

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
อักษรย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วเขียว	1
1.2 ลักษณะทั่วไปของถั่วเขียว	3
1.3 พันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทย	6
1.4 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว	8
1.5 การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว	20
1.6 การพัฒนางานวิจัยด้านถั่วเขียว	23
1.6.1 งานวิจัยทางด้านคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเขียว	23
1.6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับโปรตีนในถั่วเขียว	24
1.6.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการย่อยสลายถั่วเขียวด้วยเอนไซม์	25
1.7 กรรมวิธีการย่อยสลายโปรตีนโดยวิธีทางเคมี และโดยเอนไซม์	25
1.7.1 การย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดและด่าง	25
1.7.2 การย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส	26
1.7.2.1 โปรติเอสจากพืช	28
1.7.2.2 โปรติเอสจากสัตว์	29
1.7.2.3 โปรติเอสจากจุลินทรีย์	29
1.8 การใช้เอนไซม์โปรติเอสระดับอุตสาหกรรม	31
1.8.1 การใช้เอนไซม์โปรติเอสในอุตสาหกรรมเบียร์	31
1.8.2 การใช้เอนไซม์โปรติเอสในอุตสาหกรรมการผลิตเนยแข็ง	31
1.8.3 การใช้เอนไซม์โปรติเอสในอุตสาหกรรมฟอกหนัง	31
1.8.4 การใช้เอนไซม์โปรติเอสในผงซักฟอก	31
1.8.5 การใช้เอนไซม์โปรติเอสในการผลิตกรดอะมิโน	32
1.9 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	34

	หน้า
2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	35
2.1 สารเคมี	35
2.2 เครื่องมือ	36
2.3 วัสดุดิบ	36
2.4 การเตรียมแป้งถั่วเขียว	37
2.5 การหาล่องประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียว	37
2.5.1 การวิเคราะห์ความชื้น	37
2.5.2 การวิเคราะห์หาไขมัน	38
2.5.3 การวิเคราะห์หา fiber	38
2.5.4 การวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมด	40
2.5.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด	41
2.6 การย่อยแป้งถั่วเขียวด้วยกรดเกลือเข้มข้น	44
2.6.1 การย่อยแป้งถั่วเขียวด้วยกรดเกลือเข้มข้น	44
2.6.2 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์	44
2.7 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแป้งถั่วเขียวโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	46
2.7.1 การตรวจสอบแอคติวิตีของเอนไซม์โปรติเอสและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์	46
ก. การหาแอคติวิตีเอนไซม์โปรติเอส	46
ข. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์	47
2.7.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆต่อการย่อยแป้งถั่วเขียว	48
2.7.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นแป้งถั่วเขียวในการย่อยโดยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ	48
2.7.4 การศึกษาผลของความเป็นกรดเบสในการย่อยแป้งถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่าง	49
2.7.5 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการย่อยแป้งถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ	51
2.7.6 การศึกษาผลของเวลาในการย่อยแป้งถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ	51
2.8 การเปรียบเทียบผลการย่อยแป้งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์และกรดเกลือเข้มข้น	52
2.9 การขยายขนาดการย่อยแป้งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อรา	52

	หน้า
2.10 การทำเข้มข้นผลผลิตที่ได้จากการขยายขนาดการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อรา	52
3. ผลการทดลอง	53
3.1 ผลการเตรียมแบ่งถั่วเขียว	53
3.2 ผลการหาค่าประกอบทางเคมีของแบ่งถั่วเขียว	54
3.3 ผลการย่อยสลายแบ่งถั่วเขียวด้วยกรดเกลือเข้มข้น	55
3.4 ผลการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	56
3.4.1 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ชนิดต่างๆต่อการย่อยแบ่งถั่วเขียว	56
3.4.2 ผลของความเข้มข้นของแบ่งถั่วเขียวต่อการย่อยโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ	61
3.4.3 ผลของความเป็นกรดเบสในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ	65
3.4.4 ผลของอุณหภูมิในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ	70
3.4.5 ผลของเวลาในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ	74
3.5 ผลการเปรียบเทียบการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์และกรด	78
3.5.1 ผลการเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ชนิดต่างๆในการย่อยแบ่งถั่วเขียวต่อการย่อยด้วยกรด	79
3.5.2 ผลการเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของแบ่งถั่วเขียวในการย่อยโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆต่อการย่อยด้วยกรด	80
3.5.3 ผลการเปรียบเทียบผลของความเป็นกรดต่างในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆต่อการย่อยด้วยกรด	81
3.5.4 ผลการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆต่อการย่อยด้วยกรด	82
3.5.5 ผลการเปรียบเทียบผลของเวลาในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆต่อการย่อยด้วยกรด	83
3.6 ผลการย่อยสลายแบ่งถั่วเขียวในสภาวะที่เหมาะสมในปริมาตร 3 ลิตร	84
3.7 ผลการทำเข้มข้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขยายปริมาตร	85
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	87
4.1 การหาค่าประกอบทางเคมีของแบ่งถั่วเขียว	87
4.2 การย่อยสลายแบ่งถั่วเขียวด้วยกรดเกลือเข้มข้น	88
4.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์จากแหล่งต่างๆ	88
4.4 การเปรียบเทียบการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์และกรดเกลือเข้มข้น	92

