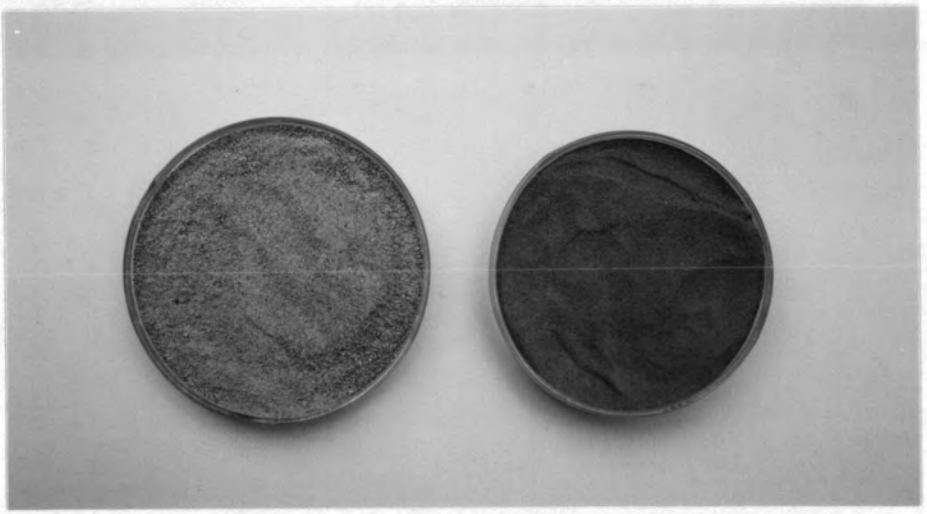
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณกรดอะมิโน และตรวจวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินในวัตถุดิบ

วัตถุดิบเป็นกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันออกไปทำน้ำมันพืช และโปรตีนถั่วเขียวที่ได้จากการสกัดแป้งออกไปทำวุ้นเส้น นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25 mesh มีลักษณะปรากฏดังแสดงในรูปที่ 4.1



1 2

รูปที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของกากถั่วเหลือง (1) และโปรตีนถั่วเขียว (2) ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25 mesh

4.1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง และโปรตีนถั่วเขียว โดยวิเคราะห์หาค่าต่อไปนี้ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเส้นใย ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมี	ชนิดของวัตถุดิบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กากถั่วเหลือง	โปรตีนถั่วเขียว
ความชื้น (ร้อยละ)	10.56 ± 0.52	7.34 ± 0.31
โปรตีน (ร้อยละ)	49.16 ± 0.48	78.51 ± 1.15
ไขมัน (ร้อยละ)	0.56 ± 0.07	2.54 ± 0.13
เถ้า (ร้อยละ)	7.14 ± 0.21	2.26 ± 0.16
เส้นใย (ร้อยละ)	5.17 ± 0.13	1.15 ± 0.11
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	27.41 ± 1.15	8.20 ± 1.63

4.1.2 วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง และโปรตีนถั่วเขียว

โดยส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Amino acid analyzer (Beckman, High Performance Analyzer System 6300) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดก่อนการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่มีในกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียวโดยน้ำหนักเปียก

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (g amino acid/100 g sample)	
	กากถั่วเหลือง	โปรตีนถั่วเขียว
Aspartic acid	3.93	8.15
Threonine**	1.86	2.33
Serine	2.64	4.20
Glutamic acid	6.56	13.30
Proline	2.42	3.20
Glycine	2.02	2.53
Alanine	2.11	3.02
Cysteine	0.25	ND*
Valine**	1.78	3.14
Methionine**	0.57	0.70
Isoleucine**	1.73	2.65
Leucine**	3.42	5.96
Tyrosine	1.46	2.27
Phenylalanine**	2.17	4.48
Histidine	1.16	2.07
Lysine**	2.61	4.46
Arginine	1.63	2.67

* ND = Not detected, ตรวจไม่พบ

** เป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการ

4.1.3 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินในกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียว

