สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและการกำจัดรสขมด้วยเอนไซม์ทางการค้า

(Enzymatic hydrolysis of soy protein isolate and debittering of the hydrolysate using commercial enzyme preparation)

โดย

นางสาวกัตติกา กิ่งทอง รหัสนักศึกษา 47040188

นางสาวพรจิตรา จวบฤกษ์เย็น รหัสนักศึกษา 47040203

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

ปพ.
ก 387ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85422
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 1201011X
i .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและการกำจัดรสขมด้วยเอนไซม์ทางการค้า

(Enzymatic hydrolysis of soy protein isolate and debittering of the hydrolysate using commercial enzyme preparation)

จัดทำโดย

นางสาวกัตติกา กิ่งทอง รหัสนักศึกษา 47040188

นางสาวพรจิตรา จวบฤกษ์เย็น รหัสนักศึกษา 47040203

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.... 24/มีนาคม/2551

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง

การไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและการกำจัดรสขมด้วยเอนไซม์ทางการค้า

(Enzymatic hydrolysis of soy protein isolate and debittering of the hydrolysate using commercial enzyme preparation)

จัดทำโดย

นางสาวกัตติกา กิ่งทอง รหัสนักศึกษา 47040188

นางสาวพรจิตรา จวบฤกษ์เย็น รหัสนักศึกษา 47040203

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียบเรียง นางสาวกัตติกา กิ่งทอง และนางสาวพรจิตรา จวบฤกษ์เย็น. 2550
ชื่อเรื่องปัญหาพิเศษ การไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและการกำจัดรสขมด้วยเอนไซม์ทางการค้า (Enzymatic hydrolysis of soy protein isolate and debittering of the hydrolysate using commercial enzyme preparation) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

บทคัดย่อ

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองไม่มีรสชาติ ขนาดของโมเลกุลโปรตีนจะมีผลต่อต่อมรับรสแตกต่างกัน เพพไทด์และกรดอะมิโนแต่ละชนิดซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรทีเอสจะมีรสหวาน เปรี้ยว เค็ม รสอูมามิ (umami) หรือรสขม เป็นลักษณะเฉพาะตัว ในขณะที่รสชาติอื่นๆ ให้รสชาติในทางบวกแก่อาหารแต่รสขมเป็นรสที่ไม่ต้องการ ทำให้รสขมที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์โปรตีนเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรส การเลือกใช้ชนิดของโปรทีเอสที่เหมาะสมหรือเลือกลำดับการใช้โปรทีเอสชนิดต่างๆ ร่วมกันในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสามารถทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่มีรสขม

จากผลการศึกษาการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและการกำจัดรสขมด้วยเอนไซม์ทางการค้าเพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรุงรส เมื่อพิจารณาระดับการไฮโดรไลซิสโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจากกรดอะมิโนต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (AN/TN) เปอร์เซ็นต์ปริมาตรส่วนใสต่อปริมาตรทั้งหมด และการชิม พบว่าโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่ไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ ที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีระดับการไฮโดรไลซิสคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจากกรดอะมิโนต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาตรส่วนใส 83.58 เปอร์เซ็นต์ และสามารถที่จะลดความขมในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองได้

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
กัตติกา กิ่งทอง พรจิตรา จวบฤกษ์เย็น	[signature]	24 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แก้ไข ชี้แนะแนวทาง รวมทั้ง ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณ ดร.ศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการ ขอบคุณ ครอบครัว คุณพ่อ คุณแม่ ที่ค่อยเป็นกำลังใจและดูแลเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปัญหาพิเศษ

กัตติกา กิ่งทอง
พรจิตรา จวบฤกษ์เย็น
24 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ.. ก
กิตติกรรมประกาศ... ข
สารบัญ.. ค
สารบัญภาพ.. ง
สารบัญตาราง... ฉ
บทที่ 1บทนำ... 1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์... 3
2.1 ถั่วเหลือง.. 3
2.2 อาหารทำหน้าที่.. 6
2.3 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate).. 9
2.4 เอนไซม์.. 10
2.5 การกำจัดความขมของโปรตีนไฮโดรไลเซท... 16
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง... 20
บทที่ 4 ผลการทดลอง... 29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง... 47
บรรณานุกรม.. 48
ภาคผนวก.. 49
ประวัติผู้เขียน.. 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.4.1 ผลของการทำงานของอัลคาเลส ที่ pH ต่างๆ	11
2.4.2 ผลของการทำงานของอัลคาเลสที่ อุณหภูมิ ต่างๆ	11
2.4.3 ผลของการทำงานของอัลคาเลสในเวย์โปรตีนและโปรตีนถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิต่างๆ	12
2.4.4 ผลของการทำงานของนิวเทรส ที่ pH ต่างๆ	13
2.4.5 ผลของการทำงานของนิวเทรส ที่อุณหภูมิต่างๆ	13
2.4.6 ผลของการทำงานของนิวเทรสในโปรตีนชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิต่างๆ	14
2.4.7 ผลของการทำงานของเฟลเวอร์ไซม์ ที่ pHต่างๆ	15
2.4.8 ผลของการทำงานของเฟลเวอร์ไซม์ ที่อุณหภูมิต่างๆ	15
2.5.1 ความขมในโปรตีน	18
2.5.2 การทำปฏิกิริยาของเอนไซม์	19
3.2.1 การไฮโดรไลซ์ถั่วเหลืองสกัดด้วยเอนไซม์ต่างๆ	25
4.3.1 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	30
4.3.2 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	31
4.3.3 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	32
4.3.4 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	33
4.3.5 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	34
4.3.6 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	35
4.3.7 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	36
4.3.8 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	37
4.3.9 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.3.10 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่
อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.. 39

4.3.11 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.. 40

4.3.12 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่
อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.. 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.2.1 ตัวอย่างของสารที่จัดเป็นฟังชันนัลฟู้ด.......... ....…....................................... 6
2.2.2 ไฟโทเคมีคัลจากพืชที่มนุษย์ได้รับจากอาหาร. 8
2.3.1 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง...…………………........... 10
4.2.1 องค์ประกอบของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง.. 29
4.4.1 แสดงระดับความขมมากที่สุด 42
4.4.2 แสดงระดับความขมมาก……………………………………………………............ 43
4.4.3 แสดงระดับความขมปานกลาง…………………………………………………… 44
4.4.4 แสดงระดับความขมน้อย……………………………………………………………… 45
4.4.5 แสดงระดับความขมน้อยที่สุด…………………………………………………………… 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การผลิตเครื่องปรุงรสให้ได้คุณภาพตามที่ผู้บริโภคต้องการนั้น จะต้องมีกระบวนการผลิตที่เหมาะสม โดยความสำคัญของเครื่องปรุงรสจะอยู่ที่รสชาติ สี และกลิ่นเป็นหลัก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและการกำจัดรสขมด้วยเอนไซม์ทางการค้า เพื่อนำมาใช้ในการปรุงแต่งรสชาติในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสต่างๆ เช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ เป็นต้น ให้มีความอร่อย และลดความขม

โปรตีนไฮโดรไลเซทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนเพพไทด์สายสั้นๆ และโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โปรตีนที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต นิยมใช้โปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลี โปรตีนข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลือง และโปรตีนต่างๆ ที่เป็นผลิตผลพลอยได้จากโรงชำแหละสัตว์ พันธะเพพไทด์ของโปรตีนเป็นพันธะเอไมด์ (amide) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและหมู่อะมิโน และถือเป็นพันธะที่สำคัญซึ่งเป็นตัวเชื่อมให้กรดอะมิโนมาประกอบกันเป็นสายของโปรตีน ซึ่งโดยในธรรมชาติจะจับกันเป็นสายยาวนับร้อยโมเลกุล ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเซทสามารถทำได้โดยใช้กรด ด่าง หรือเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งเพพไทด์ที่ทำให้รสขม ในโปรตีนไฮโดรไลเซทเป็นเพพไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 3 ถึง 15 ตัว และมีกรดอะมิโนชนิดที่ต่อต้านน้ำ (hydrophobic amino acid) อยู่ในโมเลกุล ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเลือกชนิดของโปรทีเอสหรือลำดับการใช้โปรทีเอสร่วมกันในการไฮโดรไลซ์โปรตีนเพื่อให้ผลิตผลที่ได้มี องค์ประกอบ สมบัติในการทำหน้าที่ กลิ่นรส ตามต้องการ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงชนิดและปริมาณเอนไซม์ทางการค้า และอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง เพื่อให้มีรสชาติที่อร่อย มีความขมลดลง เพื่อนำไปปรุงแต่งรสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการปรุงแต่ง เครื่องปรุงรสชนิดต่างๆ ให้มีความอร่อยมากยิ่งขึ้น

2.ทำให้ทราบถึงระดับที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัด จากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด

3.สามารถนำไปเพิ่มรสชาติในอาหารมังสวิรัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว ได้มีรายงานการปลูกถั่วเหลืองในประเทศจีนเมื่อเกือบ 5,000 ปีมาแล้ว แต่ก็ยังไม่แน่ชัดว่าส่วนใดของประเทศจีนเป็นถิ่นกำเนิดที่สันนิษฐานและยอมรับกันโดยทั่วไปคือบริเวณหุบเขาแม่น้ำเหลือง (ประมาณเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือ) เพราะว่าอารยธรรมของจีนได้ถือกำเนิดที่นั่นและประกอบกับมีการจารึกครั้งแรกเกี่ยวกับถั่วเหลือง เมื่อ 2295 ปีก่อนพุทธกาล ที่หุบเขาแม่น้ำเหลือง จากนั้นถั่วเหลืองได้แพร่กระจายสู่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น เมื่อ 200 ปีก่อนคริสตกาลแล้วเข้าสู่ยุโรปในช่วงหลัง พ.ศ. 2143 และไปสู่สหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2347 จากนั้นกว่า 100 ปีชาวอเมริกันได้ปลูกถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงวัวโดยไม่ได้นำเมล็ดมาใช้ประโยชน์อย่างอื่น จนถึงปี พ.ศ. 2473 สหรัฐอเมริกาได้นำพันธ์ถั่วเหลืองจากจีนเข้าประเทศกว่า 1,000 สายพันธุ์เพื่อการผสมและคัดเลือกพันธุ์ ทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีเมล็ดโต ผลผลิตสูง เหมาะแก่การเพาะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดมากขึ้น

ถั่วเหลืองของไทยส่วนมากปลูกแถบภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน นิยมเรียกกันในภาษาไทยโดยทั่วๆไปหลายชื่อเช่น ถั่วพระเหลือง ถั่วแระ ถั่วแม่ตาย ถั่วเหลือง (ภาคกลาง) มะถั่วเน่า (ภาคเหนือ) เป็นต้น

2.1.1 ข้อมูลทางพันธุศาสตร์ ได้มีผู้พยายามลดขนาดของวงศ์ Leguminosae ให้เล็กลง โดยการตั้งวงศ์ Fabaceae เมื่อราว25 ปีมาแล้ว แต่นักพฤกษศาสตร์ยังนิยมจัดถั่วเหลืองอยู่ในวงศ์ Leguminosae แล้วจัดวงศ์ Fabaceae เป็นวงศ์ย่อย ชื่อวิทยาศาสตร์ของถั่วเหลืองมีหลายชื่อ เช่น *Glycine soja, Soja max, Phaseolus Max , Dolichoa aoja* แต่ที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือ *Glycine max*(L) Marr

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสี รวมถึงสีดำ สีน้ำตาล สีฟ้า สีเหลืองเปลือกถั่วเหลืองที่แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อน้ำ ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่งอก รอยที่คล้ายๆแผลเป็นสามารถเห็นได้ชัด บนส่วนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า hilum หรือ แผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็นคล้ายรูเปิดเล็กๆที่สามารถดูดซึมน้ำ เข้าไปได้แต่ที่น่าสังเกตุเมล็ดถั่วเหลืองบรรจุโปรตีนไว้สูง และสามารถทำให้แห้งโดยไม่เสียหายและสามารถทำให้ฟื้นกลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการใส่น้ำ ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสี่เหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลมใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมัน ตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน

2.1.3 ส่วนประกอบทางเคมี น้ำมันและโปรตีนมีอยู่ในถั่วเหลืองทั้งคู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของถั่วเหลืองโดยน้ำหนักโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นคาร์โบไฮเดรต 35 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนเสถียรในการเก็บโปรตีนมีส่วนกับโปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่ ความร้อนเสถียรนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองต้องการความร้อนสูง เช่น เต้าหู้ นมถั่วเหลือง ในการทำ ตั้งแต่คาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองถูกพบเป็นส่วนใหญ่ในเวย์ หรือ หางนม และถูกทำลายลงระหว่างการเดือดเป็นฟอง เต้าหู้ ซอสถั่งเหลือง จะไมทำให้เกิดแก๊สในกระเพาะหรือลำไส้

2.1.4 ถั่วเหลืองกับการคัดแปลงพันธุกรรม ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่ถูกดัดแปลงพันธุกรรมชนิดหนึ่งตัวเลขของผลิตภัณฑ์ใช้ถั่วเหลืองที่ดัดแปลงพันธุกรรมมีมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ.1995)บริษัทที่ชื่อว่าmonsanto ได้นำเข้าถั่วเหลืองที่มีการคัดลอกยีนมาจากแบคทีเรียม(bacterium)ที่ชื่อว่า *Agrobacterium* ซึ่งทำให้พืชถั่วเหลืองสามารถทนต่อการพ่น herbicide ยีนของบัคเนเรียคือ EPSP (5-enolpyruvyl shikimic acid-3-phosphate) ถั่วเหลืองโดยทั่วๆไปจะมียีนนี้อยู่แล้วแต่จะไวต่อ glyphosate แต่พันธุ์ที่คัดแปลงใหม่จะทนได้

2.1.5 การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย ไม่มีหลักฐานว่าเริ่มปลูกถั่วเหลืองครั้งแรกเมื่อใด แต่เชื่อกันว่าชาวจีนที่อพยพมาได้นำถั่วเหลืองเข้ามาด้วยเมื่อกว่า 200 ปีที่แล้ว ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ.2503 ทำให้มีถั่วเหลืองพันธุ์ดีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันการผลิตถั่วเหลืองในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ และทำให้ต้องมีการนำถั่งเหลืองจากต่างประเทศ

การปลูกถั่วเหลืองปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ “พันธุ์ศรีสำโรง 1” ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี

ในประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู การปลูกอาจต้องปรับสภาพดินให้เหมาะสมก่อน pH ประมาณ 5.5-6.5 และเตรียมเมล็ดโดยการคลุกเชื้อไรโซเบียม การคลุกเชื้อไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเบียมต้องใช้เชื้อที่ใช้กับถั่วเหลืองเท่านั้น ถั่วเหลืองต้องการน้ำประมาณ 300-400 มิลลิลิตรตลอดฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 วัน

