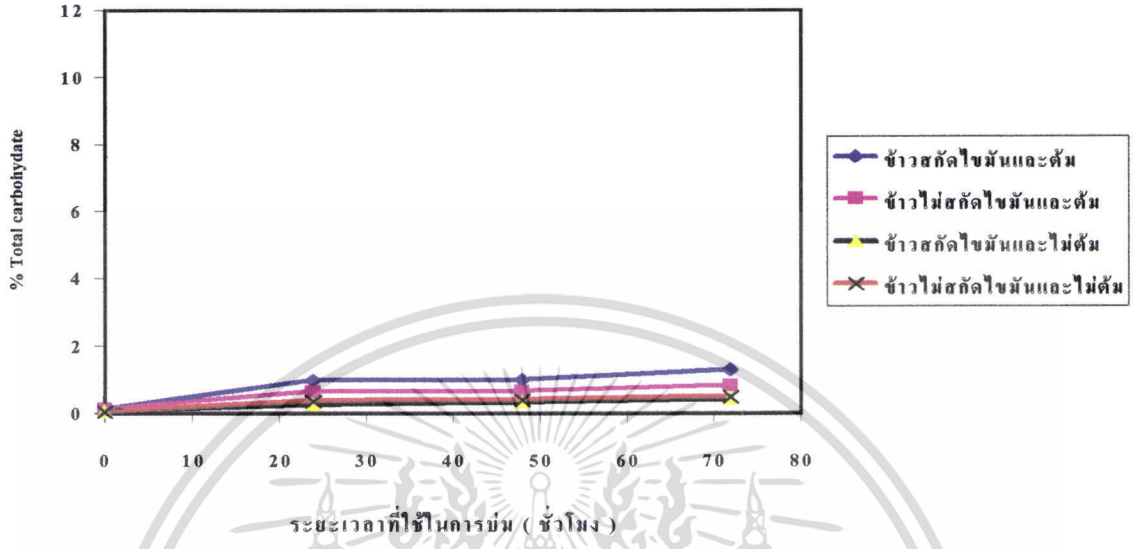
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง

จากการใช้เอนไซม์ Celluclast Cellubrix Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้องที่เวลา 24 , 48 , 72 ชั่วโมง โดยผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ คือ ข้าวสกัดไขมันและต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและต้ม ข้าวสกัดไขมันและไม่ต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 10 , 11 12 และ 13

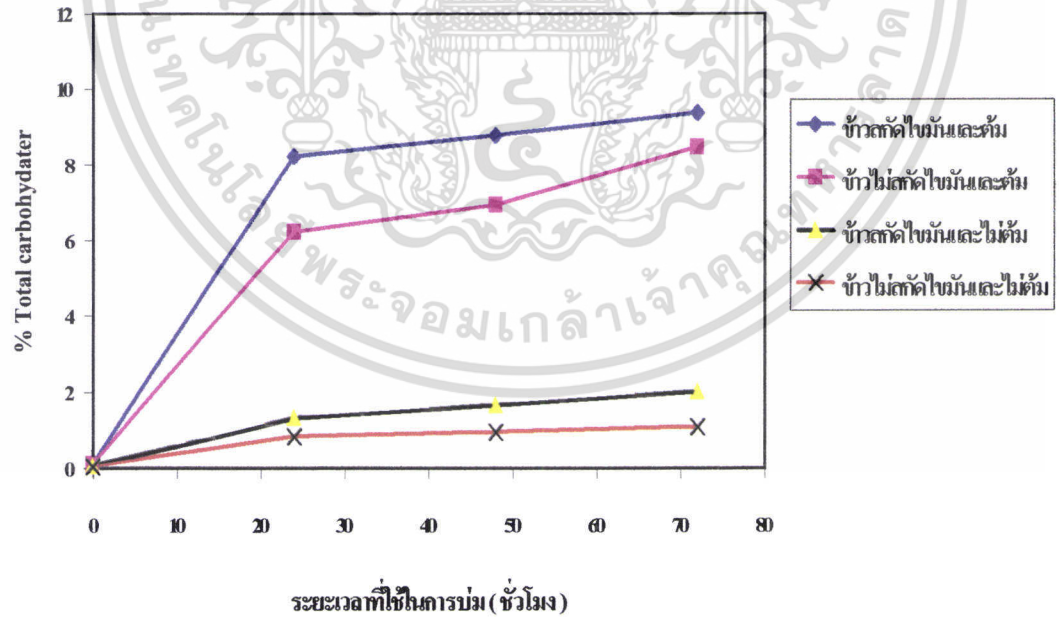


ภาพที่ 10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

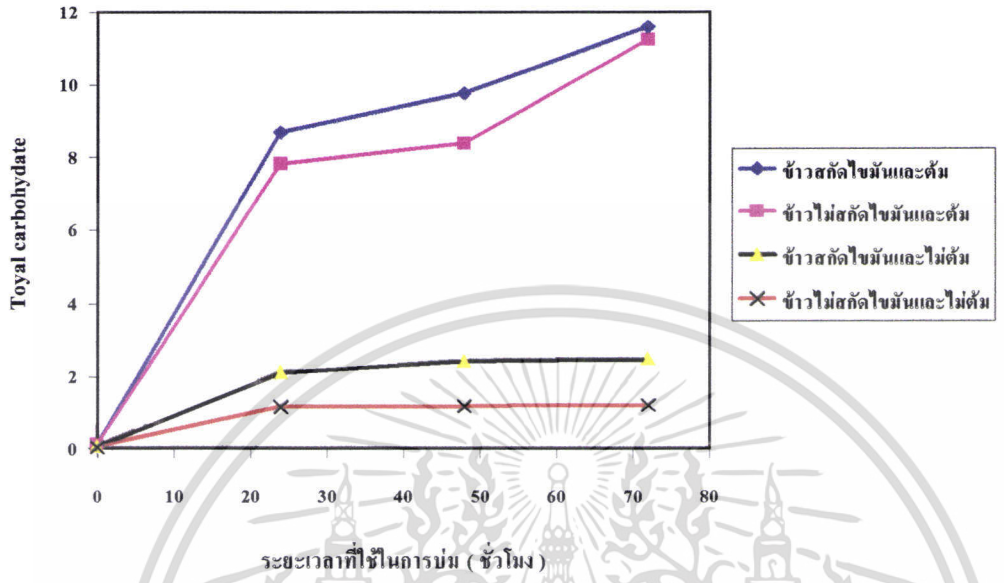


ภาพที่ 11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง



ภาพที่ 12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากดการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

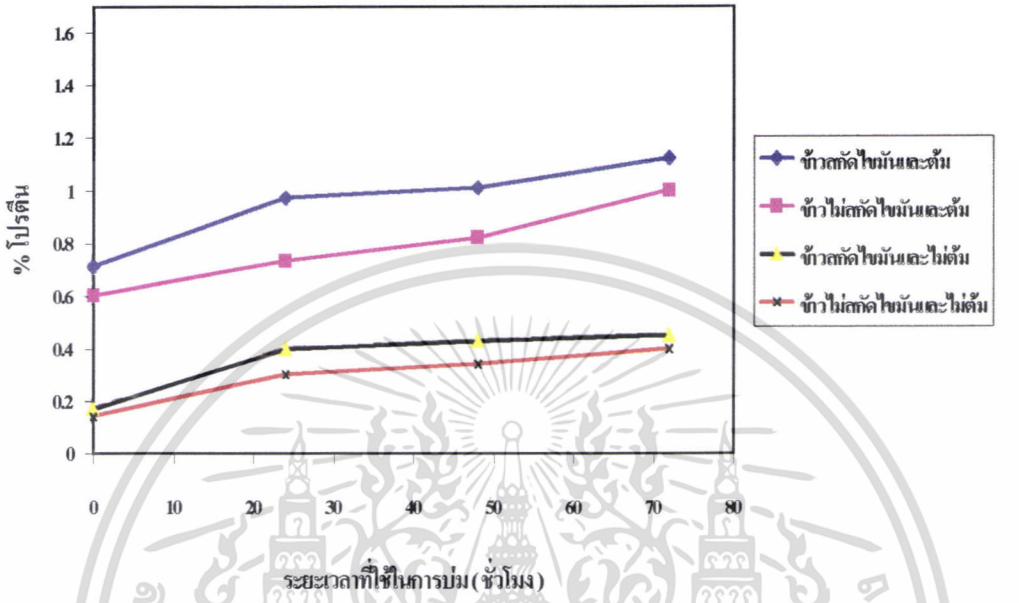
จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำสกัดข้าวกล้อง พบว่าการใช้เอนไซม์ Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast มีผลในการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า Celluclast และ Cellubrix ที่ช่วงระยะเวลาเดียวกัน โดยการเตรียมตัวอย่างด้วยการต้มจะให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าไม่ต้มในการใช้เอนไซม์ทุกชนิด ส่วนการสกัดไขมันจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดคาร์โบไฮเดรตของ Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast โดยจะมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ดังตารางที่ 3 อาจกล่าวได้ว่าไขมันมีผลต่อการทำปฏิกริยาของเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสแต่ไม่มีผลกับเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลส

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำสกัดข้าวกล้อง

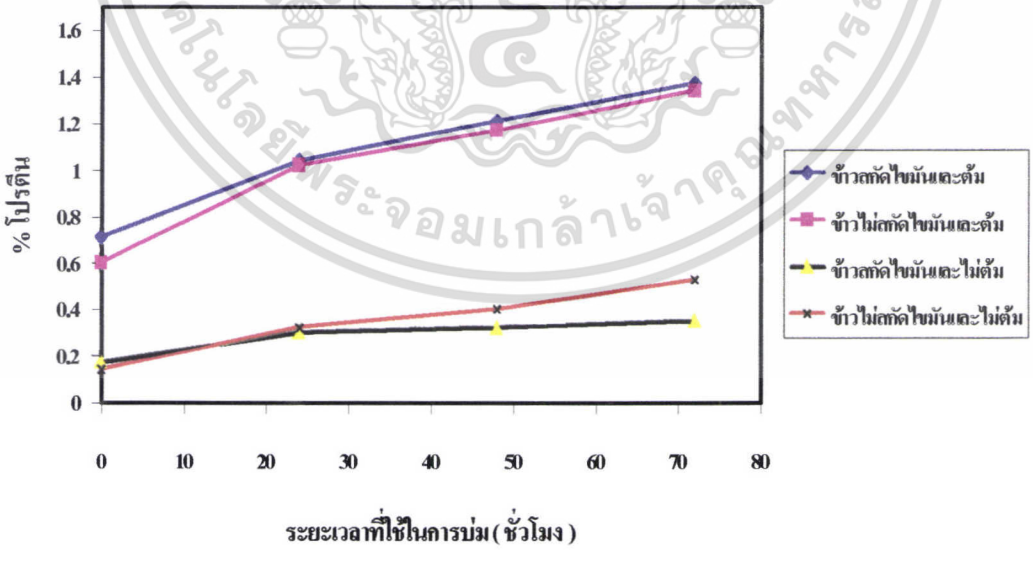
จากการใช้เอนไซม์ Celluclast Cellubrix Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้องที่เวลา 24 , 48 , 72 ชั่วโมง โดยผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ คือ ข้าวสกัดไขมันและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและต้ม ข้าวสกัดไขมันและไม่ต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 14 , 15 , 16 และ 17

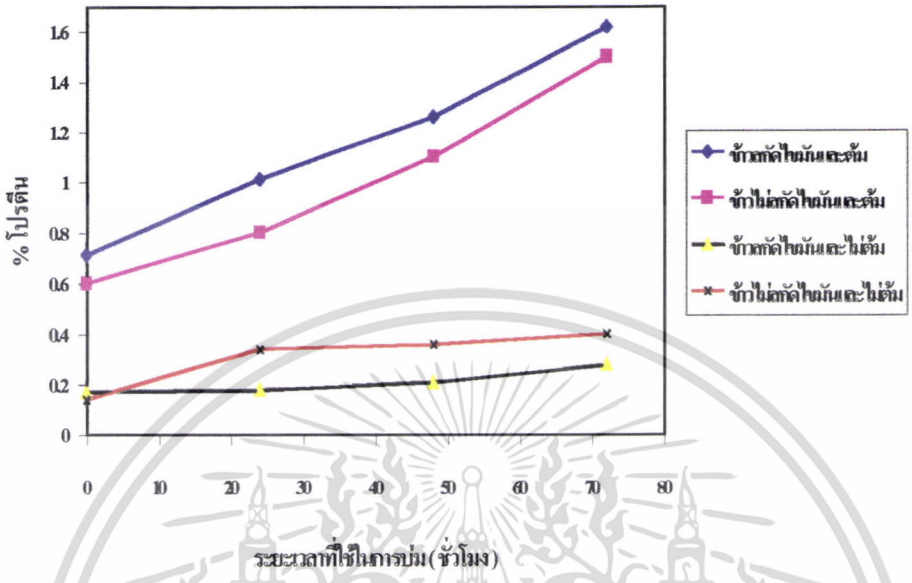


ภาพที่ 14 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

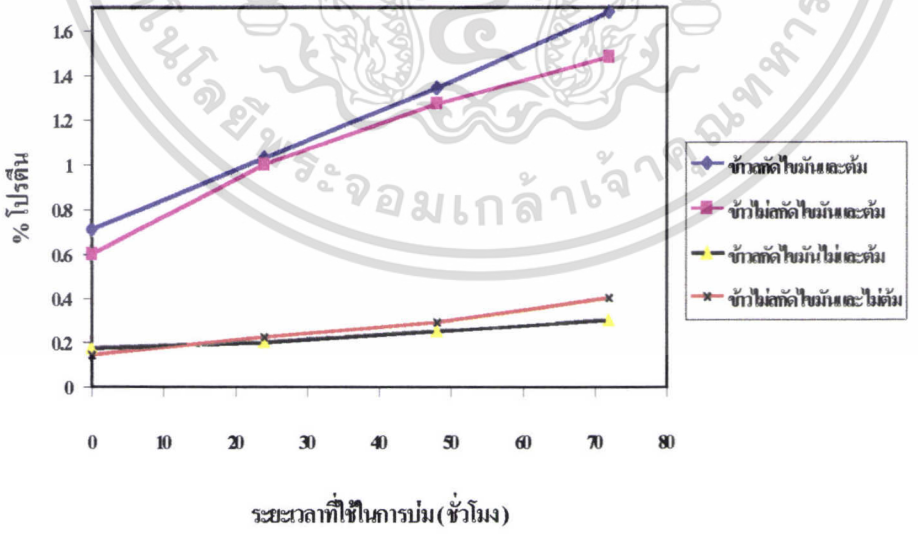


ภาพที่ 15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง



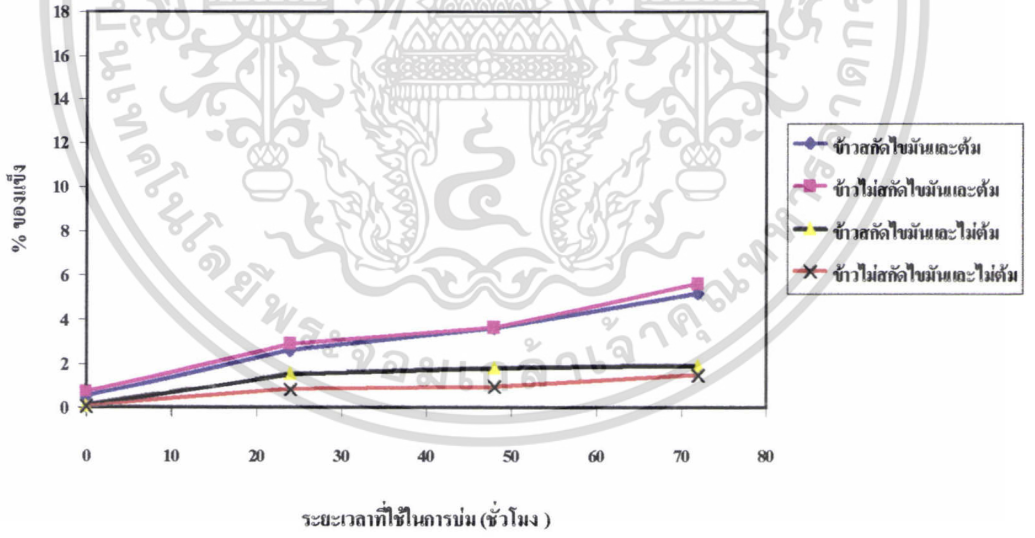
ภาพที่ 17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase และ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำสกัดข้าวกล้อง พบว่าการใช้เอนไซม์มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนเพียงเล็กน้อย โดย Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast มีผลในการเพิ่มปริมาณโปรตีนมากกว่า Celluclast และ Cellubrix ที่ช่วงระยะเวลาเดียวกัน การใช้ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง ในข้าวกล้องที่สกัดไขมันและต้ม มีผลในการเพิ่มปริมาณโปรตีนมากที่สุด และมีความแตกต่างจากการใช้เอนไซม์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % ดังตารางที่ 3 สันนิษฐานได้ว่า ชั้นไขมันหุ้มชั้นของโปรตีนอยู่ถ้าไม่สกัดไขมันเอนไซม์จะทำปฏิกิริยาได้น้อย

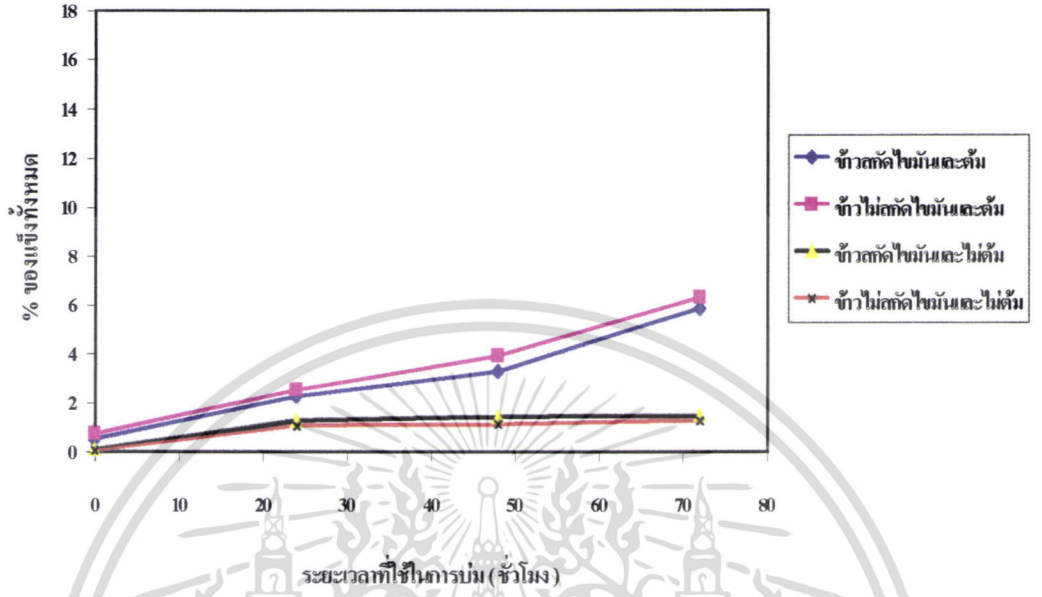
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง

จากการใช้เอนไซม์ Celluclast Cellubrix Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้องที่เวลา 24 , 48 , 72 ชั่วโมง โดยผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ คือ ข้าวสกัดไขมันและต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและต้ม ข้าวสกัดไขมันและไม่ต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 18 , 19 , 20 และ 21

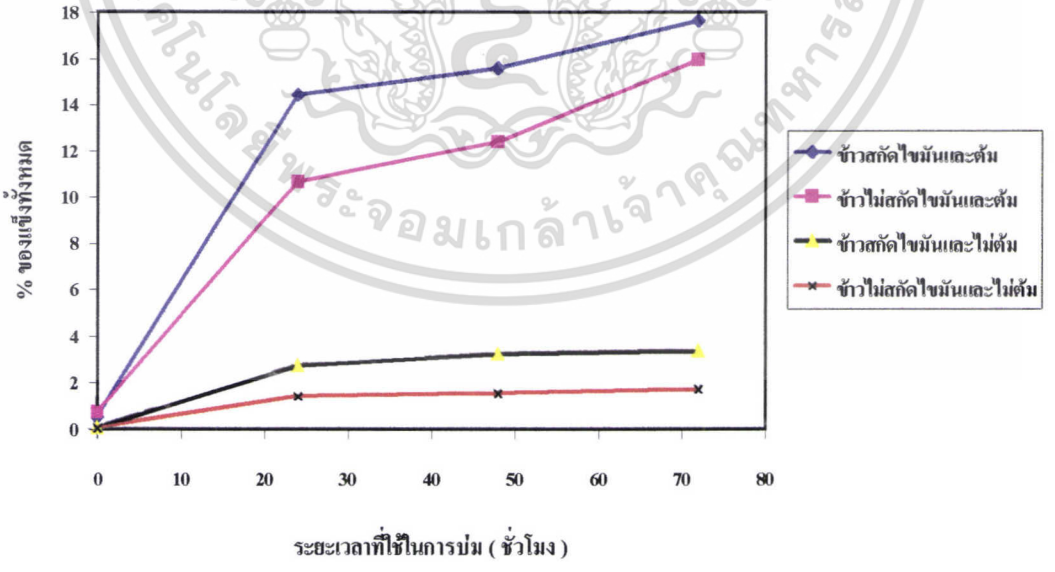


ภาพที่ 18 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

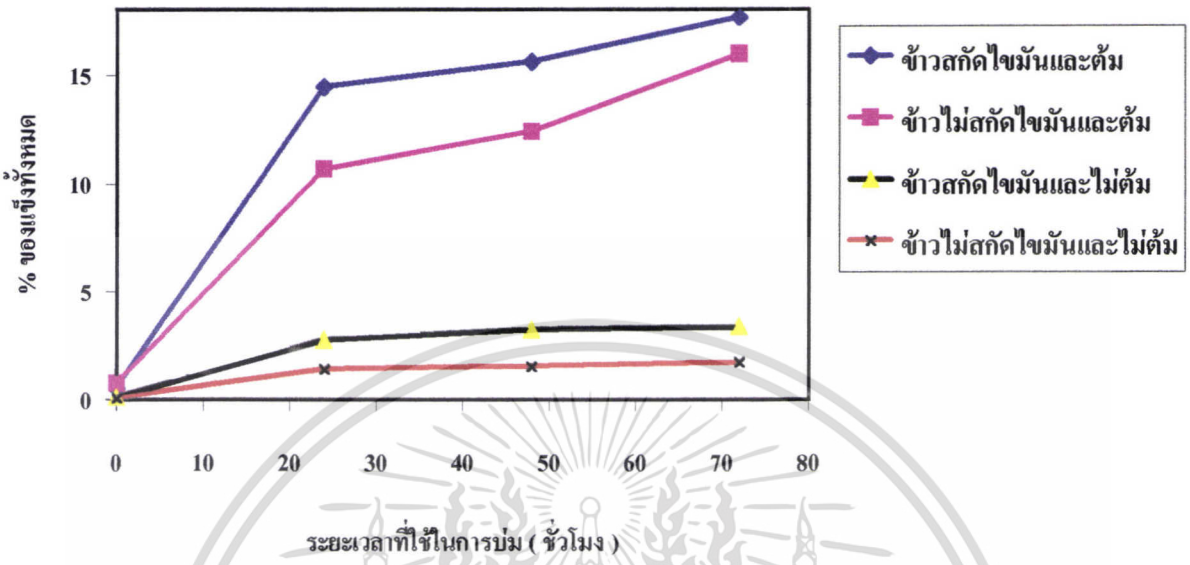


ภาพที่ 19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง



ภาพที่ 20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



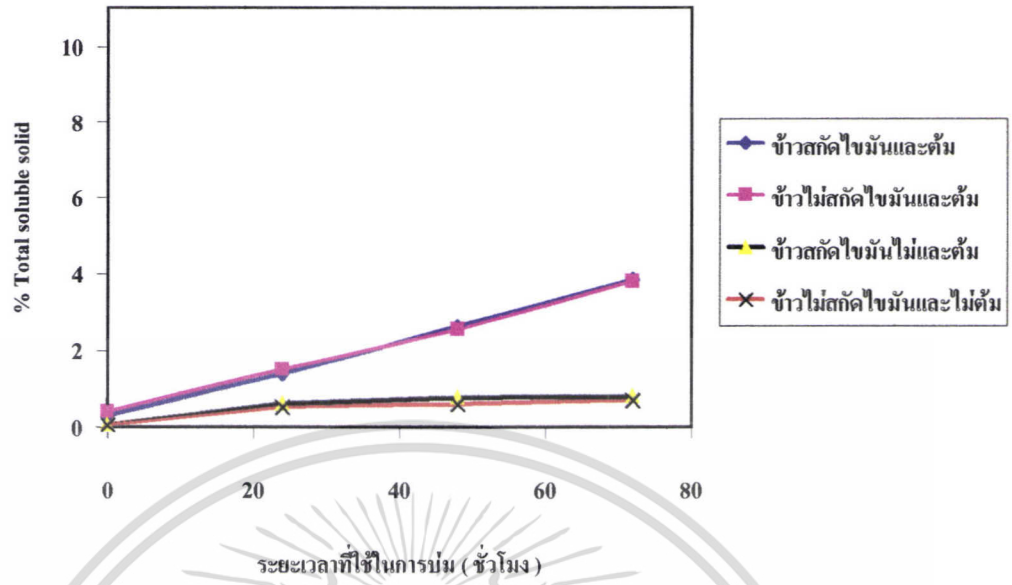
ภาพที่ 21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase และ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง พบว่าการใช้เอนไซม์มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด โดย Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast มีผลในการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่า Celluclast และ Cellubrix ที่ช่วงระยะเวลาเดียวกัน การใช้ Alcalase ร่วมกับ Celluclast บ่มที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมงที่ ในข้าวที่สกัดไขมันและต้ม นั้นแตกต่างจากการใช้เอนไซม์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 3 อาจกล่าวได้ว่าถ้าที่ผิวข้าวมีไขมันการที่เอนไซม์จะเข้าไปย่อยก็จะช้าลงหรือย่อยได้น้อยลงเพราะเอนไซม์ที่ใช้เป็นเอนไซม์ในกลุ่มของ Hydrolysis คือจะทำปฏิกริยาในสภาวะที่มีน้ำ

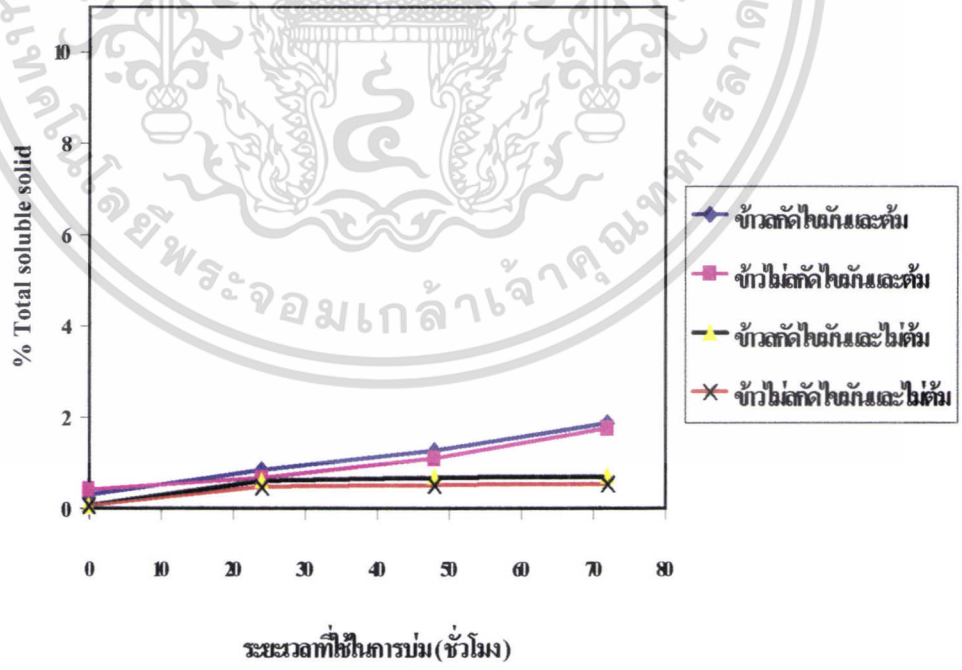
4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดของน้ำสกัดข้าวกล้อง

จากการใช้เอนไซม์ Celluclast Cellubrix Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ย่อยข้าวกล้องที่เวลา 24 , 48 , 72 ชั่วโมง โดยผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ คือ ข้าวสกัดไขมันและต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและต้ม ข้าวสกัดไขมันและไม่ต้ม ข้าวไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 22 , 23 , 24 และ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