โดยส่งตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ที่กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ใช้วิธีตรวจวิเคราะห์ตาม AOAC 1990 ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินในกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียว

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณอะฟลาทอกซิน (ppb)				รวม (ppb)
	ชนิด B_1	ชนิด B_2	ชนิด G_1	ชนิด G_2	
กากถั่วเหลือง	1.9	ND*	ND*	1.0	2.9
โปรตีนถั่วเขียว	11.2	29.9	ND*	ND*	41.1

* ND = Not detected, มีปริมาณน้อยกว่า 1 ppb

4.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายกากถั่วด้วยเอนไซม์

4.2.1 ศึกษาอุณหภูมิและ pH ที่ใช้ในการย่อยสลายกากถั่ว

ปรับ pH ของของผสมระหว่างกากถั่วและน้ำที่ผ่านการเตรียมตามขั้นตอน ที่กล่าวไว้ในวิธีการทดลองแล้ว ให้มี pH เป็น 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 จากนั้นนำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 °C ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1.0 %โดยปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที วิเคราะห์หาปริมาณ amino acid nitrogen ที่มีในไฮโดรไลเซตของกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียว โดยจะเลือกภาวะที่ให้ปริมาณ amino acid nitrogen สูงสุด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4-4.5 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ amino acid nitrogen กับอุณหภูมิที่ pH ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียวที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 °C pH 5.5,6.0,6.5 และ 7.0 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที

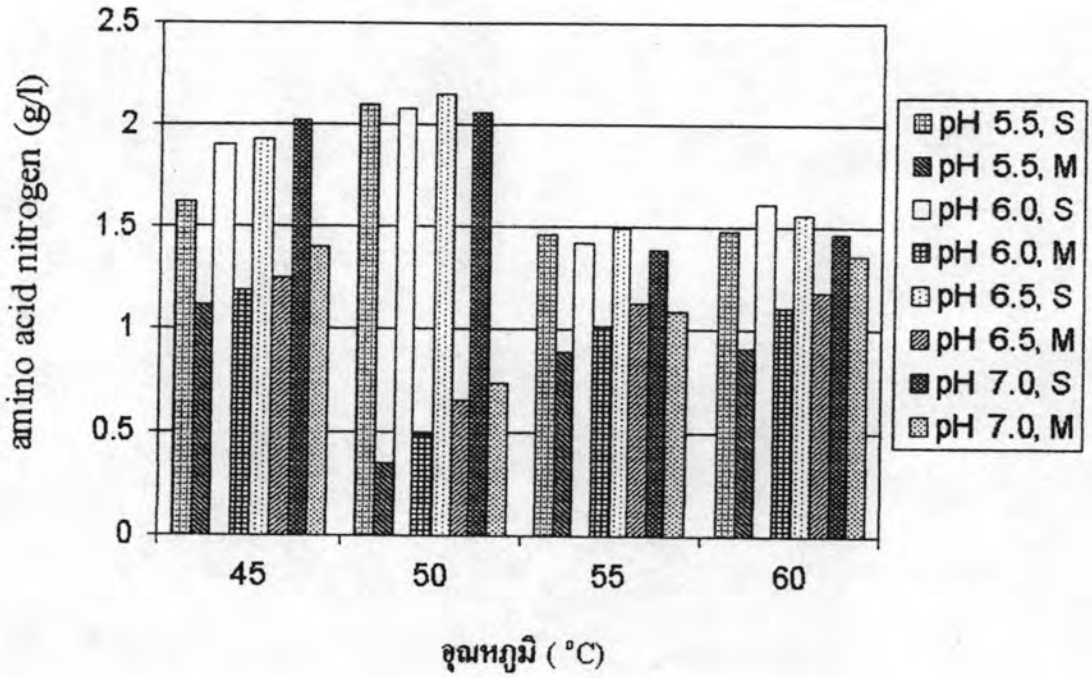
อุณหภูมิ (°C)	pH	ปริมาณ amino acid nitrogen (g/l) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		โปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลือง	โปรตีนไฮโดรไลเซตจากโปรตีนถั่วเขียว
45	5.5	$1.62^{d} \pm 0.15$	$1.12^{hi} \pm 0.00$
	6.0	$1.90^{c} \pm 0.00$	$1.19^{h} \pm 0.00$
	6.5	$1.93^{bc} \pm 0.00$	$1.25^{gh} \pm 0.00$
	7.0	$2.02^{abc} \pm 0.05$	$1.40^{efg} \pm 0.00$
50	5.5	$2.10^{a} \pm 0.00$	$0.35^{l} \pm 0.10$
	6.0	$2.08^{ab} \pm 0.00$	$0.49^{j} \pm 0.00$
	6.5	$2.15^{a} \pm 0.15$	$0.65^{k} \pm 0.13$
	7.0	$2.06^{ab} \pm 0.03$	$0.74^{k} \pm 0.15$
55	5.5	$1.46^{def} \pm 0.02$	$0.89^{i} \pm 0.00$
	6.0	$1.42^{ef} \pm 0.03$	$1.02^{ij} \pm 0.10$
	6.5	$1.49^{def} \pm 0.07$	$1.13^{hi} \pm 0.00$
	7.0	$1.39^{fg} \pm 0.02$	$1.09^{hij} \pm 0.00$
60	5.5	$1.48^{def} \pm 0.05$	$0.91^{i} \pm 0.10$
	6.0	$1.61^{d} \pm 0.10$	$1.11^{hij} \pm 0.08$
	6.5	$1.56^{de} \pm 0.07$	$1.18^{hi} \pm 0.02$
	7.0	$1.47^{def} \pm 0.06$	$1.36^{fg} \pm 0.08$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันทั้งในแถวตั้งและแถวนอน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากกากถั่วเหลือง และโปรตีนถั่วเขียวที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 °C pH 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที

SOV	df	MS
ชนิดของกากถั่ว (A)	1	8.806*
อุณหภูมิ (B)	3	0.292*
pH (C)	3	1.128*
AB	3	0.188*
AC	3	0.050*
BC	9	0.011*
ABC	9	0.015*
error	32	0.005

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.2 ปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยสลายกากถั่วเหลือง (S) และโปรตีนถั่วเขียว (M) ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1.0% โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิและ pH ต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ชนิดของกากถั่ว อุณหภูมิ pH และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของกากถั่ว อุณหภูมิ และ pH มีผลต่อปริมาณ amino acid nitrogen อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ amino acid nitrogen ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังตารางที่ 4.4 พบว่า การย่อยกากถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 50 °C ที่ pH 5.5 และ 6.5 ด้วยสารละลายเอนไซม์ 1% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้มีปริมาณ amino acid nitrogen สูงสุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงได้เลือกชนิดของกากถั่วเป็นกากถั่วเหลือง และภาวะการย่อยที่

อุณหภูมิ 50 °C ที่ pH 6.5 สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป เนื่องจากของผสมระหว่างกากถั่วเหลืองและน้ำซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นสำหรับการย่อยมี pH อยู่ในช่วง 6.32-6.38 ซึ่งสะดวกในการปรับให้มี pH เป็น 6.5 นอกจากนี้ pH ที่มีค่าใกล้กับความเป็นด่าง จะช่วยให้โปรตีนละลายออกมาในน้ำได้มากกว่า pH ที่มีค่าใกล้กับความเป็นกรด

4.2.2 ศึกษาเวลาและปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายกากถั่ว

นำของผสมระหว่างกากถั่วเหลืองและน้ำ มาปรับ pH เป็น 6.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 M ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซต ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.7 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ amino acid nitrogen กับเวลา เมื่อย่อยกากถั่วเหลืองด้วยสารละลายเอนไซม์ที่ปริมาณต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 ปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที

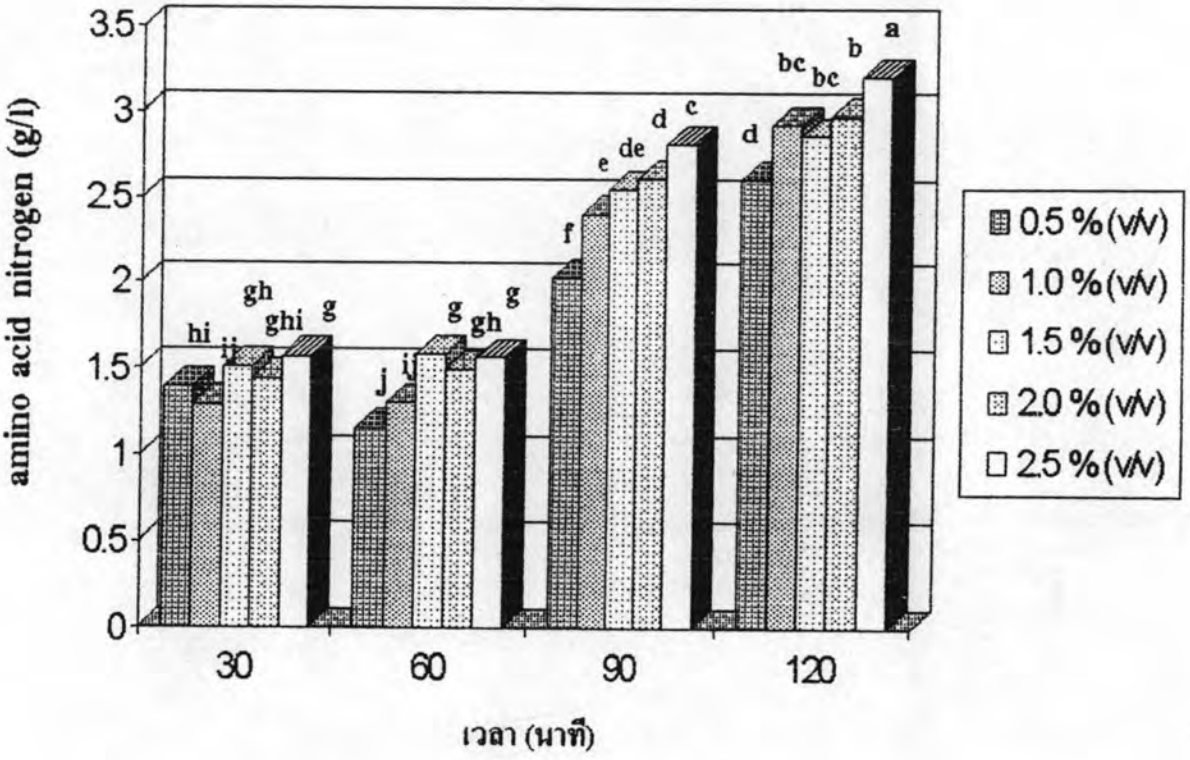
เวลา (นาที)	ปริมาณสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (% โดยปริมาตร)	ปริมาณ amino acid nitrogen (g/l) ในโปรตีนไฮโดรไลเซต
30	0.5	$1.39^{hij} \pm 0.06$
	1.0	$1.29^{ij} \pm 0.06$
	1.5	$1.51^{gh} \pm 0.10$
	2.0	$1.44^{ghi} \pm 0.08$
	2.5	$1.57^{g} \pm 0.11$
60	0.5	$1.16^{j} \pm 0.00$
	1.0	$1.30^{ij} \pm 0.08$
	1.5	$1.58^{g} \pm 0.01$
	2.0	$1.49^{gh} \pm 0.00$
	2.5	$1.56^{g} \pm 0.04$
90	0.5	$2.02^{e} \pm 0.01$
	1.0	$2.40^{a} \pm 0.04$
	1.5	$2.54^{da} \pm 0.14$
	2.0	$2.61^{d} \pm 0.06$
	2.5	$2.81^{c} \pm 0.03$
120	0.5	$2.61^{d} \pm 0.05$
	1.0	$2.93^{bc} \pm 0.04$
	1.5	$2.86^{bc} \pm 0.11$
	2.0	$2.98^{b} \pm 0.06$
	2.5	$3.21^{a} \pm 0.02$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ได้จากการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5%โดยปริมาตร เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	df	MS
เวลา (A)	3	5.664*
ปริมาณสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (B)	4	0.274*
AB	12	0.027*
error	20	0.005