2.1.6 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง การแปรรูปถั่วเหลืองให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายขึ้นและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่จำหน่ายในท้องตลาดแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ดังนี้ น้ำมันถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในหลายประเทศอาหารที่ทำจากถั่วเหลือง ประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไทย จีนญี่ปุ่น และประเทศอื่นในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักและผ่านการหมักก่อน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก เช่นน้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเหลือง เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลือง เช่น ถั่วเน่า เทมเป้ ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เป็นต้นโปรตีนจากถั่วเหลือง หลังจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายแล้ว ส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อถั่วที่อุดมด้วยโปรตีน สามารถแปรรูปเป็นอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อเทียม (โปรตีนเกษตร) แป้ง เบเกอรี่ ทำโปรตีนเข้มข้น หรือผ่านกรรมวิธีเพื่อแยกเอาโปรตีนบริสุทธิ์ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากการแปรรูปถั่วเหลือง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศเพื่อเป็นการขยายตลาดและเพิ่มความนิยมในการบริโภคถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนยถั่วเหลือง เป็นต้นอาหารเสริมจากถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองมีสารเคมี ที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น เลซิติน โอลิโกแซคคาไรด์ วิตามินอี สเตอรอล ไฟเตท เป็นต้น สามารถใช้ถั่งเหลืองเพื่อถั่วเพิ่มเยื่อใยคุณค่าทางอาหาร

2.1.7 รสชาติและสรรพคุณ รสหวาน บำรุงม้าม ขับแห้ง สลายน้ำ ขับร้อน ถอนพิษ แก้ปวด มักใช้บำบัดอาการลำไส้ทำงานไม่ปกติ โรคบิด แน่นท้อง ผอมแห้ง แผลเปื่อย

2.1.8 คุณค่า มีโปรตีน เลซิทิน และกรดแอมิโน รวมทั้งมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก ไนอะซิน วิตามินบี1และบี2 วิตามินเอและอี ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูก ป้องกันการขาดแคลเซียมในกระดูก และบำรุงระบบประสาทในสมอง

2.1.9 ข้อพึงสังเกต ถั่วเหลืองได้รับการขนานนามว่า "ราชาแห่งถั่ว" หากกินเป็นประจำช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อาหารทำหน้าที่

อาหารทำหน้าที่ หรือฟังก์ชันนอลฟู้ด ในความหมายทางวิทยาศาสตร์อาหาร หมายถึง อาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วให้ประโยชน์หรือคุณสมบัติอื่นๆ ต่อสุขภาพนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการ พื้นฐาน คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ ซึ่งสมบัติพิเศษที่ได้รับนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ส่วนใหญ่เป็นการช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรค เช่น ช่วยลดปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือด ลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน มีผลต่อการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคอ้วน โรคเบาหวาน ตลอดจนมีผลต่อการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย อาหารหลายชนิดที่จัดเป็น ฟังก์ชันนอลฟู้ดและพบได้ในชีวิตประจำวันมีมากมายหลายประเภท เช่น โพรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ ธัญพืช เส้นใยอาหาร ตลอดจนสารเคมีพืช หรือที่เรียกว่าไฟโทเคมีคัลหลายชนิด ดังนั้นคำว่าฟังก์ชันนอลฟู้ดจึงรวมถึงกลุ่มของสารอาหารตามหลักโภชนาการ และกลุ่มที่ไม่จัดเป็นสารอาหาร เช่น สารไฟโทเคมีคัล สารต้านออกซิเดชัน ตัวอย่างของกลุ่มอาหารที่จัดเป็นฟังชันนัลฟู้ดโดยทั่วไปแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.2.1 ตัวอย่างของสารที่จัดเป็นฟังชันนัลฟู้ด

ฟังก์ชันนัลฟู้ด	ตัวอย่าง
โพรไบโอติกส์	แบคทีเรียกรดแลคติก บิฟิโดแบคทีเรีย
พรีไบโอติกส์	เส้นใยอาหาร โอลิโกแซคคาไรด์
วิตามิน	วิตามินบี 6 บี 12 วิตามินดี และเค
แร่ธาตุ	แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี
สารต้านออกซิเดชัน	วิตามินอี วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล
โปรตีน เปบไทด์ และกรดอะมิโน	ไตรเปบไทด์จากโปรตีนในนม
ลิปิด	โอเมกาทรี
ไฟโทเคมีคัล	ไฟโทสเตอรอล เบต้า-กลูแคน ไอโซฟลาโวน ลิกแนน

ที่มา : Holm (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ไฟโทเคมีคัล (Phytochemicals) หมายถึง สารประกอบทางชีวภาพที่สังเคราะห์จากพืช เป็นสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) จากพืช โดยสารกลุ่มนี้อาจได้จากพืชชนิดที่ให้สี กลิ่น รสชาติ และยังเป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อแมลงศัตรูพืช ไฟโทเคมีคัลจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ และไฟโทเอสโทรเจน สารประกอบกลูโคไซโนเลต และแคโรทีนอยด์ (Johnson, 2003) สารเคมีพืชเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในด้านการรักษาและการป้องกันโรค เช่น ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน เป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย และยังส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ประโยชน์ของไฟโทเคมีคัลโดยทั่วไปพบว่ามีฤทธิ์ในการรักษาโรคภัยไข้เจ็บ หรือใช้เป็นสารป้องกันปัญหาสุขภาพของมนุษย์ ตัวอย่าง เช่น ไอโซฟลาโวนที่พบในถั่วเหลืองมีฤทธิ์เป็นฮอร์โมนตามธรรมชาติเช่นเดียวกับฮอร์โมนเอสโทรเจน ซึ่งเรียกว่า ไฟโทเอสโทเจน เป็นตัวช่วยลดการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก ช่วยลดอาการที่เกิดจากหมดประจำเดือน สารไลโคพีนซึ่งเป็นสารสีแดงที่พบในมะเขือเทศ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เป็นตัวช่วยป้องกันการถูกทำลายของเซลล์ต่าง ๆ จากอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งกระเพาะอาหารและมะเร็งปอด (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2547ข) ตัวอย่างของไฟโทเคมิคัลที่มนุษย์ได้รับจากพืชแสดงใน ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2.2 ไฟโทเคมีคัลจากพืชที่มนุษย์ได้รับจากอาหาร

อาหารจากพืช	ไฟโทเคมีคัล	ประโยชน์ต่อสุขภาพ
แครอท บรอกโคลี ฟักทอง แคนตาลูป มะม่วง ผักใบเขียว มันเทศ	แคโรทีนอยด์	เป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันโรคที่เกี่ยวกับระดับคอเลสเทอรอลสูง
ถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วเมล็ดแห้ง	ไฟโทเอสโทรเจน ไอโซฟลาโวน	ยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอล ป้องกันโรคที่เกี่ยวกับกระดูก
ถั่วเหลือง เต้าหู้ นมถั่วเหลือง	แซบโปนิน	ป้องกันการดูดซึมคอเลสเทอรอล ช่วยขับคอเลสเทอรอล
ส้ม แตงโม กีวี มะเขือเทศสด พริก สับปะรด สตอเบอรี	วิตามินซี ไลโคพีน	ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ช่วยในการขยายตัวของเส้นเลือด
กระเทียม หอม ขิง	อัลลิลิกซัลไฟด์	ช่วยควบคุมความดันโลหิต และช่วยยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอล
ส้ม มะนาว เลมอน	ฟลาโวนอยด์	ป้องกันการเกาะตัวของเลือด และมีผลช่วยยับยั้งการสังเคราะห์ คอเลสเทอรอล

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ การบริโภคผักและผลไม้เป็นประจำทำให้เราได้รับสารไฟโทเคมีคัล โดยเฉพาะพืชในกลุ่มที่เป็นสมุนไพร ตัวอย่างของสารไฟโทเคมีคัลที่เราได้รับตามตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าผักหลายชนิดที่เราบริโภคในรูปของอาหาร เช่น บรอคโคลี กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี กะหล่ำปลี แคนตาลูป ผักใบเขียว มีองค์ประกอบของแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ในถั่วเหลืองและถั่วเมล็ดแห้งมีไฟโทเอสโทเจน พืชในกลุ่มหอม กระเทียม มีสารอัลลิลิกซัลไฟด์ซึ่งช่วยควบคุมความดันโลหิต ยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอลตลอดจนช่วยยับยั้งการเจริญของเนื้องอก และลดการเกิดสารก่อมะเร็งเนื่องจากไนไตรท์ในกระเพาะอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate)

โปรตีนจากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณร้อยละ 40 และน้ำมันร้อยละ 20 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อสกัดน้ำมันออกจากถั่วเหลือง ส่วนที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน (defatted soy meal) จะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 50 จึงมีการนำส่วนดังกล่าวมาผลิตผลิตภัณฑ์หลายอย่าง ได้แก่ แป้งถั่วเหลือง โปรตีนเข้มข้น โปรตีนไอโซเลต โปรตีนเกษตรจากถั่วเหลือง (texturized soy protein) โปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าสูงและราคาถูก จึงมีการนำโปรตีนจากถั่วเหลืองไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ขนมอบ ผลิตภัณฑ์นม เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์อาหารเช้า รวทั้งผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Hettiarachchy และ Kalapathy, 1997)

โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง เป็นโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ ผลิตจากถั่วเหลืองที่สกัดไขมัน สกัดโปรตีนด้วยน้ำหรือสารละลายเบสอ่อน (pH 7 – 10) แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงแยกส่วนที่ไม่ละลาย ตกตะกอนโปรตีนด้วยการปรับ pH ไปที่จุดไอโซอิเล็กทริก (pH 4.5) แยกตะกอนโปรตีน ล้าง แล้วปรับให้มี pH ประมาณ 6.8 ทำให้แห้งด้วยการพ่นฝอย โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองประกอบด้วย โปรตีน (N x 6.25) ร้อยละ 90 – 92 ไขมันร้อยละ 0.5 – 1.0 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.1 – 0.2 เถ้าร้อยละ 4.0 – 5.0 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3 – 4 (คิดจากน้ำหนักแห้ง) โปรตีนที่ได้จากโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ ประกอบด้วยกรดแอมิโนที่จำเป็นในปริมาณมาก เช่น ไลซีน ยกเว้นกรดแอมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ ซีสทีน และเมไทโอนิน ที่มีอยู่น้อย (Hettiarachchy และ Kalapathy, 1997) (ดังตาราง)

นอกจากนั้นโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง ยังมีค่าการย่อยได้ของโปรตีน (protein digestibility) สูงถึงร้อยละ 93 – 97 ดังนั้นโปรตีนจากถั่วเหลืองจึงเหมาะที่จะเป็นส่วนผสมในอาหารจากธัญชาติ เพื่อเสริมให้ได้โปรตีนที่มีปริมาณและคุณภาพดี (Hettiarachchy และ Kalapathy, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3.1 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง

กรดแอมิโนที่จำเป็น	ปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัมโปรตีน)
ฮีสทิดิน	28
ไอโซลูซีน	49
ลูซีน	82
ไลซีน	64
ซีสทีน + เมไทโอนีน	26
เฟนิลอะลานีน + ไทโรซีน	92
ทรีโอนีน	38
ทริฟโทเฟน	14
วาลีน	50

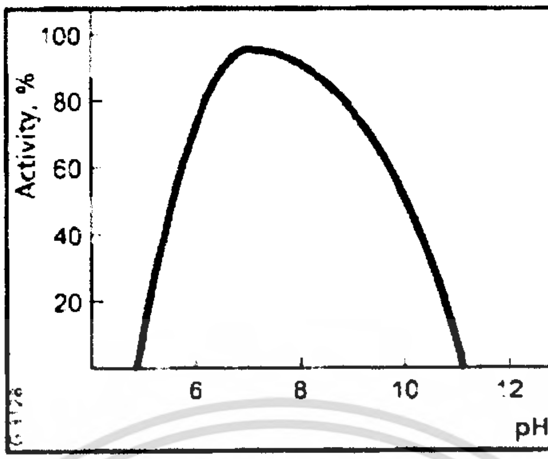
ที่มา : Hettiarachchy และ Kalapathy (1997)

2.4 เอนไซม์

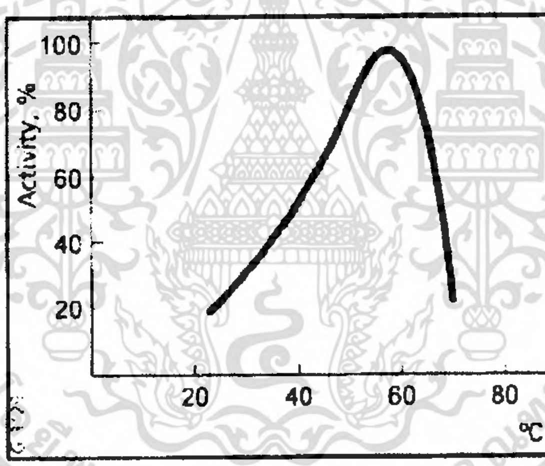
2.4.1 อัลคาเลส (alcalase) จัดเป็นเอนไซม์โปรติเอสชนิดซีรีนโปรติเอส (serine protease) จากแบคทีเรีย(bacterial serine protease) ผลิตจาก Bacillus licheniformis เป็นโปรตีเอสที่มีการผลิตมากที่สุดเพื่อใช้ในผงซักฟอก นอกจากนั้นชนิดที่เป็น food grade ยังใช้ทำ soluble protein hydrolysate จากโปรตีนแหล่งต่างๆเช่น โปรตีนถั่วเหลือง โปนตีนปลา โปรตีนเม็ดเลือดแดงจากโรงงานฆ่าสัตว์

การย่อยแบบจำกัด (limited hydrolysis) ของเอนไซม์อัลคาเลสทำให้คุณสมบัติการเป็น emulsifier และ foaming agent ของโปรตีนถั่วเหลืองดีขึ้น โดยเอนไซม์ นี้มีความจำเพาะกับพันะเปปไทด์ที่มีหมู่ acly (R) ทางด้าน carbonyl side เป็นพวก hydrophobic side chain เอนไซม์อัลคาเลสมีสภาวะที่เหมาะสมที่ ค่าพีเอช 8-9 ช่วงอุณหภูมิที่ 55 -60 องศาเซลเซียสโดยที่ค่าพีเอชที่เกือบ 4 จะเสียแอคติวิตีหมดเนื่องจากเกิดการคลายตัว (unfoiding) และการย่อยตัวเอง (autodigestion) อย่างรวดเร็ว (วิภัตรา เวศกาวี , 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