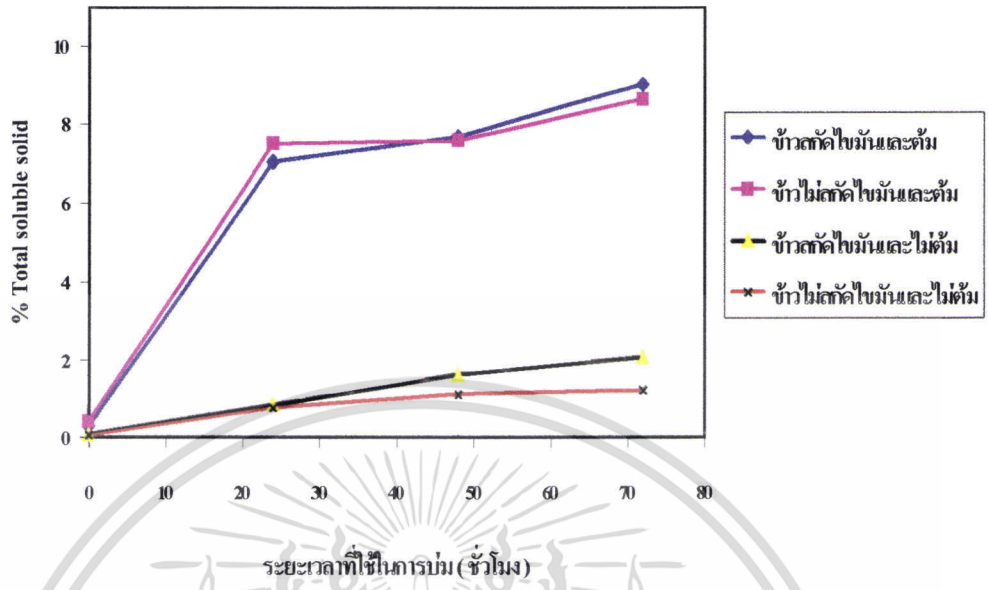


ภาพที่ 22 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดโดยใช้เอนไซม์ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

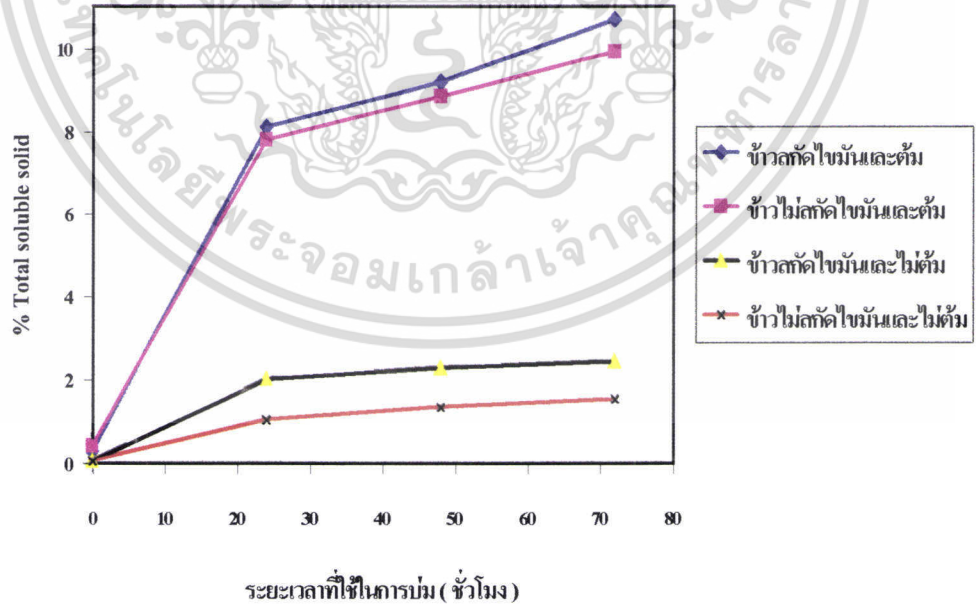


ภาพที่ 23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดโดยใช้เอนไซม์ Cellubrix ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 24 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase ย่อยข้าวกล้อง



ภาพที่ 25 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Alcalase และ Celluclast ย่อยข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำสกัดข้าวกล้องที่เวลา 72 ชั่วโมงโดยการย่อยข้าวกล้องด้วยเอนไซม์และวิธีการเตรียมตัวอย่างชนิดต่าง ๆ โดยวิธี Duncan ' s Multiple Range Test

น้ำสกัดข้าวกล้อง	% คาร์โบไฮเดรต	% โปรตีน	% ของแข็งทั้งหมด	% ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้
ไม่เติมเอนไซม์ สกัดไขมันและต้ม	0.09^{a}	0.71^{g}	0.50^{ab}	0.28^{ab}
ไม่เติมเอนไซม์ สกัดไขมันและไม่ต้ม	0.05^{a}	0.17^{ab}	0.08^{a}	0.06^{a}
ไม่เติมเอนไซม์ ไม่สกัดไขมันและต้ม	0.11^{a}	0.60^{fg}	0.71^{bc}	0.39^{b}
ไม่เติมเอนไซม์ ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม	0.04^{a}	0.14^{a}	0.06^{a}	0.06^{a}
เติม Celluclast สกัดไขมันและต้ม	1.27^{de}	1.12^{h}	5.16^{h}	3.84^{i}
เติม Celluclast สกัดไขมันและไม่ต้ม	0.54^{b}	0.45^{def}	1.90^{ef}	0.80^{c}
เติม Celluclast ไม่สกัดไขมันและต้ม	1.47^{e}	1.00^{h}	5.56^{hi}	3.79^{i}
เติม Celluclast ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม	0.48^{b}	0.40^{cde}	1.48^{de}	0.69^{c}
เติม Cellubrix สกัดไขมันและต้ม	1.28^{de}	1.37^{ij}	5.85^{ij}	1.86^{fg}
เติม Cellubrix สกัดไขมันและไม่ต้ม	0.42^{b}	0.35^{cd}	1.48^{de}	0.71^{c}
เติม Cellubrix ไม่สกัดไขมันและต้ม	0.81^{c}	1.34^{i}	6.30^{j}	1.74^{ef}
เติม Cellubrix ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม	0.49^{b}	0.53^{ef}	1.25^{cd}	1.10^{bc}
เติม Alcalase สกัดไขมันและต้ม	9.36^{i}	1.62^{kl}	17.22^{l}	9.00^{k}
เติม Alcalase สกัดไขมันและไม่ต้ม	2.01^{f}	0.28^{abc}	2.40^{f}	2.07^{g}
เติม Alcalase ไม่สกัดไขมันและต้ม	8.46^{h}	1.50^{jk}	15.54^{k}	8.61^{j}
เติม Alcalase ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม	1.10^{d}	0.40^{cde}	1.69^{de}	1.22^{d}
เติม Alcalase ร่วมกับ Celluclast สกัดไขมันและต้ม	11.57^{k}	1.68^{l}	17.62^{l}	10.7^{m}
เติม Alcalase ร่วมกับ Celluclast สกัดไขมันและไม่ต้ม	2.49^{g}	0.30^{bcd}	3.35^{g}	2.43^{h}
เติม Alcalase ร่วมกับ Celluclast ไม่สกัดไขมันและต้ม	11.22^{j}	1.48^{ijk}	15.93^{k}	9.92^{l}
เติม Alcalase ร่วมกับ Celluclast ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม	1.22^{d}	0.41^{cde}	1.72^{de}	1.54^{e}

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำสกัดข้าวกล้อง พบว่าการใช้เอนไซม์มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ โดย Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast มีผลในการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมากกว่า Celluclast และ Cellubrix ที่ช่วงระยะเวลาเดียวกัน โดยการใช้ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ร้อยละ 0.2 บ่มที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง ในข้าวที่สกัดไขมันและต้มนั้นแตกต่างจากการใช้เอนไซม์และการเตรียมตัวอย่างชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 3 จากการทดลองเห็นได้ว่าเอนไซม์ทั้งสองกลุ่มคือ Celluase และ Protease ส่งเสริมการทำงานซึ่งกันและกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษาการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์ พบว่าการใช้เอนไซม์ Celluclast Cellubrix Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast จะช่วยให้น้ำสกัดข้าวกล้องมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น โดยการใช้เอนไซม์ Alcalase ร่วมกับ Celluclast ที่เตรียมด้วยการต้มและการสกัดไขมันจะมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เอนไซม์เพียงชนิดเดียวที่เตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ

5.1.2 การเตรียมข้าวกล้องด้วยการต้มสามารถสกัดสารอาหารได้ดีกว่าข้าวที่ไม่ต้ม เนื่องจากการต้มทำให้โครงสร้างของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้สามารถสกัดสารอาหารได้ในปริมาณสูง การสกัดไขมันนั้นไม่มีผลต่อการใช้เอนไซม์ Celluclast และ Cellubrix แต่จะมีผลต่อการใช้เอนไซม์ Alcalase และ Alcalase ร่วมกับ Celluclast โดยการสกัดไขมันจะให้ปริมาณสารอาหารมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไม่สกัดไขมันพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เนื่องจากชั้นของ aleurone layer ซึ่งมีโปรตีนอยู่นั้นอยู่ถัดจากชั้น seed coat ซึ่งมีปริมาณไขมันสูงทำให้เอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสไม่สามารถเข้าทำปฏิกริยาได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนเอนไซม์ในกลุ่ม Cellulase นั้นจะทำการย่อยสลายในส่วนของ pericarp ด้านนอกซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีผลคือ ในด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดพบว่าความสำพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกัน ระหว่างการต้มและไม่ต้มข้าวกับการสกัดไขมันและไมสกัดไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % ดังตารางภาคผนวก ข3 ด้านปริมาณโปรตีนพบว่าความสำพันธ์ระหว่างการสกัดและไม่สกัดไขมันกับช่วงเวลาการบ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ความสำพันธ์ระหว่างการต้มกับไม่ต้มข้าวกับการเติมเอนไซม์กับชนิดต่างๆพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางภาคผนวก ข2 ด้านคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดพบว่า ความสำพันธ์ระหว่างการต้มและไม่ต้มข้าวกับการสกัดและไม่สกัดไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % ความสำพันธ์ระหว่างการต้มและไม่ต้มข้าวกับการเติมเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่ช่วงเวลาต่างๆ กัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางภาคผนวก ข1 ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่าความสำพันธ์ระหว่างการต้มและไม่ต้มข้าว การสกัดและไม่สกัดไขมันที่ช่วงเวลาต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % ดังตารางภาคผนวก ข4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์โดยวิธี factorial มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ปัจจัยแต่ละปัจจัยได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากมีปัจจัยหลายปัจจัยและระดับของปัจจัยหลายระดับจะทำให้เกิดความแปรปรวน ทำให้การวิเคราะห์ผลทางสถิติและการสรุปผลยุ่งยาก เพราะฉะนั้นในการทดลองควรแบ่งการทดลองออกเป็นหลาย ๆ การทดลอง ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ผลทางสถิติถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