	หน้า
4.5 การย่อยสลายแป้งข้าวเดียวในสภาวะที่เหมาะสมในขนาด 3 ลิตร	94
4.6 การทำเข้มข้นผลผลิตที่ได้จากการขยายขนาด	95
เอกสารอ้างอิง	97
ประวัติผู้เขียน	103

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 Mungbean varieties recommended by the Thai Department of Agriculture	3
1.2 Chemical compositions of 20 mungbean cultivars	8
1.3 Chemical Composition of Mung bean and Mung bean flour compared to soy bean	10
1.4 Protein Contents of Food Legumes	10
1.5 Essential Amino Acid Composition (g/16 g N) of Different Legumes	12
1.6 Lipid Contents in Food Legumes	13
1.7 Fatty Acid Composition of Important Legume Seeds	14
1.8 Carbohydrates of Food Legumes	16
1.9 Crude Fiber	17
1.10 Mineral Contents (mg/100 g) in Food Legumes	18
1.11 Vitamin Contents in Food Legumes	19
1.12 Mungbean production of Thailand	20
1.13 Quantity of Exports and Domestic Uses of Mungbean and Blackgram of Thailand	21
1.14 เอนไซม์โปรติเอสชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์	29
1.15 กรดอะมิโนที่ผลิตโดยวิธีการใช้เอนไซม์	32
2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	35
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	36
3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียวที่สกัดไขมันออกแล้ว	55
3.2 ผลการย่อยสลายแป้งถั่วเขียวด้วยกรดเกลือเข้มข้น	55
3.3 ปริมาณ formal nitrogen ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆในปริมาณต่างกันย่อยแป้งถั่วเขียว	57
3.4 ปริมาณ total nitrogen ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆในปริมาณต่างกันย่อยแป้งถั่วเขียว	59
3.5 อัตราส่วนระหว่าง formal nitrogen ต่อ total nitrogen ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆในปริมาณต่างกันย่อยแป้งถั่วเขียว	60

	หน้า
3.6 แสดงปริมาณ formal nitrogen ที่ได้จากการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอส เมื่อใช้แบ่งถั่วเขียวปริมาณต่างๆ	61
3.7 แสดงปริมาณ total nitrogen ที่ได้จากการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอส เมื่อใช้แบ่งถั่วเขียวปริมาณต่างๆ	63
3.8 อัตราส่วนระหว่าง formal nitrogen ต่อ total nitrogen ที่ได้จากการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วย เอนไซม์โปรติเอสเมื่อใช้แบ่งถั่วเขียวปริมาณต่างๆ	65
3.9 แสดงปริมาณ formal nitrogen ที่ได้จากผลการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิด ต่างๆ ในสภาพ กรดเบส แตกต่างกัน	66
3.10 แสดงปริมาณ total nitrogen ที่ได้จากผลการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิด ต่างๆ ในสภาพ กรดเบส แตกต่างกัน	68
3.11 อัตราส่วนระหว่าง formal nitrogen ต่อ total nitrogen ที่ได้จากการย่อยแบ่งถั่วเขียว ที่ pH ต่างๆด้วย เอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ	70
3.12 แสดงปริมาณ formal nitrogen จากการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่ อุณหภูมิต่างกัน	71
3.13 แสดงปริมาณ total nitrogen จากการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่ อุณหภูมิต่างกัน	73
3.14 อัตราส่วนระหว่าง formal nitrogen ต่อ total nitrogen ที่ได้จากการย่อยแบ่งถั่วเขียว ที่อุณหภูมิต่างๆกันด้วย เอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ	74
3.15 แสดงปริมาณ formal nitrogen ในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในช่วง เวลาต่างกัน	75
3.16 แสดงปริมาณ total nitrogen จากผลของเวลาในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ ชนิดต่างๆ	77
3.17 อัตราส่วนระหว่าง formal nitrogen ต่อ total nitrogen ที่ได้จากการย่อยแบ่งถั่วเขียว ที่เวลาต่างๆกันด้วย เอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ	78
3.18 การเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในการย่อยแบ่งถั่วเขียวต่อ การย่อยด้วยกรด	79
3.19 การเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของแบ่งถั่วเขียวในการย่อยโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ต่อการย่อยด้วยกรด	80
3.20 การเปรียบเทียบผลของความเป็นกรดเบสในการย่อยแบ่งถั่วเขียวโดยเอนไซม์ชนิด ต่างๆ ต่อการย่อยด้วยกรด	82