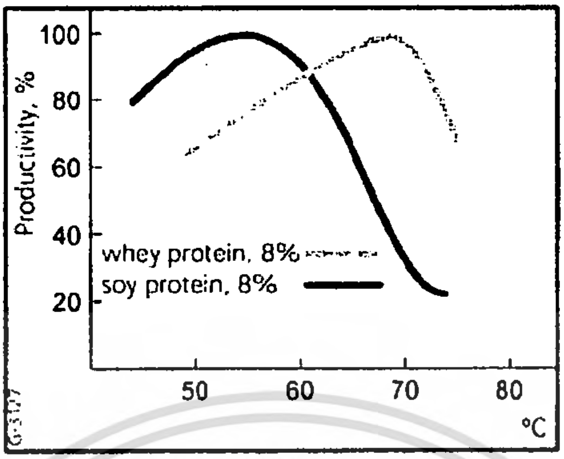


ภาพที่ 2.4.1 ผลของการทำงานของอัลคาเลส ที่ pH ต่างๆ



ภาพที่ 2.4.2 ผลของการทำงานของอัลคาเลส ที่ pH ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4.3 ผลของการทำงานของอัลคาเลสในเวย์โปรตีนและโปรตีนถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิต่างๆ

2.4.2เอนไซม์นิวเทรส(Neutrase) เป็นเอนไซม์โปรติเอสที่ผลิตได้จากแบคทีเรียโดยการหมักแบบ submerge สายพันธุ์ที่ถูกเลือก คือ *Bacillus amyloliquefaciens* นิวเทรสเป็นเอนไซม์ประเภทเอนโดโปรติเอส ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการที่จะย่อยสลายโปรตีนหรือย่อยสลายพันธะเปปไทด์ นิวเทรสเป็นโปรติเอสชนิด metallo (Zn) ซึ่งถูกทำให้คงตัวด้วย Ca^{2+} และถูกยับยั้งด้วย EDTA

2.4.2.1 ชนิดของเอนไซม์นิวเทรส นิวเทรส 0.8 L เป็นของเหลวสีน้ำตาล นิวเทรส 1.5MG เป็นสีน้ำตาลอ่อน , เหลว , ไม่เป็นผง สีอาจแตกต่างกันไปและประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์นิวเทรสไม่ได้ขึ้นอยู่กับสี

2.4.2.2 กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์นิวเทรส (Activity) หน่วยมาตรฐานของนิวเทรส คือ Anson Units per gram (AU/g)

นิวเทรส	0.8 L	0.8 Au/g
นิวเทรส	1.5 MG	1.5 Au/g

ข้อมูลเพิ่มเติมดูที่วิธีการวิเคราะห์ซึ่งเป็นพื้นฐานของ ฮีโมลโกลบิน (hemoglobin) ที่ถูกทำให้เสียสภาพในสารละลายบัฟเฟอร์ Ca^{2+} 0.02 M

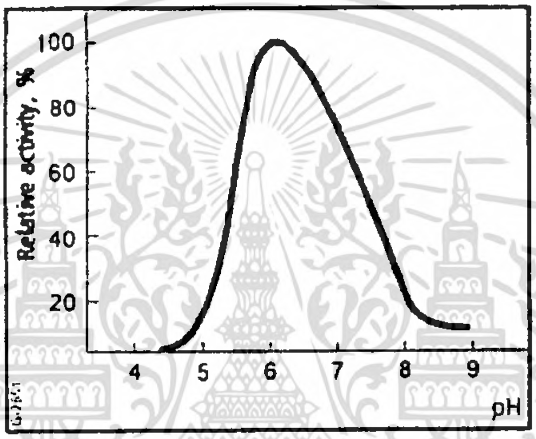
2.4.2.3 การประยุกต์ใช้ นิวเทรสถูกใช้ยกระดับโปรตีนในผักและเครื่องในสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

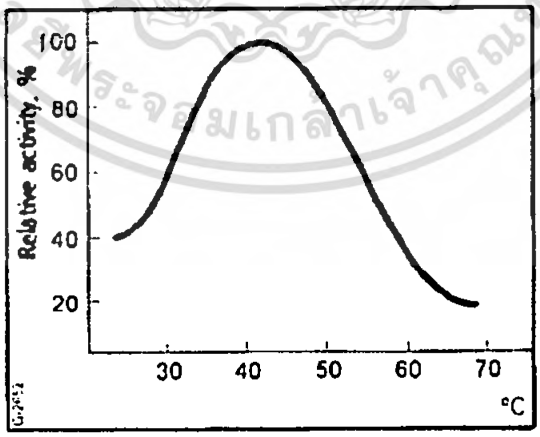
2.4.2.4 ปัจจัยของปฏิกิริยา สภาพการทำงานที่เหมาะสมของนิวเทรสอยู่ที่ 45-55 ^{0}C (113-131^{0}F) และที่ pH 5.5-7.5 ความคงตัวของนิวเทรสที่อุณหภูมิแน่นอน คือ ถูกได้รับอิทธิพลจากชนิดและความเข้มข้นของโปรตีน

2.4.2.5 การหยุดปฏิกิริยา นิวเทรส ถูกยับยั้งปฏิกิริยาด้วยความร้อน เช่น 2นาทีที่ 85 ^{0}C (185 ^{0}F) อย่างไรก็ตามการยังยั้งปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับสารตั้งต้น(ความเข้มข้นของสาตั้งต้น,pH)

2.4.2.6 การเก็บรักษา เก็บนิวเทรสที่สภาวะ 0-10 ^{0}C (32-50^{0}F)

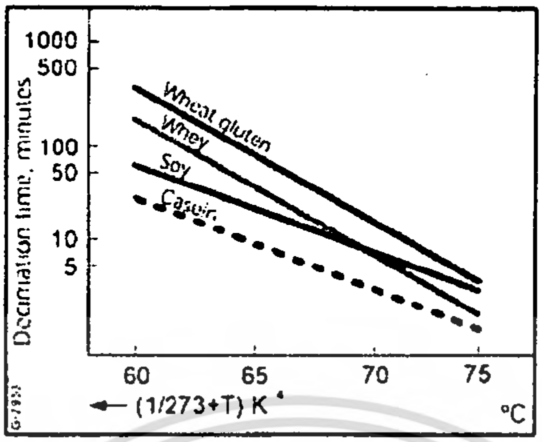


ภาพที่ 2.4.4 ผลของการทำงานของนิวเทรส ที่ pH ต่างๆ



ภาพที่ 2.4.5 ผลของการทำงานของนิวเทรส ที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4.6 ผลของการทำงานของนิวเทรสในโปรตีนชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิต่างๆ

2.4.3 เอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ (Flavourzyme) เฟลเวอร์ไซม์ คือ เอนไซม์ทางการค้าที่ผลิตโดยบริษัท NOVO Industry มีคุณสมบัติในการกำจัดรสขมของโปรตีนไฮโดรไลเซท Flavourzyme ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันนั้นเป็น Flavourzyme 500 L ซึ่งเป็นของเหลวและ Flavourzyme แบบ 500 MG ซึ่งมีสีน้ำตาลไหลง่าย เป็นเม็ดเล็กๆขนาดไมโครที่ไม่ฟุ้งกระจาย ซึ่งจะถูกทำให้เป็นเม็ดเล็กๆบน โซเดียมคลอไรด์ โดยสีของนั้นจะแปรเปลี่ยนไปในแต่ละรุ่นและความเข้มของสีที่วัดได้นั้นไม่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

2.4.3.1 การทำงานของเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์

Flavourzyme นั้นเป็นมาตรฐานในหน่วย Leucine Amino Peptidase ต่อ กรัม(LAPU/g)

Flavourzyme 500 MG ....สามารถทำกิจกรรมได้ : 500 LAPU/ g

Flavourzyme 500 L.......................สามารถทำกิจกรรมได้ : 500 LAPU/ g

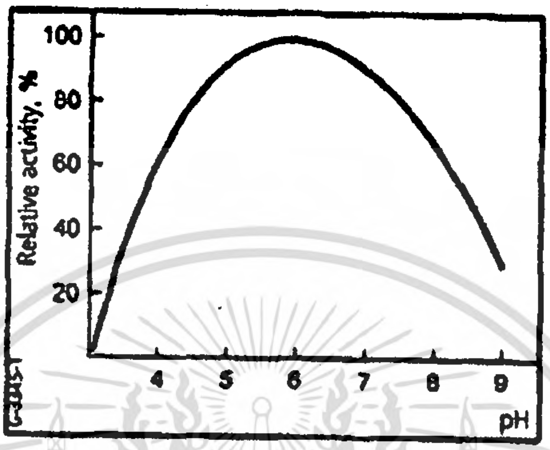
หนึ่ง LAPU นั้นมีจำนวนเอนไซม์มากมายซึ่งไฮโดรไลท์ 1 µmol ของ L-leucine-p-nitroanilide per minute

2.4.3.2 การละลายของเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ Flavourzyme 500 MG Flavourzyme 500 L นั้นละลายได้ดีในน้ำ

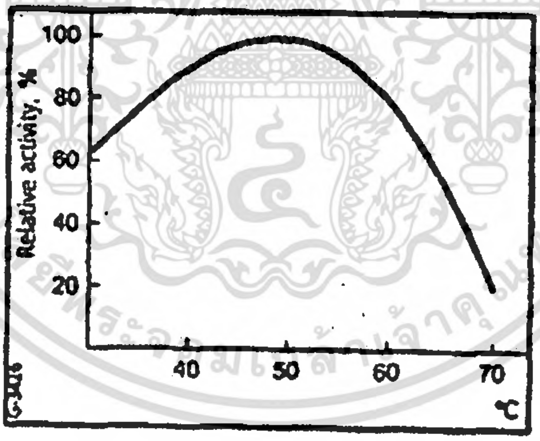
2.4.3.3 การนำมาใช้ Flavourzyme ผลิตจากเอนไซม์โปรติเอสและเปปติเตสจากราสำหรับใช้ในการไฮโดรไลท์โปรตีนในสภาวะที่เป็นกลางหรือกรดอ่อนๆ Flavourzyme สามารถใช้กำจัดรสขมของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีระดับของการถูกไฮโดรไลซ์ต่ำ และสามารถใช้ไฮโดรไลซ์โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรไลเซทเพื่อให้มีระดับของการไฮโดรไลซ์ที่สูงขึ้นไปอีกซึ่งจะทำให้รสชาติของโปรตีนไฮโดรไลเซทดีขึ้น Flavourzyme มีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานที่พีเอช 6 และ 50°ซ



ภาพที่ 2.4.7 ผลของการทำงานของเฟลเวอร์ไซม์ ที่ pH ต่างๆ



ภาพที่ 2.4.8 ผลของการทำงานของเฟลเวอร์ไซม์ ที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การกำจัดความขมของโปรตีนไฮโดรไลเซท(Debittering of Protein Hydrolysates)

2.5.1 ความขมในโปรตีน เมื่อทำการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรทีเอส ยิ่งพันธะเพพไทด์ระหว่างกรดอะมิโนถูกไฮโดรไลซ์โดยโปรตีเนสมากเท่าไรก็ยิ่งทำให้เกิดเพพไทด์สายสั้น (small peptide) และ กรดอะมิโนได้มากเท่านั้นเอนไซม์โปรทีเนสที่มีคุณสมบัติเช่นนี้เป็นโปรตีเนสที่มีความจำเพาะกว้าง (broad specificity) เช่น pepsin และ trypsin เอนไซม์เหล่านี้เมื่อเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์โปรตีนแล้วจะได้ yield สูง ซึ่งเมื่อวัดระดับของการไฮโดรไลซ์ (degree of hydrolysis, DH) โดยไทเทรตด้วยสารละลายด่างจะได้ค่า alkaline titre สูงโปรตีนตามธรรมชาติไม่มีรสชาติ ขนาดของโมเลกุลโปรตีนจะมีผลต่อต่อมรับรสแตกต่างกัน ผลิตผลที่ได้จากการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรทีเอส เช่น เพพไทด์ กรดอะมิโน แต่ละชนิดจะมีรสชาติเฉพาะตัว เช่น รสหวาน เปรี้ยว เค็ม รสอูมามิ (umami) และรสขม (bitter) ในขณะที่รสชาติอื่นๆ ที่กล่าวมาให้รสชาติในทางบวกแก่อาหารแต่รสขมเป็นรสที่ไม่ต้องการ ทำให้รสขมที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์โปรตีนเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทในอาหารและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพชนิดต่างๆ

เพพไทด์ที่ทำให้รสขม ในโปรตีนไฮโดรไลเซทเป็นเพพไทดที่มีขนาดโมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 3 ถึง 15 ตัว และมีกรดอะมิโนชนิดที่ต่อต้านน้ำ (hydrophobic amino acid)เช่น leucine, isoleucine, prolein, valien, phenylalanine, tyrosine, และ tryptophane อยู่ในโมเลกุล และความเข้มข้นของความขมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนของกรดอะมิโนเหล่านี้และขนาดโมเลกุลของเพพไทด์ ในการใช้โปรทีเอสเพื่อดัดแปรโมเลกุลโปรตีนเพื่อปรับปรุงสมบัติในการทำหน้าที่ของโปรตีน เช่น สมบัติในการเป็น foaming agent , gelling agent, emulsifier จะต้องใช้โปรทีเอสที่มีความจำเพาะแคบ (narrow specificity) ซึ่งจะสามารถควบคุมการย่อยได้ดีกว่า ในกรณีนี้จะได้ %DH ต่ำจะเกิดเพพไทด์สายสั้นปริมาณมากซึ่งอาจจะจะทำให้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีรสขมแต่ถ้าเลือกใช้โปรทีเอสชนิดที่เหมาะสมถึงแม้จะเกิดเพพไทด์สายสั้นก็จะไม่เกิดรสขมได้ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเลือกชนิดของโปรทีเอสหรือลำดับการใช้โปรทีเอสร่วมกันในการไฮโดรไลซ์โปรตีนเพื่อให้ผลิตผลที่ได้มีองค์ประกอบ, สมบัติในการทำหน้าที่, กลิ่นรส ตามต้องการ พบว่าเพพไทด์ที่มีรสขมคือเพพไทด์ที่มี hydrophobic amino acid ที่อยู่ใกล้ปลายทางด้านamino end หรือ carboxy end ของโมเลกุลเพพไทด์ การกำจัด hydrophobic amino acid ออกปลายทั้งสองของโมเลกุลเพพไทด์ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของ hydrophobic amino acidในโมเลกุลเพพไทด์ และความขมเป็นกุญแจสำคัญในการควบคุมความขมที่จะเกิดขึ้นในโปรตีนไฮโดรไลเซท ปัจจุบันได้มีการศึกษาจนรู้ถึงความจำเพาะของเอนไซม์endoprotease ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการแปรรูปอาหารแล้วว่ามีความจำเพาะกับพันธะเพพไทด์ที่ตำแหน่งใด ทำให้สามารถเลือกใช้โปรทีเอสที่สลายพันธะที่ตำแหน่งของ hydrophobic amino acid (เช่น Neutrase สลายพันธะ; His - Leu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