5.1.3 การประเมินคุณภาพของน้ำสกัดข้าวกล้องโดยการวิเคราะห์ Poximate analysis พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และความชื้นเท่ากับ 0.82 , 0 , 0.22 , 0.30 , 15.07 และ 82.40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบน้ำสกัดข้าวกล้องที่ไม่เติมเอนไซม์ พบว่ามีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นยกเว้นปริมาณไขมัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การที่จะคัดเลือกเอนไซม์แต่ละชนิดจะต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น ราคาของเอนไซม์ แหล่งที่ผลิตหรือจำหน่ายเอนไซม์ และความจำเพาะของเอนไซม์ต่อวัตถุดิบ เป็นต้น

5.2.2 ข้าวกล้องที่ใช้เป็นวัตถุดิบควรได้จากแหล่งที่ผลิตที่มีคุณภาพ

5.2.3 ควรมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำสกัดข้าวกล้องที่ได้จากการย่อยของเอนไซม์ ให้มี สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดี

5.2.4 ควรมีการศึกษาถึงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดข้าวกล้องให้สามารถเก็บไว้ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ปราณี อ่านเปรื่อง . 2535 . เอนไซม์ทางอาหารตอนที่ 1. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพ ฯ.

วุฒิชัย นาครักษา . 2535 . เทคโนโลยีชัญพืช . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 198 หน้า.

วรนันท์ ศุภพิพัฒน์ , ทัศนีย์ โล้หนู , วรรธนี ชัยรัตน์ นฤมล ตราชู และ เอกชัย อินต๊ะวงศ์ . 1999 . ข้อเท็จ - จริง เรื่องชีวจิต . Thai Jounal of Parenteral Nutrition . 10(1):2-9

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลีการอาหาร . 2539. วิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร . คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 504 หน้า.

สายสนม ประดิฐดวง . 2541 . อาหารป้องกันโรค : ข้าวกล้องและรำข้าว . วารสาร อุตสาหกรรมเกษตร ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 . พฤษภาคม – สิงหาคม มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์. หน้า 38 –41.

A.O.A.C. 1995. Association of official Analytical Chemists. 16th ed.Arling,Verginia : Association of official Chemists.inc

Champagne, E.T.and Hron,R.J.and Abraham.1991.Stabilizing Brown Rice Product by Aqueous ethanol Extraction. Cereal Chem. 68(3):267-271

Datta,S.K. de.1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley and Son , Inc. New York, USA. 618 P.

Hyung – Joo – Suh , Soo – Hyun – Chung , Young – Soon – Kim , Jae – Hoon – Hong , Hyo – Ku – Lee 1997. Characteristics of malt prepared with coverd barley , naked barley and wheat. Journal-of-The korean-society-of-Food science-and- Nutrition : 26 (3) 417 – 421.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee – GM , Chun – CS , Shin – MH , Hong –JH , Kwon – TW 1996. Optimum conditions of retort processing for shikhae , non alcoholic rice beverge. Institute of Food Technologists annual meeting : book of abstracts , p. 55 – 56 ISSN 1082 –1236.

M F Chaplin and J F Kenady. 1986. Carbohydrate analysis partical approach . Irlpress oxford washington DC.

Pomeranz, Y. And Ory, R.L. 1982 . Rice Processing and Utilization. In I.A. Wolff. Ed. Handbook of processing in Agriculture, Vol II Part I, Plant Products. CRC Press, Boca Raton, Fla. 139p.

Robert Eisenthal and Michael Denser. 1991. Enzyme Assays A partical Approach Deparment of Biochemistry . University of bath. BA_2 7AY. Ck , 351 p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก ก1 แสดงปริมาณไขมันที่สกัดออกจากข้าวกล้อง (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ระยะเวลาที่สกัด (ชั่วโมง)	0	3	4	5	6	8	10	12
ปริมาณ (ร้อยละ)	0	0.08	0.1	0.18	0.25	0.27	0.28	0.28

ตารางภาคผนวก ก2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง (เปอร์เซนต์ต่อปริมาตร)

เอนไซม์	ระยะเวลาการบ่ม (ชั่วโมง)	สกัดไขมันและต้ม	ไม่สกัดไขมันและต้ม	สกัดไขมันและไม่ต้ม	ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม
ไม่เติมเอนไซม์	0	0.09	0.11	0.05	0.04
Celluclast	24	0.69	0.75	0.32	0.30
	48	1.02	1.02	0.48	0.45
	72	1.27	1.47	0.54	0.48
Cellubrix	24	0.97	0.62	0.25	0.35
	48	0.99	0.64	0.33	0.39
	72	1.28	0.81	0.42	0.49
Alcalase	24	8.21	6.21	1.32	0.84
	48	8.77	6.92	1.65	0.96
	72	9.36	8.46	2.01	1.10
Alcalase ร่วมกับ Celluclast	24	8.66	7.80	2.11	1.15
	48	9.74	8.36	2.40	1.18
	72	11.57	11.22	2.49	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำสกัดข้าวกล้อง
(เปอร์เซนต์ต่อปริมาตร)

เอนไซม์	ระยะเวลาการบ่ม (ชั่วโมง)	สกัดไขมันและต้ม	ไม่สกัดไขมันและต้ม	สกัดไขมันและไม่ต้ม	ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม
ไม่เติมเอนไซม์	0	0.71	0.6	0.17	0.14
Celluclast	24	0.97	0.73	0.4	0.3
	48	1.01	0.82	0.43	0.34
	72	1.12	1.0	0.45	0.4
Cellubrix	24	1.04	1.02	0.3	0.32
	48	1.21	1.17	0.32	0.4
	72	1.37	1.34	0.35	0.53
Alcalase	24	1.01	0.8	0.18	0.34
	48	1.26	1.1	0.21	0.36
	72	1.62	1.5	0.28	0.4
Alcalase และ Celluclast	24	1.03	1.0	0.2	0.22
	48	1.34	1.27	0.25	0.29
	72	1.68	1.48	0.3	0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก4 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสกัดข้าวกล้อง
(เปอร์เซ็นต์ต่อปริมาตร)

เอนไซม์	ระยะเวลาการบ่ม (ชั่วโมง)	สกัดไขมันและต้ม	ไม่สกัดไขมันและต้ม	สกัดไขมันและไม่ต้ม	ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม
ไม่เติมเอนไซม์	0	0.5	0.71	0.08	0.06
Celluclast	24	2.58	2.85	1.55	0.84
	48	3.59	3.61	1.81	0.96
	72	5.16	5.56	1.9	1.48
Cellubrix	24	2.23	2.49	1.25	1.04
	48	3.27	3.89	1.4	1.1
	72	5.85	6.3	1.48	1.25
Alcalase	24	13.72	10.75	2.08	1.29
	48	14.9	12.76	2.25	1.38
	72	17.22	15.54	2.4	1.69
Alcalase และ Celluclast	24	14.41	10.65	2.73	1.39
	48	15.57	12.37	3.22	1.53
	72	17.62	15.93	3.35	1.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก5 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด
(เปอร์เซ็นต์ต่อปริมาตร)

เอนไซม์	ระยะเวลาการบ่ม (ชั่วโมง)	สกัดไขมันและต้ม	ไม่สกัดและไขมันต้ม	สกัดไขมันและไม่ต้ม	ไม่สกัดไขมันและไม่ต้ม
ไม่เติมเอนไซม์	0	0.28	0.39	0.06	0.055
Celluclast	24	1.36	1.49	0.61	0.52
	48	2.62	2.54	0.76	0.59
	72	3.84	3.79	0.80	0.69
Cellubrix	24	0.83	0.65	0.61	0.46
	48	1.25	1.09	0.68	0.50
	72	1.86	1.74	0.71	0.54
Alcalase	24	7.02	7.49	0.85	0.77
	48	7.66	7.57	1.62	1.11
	72	9.00	8.61	2.07	1.22
Alcalase และ Celluclast	24	8.11	7.80	2.02	1.04
	48	9.20	8.85	2.27	1.34
	72	10.70	9.92	2.43	1.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

<u>ตารางภาคผนวก ข1</u> ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยวิธี Factorial ANOVA

Case Processing Summary[a]

Cases					
Included		Excluded		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
160	95.2%	8	4.8%	168	100.0%

a. TOTALCAR by boil, enz, fat, time

ANOVA[a]