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3 ปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยสลายกากถั่วเหลืองที่เวลาต่างๆ โดยใช้สารละลายเอนไซม์ Neutrase®(0.5 unit/g) ในปริมาณต่างกัน ย่อยที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า เวลา ปริมาณของสารละลายเอนไซม์ Neutrase® และปัจจัยร่วมระหว่างเวลาและปริมาณสารละลายเอนไซม์ มีผลต่อปริมาณ amino acid nitrogen อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าที่ภาวะการย่อยสลายเป็นเวลานาน 120 นาที ด้วยสารละลายเอนไซม์ปริมาณ 2.5%โดยปริมาตร จะมีปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) คือ มีประมาณ 3.21 g/l และได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยจะใช้เวลาในการย่อยสลายให้นานกว่าเดิม โดยย่อยสลายกากถั่วเหลืองด้วยสารละลายเอนไซม์ปริมาณ 2.5% โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 เป็นเวลานาน 120 และ 150 นาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณ amino acid nitrogen ในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลานาน 120 และ 150 นาที

เวลา (นาที)	ปริมาณ amino acid nitrogen (g/l) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
120	3.11 ± 0.09
150	3.19 ± 0.19

จากตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่อย่อยที่เวลา 150 นาที ได้ปริมาณ amino acid nitrogen เพิ่มขึ้นมากกว่าการย่อยที่ 120 นาที แต่ก็เพิ่มในปริมาณที่ไม่มากนัก ดังนั้น จึงได้เลือกภาวะการย่อยสลายกากถั่วเหลืองโดยใช้สารละลายเอนไซม์ Neutrase®(0.5 unit/g) ปริมาณ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลานาน 120 นาที ที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 50 °C สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป และเพื่อให้ได้ข้อมูลของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคิดเป็นปริมาณโปรตีนในโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตจากภาวะที่คัดเลือกได้ จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยหาโปรตีนตามวิธีในภาคผนวก ก (วิธี Kjeldahl)ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคิดเป็นปริมาณโปรตีนในโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลา 120 นาที

ตัวอย่าง	ปริมาณโปรตีน (%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
โปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลือง	2.55 ± 0.53

จากตาราง พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคิดเป็นปริมาณโปรตีนอยู่ 2.55% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างน้อย ดังนั้น จึงได้ทดลองเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการย่อยสลายจากกากถั่วไปเป็นโปรตีนไอโซเลต โดยได้ผลิตโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองและโปรตีนไอโซเลตจากโปรตีนถั่วเขียว ได้ผลดังแสดงในข้อ 4.3

4.3 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในโปรตีนไอโซเลต

นำโปรตีนไอโซเลตที่ผลิตเองจากกากถั่วเหลือง และโปรตีนถั่วเขียวซึ่งมีลักษณะปรากฏดังแสดงในรูปที่ 4.4 มาหาปริมาณโปรตีน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10

1 2

รูปที่ 4.4 ลักษณะปรากฏของโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลือง (1) และโปรตีนไอโซเลตจากโปรตีนถั่วเขียว (2)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณโปรตีนในโปรตีนไอโซเลตที่ผลิตจากกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียว เทียบกับปริมาณโปรตีนในกากถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วเขียว