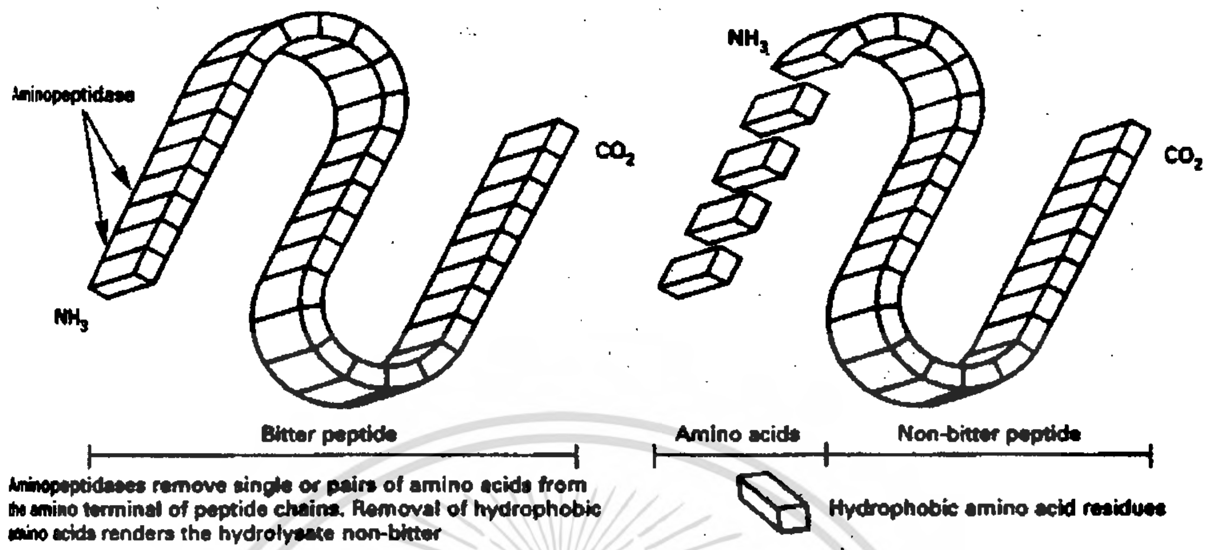
, Ala - Phe, Gly - Phe) หรือ hydrophilic amino acid (เช่น bromelain สลายพันธะ; Lys - , Arg -) ได้ ความขมที่เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซ์โปรตีนมีความสัมพันธ์กับระดับของการถูกไฮโดรไลซ์ (%DH) โดยความขมจะเพิ่มขึ้นเมื่อ %DH สูงขึ้น ชนิดของเพพไทด์ที่เกิดขึ้นที่เป็นตัวที่ทำให้เกิดความเข้มข้นของความขมต่างกันจะแปรผันตามชนิดของ endoprotease ที่ใช้ในการเริ่มต้นไฮโดรไลซ์ตัวอย่างเช่น โปรทีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการใช้ sulphydryl protease (papain, bromelain, ficin) จะเกิดความขมน้อยกว่าการใช้ neutral protease และ alkaline protease จาก Bacillus subtilis เมื่อโปรตีนถูกไฮโดรไลซ์เพิ่มมากขึ้นจน DH > 20% ระดับของความขมก็จะขึ้นถึงจุดสูงสุดและเริ่มลดลง ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับการไฮโดรไลซ์โปรตีนที่กล่าวถึงนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญในการกำจัดความขมในโปรทีนไฮโดรไลเซท

2.5.2 เอนไซม์เพพทิเดสและการกำจัดความขม แต่เดิมการกำจัดความขมในโพรทีนไฮโดรไลเซททำโดยวิธีต่างๆ ได้แก่ การบดบังรสขมโดยเติมสารปรุงรสชนิดอื่นมาบดบังรสขม เช่น เกลือ น้ำตาล ผงชูรส การจับรสขมด้วยสารต่างๆ เช่น polyphosphate, gelatinการสกัดรสขมออกไป เช่น การใช้ถ่าน (charcoal) การไฮโดรไลซ์โปรตีนอย่างจำกัด

ในอาหารบางอย่างสามารถใช้วิธีเหล่าอย่างได้ผล แต่ยังมีข้อจำกัดเช่น การเติมสารต่างๆ จะทำให้รสชาติของโพรทีนไฮโดรไลเซทเสียไป การสกัดจะทำให้องค์ประกอบและสมบัติในการทำหน้าที่ของโพรทีนไฮโดรไลเซทเปลี่ยนไปปัจจุบันมีการใช้เอนไซม์เพพทิเดส (peptidase) ในการกำจัดรสขมในโพรทีนไฮโดรไลเซทโดยเพพทิเดสจะเอากรดอะมิโน 1 หรือ 2 ตัว จากปลายของโมเลกุลของเพพไทด์ออก โดยถ้าเป็นcarboxypeptidase จะเอาออกจาก C-terminal และ aminopeptidase จะเอาออกจาก N-terminal การใช้carboxypeptidase และ aminopeptidase โดยไม่มี endoprotease มักจะใช้ไม่ได้ผลกับโมเลกุลโปรตีน ดังนั้นจึงต้องใช้ภายหลังจากโปรตีนถูกไฮโดรไลซ์ด้วย endoprotease หรือใช้ร่วมกับ endoprotease

85422

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

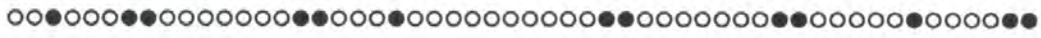


ภาพที่ 2.5.1 ความขมในโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

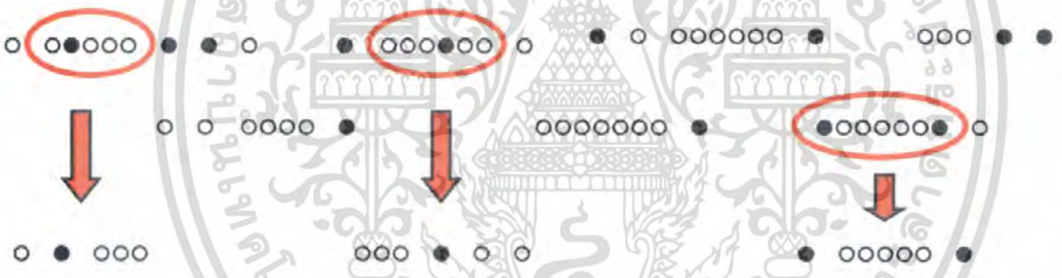
2.5.3 การทำปฏิกิริยาของเอนไซม์

โมเลกุลโปรตีน



เอนไซม์ endoprotease

เอนไซม์ exoprotease



ภาพที่ 2.5.2 การทำปฏิกิริยาของเอนไซม์

การเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ในโมเลกุลของโปรตีน

- ● คือ hydrophobic ซึ่งทำให้เกิดรสขมภายหลังการไฮโดรไลซ์

ถ้าขนาดของโมเลกุลโปรตีนมีขนาดใหญ่ สายยาวจะไม่มีรสชาติขม
เมื่อเราไฮโดรไลซ์โมเลกุลของโปรตีนโดยใช้ endoprotease เพียงชนิดเดียว ก็จะได้โพลีเพบไทด์สายสั้นๆ แต่จะเป็นโพลีเพปไทด์ที่มีความขมอยู่ในเส้น เพราะฉะนั้นจึงมีการใช้ exoprotease เข้ารวมในการไฮโดรไลซ์ด้วย ใช้ exoprotease จะทำหน้าที่ตัดปลายทางด้าน N – terminal และ C-terminal ออกทีละ 1 โมเลกุล จนตัดเอา hydroprobic ออกจากสายโพลีเพปไทด์ได้ เมื่อ hydrophobic อยู่เป็นโมเลกุลเดี่ยวๆ จะไม่มีรสชาติที่ขม เมื่อไฮโดรไลซ์ต่อไปเรื่อยๆ ก็จะได้ กรดอะมิโนตัวเดี่ยวๆ ออกมา ซึ่งกรดอะมิโนเดี่ยวๆ เหล่านี้ จะให้รสชาติที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดรสชาติที่อร่อยหรือรสเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate)

3.1.2 เอนไซม์

เอนไซม์อัลคาเลส (alcalase)

เอนไซม์นิวเทรส (Neutrase)

เอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ (Flavourzyme)

3.1.3 สารเคมี

กรดซัลฟูริกเข้มข้น

กรดบอริก 2 %

สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 N

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 %

ตัวเร่ง (catalyst) selenium reagent mixture

สารละลายอินดิเคเตอร์

เตรียมจาก 0.1 Bromocresol green ใน alcohol 95 %

เตรียมจาก 0.1 Methy red ใน alcohol 95 %

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์ (1.0 M NaOH)

ฟอร์มัลดีไฮด์ (CH_2O , formaldehyde)

สารสารละลายกรดบอริก 4 % (H3BO3 , Boric acid)

แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO , Magnesium oxide)

สารละลายกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ (0.05 M H_2SO_4)

เมทิลเรด- โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์ (0.1 % เจือจาง 1 ส่วน : น้ำ 5 ส่วน) (Methy red-Bromocresol green indicator)

ฟีนอลทาลีน Phenolphthalein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพแทสเซียม พทาเลส Potassium phthalate (KHC_8H_4O)

3.1.4 อุปกรณ์

เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

Kjeldahl flask

เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน

Erlenmeyer flask ขนาด	250-500 มิลลิลิตร
boiling chip จำนวน	20 เม็ด

หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl digestion tube)

พีเอชมิเตอร์

บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

แท่งแม่เหล็ก (magnetic bar) ขนาดเล็ก

ขวดตวงปริมาตรขนาด	50 มิลลิลิตร
กระบอกตวงขนาด	500 มิลลิลิตร

เครื่องย่อยโปรตีน (Automatic Kjeldahl apparatus)

เครื่องกวนด้วยแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร	1 อัน
ขวดตวงปริมาตรขนาด	500 มิลลิลิตร

ช้อนตักสารเคมี

ปิเปตขนาด	10	มิลลิลิตร
บิวเรต ขนาด	50	มิลลิลิตร
ขวดวัดปริมาตร ขนาด	500	มิลลิลิตร
ขวดวัดปริมาตร ขนาด	250	มิลลิลิตร
ขวดวัดปริมาตร ขนาด	100	มิลลิลิตร
กระบอกตวง ขนาด	100	มิลลิลิตร
บีกเกอร์ ขนาด	500	มิลลิลิตร
บีกเกอร์ ขนาด	100	มิลลิลิตร

ช้อนตักสาร

แท่งแก้วสำหรับคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 โปรตีน

หลักการ

โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยเฉลี่ยโปรตีน 100 กรัม ประกอบด้วยไนโตรเจน 16 กรัม สำหรับ proximate analysis ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดย การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง โดยวิธีที่เรียกว่า เจลดาห์ล (Kjeldahl method) ใช้วิธีการย่อยโปรตีนในอาหาร ทำให้ได้สารประกอบไนโตรเจน ที่อยู่ในสภาพที่เป็นไอ คือ แอมโมเนีย จากนั้นจึงใช้เทคนิคของการไทเทรตวิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนีย ขั้นตอนการวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. การย่อยสารตัวอย่าง โดยการต้มกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น และเพิ่มจุดเดือดของกรดซัลฟูริกด้วยการเติมตัวเร่ง (catalyst) ในขั้นตอนของการย่อยไนโตรเจนในสารตัวอย่างจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียมไบซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$
2. การกลั่น เมื่อสารตัวอย่างถูกเปลี่ยนเป็นเกลือของแอมโมเนียไบซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ ทั้งหมดแล้ว ให้นำมาเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียไบซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ จะถูกเปลี่ยนให้มีสภาพเป็นเบสที่อยู่ในรูป NH_3 ที่ระเหยได้ นำมาต่อเข้ากับชุดกลั่นและเก็บก๊าซแอมโมเนียในกรดบอริกเพื่อนำมาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนต่อไป
3. การไทเทรตหาปริมาณไนโตรเจน นำกรดบอริกที่เก็บแอมโมเนียไว้มาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริก โดยใช้ mixed indicator เป็นอินดิเคเตอร์ โดยที่แอมโมเนีย 1 โมลจะทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล เมื่อทราบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด สามารถคำนวณหาปริมาณโปรตีนทั้งหมดได้ โดยนำปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมาคูณกับแฟคเตอร์ 6.25 หรือคูณกับแฟคเตอร์ของอาหารชนิดนั้นๆ

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่ง SPI ตัวอย่าง 1 กรัม เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 7 กรัม เติมกรดซัขฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน
2. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำหลอดทดลองที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามที่เครื่องกำหนด ใส่กรดบอริก 2 % ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารละลายสีส้มแดง รอจนกลั่นเสร็จ
4. นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใสมาไทเทรตกับกรดไฮโดรริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 N จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้
5. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N\ HCL \times 14}{Wt.sample \times 1000} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เมื่อ

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับ blank

การวิเคราะห์โปรตีนด้วยเครื่องมือชุด Kjeldahl ในห้องปฏิบัติการของโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

ข้อควรระวังในการทดลอง

1. ควรทิ้งสารในหลอดทดลองให้เย็นตัวก่อนนำไปกลั่น เพื่อป้องกันการเกิด pressure และปฏิกิริยาที่รุนแรง

2. ในการกลั่นอย่างต่อเนื่อง ควรให้เครื่องพักประมาณ 1 นาที ต่อ 1 ตัวอย่าง เพื่อให้ระบายความร้อน

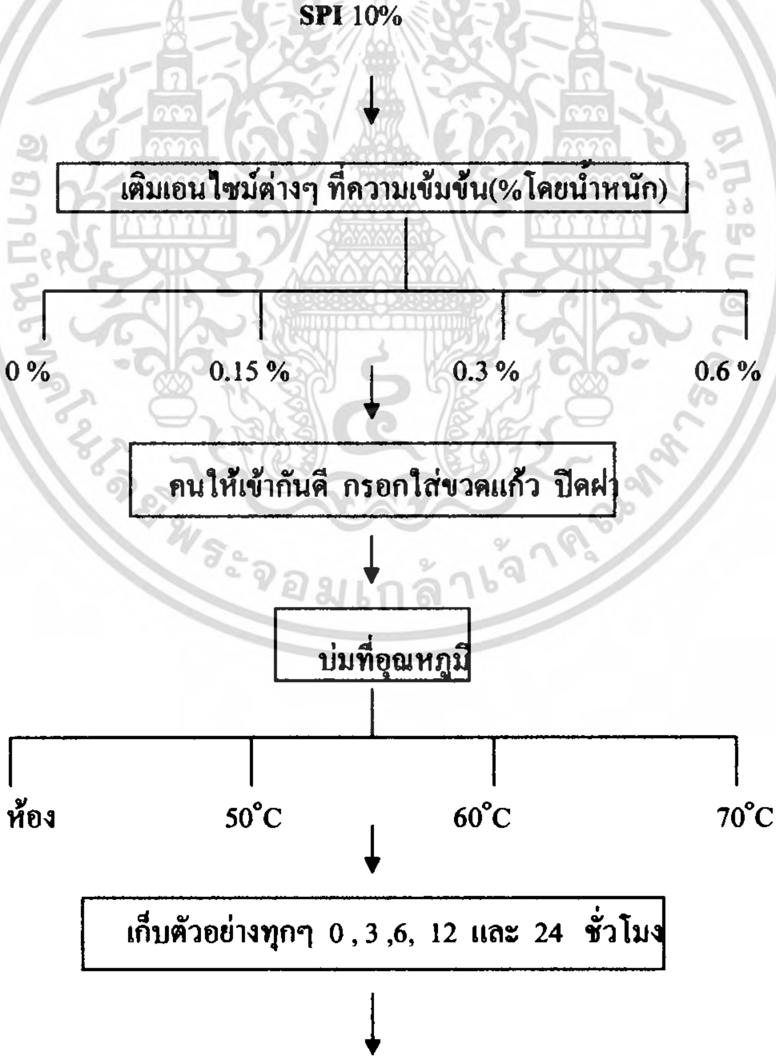
3. หลังเสร็จสิ้นการทำงาน ให้ทำความสะอาดทุกครั้ง โดยตั้งโปรแกรมในการกลั่นที่ไม่เติม NaOH และใช้น้ำกลั่นใส่ในหลอดทดลองแทนสารเคมี กลั่นล้างประมาณ 5-7 นาที