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTALCAR	Main Effects	(Combined)	888.240	9	98.693	414.839	.000
		boil	206.889	1	206.889	869.617	.000
		enz	505.310	4	126.328	530.994	.000
		fat	6.472	1	6.472	27.205	.000
		time	169.569	3	56.523	237.584	.000
	2-Way Interactions	(Combined)	507.289	27	18.788	78.974	.000
		boil * enz	243.421	4	60.855	255.794	.000
		boil * fat	2.025E-04	1	2.025E-04	.001	.977
		boil * time	74.038	3	24.679	103.735	.000
		enz * fat	10.288	4	2.572	10.811	.000
		enz * time	176.779	12	14.732	61.921	.000
		fat * time	2.763	3	.921	3.872	.012
	3-Way Interactions	(Combined)	98.371	31	3.173	13.338	.000
		boil * enz * fat	.352	4	8.811E-02	.370	.829
		boil * enz * time	90.626	12	7.552	31.744	.000
		boil * fat * time	.379	3	.126	.530	.663
		enz * fat * time	7.014	12	.584	2.457	.009
	4-Way Interactions	boil * enz * fat * time	1.935	12	.161	.678	.768
	Model		1495.835	79	18.935	79.588	.000
	Residual		19.033	80	.238		
	Total		1514.868	159	9.527		

a. TOTALCAR by boil, enz, fat, time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางภาคผนวก ข2</u> ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ โปรตีนโดยวิธี Factorial

ANOVA

Case Processing Summary[a]

Cases					
Included		Excluded		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
160	95.2%	8	4.8%	168	100.0%

a. PROTEIN by boil, enz, fat, time

ANOVA[a]

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Main Effects	(Combined)	24.639	9	2.738	583.411	.000
		boil	19.474	1	19.474	4150.070	.000
		enz	1.864	4	.466	99.330	.000
		fat	9.120E-02	1	9.120E-02	19.436	.000
		time	3.209	3	1.070	227.957	.000
	2-Way Interactions	(Combined)	3.075	27	.114	24.269	.000
		boil * enz	.933	4	.233	49.730	.000
		boil * fat	.184	1	.184	39.127	.000
		boil * time	.873	3	.291	62.014	.000
		enz * fat	7.054E-02	4	1.763E-02	3.758	.007
		enz * time	1.003	12	8.362E-02	17.820	.000
		fat * time	1.085E-02	3	3.616E-03	.771	.514
	3-Way Interactions	(Combined)	.612	31	1.974E-02	4.208	.000
		boil * enz * fat	3.634E-02	4	9.084E-03	1.936	.112
		boil * enz * time	.527	12	4.394E-02	9.364	.000
		boil * fat * time	1.329E-02	3	4.429E-03	.944	.424
		enz * fat * time	8.516E-02	12	2.930E-03	.624	.815
	4-Way Interactions	boil * enz * fat * time	4.033E-02	12	3.360E-03	.716	.732
	Model		28.366	79	.359	76.519	.000
	Residual		.375	80	4.692E-03		
	Total		28.742	159	.181		

a. PROTEIN by boil, enz, fat, time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางภาคผนวก ข3</u> ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของแข็งโดยวิธี Factorial

ANOVA

Case Processing Summary[a]

Cases					
Included		Excluded		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
160	95.2%	8	4.8%	168	100.0%

a. TS by boil, enz, fat, time

ANOVA[a]

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TS	Main Effects	(Combined)	2333.244	9	259.249	5269.028	.000
		boil	14.702	1	14.702	298.797	.000
		enz	925.525	4	231.381	4702.633	.000
		fat	843.550	1	843.550	17144.462	.000
		time	549.467	3	183.156	3722.486	.000
	2-Way Interactions	(Combined)	1211.910	27	44.886	912.262	.000
		boil * enz	18.732	4	4.683	95.180	.000
		boil * fat	8.372E-02	1	8.372E-02	1.702	.196
		boil * time	8.571	3	2.857	58.068	.000
		enz * fat	598.699	4	149.675	3042.013	.000
		enz * time	323.650	12	26.971	548.159	.000
		fat * time	262.174	3	87.391	1776.159	.000
	3-Way Interactions	(Combined)	225.989	31	7.290	148.163	.000
		boil * enz * fat	5.696	4	1.424	28.943	.000
		boil * enz * time	8.108	12	.676	13.733	.000
		boil * fat * time	1.008	3	.336	6.828	.000
		enz * fat * time	211.177	12	17.598	357.666	.000
	4-Way Interactions	boil * enz * fat * time	3.107	12	.259	5.261	.000
	Model		3774.250	79	47.775	970.994	.000
	Residual		3.936	80	4.920E-02		
	Total		3778.186	159	23.762		

a. TS by boil, enz, fat, time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข4 ตารางค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยวิธี Factorial

ANOVA

Case Processing Summary[a]

Cases					
Included		Excluded		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
160	95.2%	8	4.8%	168	100.0%

a. TSS by boil, enz, fat, time

ANOVA[a]

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS	Main Effects	(Combined)	834.821	9	92.758	8003.670	.000
		boil	266.592	1	266.592	23002.997	.000
		enz	385.508	4	96.377	8315.944	.000
		fat	1.013	1	1.013	87.393	.000
		time	181.709	3	60.570	5226.287	.000
	2-Way Interactions	(Combined)	415.723	27	15.397	1328.550	.000
		boil * enz	201.672	4	50.418	4350.349	.000
		boil * fat	.332	1	.332	28.660	.000
		boil * time	77.212	3	25.737	2220.751	.000
		enz * fat	1.563	4	.391	33.708	.000
		enz * time	134.066	12	11.172	963.993	.000
		fat * time	.878	3	.293	25.265	.000
	3-Way Interactions	(Combined)	72.211	31	2.329	200.992	.000
		boil * enz * fat	.165	4	4.125E-02	3.559	.010
		boil * enz * time	70.717	12	5.893	508.486	.000
		boil * fat * time	8.133E-02	3	2.711E-02	2.339	.080
		enz * fat * time	1.248	12	.104	8.973	.000
	4-Way Interactions	boil * enz * fat * time	.136	12	1.135E-02	.979	.476
	Model		1322.891	79	16.745	1444.891	.000
	Residual		.927	80	1.159E-02		
	Total		1323.818	159	8.326		

a. TSS by boil, enz, fat, time

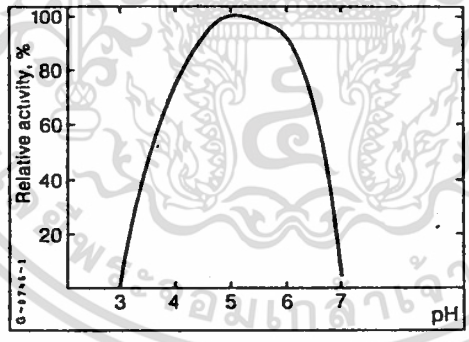
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

Celluclast – 1.5 L เป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นเล็กน้อย เตรียมได้จากเชื้อ *Trichoderma reesei* . เป็นเอนไซม์ที่ย่อย Cellulose และ Cellobiose อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 50 – 60 องศาเซลเซียส พีเอสระหว่าง 4.5 – 6.0

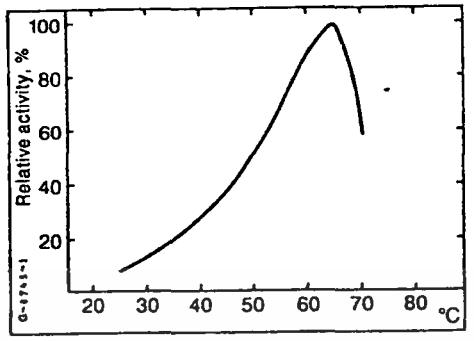
Cellubrix L เป็นของเหลวสีน้ำตาล ซึ่งเตรียมได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* and *Trichoderma reesi* เป็นเอนไซม์ที่ย่อย Cellulose และ Cellobiase อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 50 – 60 องศาเซลเซียส พีเอสระหว่าง 4.5 – 6.0

Alcalase Food Grade เป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม เตรียมได้จากเชื้อ *Bacillus licheniformis* เป็นเอนไซม์ในกลุ่มของ endoproteinase อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 55 – 70 องศาเซลเซียส พีเอสระหว่าง 6.5 – 8.5

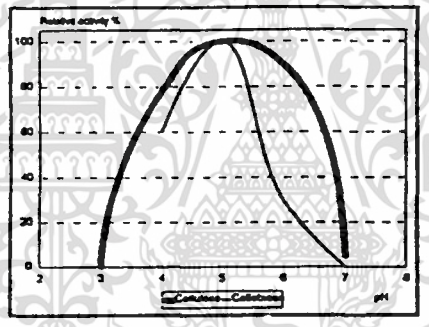


<u>ภาพภาคผนวกที่ ค1</u> ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Celluclast

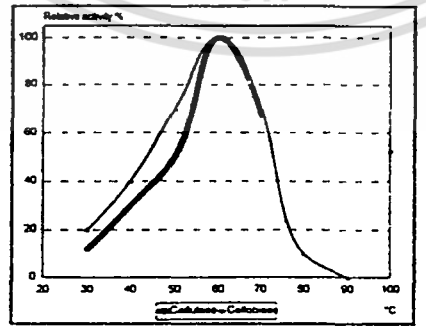
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ค2 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Celluclast