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณโปรตีน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% โดยน้ำหนักเปียก	% โดยน้ำหนักแห้ง
กากถั่วเหลือง	49.16 ± 0.48	54.96 ± 0.87
โปรตีนถั่วเขียว	78.51 ± 1.15	84.73 ± 1.52
โปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลือง	7.63 ± 0.06	82.22 ± 0.61
โปรตีนไอโซเลตจากโปรตีนถั่วเขียว	7.35 ± 1.90	79.05 ± 0.54

จากตารางจะเห็นได้ว่า โปรตีนไอโซเลตที่ผลิตจากกากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนที่คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นมากกว่าที่มีในกากถั่วเหลืองมาก ส่วนโปรตีนไอโซเลตที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวกลับมีปริมาณโปรตีนลดลง อาจเป็นเพราะภาวะในการผลิตโปรตีนไอโซเลตในงานวิจัยนี้ไม่เหมาะกับโปรตีนถั่วเขียว นอกจากนี้ คุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของโปรตีนไอโซเลตจากโปรตีนถั่วเขียวยังไม่ดีอีกด้วย คือ มีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นฉุนซึ่งไม่เหมาะจะนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่ม ในขณะที่โปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลือง มีสีเหลืองอ่อน และไม่ค่อยมีกลิ่น ดังนั้นในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโปรตีนไอโซเลตเพื่อนำไปทำเป็นเครื่องดื่มจะใช้แต่โปรตีนไอโซเลตที่ผลิตจากกากถั่วเหลือง

4.4 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตด้วยเอนไซม์

4.4.1 ศึกษาอุณหภูมิและ pH ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลต

ปรับ pH ของของผสมระหว่างโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองกับน้ำที่มีปริมาณโปรตีนเริ่มต้นอยู่ประมาณ 4%โดยน้ำหนักเปียก ให้มี pH เป็น 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 จากนั้นนำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 °C ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1% โดยปริมาตร เป็นเวลา 10 นาที ผลการวิเคราะห์หาค่า degree of hydrolysis (DH) ของโปรตีนไอโซเลตที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.11-4.12 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DH กับอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.11 ค่า DH ของโปรตีนไฮโดรเลตจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ45, 50, 55 และ 60 °C ที่ pH 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1% โดยปริมาตร เป็นเวลา 10 นาที