4. การทดลองต้องสารเคมีหลายชนิด ระวังเคมีเข้าตา และสัมผัสตามร่างกายให้ล้างด้วยน้ำสะอาดทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการไฮโดรไลซ์ถั่วเหลืองสกัดด้วยเอนไซม์ต่างๆ

นำ SPI 10% มาทำให้โปรตีนเสียสภาพโดยการนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปผสมกับเอนไซม์ (อัลคาเลส , นิวเทรส , อัลคาเลสร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์, นิวเทรสร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์) โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ 0 , 0.15 , 0.3 , และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก คนให้เข้ากัน ปิดฝาภาชนะที่ใส่แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 , 3 , 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยทุกๆชั่วโมงที่กำหนดต้องเก็บตัวอย่างทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บใส่ถุงพลาสติกแช่เย็นที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ระดับการถูกไฮโดรไลซ์ (%DH) และ การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

↓

หยุดปฏิกิริยาโดยการให้ความร้อน 80 °C ประมาณ 15 นาที

ภาพที่ 3.2.1 การไฮโดรไลซ์ถั่วเหลืองสกัดด้วยเอนไซม์ต่างๆ

3.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (Amino Nitrogen)

หลักการ

ผลิตภัณฑ์หมักหลายชนิดผลิตจากโปรตีนจากเมล็ดถั่วและเนื้อสัตว์ นำมาหมักให้เกิดการย่อยเป็นกรดอะมิโนและสารอื่นที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว กะปิ ปลาร้า การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (Amino Nitrogen) คือ ไนโตรเจนที่ได้จากกรดอะมิโนอิสระที่มีอยู่ในตัวอย่างโดยไม่รวมถึงไนโตรเจนจากโมเลกุลของโปรตีนที่ยังไม่ถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนและไม่รวมถึงไนโตรเจนจากสารอนินทรีย์อื่นๆ ที่ปนมากับตัวอย่าง เช่น ไนเตรท แอมโมเนีย ซึ่งต่างจากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ที่ใช้ในการคำนวณโปรตีนสกัดหยาบ (crude protein) ซึ่งมีโปรตีนจากแหล่งอื่นด้วย

เนื่องจากโมเลกุลของกรดอะมิโนมีหมู่อะมิโน(-NH_2) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์เป็นหมู่ methylene-imino (-N=CH_2) ทำให้มีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ของโมเลกุลของกรดอะมิโนเป็นอิสระ จึงสามารถหาปริมาณกรดอะมิโนโดยการไทเทรตกับสารละลายด่างมาตรฐาน

การเตรียมตัวอย่าง เจือจางตัวอย่าง 10 เท่า ด้วยน้ำกลั่น (ตัวอย่าง 1 ml. น้ำกลั่น 9 ml.)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน นำตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็กขนาดเล็ก ตั้งบนเครื่องกวนด้วยแม่เหล็ก ปรับ pH ให้เท่ากับ 7 โดยใช้พีเอชมิเตอร์ ด้วยสารละลาย 1.0 N NaOH

เติมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ที่มีค่า pH เท่ากับ 9 จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ 5 นาที แล้วไทเทรตต่อไปด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH จนได้ pH เท่ากับ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน

ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร) = 14 yM

เมื่อ y คือ ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตเป็นมิลลิลิตร

M คือ ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เป็นโมลาร์

3.2.4 การวิเคราะห์แอมโมเนียคัลไนโตรเจน

นำตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดกลั่นโปรตีน เติมแมกนีเซียมออกไซด์ 1.5 กรัม และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

กลั่นแอมโมเนียที่เกิดขึ้นลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีบอริก 4% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และมีเมททิลเรด-โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์ (0.1 % เมททิลเรด : 0.1 % โบรโมครีซอลกรีน = 1 : 5) ถึง 8 หยด จนกระทั่งสารละลายที่กลั่นได้เปลี่ยนจากสีม่วงชมพูเป็นสีม่วงฟ้า ไทเทรตอัมโมเนียที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ จนสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงฟ้าเป็นสีม่วงชมพู

คำนวณหาค่าอัมโมเนียคัลไนโตรเจน ได้จากสูตร

ปริมาณอัมโมเนียคัลไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร) = 5.6 yM

เมื่อ y คือ ปริมาตรของสารละลาย H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตเป็น มิลลิลิตร

M คือ ความเข้มข้นของสารละลาย H_2SO_4 เป็นโมลาร์

3.2.5 การคำนวณค่าไนโตรเจนจากกรดอะมิโน

ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (กรัมต่อลิตร) = ผลต่างระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนกับอัมโนเนียคัลไนโตรเจน

หมายเหตุ 1 ลิตร = 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การหาเปอร์เซ็นต์น้ำใส

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการไฮโดรไลซ์แล้วมาทำการเหวี่ยงแยกตะกอนออก โดยใช้เครื่องเหวี่ยง รุ่น back man ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที
2. หลังจากเหวี่ยงเสร็จ ทำการชั่งทั้งตัวอย่างน้ำใส และเนื้อ บันทึกผลการทดลอง

$$\text{การคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำใส} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำใส} \times 100}{\text{ปริมาตรทั้งหมด}}$$

3.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

หลักการ

ปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างอาหาร สามารถวิเคราะห์ได้โดยการไทไทรต สารละลายอาหารตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐาน ซึ่งที่นิยมใช้ได้แก่ สารละลาย NaOH และอินดิเคเตอร์ ซึ่งได้แก่ ฟีนอลธาลีน (phenolphthalein) โดยสารละลายปฏิกิริยาจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนๆ เมื่อถึงจุดยุติที่ pH 8.3 – 10.3 หรืออาจจะใช้โบรโมไซมอลบลู ซึ่งจะเปลี่ยนจากสีเหลือง (pH 6.0) เป็นสีน้ำเงิน (pH 7.0) เมื่อถึงจุดยุติ

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดโดยวิธีการไทไทรตด้วยด่างนี้ ค่าความเป็นกรดที่วิเคราะห์ได้นิยมเรียกว่า total titratable acidity โดยทั่วไปจะรายงานค่าความเป็นกรดเป็นปริมาณของกรดอินทรีย์ที่มีมากที่สุดในตัวอย่าง ถึงแม้จะมีกรดชนิดอื่นๆ เป็นองค์ประกอบอยู่ในนั้นด้วนก่อนตาม

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย NaOH มาตรฐาน

เตรียมสารละลาย NaOH 0.1 N (โดยประมาณ) โดยชั่ง NaOH 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป standardize ด้วยสารละลายมาตรฐาน potassium phthalate ($KHC_8H_4O_4$)

วิธีการ standardize สารละลายมาตรฐาน NaOH ทำได้โดย

1. ละลาย $KHC_8H_4O_4$ ที่ผ่านการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 120 °C นาน 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator ปริมาณ 0.6000-0.7000 กรัม ในน้ำกลั่น 50-70 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หยดสารละลาย phenolphthalein 1 % (ใน 95 % ethanol) ในสารละลาย $KHC_8H_4O_4$ จำนวน 2 หยด
3. นำไปไทไทรตกับสารละลาย NaOH ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายปฏิกิริยาเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนที่คงตัว โดยทำการไทเทรต 3 ครั้ง บันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{จำนวนกรัม } KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตร NaOH} \times 204.229}$$

2. สารละลาย phenolphthalein 1 %

สารละลาย phenolphthalein 1 กรัม ใน ethanol 95 % 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดสารละลาย phenolphthalein 1 % 2-3 หยด
2. ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH จนได้สารละลายสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH มาตรฐาน ที่ใช้ ซึ่งเป็นค่า Blank
3. ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร หยดสารละลาย phenolphthalein 1 % 2-3 หยด
4. ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH จนได้สารละลายสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH มาตรฐาน ที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง
5. คำนวณปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{(V)\,(N)\,(eq.Wt)(100)}{1000\,(v)}$$

V	=	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน NaOH
N	=	Normality ของสารละลายมาตรฐาน NaOH
V	=	ปริมาตร ของสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร
eq.Wt	=	น้ำหนักสมมูลย์ของกรดเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเพื่อใช้ในการไฮโดรไลซ์

ในสารละลายที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์มีอัตราส่วนของปริมาณเอนไซม์/โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง = 0.0015/0.1 , 0.003/0.1 , 0.006/0.1

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง = 1 กรัม

ส่วนประกอบของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้น = 6 เปอร์เซ็นต์

มีปริมาณโปรตีน = 92.14 เปอร์เซ็นต์

มีปริมาณไนโตรเจน = 14.74 เปอร์เซ็นต์

และมีพีเอช = 7.14

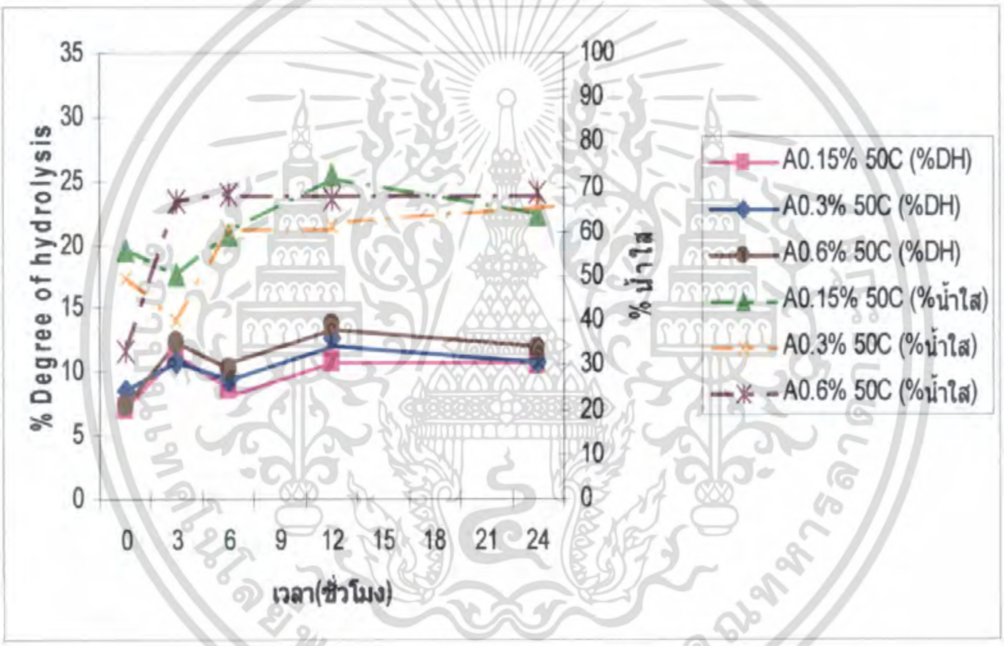
ตารางที่ 4.2.1 องค์ประกอบของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

องค์ประกอบของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	ปริมาณ
ปริมาณโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (กรัม)	1
ความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัม)	6
โปรตีน (กรัมต่อ 100 กรัม)	92.14
ไนโตรเจน (กรัมต่อ 100 กรัม)	14.74
พีเอช	7.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

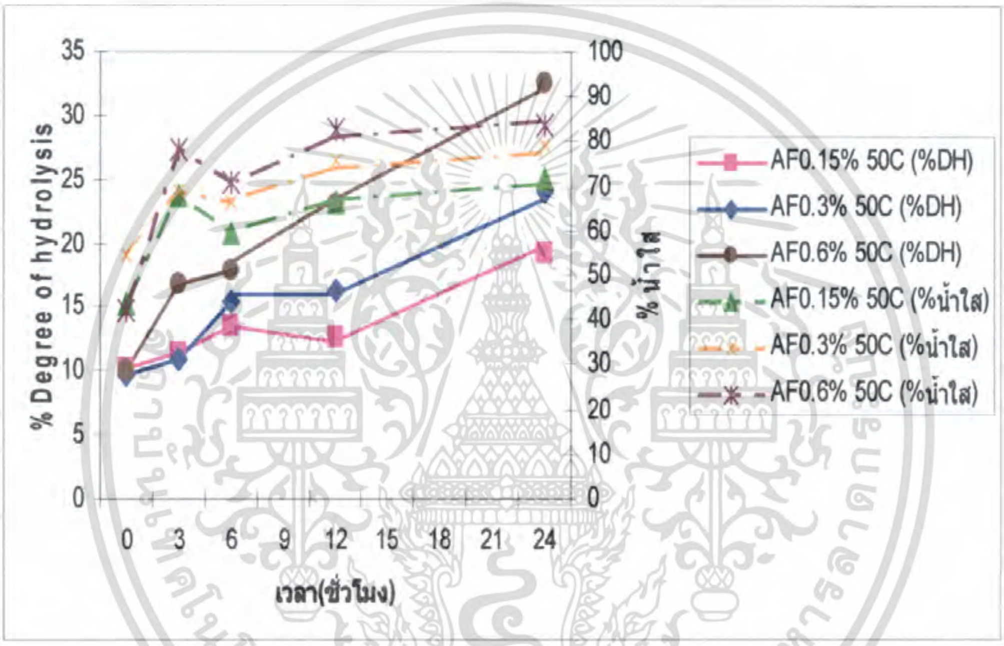
จากภาพที่ 4.3.1 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 12 ชั่งโมง มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด คือ มีค่า %Degree of hydrolysis เท่ากับ 10.73% และโดยภาพรวมแล้ว ค่าระดับการไฮโดรไลซ์มีค่าไม่ต่างกันมาก ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสค่อนข้างคงที่ เมื่อระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์มากกว่า 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.3.1 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