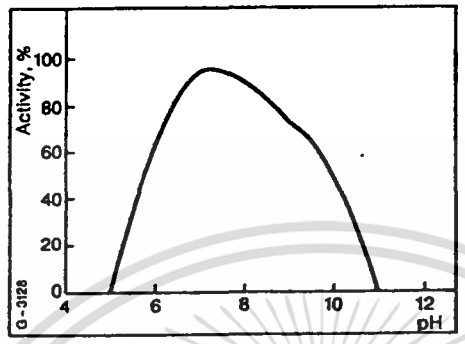


ภาพภาคผนวกที่ ค3 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Cellubrix

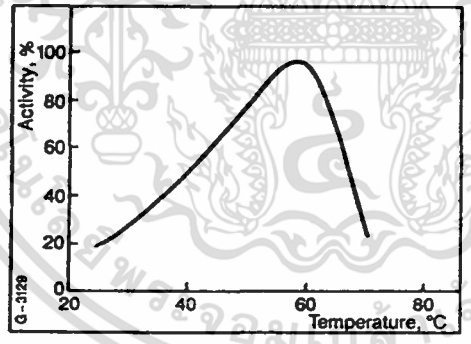


ภาพภาคผนวกที่ ค4 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Cellubrix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ค5 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Alcalase



ภาพภาคผนวกที่ ค6 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของ Alcalase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Poximate Analysis)

1. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)

อุปกรณ์

1. aluminium can
2. hot air oven
3. ตาชั่งละเอียด
4. desiccator
5. tong

วิธีการทดลอง

1) ชั่งน้ำหนัก aluminium can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน

2) ใส่ตัวอย่าง 5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งด้วยตาชั่งละเอียด

3) นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝา aluminum can ใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

4) เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบปิดฝา aluminium can นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก

5) นำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่หรือต่างกันประมาณ 0.003 – 0.005 กรัม

6) คำนวณเปอร์เซนต์ของแข็งทั้งหมด = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง – น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

อุปกรณ์

1. ขวด kjeldahl flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. เครื่อง condenser
4. เครื่องย่อยโปรตีน
5. erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. กระบอกน้ำกลั่น
7. ชุดไตเตรท

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc H_2SO_4 97%) reagent grade
2. กรดบอริค (Boric acid) 2% เตรียมจากสารละลายผลึกของกรดบอริค 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและทิ้งให้เย็น ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดจุกแก้ว
3. กรดไฮโดรคลอริค 0.1 N
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30% เตรียมจากละลายเกร็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัม ในน้ำกลั่น 350 มิลลิลิตร
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 ใน95% แอลกอฮอล์และ 0.1% Methyl red ใน95% แอลกอฮอล์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัมลงในขวด kjeldahl flask ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

2. เติม Catalyst 2 กรัม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และboiling chips

3.นำ kjeldahl flask ตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดควันที่ดี ใช้ความร้อนต่ำ ประมาณ 5 นาทีก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะ ๆ

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 โดยเปิดสวิทซ์เตาของชุดกลั่นให้มีความร้อนเพียงพอในขณะเริ่มต้นกลั่นและป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บแอมโมเนีย

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

12. คำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

$$\text{คำนวณเปอร์เซนต์ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times CD \times 100}{W \times 1000}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซนต์โปรตีน = (% ไนโตรเจน) x 6.25

A = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรทกับ bank

C = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค

D = 14

W = น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

<u>อุปกรณ์</u>

1. thimble
2. ชุดสกัดไขมัน soxhled
3. extraction tube
4. hot air oven
5. tong
6. desiccator
7. ตาชั่ง

<u>สารเคมี</u>

1. petroleum ether

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 10 กรัมใน thimble ปิดตัวอย่างด้านบนด้วยสำลี

2. บรรจุ thimble ในชุดสกัดไขมัน soxhled โดย thimble อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่างต่อกับ roundbottom flask ชนิด 2 คอ

3. ตวง petroleum ether จำนวน 150 มิลลิลิตร ในขวดแก้วก้นกลม ต่อสายยางนำน้ำเข้า และออกจาก condenser ก่อนเปิดสวิทซ์ของเตา heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสมเพื่อให้ไอของ petroleum ether ควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แยก petroleum ether ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ไล่ ether จนหมด นำไปทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก crude fat

5. คำนวณเปอร์เซนต์ไขมัน = $\frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

4. การวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์

<u>อุปกรณ์</u>

1. digestion flask ขนาด 700 มิลลิลิตร
2. boiling chips
3. condenser
4. buchner funnel
5. กระดาษกรอง
6. กระดาษลิตมัส
7. เตาของชุดย่อย crude fiber
8. ผ้าขาวบาง
9. hot air oven
10 desiccator
11. ตาชั่ง

<u>สารเคมี</u>

1. กรดซัลฟูริค 0.255 N เตรียมจากการเจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 98.1% จำนวน 6.93 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ถ้าใช้กรดซัลฟูริค 96% ใช้กรด 7.09 มิลลิลิตรเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์เกรด 1.25 กรัม ละลายน้ำจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Sintered glass crucible ที่ผ่านการล้างด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ตามด้วยการล้างด้วยน้ำร้อนก่อนล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริค (1: 3) ล้างด้วยน้ำร้อนอีกครั้งก่อนทำให้แห้งและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นแล้วและเก็บใน desicator

4. สารละลายโปตัสเซียมซัลเฟต 10%

เตรียมจากละลาย K_2SO_4 10 กรัมละลายในน้ำกลั่นจนได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร

5. เอธิลแอลกอฮอล์ 95%

6. ผ้ากรองลินินชนิดละเอียด (45 threads per inch)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัมในdigestion flask ขนาด 700 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นขวดแก้วก้นกลม เติมกรดซัลฟูริคที่ผ่านการต้มเดือดแล้วจำนวน 200 มิลลิลิตรและ boiling chips 2 – 3 ชิ้น ก่อนนำ condenser มาประกอบตอนบนของขวด

2.นำไปต้มบนเตาของชุดย่อย crude fiber โดยให้สารละลายเดือดนาน 30 นาทีต่อเนื่องกัน เขย่าขวดเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะบนผนังขวด

3. กรองกากด้วยผ้ากรองบน buchner funnel และใช้ปั๊มช่วยในการกรอง

4. ล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์กรด โดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

5. เทกากกลับไปใน digestion flask เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการต้มเดือดจำนวน 200 มิลลิลิตร ต้มส่วนผสมนาน 30 นาที กรองทันทีและล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่าง

6. ล้างกากด้วยสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตร้อน

7. เทกากกลับไปใน digestion flask อีกครั้งล้างตะกอนที่ติดผ้ากรองด้วยน้ำเดือดหลาย ๆ ครั้ง

8. เทกากใน digestion flask ผ่านไปใน sintered glass crucible ล้างกากด้วยน้ำเดือดหลายครั้ง

9. ล้างกากด้วยแอลกอฮอล์จำนวน 30 มิลลิลิตร

10. อบ crucible พร้อมกากที่อุณหภูมิ100องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมงชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นลง

11. นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสนาน 30 นาทีเพื่อขจัดสาร volatile organic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. นำ crucible มาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปจะเป็นของ crude fiber (น้ำหนักข้อ 10 – 12)

13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ crude fiber = $\frac{\text{น้ำหนัก crude fiber x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

อุปกรณ์

1. Crucible
2. muffle furnace
3. desiccator
4. ตะเกียงบุนเซน
5. ตาชั่ง
6. Hot air oven
7. tong

วิธีการทดลอง

1. ล้าง Crucible ทำให้แห้งก่อนเผาใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน disiccator ก่อนนำมาชั่ง หาน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างใน Crucible จำนวน 10 กรัม

3. เผาตัวอย่างด้วยตะเกียงบุนเซนอย่างช้าๆจนเผาไหม้หมด (completely carbonized) จึงนำ dish วางในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว

4. ชั่งน้ำหนักเถ้าด้วยตาชั่งละเอียด คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าเช่นเดียวกับการคำนวณ crude fiber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ = 100 – (ปริมาณโปรตีน + ปริมาณไขมัน + ปริมาณเถ้า + ปริมาณเส้นใย)

7. การหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด

1. นำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด centrifuge แล้วนำไป centrifuge ที่ความเร็ว 3,000 รอบ เป็นเวลา 15 นาที
2. ชั่ง aluminium can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน
3. ใส่ตัวอย่างส่วนที่ใส 10 มิลลิลิตรใน aluminum can ปิดฝาแล้วนำไปชั่งด้วยตาชั่งละเอียด
4. นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝา aluminum can ใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
5. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบปิดฝา aluminium can นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก
6. นำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่หรือต่างกันประมาณ 0.003 – 0.005 กรัม
7. คำนวณเปอร์เซนต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

8 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Biurat method

<u>อุปกรณ์และสารเคมี</u>

1. สารละลายโปรตีนมาตรฐาน BSA (bovin serum albumine) 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
2. ตัวอย่าที่จะวัด
3. biuret reagent
4. เครื่อง spectronic 20 หรือ 20
5. หลอด spectronic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ

1.ปิเปตสารละลายมาตรฐาน BSA และตัวอย่าง ลงในหลอดที่ 2-5 และหลอดที่ 6-7 ตามลำดับ และเติมน้ำเพื่อปรับปริมาตร แต่ละหลอดให้เท่ากัน ดังในตาราง

2. เติมสารละลาย biuret reagent ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง ที่ 540 นาโนเมตร โดยมีหลอดที่ 1เป็น bank

3. พลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) และปริมาณโปรตีนมาตรฐาน (แกน X)

3. หาปริมาณของโปรตีนโดยนำค่าการดูดกลืนแสงของหลอดที่ 6-7 ไปอ่านค่าจากกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณความเข้มข้นของโปรตีนในตัวอย่าง

ตารางภาคผนวก ง1 แสดงการหาค่ากราฟมาตรฐาน

หลอดที่	1	2	3	4	5	6	7
สารละลายมาตรฐาน BSA (มล)	-	0.3	0.6	0.9	1.2	-	-
ตัวอย่าง	-	-	-	-	-	0.6	1.0
น้ำกลั่น (มล)	1.2	0.9	0.6	0.3	-	0.6	1.2
สารละลายไบยูเรต (มล)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

9 การวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Phenol – sulfuric acid