	หน้า
3.21 การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิในการย่อยแป้งข้าวเดียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ต่อการ ย่อยด้วยกรด	83
3.22 การเปรียบเทียบผลของเวลาในการย่อยแป้งข้าวเดียวโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ต่อ การย่อยด้วยกรด	84
3.23 ผลการย่อยแป้งข้าวเดียวในขนาดปริมาตร 3 ลิตร	85
3.24 ผลการทำเข้มข้นสารละลายที่ได้จากการย่อยแป้งข้าวเดียวด้วยเอนไซม์ที่เหมาะสมโดย การระเหย	86

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ต้นถั่วเขียวและส่วนประกอบต่างๆ	4
1.2 ดอกถั่วเขียว	5
1.3 ฝักถั่วเขียว	5
1.4 เมล็ดถั่วเขียว	6
1.5 ปฏิบัติการสลายพันธะเปปไทด์ในสารละลายน้ำและปฏิบัติการสร้างพันธะเปปไทด์ใน สารละลายอินทรีย์โดยโปรติเอส	26
2.1 kjeldhal Distillation Apparatus	43
2.2 กราฟมาตรฐานไทโรซีน	47
3.1 แบ่งถั่วเขียวก่อนการสกัดไขมัน	53
3.2 แบ่งถั่วเขียวหลังการสกัดไขมันออกแล้ว	54
3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ formal nitrogen กับการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วย กรดเกลือเข้มข้น	56
3.4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า formal nitrogen และปริมาณเอนไซม์ในการย่อยแบ่ง ถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	58
3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า total nitrogen และปริมาณเอนไซม์ในการย่อยแบ่ง ถั่วเขียวด้วยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ	59
3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า formal nitrogen และความเข้มข้นของแบ่งถั่วเขียว ในการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	62
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า total nitrogen และความเข้มข้นของแบ่งถั่วเขียว ในการย่อยแบ่งถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	64
3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า formal nitrogen และ pH จากการย่อยแบ่งถั่วเขียว ด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	67
3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า total nitrogen และ pH จากการย่อยแบ่งถั่วเขียว ด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	69
3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า formal nitrogen และอุณหภูมิในการย่อยแบ่งถั่วเขียว ด้วยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ	72
3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า total nitrogen และอุณหภูมิในการย่อยแบ่งถั่วเขียว ด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	73

รูป	หน้า
3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า formal nitrogen และเวลาในการย่อยแบ่งถั่วเขียว ด้วยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ	76
3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า total nitrogen และเวลาในการย่อยแบ่งถั่วเขียว ด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ	77

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

อักษรย่อ

ชม.	ชั่วโมง
มก.	มิลลิกรัม
A_{275}	absorbance at 275 nm
$^{\circ}\text{C}$	degree of Celsius
g	gram
KD	kilodalton
μg	microgram
μl	microlitre
μM	micromolar
mL	millilitre
mM	millimolar
M	molar
MW	molecular weight
nm	nanometre
OD	Optical density
SDS-PAGE	sodium dodecyl sulphate
	polyacrylamide gel electrophoresis