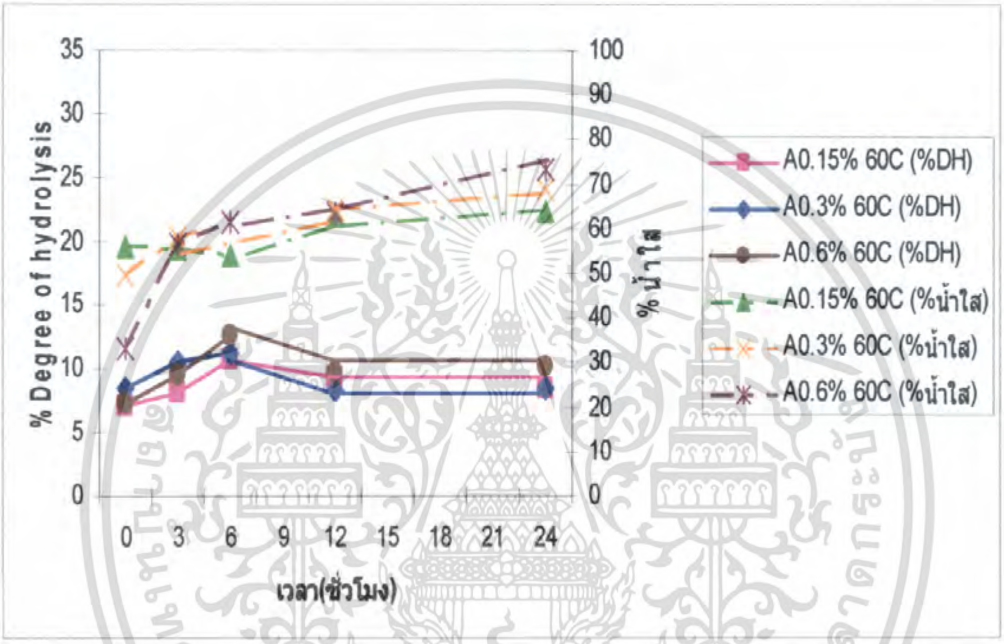
จากภาพที่ 4.3.2 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุดในการทดลองนี้ คือ 32.57% และโดยภาพรวมแล้ว ค่าระดับการไฮโดรไลซ์ จะมีค่าสูงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์เพิ่มมากขึ้น และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสมีค่าสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น



ภาพที่ 4.3.2 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

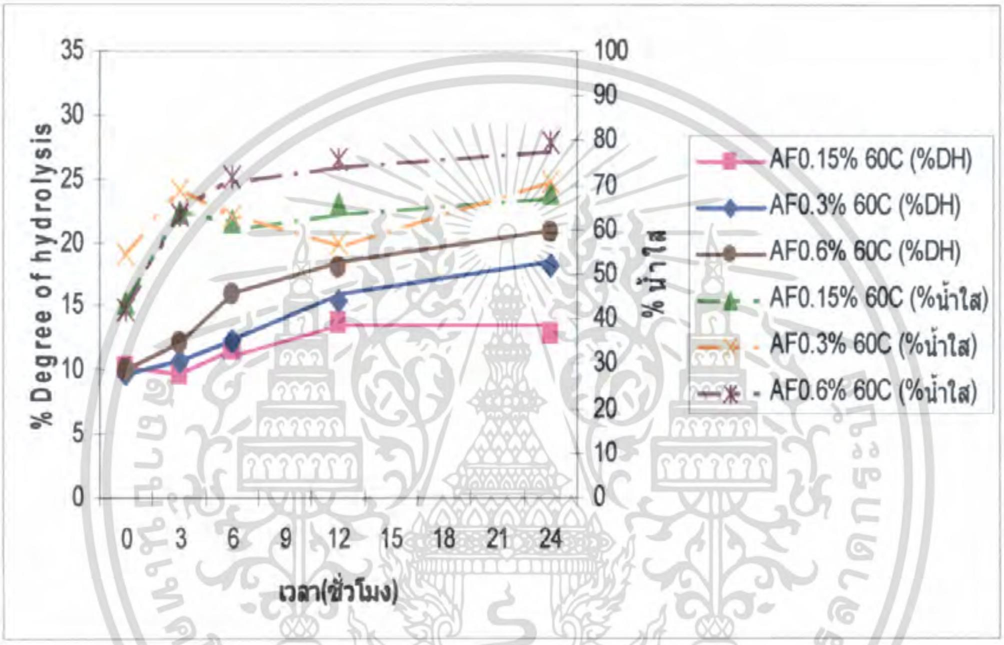
จากภาพที่ 4.3.3 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 6 ชั่วโมง มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด คือ 12.69% และระดับการไฮโดรไลซ์จะต่ำลงเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ลดลง ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสมีแนวโน้มจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์มากขึ้น



ภาพที่ 4.3.3 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

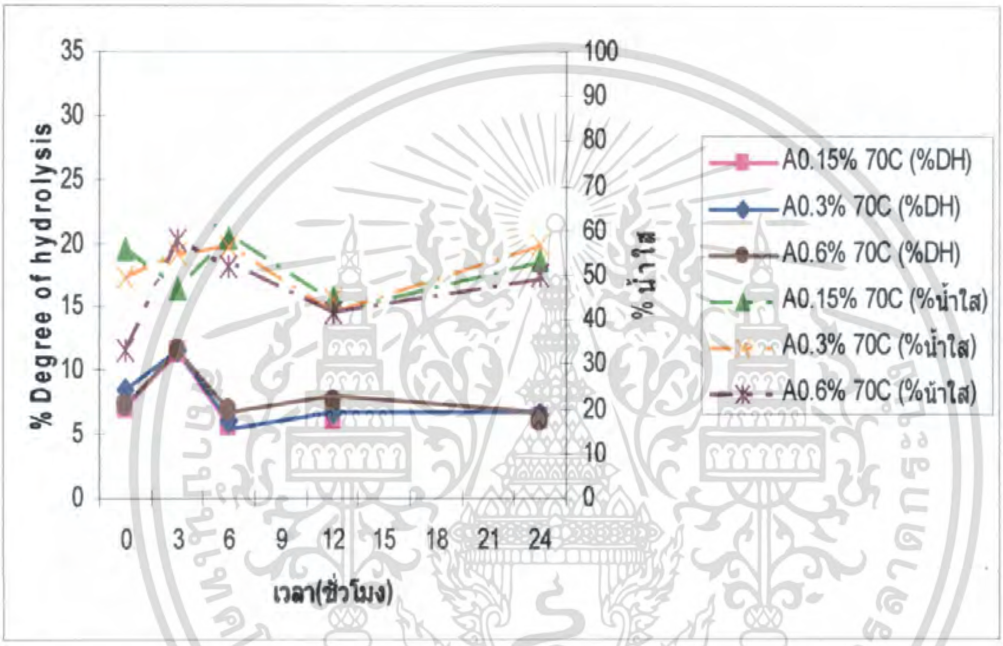
จากภาพที่ 4.3.4 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด คือ 20.80% และค่าระดับการไฮโดรไลซ์จะต่ำลง เมื่อความเข้มข้นและระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์ลดลง ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลามากขึ้น



ภาพที่ 4.3.4 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

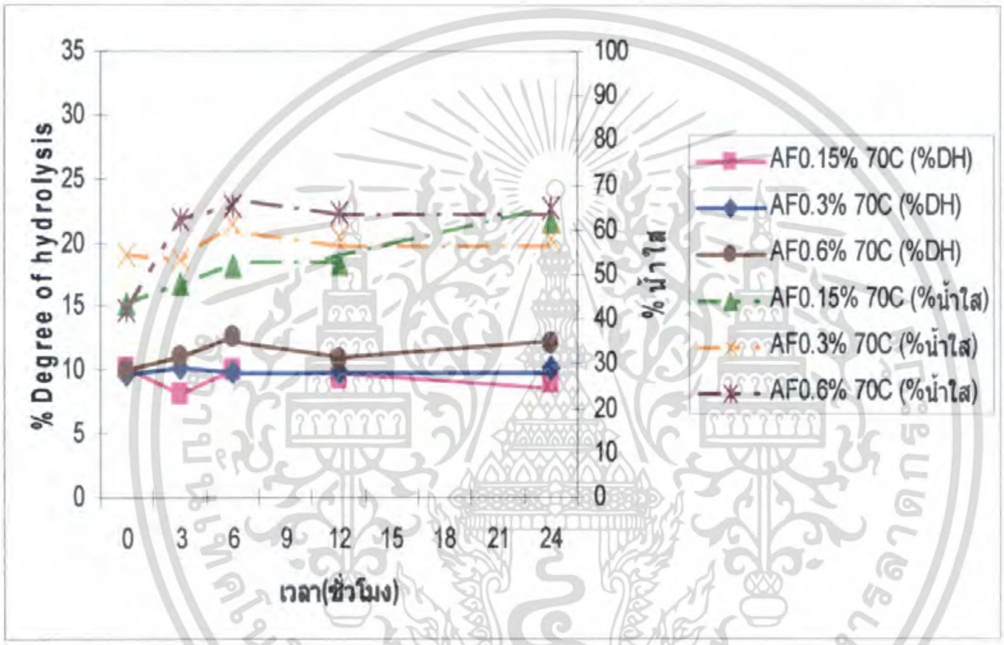
จากภาพที่ 4.3.5 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ 3 ชั่วโมง ที่ทุกๆความเข้มข้น มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด และค่าจะคงที่เพิ่มระยะเวลาการไฮโดรไลซ์นานขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสมีค่ามากที่ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ประมาณ 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.3.5 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

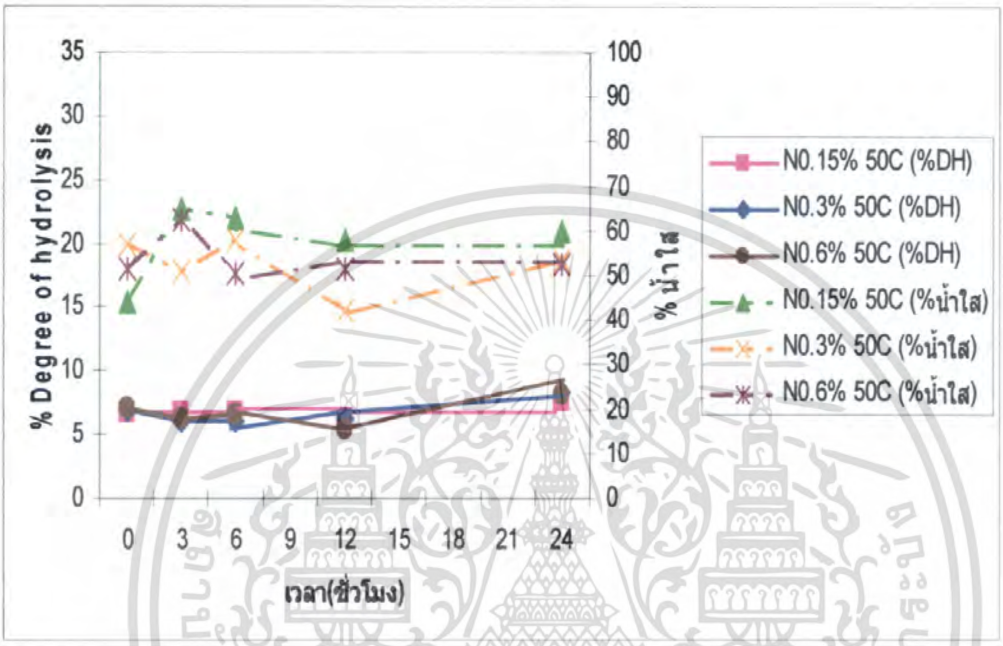
จากภาพที่ 4.3.6 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 6 ชั่วโมง มีค่า % Degree of hydrolysis สูงที่สุด คือ 12.69% โดยภาพรวมแล้วค่าที่ได้ค่อนข้างคงที่ ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสที่ความเข้มข้น 0.15 % มีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้น แต่ที่ความเข้มข้น 0.3 % และ 0.6 % ค่อนข้างจะมีค่าคงที่



ภาพที่ 4.3.6 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

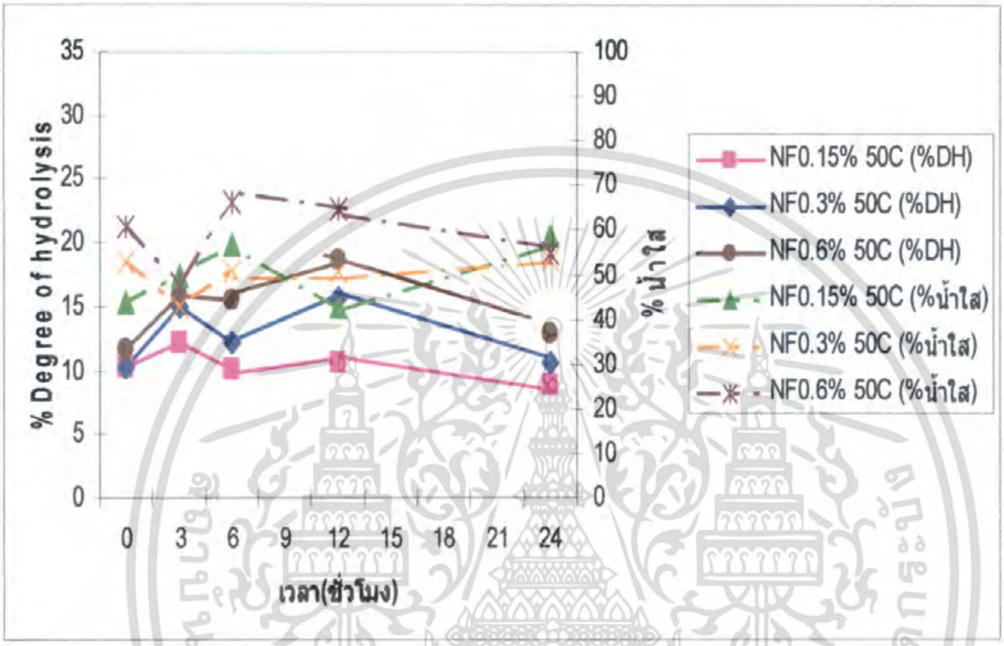
จากภาพที่ 4.3.7 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าค่าระดับการไฮโดรไลซ์ มีค่าค่อนข้างคงที่ และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสก็คงที่เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 4.3.7 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