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริคเข้มข้น 95.5 % และความถ่วงจำเพาะ 1.84
2. ฟีนอล (Phenol) ชนิด redistrilled grade

อุปกรณ์

1. ปิเปตขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร ที่สามารถปล่อยให้กรดซัลฟูริคเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ไหลออกมาหมดภายใน 10 – 20 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บิกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคน
4. หลอดทดสอบชนิดผนังหนา ขนาด 150 x 200 มิลลิลิตร
5. เครื่อง spectrophotometer

<u>วิธีทำ</u>

1. เตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีปริมาณน้ำตาลประมาณ 10 ถึง 70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดสอบ แล้วเติมสารละลายฟีนอล 5 % 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 5 มิลลิลิตรโดยปล่อยให้กรดซัลฟูริคไหลลงผิวของสารละลายในหลอดทดสอบโดยตรงเพื่อให้การผสมที่ดีและรวดเร็ว อย่าปล่อยให้กรดซัลฟูริคไหลลงตรงข้างหลอด ให้ระวังสารละลายในหลอดจะร้อน ห้ามเขย่าหลอด

4. ตั้งหลอดทิ้งไว้ 10 นาที แล้วเขย่าให้เข้ากัน

5. นำหลอดวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่น 490 นาโนเมตร

6 สำหรับ blank ให้เตรียม โดยใช้น้ำกลั่น แทนสารละลายตัวอย่าง

การหาสารละลายกราฟมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน stock solution โดยสารละลายน้ำตาล 0.04 กรัม ในขวดตวงปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงปริมาตร สารละลายน้ำตาลที่ได้จะมีความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2 เจือจาง stock solution ของสารละลายน้ำตาลด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาล 0 , 16 , 32 , 48 , 64 , และ 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

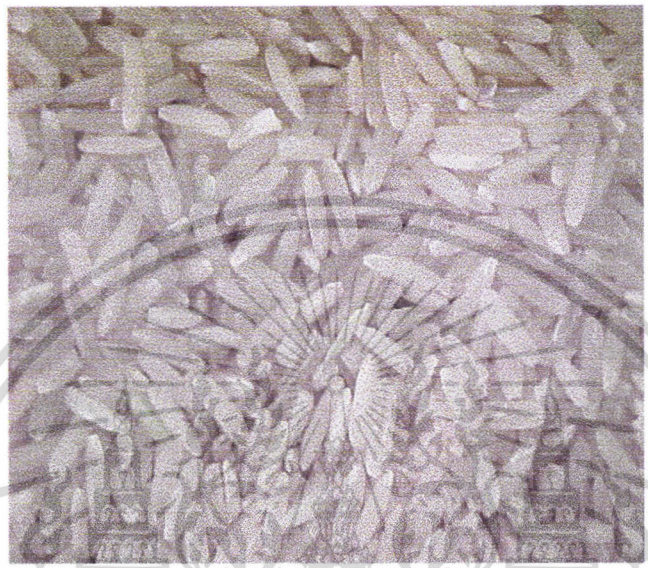
3. ทำต่อไปเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

4. นำค่า absorbance ที่วัดได้ กับค่าความเข้มข้นของน้ำตาลมาคำนวณหาสมการของกราฟมาตรฐานโดยวิธี linear regression

5. แทนค่า absorbance ของตัวอย่าง ในสมการของกราฟมาตรฐานจะได้ความเข้มข้นของน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

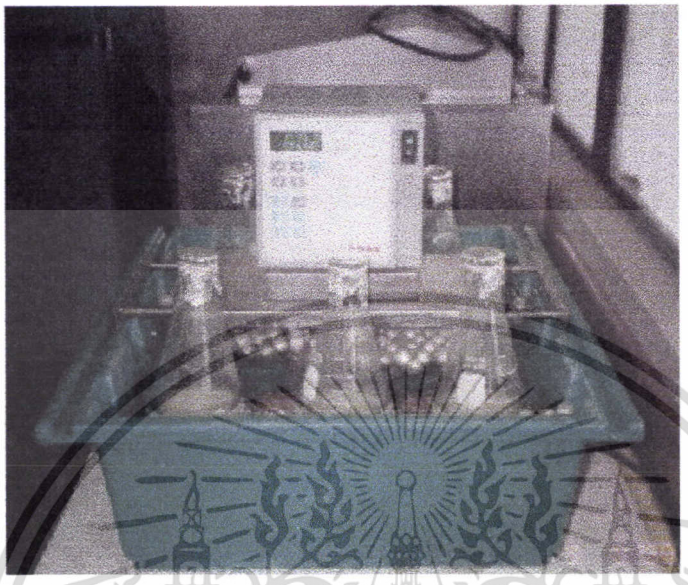
ภาคผนวก จ



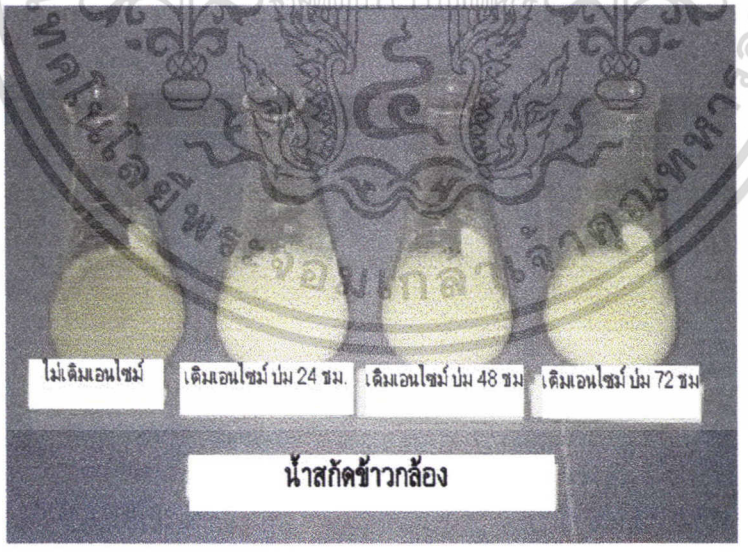
ภาพภาคผนวกที่ จ1 ข้าวกล้องที่ใช้ในการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ จ2 เครื่องเขย่าที่ใช้ในการสกัดไขมันที่ผิวของข้าวกล้องในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

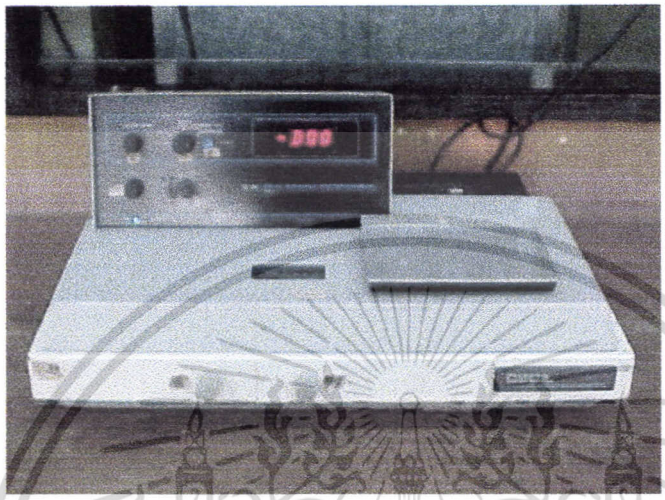


ภาพภาคผนวกที่ จ3 water bath ที่ใช้ในการย่อยข้าวกล้อง



ภาพภาคผนวกที่ จ4 น้ำสกัดข้าวกล้องที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์

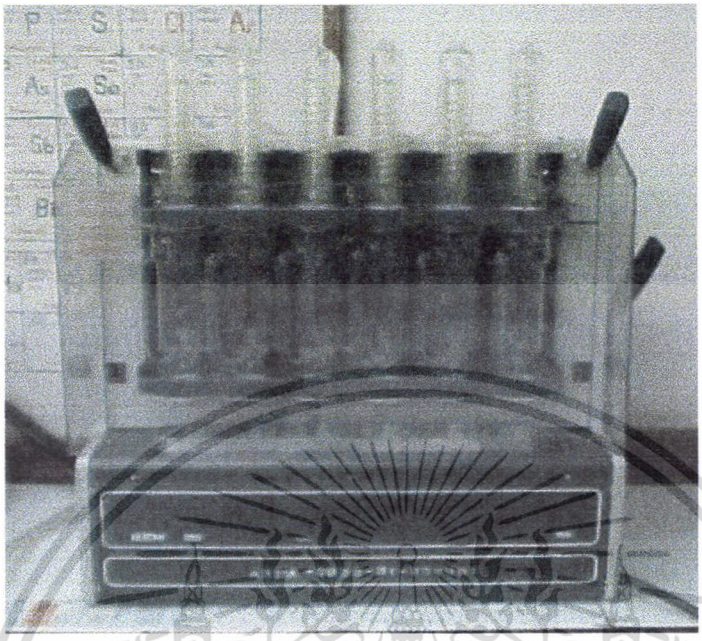
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพภาคผนวกที่ จ5</u> เครื่อง Spectrophotometer ที่ใช้ในการ วิเคราะห์ Total sugar และ Biuret method

<u>ภาพภาคผนวกที่ จ6</u> เครื่องกลั่นที่ใช้ในการหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ จ7 เครื่องสกัดไขมัน (soxhlet)

ภาพภาคผนวกที่ จ8 เครื่องย่อยโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายก้องเกียร์ติ อำไพ เกิดเมื่อวันพุธที่ 28 ธันวาคม 2520 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนตราษตระการคุณ จ. ตราด สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ในปี พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาตร์บัญฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2543

นายศิริวรรณะ มิ่งโอโล เกิดวันอังคารที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2520 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนภูเขียว จ. ชัยภมิ สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ในปี พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาตร์บัญฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้