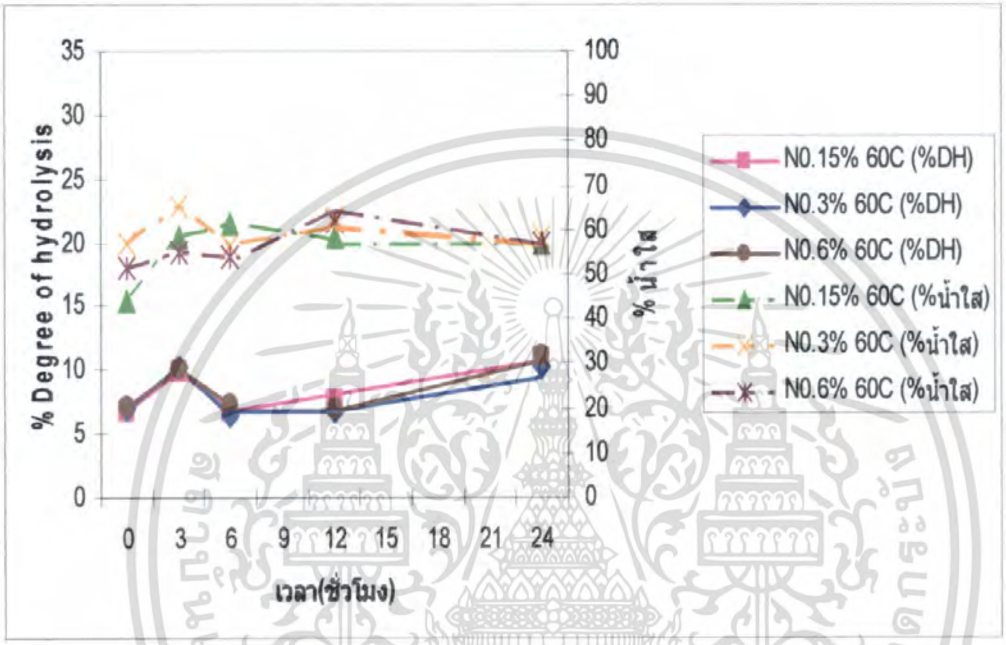
จากภาพที่ 4.3.8 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์นิวเทรสร่วมกับเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ ระยะเวลา 6 ชั่วโมงของทุกๆ ความเข้มข้นมีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน ไม่แตกต่างกันมาก



ภาพที่ 4.3.8 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

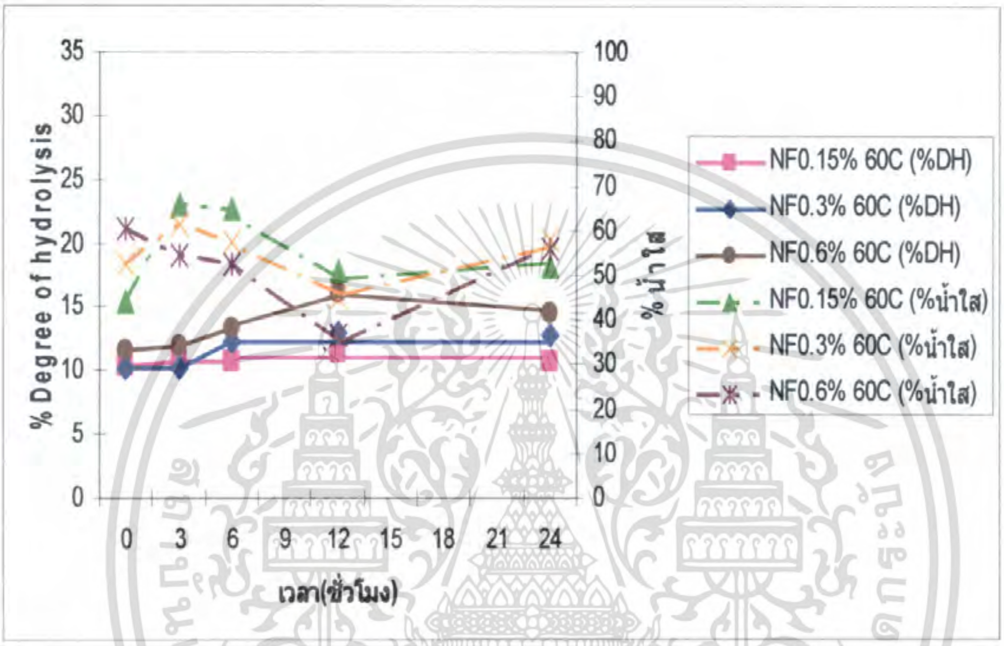
จากภาพที่ 4.3.9 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลา 3 และ 12 ชั่วโมงของทุกๆ ความเข้มข้น มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์ที่สูง และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสมีค่าคงที่



ภาพที่ 4.3.9 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

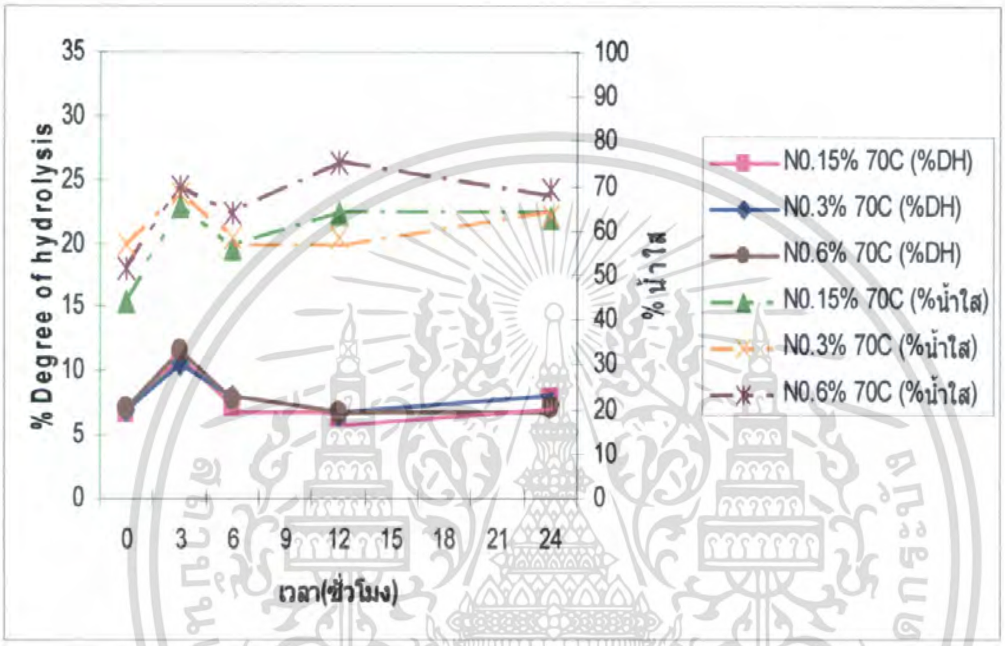
จากภาพที่ 4.3.10 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์นิวเทรสรวมกับเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 6 ชั่วโมงมีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด และโดยภาพรวมค่าค่อนข้างคงที่ และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสที่ 12 ชั่วโมง มีค่าต่ำมากที่สุด



ภาพที่ 4.3.10 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

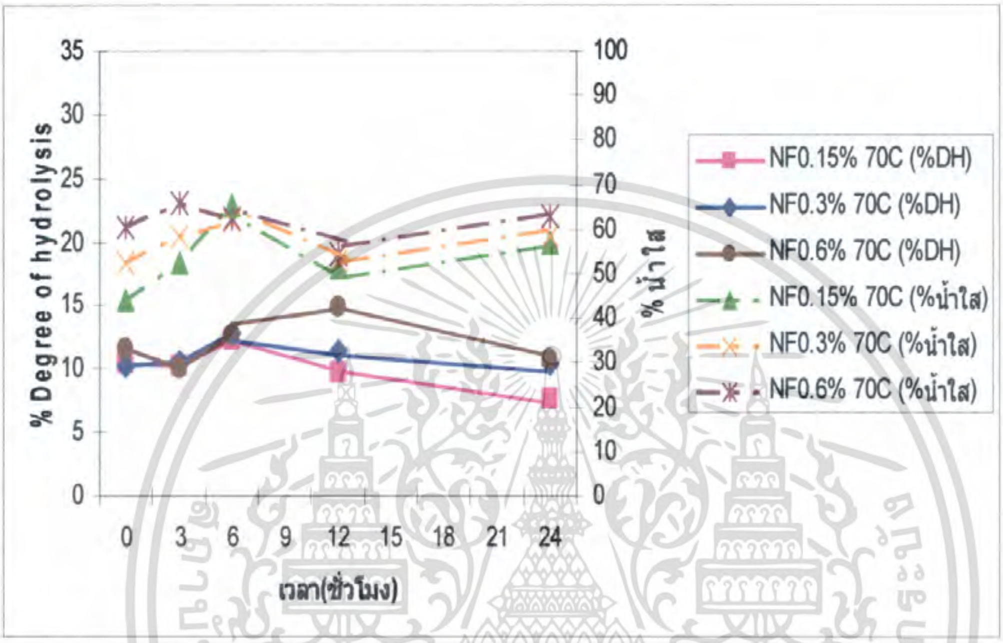
จากภาพที่ 4.3.11 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่เวลา 3 ชั่วโมงของทุกๆ ความเข้มข้น มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสค่อนข้างคงที่



ภาพที่ 4.3.11 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.3.12 แสดงระดับการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์นิวเทรสร่วมกับเอนไซม์เฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้น 0.6 % เวลา 12 ชั่วโมง มีค่าระดับการไฮโดรไลซ์สูงที่สุด และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำใสค่อนข้างคงที่



ภาพที่ 4.3.12 แสดงผลของความเข้มข้นและชนิดของเอนไซม์นิวเทรสที่ใช้ร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ศึกษาระดับความขมของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในสภาวะต่างๆ

ตารางที่ 4.4.1 แสดงระดับความขมมากที่สุด

เอนไซม์	สภาวะ
อัลคาเลส	A 0.15% 3 hr. 50 °C , A 0.3% 3 hr. 50 °C , A 0.6% 3 hr. 50 °C A 0.15% 6 hr. 60 °C A 0.3% 6 hr. 60 °C , A 0.6% 6 hr. 60 °C A .015% 3 hr. 70 °C , A 0.3% 3 hr. 70 °C , A 0.6% 3 hr. 70 °C
นิวเทรส	N 0.15% 3 hr. 50 °C N 0.3% 3 hr. 50 °C , N 0.6% 3 hr. 50 °C N 0.15% 3 hr. 60 °C N 0.3% 3 hr. 60 °C , N 0.6% 3hr. 60 °C N .015% 3 hr. 70 °C , N 0.3% 3 hr. 70 °C , N 0.6% 3 hr. 70 °C
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	AF 0.15% 3 hr. 50 °C , AF 0.3% 3 hr. 50 °C , AF 0.6% 3 hr. 50 °C AF 0.15% 3 hr. 60 °C , AF 0.3% 3 hr. 60 °C , AF 0.6% 3 hr. 60 °C AF 0.15% 3 hr. 70 °C , AF 0.3% 3 hr. 70 °C , AF 0.6% 3 hr. 70 °C
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	NF 0.15% 3 hr. 50 °C , NF 0.3% 3 hr. 50 °C , NF 0.6% 3 hr. 50 °C NF 0.15% 3 hr. 60 °C , NF 0.3% 3 hr. 60 °C , NF 0.6% 3 hr. 60 °C NF 0.15% 3 hr. 70 °C , NF 0.3% 3 hr. 70 °C , NF 0.6% 3 hr. 70 °C

จากตารางที่ 4.4.1 ระดับความขมที่มากที่สุดของเอนไซม์แต่ละชนิด ซึ่งโดยรวมแล้ว สภาวะการไฮโดรไลซ์ที่ทำให้เกิดรสชาติขมมากที่สุด คือ ที่ ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ทุกเอนไซม์ แต่จะมีที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลส ความเข้มข้น 0.15 % 6 ชั่วโมง 60 องศาเซลเซียส ที่จะมีความขมมากกว่าที่ 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.2 แสดงระดับความขมมาก

เอนไซม์	สภาวะ
อัลคาเลส	A 0.15% 6 hr. 50 °C , A 0.3% 6 hr. 50 °C , A 0.6% 6 hr. 50 °C
	A 0.15% 3 hr. 60 °C A 0.3% 3hr. 60 °C , A 0.6% 3 hr. 60 °C
	A .015% 6 hr. 70 °C ,A 0.3% 6 hr. 70 °C , A 0.6% 6 hr. 70 °C
นิวเทรส	N 0.15% 6 hr. 50 °C , N 0.3% 6 hr. 50 °C , N 0.6% 6 hr. 50 °C
	N 0.15% 6 hr. 60 °C ,N 0.3% 6 hr. 60 °C , N 0.6% 6 hr. 60 °C
	N .015% 6 hr. 70 °C ,N 0.3% 6 hr. 70 °C, N 0.6% 6 hr. 70 °C
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	AF 0.15% 6 hr. 50 °C , AF 0.3% 6 hr. 50 °C , AF 0.6% 6 hr. 50 °C
	AF 0.15% 6 hr. 60 °C , AF 0.3% 6 hr. 60 °C , AF 0.6% 6 hr. 60 °C
	AF 0.15% 6 hr. 70 °C , AF 0.3% 3 hr. 70 °C , AF 0.6% 6 hr. 70 °C
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	NF 0.15% 6 hr. 50 °C , NF 0.3% 6 hr. 50 °C , NF 0.6% 6 hr. 50 °C
	NF 0.15% 6 hr. 60 °C , NF 0.3% 6 hr. 60 °C , NF 0.6% 6 hr. 60 °C
	NF 0.15% 6 hr. 70 °C , NF 0.3% 6 hr. 70 °C , NF 0.6% 6 hr. 70 °C

จากตารางที่ 4.4.2 แสดงระดับความขมมาก ของเอนไซม์แต่ละชนิด ซึ่งโดยรวมแล้ว สภาวะการไฮโดรไลซ์ที่ทำให้เกิดรสชาติขมมาก คือ ที่ ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ทุกเอนไซม์ แต่จะมีที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลส ความเข้มข้น 0.15 % 3 ชั่วโมง 60 องศาเซลเซียส ที่จะมีระดับความขมเป็น ขมมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.3 แสดงระดับความขมปานกลาง

เอนไซม์	สภาวะ
อัลคาเลส	A 0.15% 12 hr. 50 °C , A 0.3% 12 hr. 50 °C , A 0.6% 12 hr. 50 °C A 0.15% 12 hr. 60 °C A 0.3% 12hr. 60 °C , A 0.6% 12 hr. 60 °C A .015% 12hr. 70 °C , A 0.3% 12 hr. 70 °C , A 0.6% 12hr. 70 °C
นิวเทรส	N 0.15% 12 hr. 50 °C , N 0.3% 12 hr. 50 °C , N 0.6% 12 hr. 50 °C N 0.15% 12 hr. 60 °C N 0.3% 12 hr. 60 °C , N 0.6% 12 hr. 60 °C N .015% 12 hr. 70 °C , N 0.3% 12 hr. 70 °C , N 0.6% 12 hr. 70 °C
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	AF 0.15% 12 hr. 50 °C , AF 0.3% 12 hr. 50 °C , AF 0.6% 12 hr. 50 °C AF 0.15% 12 hr. 60 °C , AF 0.3% 12 hr. 60 °C , AF 0.6% 12 hr. 60 °C AF 0.15% 12 hr. 70 °C , AF 0.3% 12 hr. 70 °C , AF 0.6% 12 hr. 70 °C
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	NF 0.15% 12 hr. 50 °C , NF 0.3% 12 hr. 50 °C , NF 0.6% 12 hr. 50 °C NF 0.15% 12 hr. 60 °C , NF 0.3% 12 hr. 60 °C , NF 0.6% 12 hr. 60 °C NF 0.15% 12 hr. 70 °C , NF 0.3% 12 hr. 70 °C , NF 0.6% 12 hr. 70 °C

จากตารางที่ 4.4.3 แสดงระดับความขมปานกลาง ของเอนไซม์แต่ละชนิด ซึ่งผลรวมทั้งหมดแล้ว สภาวะการไฮโดรไลซ์ที่ทำให้เกิดรสชาติขมปานกลาง คือ ที่ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทุกเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.4 แสดงระดับความขมน้อย

เอนไซม์	สภาวะ
อัลคาเลส	A 0.15% 24 hr. 50 °C , A 0.3% 24 hr. 50 °C , A 0.6% 24 hr. 50 °C A 0.15% 24 hr. 60 °C A 0.3% 24 hr. 60 °C , A 0.6% 24 hr. 60 °C A .015% 24 hr. 70 °C , A 0.3% 24 hr. 70 °C , A 0.6% 24 hr. 70 °C
นิวเทรส	N 0.15% 24 hr. 50 °C , N 0.3% 24 hr. 50 °C , N 0.6% 24 hr. 50 °C N 0.15% 24 hr. 60 °C N 0.3% 24 hr. 60 °C , N 0.6% 24 hr. 60 °C N .015% 24 hr. 70 °C , N 0.3% 24 hr. 70 °C, N 0.6% 24 hr. 70 °C
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	AF 0.15% 24 hr. 50 °C , AF 0.3% 24 hr. 50 °C , AF 0.6% 24 hr. 50 °C AF 0.15% 24 hr. 60 °C , AF 0.3% 24 hr. 60 °C , AF 0.6% 24 hr. 60°C AF 0.15% 24 hr. 70 °C , AF 0.3% 24 hr. 70 °C , AF 0.6% 24 hr. 70 °C
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	NF 0.15% 24 hr. 50 °C , NF 0.3% 24 hr. 50 °C , NF 0.6% 24 hr. 50 °C NF 0.15% 24 hr. 60 °C , NF 0.3% 24 hr. 60 °C , NF 0.6% 24 hr. 60 °C NF 0.15% 24 hr. 70 °C , NF 0.3% 24 hr. 70 °C , NF 0.6% 24 hr. 70 °C

จากตารางที่ 4.4.4 แสดงระดับความขมน้อยที่สุด ของเอนไซม์แต่ละชนิด ซึ่งผลรวมทั้งหมดแล้ว สภาวะการไฮโดรไลซ์ที่ทำให้เกิดรสชาติขมน้อยที่สุด คือ ที่ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทุกเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.5 แสดงระดับความขมน้อยที่สุด

เอนไซม์	สภาวะ
อัลคาเลส	A 0.15% 0 hr. , A 0.3% 0 hr. A 0.6% 0 hr.
นิวเทรส	N 0.15% 0 hr. , N 0.3% 0 hr. , N 0.6% 0 hr.
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	AF 0.15% 0 hr. , AF 0.3% 0 hr. , AF 0.6% 0 hr
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	NF 0.15% 0 hr. , NF 0.3% 0 hr. , NF 0.6% 0 hr.

จากตารางที่ 4.4.5 แสดงระดับความขมที่ ไม่ขมเลย ของเอนไซม์แต่ละชนิด ซึ่งผลรวมทั้งหมดแล้ว สภาวะการไฮโดรไลซ์ที่ทำให้เกิดรสชาติไม่ขมเลย คือ ที่ ระยะเวลา 0 ชั่วโมง ทุกเอนไซม์ เนื่องจากยังไม่ถูกไฮโดรไลซ์ โมเลกุลของโปรตีนยังเป็นโมเลกุลที่ใหญ่อยู่ ซึ่งโดยธรรมชาติจะไม่มีรสขม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. สรุปผลการทดลอง

1.1 การไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ ให้ผลดีที่สุด เนื่องจากอัลคาเลสสามารถไฮโดรไลซ์โมเลกุลของโปรตีนแล้วได้โพลีเพพไทด์ที่มีความจำเพาะกับเฟลเวอร์ไซม์มากกว่านิวเทรส

1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์

1.2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากเฟลเวอร์ไซม์มีความสามารถในการทำงานดีที่สุดที่อุณหภูมินี้

1.2.2 ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ มีการไฮโดรไลซ์ดีกว่าทุกความเข้มข้นในการทดลอง

1.3 การใช้เอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับเฟลเวอร์ไซม์ สามารถที่จะลดความขมในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองได้ และสามารถช่วยเพิ่มอัตราการไฮโดรไลซ์ ทำให้ %Degree of hydrolysis เพิ่มขึ้น

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ในการบ่มตัวอย่างควรมีการเขย่าตัวอย่างเป็นระยะ

2.2 เมื่อเก็บตัวอย่างและทำการหยุดปฏิกิริยาแล้ว ถ้ายังไม่ได้ทำการทดลองเลย ควรทำการเก็บตัวอย่างไว้ในช่องแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th ed. Association of Official Chemists, Inc., Arlington, Virginia

Matoba, M.,and Hata, T. 1972. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structure. Agr. Biol. Chem. 36 (8): 1423-1431.

Holm, F. 2003. "Functional food ingredients cardiovascular health." Food Group Denmark, Denmark 40pp.

Slade, L., Levine, H., and Finley, J.W.(1989). In R.D. Phillips, and J.W. Finley(Eds.), "Protein quality and the effects of processing." **New York : Marcel Dekker.** :9-124

บุญเทียม พันธุ์เพ็ง. 2548. เอกสารประกอบคำสอน วิชาเคมีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์หมัก. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. หน้า 39-41.

บุญเทียม พันธุ์เพ็ง. 2549. เอกสารประกอบคำสอน วิชาเทคโนโลยีเอนไซม์. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร.

ปิ่นมณี ขวัญมือง. 2548. "ฟังชันนัลฟูดส์อาหารเพื่อสุขภาพ." **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม.** 4(2) : 43 – 50.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดลอง

ผลข้อมูลจากการทดลองที่ 4.3 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ตารางที่ 4.3.1 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
อัลคาเลส	50	0	0.15	7.08	55.97
			0.3	8.45	49.55
			0.6	7.26	33.27
		3	0.15	11.30	50.67
			0.3	10.83	40.02
			0.6	12.35	66.92
		6	0.15	8.59	59.37
			0.3	9.44	60.40
			0.6	10.20	68.16
		12	0.15	10.73	72.61
			0.3	12.69	61.62
			0.6	13.73	67.10
		24	0.15	10.48	64.07
			0.3	10.73	66.32
			0.6	11.81	68.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.2 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
นิวเทรส	50	0	0.15	6.69	43.95
			0.3	6.88	56.87
			0.6	7.16	51.32
		3	0.15	6.74	64.95
			0.3	6.04	51.03
			0.6	6.27	62.53
		6	0.15	6.74	62.89
			0.3	6.14	57.87
			0.6	6.61	50.43
		12	0.15	6.31	57.90
			0.3	6.31	41.97
			0.6	5.32	51.29
		24	0.15	7.69	60.13
			0.3	8.26	53.37
			0.6	8.22	52.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.3 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	50	0	0.15	10.20	43.57
			0.3	9.72	54.63
			0.6	9.97	42.31
		3	0.15	11.43	67.81
			0.3	10.98	68.65
			0.6	16.75	78.42
		6	0.15	13.52	59.20
			0.3	15.42	66.43
			0.6	17.89	70.91
		12	0.15	12.67	66.43
			0.3	16.37	75.75
			0.6	23.08	82.68
		24	0.15	19.22	72.00
			0.3	24.08	79.10
			0.6	32.57	83.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.4 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	50	0	0.15	10.31	43.88
			0.3	10.22	52.60
			0.6	11.68	60.47
		3	0.15	12.25	49.52
			0.3	14.91	42.65
			0.6	15.90	47.70
		6	0.15	10.03	56.49
			0.3	12.19	50.61
			0.6	15.57	65.99
		12	0.15	10.54	42.66
			0.3	15.71	50.57
			0.6	18.57	64.82
		24	0.15	8.89	58.51
			0.3	10.60	53.00
			0.6	12.95	54.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.5 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
อัลคาเลส	60	0	0.15	7.08	55.97
			0.3	8.45	49.55
			0.6	7.26	33.27
		3	0.15	8.22	55.27
			0.3	17.38	57.94
			0.6	9.55	56.53
		6	0.15	10.77	53.72
			0.3	18.38	61.27
			0.6	12.69	61.34
		12	0.15	9.44	62.94
			0.3	19.26	64.18
			0.6	9.63	63.35
		24	0.15	8.45	63.73
			0.3	20.62	68.74
			0.6	10.20	73.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.6 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
นิวเทรส	60	0	0.15	6.69	43.95
			0.3	6.88	56.87
			0.6	7.16	51.32
		3	0.15	9.91	58.20
			0.3	10.16	65.30
			0.6	9.97	54.91
		6	0.15	6.78	61.15
			0.3	6.36	55.41
			0.6	7.27	54.15
		12	0.15	7.64	58.49
			0.3	6.74	62.78
			0.6	6.89	61.83
		24	0.15	10.86	56.78
			0.3	10.29	58.59
			0.6	11.11	57.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.7 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	60	0	0.15	10.20	43.57
			0.3	9.72	54.63
			0.6	9.97	42.31
		3	0.15	9.78	63.62
			0.3	10.83	68.98
			0.6	12.12	63.46
		6	0.15	11.68	61.94
			0.3	12.38	62.70
			0.6	15.99	71.93
		12	0.15	13.71	66.09
			0.3	15.42	57.15
			0.6	18.04	75.57
		24	0.15	12.78	68.21
			0.3	18.27	70.90
			0.6	20.80	79.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.8 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	60	0	0.15	10.31	43.88
			0.3	10.22	52.60
			0.6	11.68	60.47
		3	0.15	10.73	65.75
			0.3	10.20	61.22
			0.6	11.87	54.53
		6	0.15	10.79	65.07
			0.3	12.29	57.63
			0.6	13.33	52.64
		12	0.15	11.40	51.07
			0.3	13.01	44.97
			0.6	16.11	36.58
		24	0.15	10.67	51.85
			0.3	12.76	57.71
			0.6	14.47	55.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.9 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
อัลคาเลส	70	0	0.15	7.08	55.97
			0.3	8.45	49.55
			0.6	7.26	33.27
		3	0.15	11.43	47.07
			0.3	11.55	55.01
			0.6	11.59	57.74
		6	0.15	5.66	58.21
			0.3	6.02	56.61
			0.6	6.88	51.94
		12	0.15	6.31	44.90
			0.3	6.84	44.76
			0.6	7.54	41.60
		24	0.15	6.31	53.43
			0.3	6.61	56.69
			0.6	6.02	50.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.10 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
นิวเทรส	70	0	0.15	6.69	43.95
			0.3	6.88	56.87
			0.6	7.16	51.32
		3	0.15	11.15	65.29
			0.3	10.54	6.49
			0.6	11.53	69.95
		6	0.15	7.22	55.93
			0.3	7.92	58.18
			0.6	7.73	63.98
		12	0.15	6.36	63.65
			0.3	6.61	58.31
			0.6	6.70	75.04
		24	0.15	7.73	63.04
			0.3	7.41	63.33
			0.6	7.03	69.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.11 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
อัลคาเลส + เฟลเวอร์ไซม์	70	0	0.15	10.20	43.57
			0.3	9.72	54.63
			0.6	9.97	42.31
		3	0.15	8.17	48.06
			0.3	10.22	53.60
			0.6	11.11	62.51
		6	0.15	10.12	51.78
			0.3	9.93	61.56
			0.6	12.69	65.23
		12	0.15	9.40	52.67
			0.3	9.82	58.28
			0.6	10.98	64.10
		24	0.15	9.06	61.93
			0.3	10.29	58.09
			0.6	12.10	64.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.12 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ต่างๆ

ชนิดเอนไซม์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	%Degree of hydrolysis	%น้ำใส
นิวเทรส + เฟลเวอร์ไซม์	70	0	0.15	10.31	43.88
			0.3	10.22	52.60
			0.6	11.68	60.47
		3	0.15	10.20	52.32
			0.3	10.54	58.26
			0.6	10.07	65.89
		6	0.15	12.29	65.29
			0.3	12.82	61.77
			0.6	12.63	62.48
		12	0.15	9.78	51.44
			0.3	11.49	52.91
			0.6	14.97	54.34
		24	0.15	7.64	57.16
			0.3	10.41	58.32
			0.6	10.67	62.76

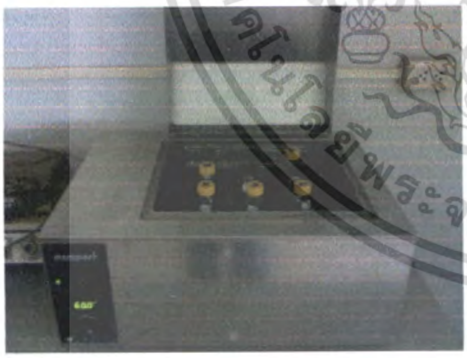
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

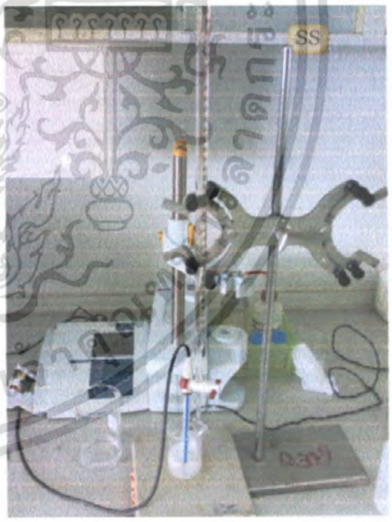
รูปภาพการทดลอง

ภาพที่ 1 เครื่องย่อยโปรตีน

ภาพที่ 2 ผลการย่อยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง



ภาพที่ 3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 4 เครื่อง pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 เครื่องกลั่นโปรตีน

ภาพที่ 6 ผลการทดลองก่อนและหลังไทเทรตด้วย H_2SO_4

ภาพที่ 7 ตัวอย่างก่อนการเหวี่ยง

ภาพที่ 8 ตัวอย่างหลังเหวี่ยง

ภาพที่ 9 เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัตติกา กิ่งทอง เกิดวันที่ 6 มีนาคม 2529 จบมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง และระดับปริญญาตรี โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวพรจิตรา จวบฤกษ์เย็น เกิดวันที่ 14 ตุลาคม 2529 จบมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวิทยา 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร และระดับปริญญาตรี โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้