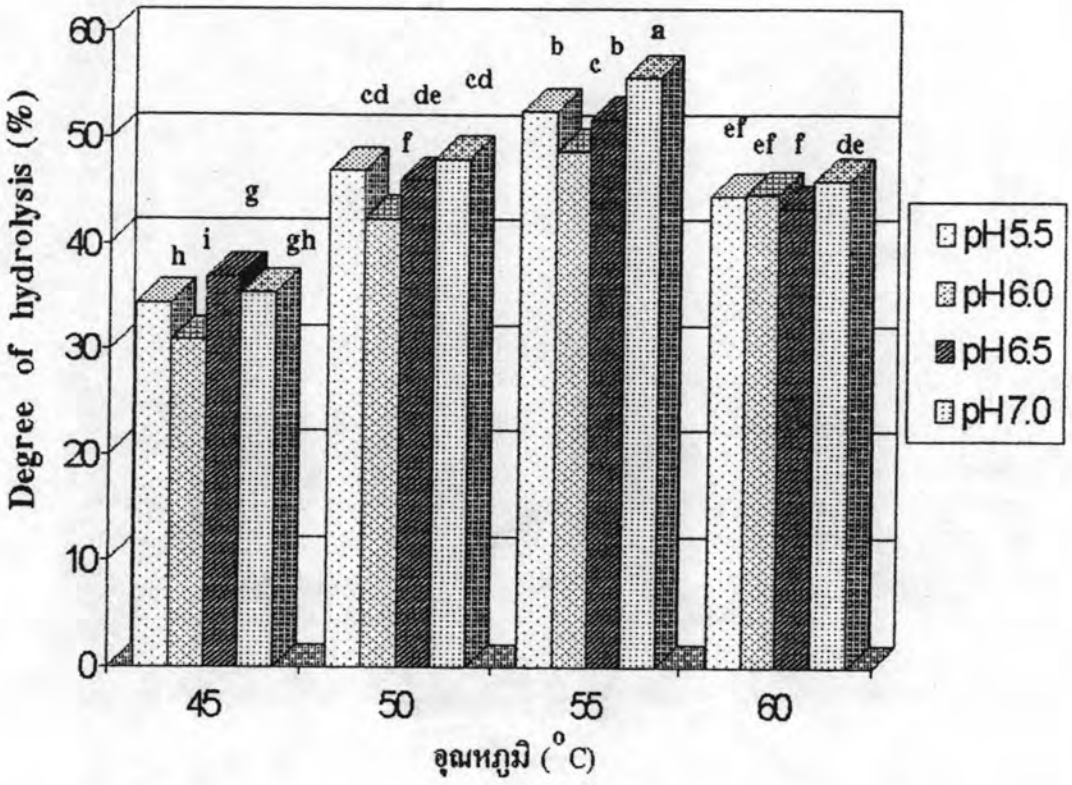
อุณหภูมิ (°C)	pH	DH ของโปรตีนไฮโดรเลตจากกากถั่วเหลือง (%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
45	5.5	$34.43^{b} \pm 1.49$
	6.0	$30.88^{i} \pm 0.30$
	6.5	$36.87^{g} \pm 1.19$
	7.0	$35.34^{gh} \pm 1.15$
50	5.5	$46.81^{cd} \pm 0.30$
	6.0	$42.30^{f} \pm 0.45$
	6.5	$45.95^{de} \pm 1.23$
	7.0	$47.97^{cd} \pm 0.18$
55	5.5	$52.52^{b} \pm 0.99$
	6.0	$48.65^{c} \pm 1.54$
	6.5	$51.75^{b} \pm 0.38$
	7.0	$55.65^{a} \pm 0.66$
60	5.5	$44.44^{ef} \pm 1.32$
	6.0	$44.50^{ef} \pm 1.54$
	6.5	$43.33^{f} \pm 0.69$
	7.0	$45.82^{de} \pm 0.29$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า DHของโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลือง ที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 °C ที่ pH 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1% โดยปริมาตร เป็นเวลา 10 นาที

SOV	df	MS
อุณหภูมิ (A)	3	432.229*
pH (B)	3	29.410*
AB	9	4.706*
error	16	0.968

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.5 ค่า DH ของโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 1% โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิและ pH ต่างๆ เป็นเวลา 10 นาที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12 พบว่า อุณหภูมิ pH และปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและ pH มีผลต่อค่า DH อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และจากตารางที่ 4.10 กับรูปที่ 4.5 พบว่า ภาวะการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 55 °C pH 7.0 เป็นภาวะที่ให้ค่า DH สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงเลือกภาวะนี้สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.4.2 ศึกษาเวลาและปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตน่าของผสมระหว่างโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองกับน้ำ ที่มีปริมาณโปรตีนเริ่มต้นประมาณ 4% โดยน้ำหนักเปียก มาปรับ pH เป็น 7.0 แล้วย่อยสลายที่อุณหภูมิ 55 °C ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ผลการวิเคราะห์หาค่า DH ดังแสดงในตารางที่ 4.13-4.14 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DH กับเวลาดังแสดงในรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.13 ค่า DH ของโปรตีนไฮโซเลตจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 55 °C pH 7.0 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที

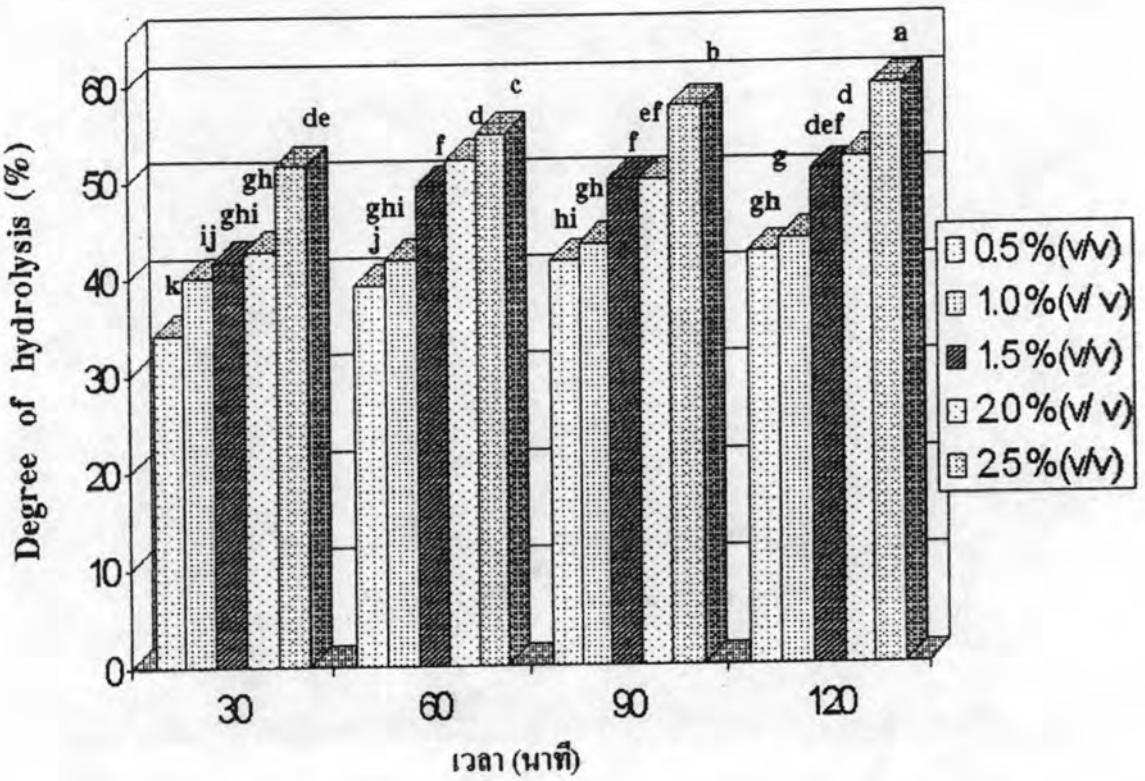
เวลา (นาที)	ปริมาณสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (% โดยปริมาตร)	DH ของโปรตีนไฮโซเลตจากกากถั่วเหลือง(%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
30	0.5	34.38^{k} ± 0.30
	1.0	40.18^{ij} ± 0.11
	1.5	41.96^{ghi} ± 0.21
	2.0	42.86^{gh} ± 1.07
	2.5	51.79^{de} ± 0.25
60	0.5	39.29^{j} ± 1.20
	1.0	41.96^{ghi} ± 0.13
	1.5	49.55^{f} ± 1.06
	2.0	52.23^{d} ± 1.30
	2.5	54.91^{c} ± 0.42
90	0.5	41.52^{hi} ± 0.20
	1.0	43.30^{gh} ± 1.56
	1.5	50.00^{f} ± 0.27
	2.0	50.00^{ef} ± 0.10
	2.5	57.59^{b} ± 1.84
120	0.5	42.41^{gh} ± 0.30
	1.0	43.75^{g} ± 0.52
	1.5	50.89^{def} ± 0.35
	2.0	52.23^{d} ± 0.58
	2.5	59.82^{a} ± 0.44

a, b, c, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า DHของโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลือง ที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 55 °C pH 7.0 ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% โดยปริมาตร เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	df	MS
เวลา (A)	3	110.685*
ปริมาณสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (B)	4	336.007*
AB	12	4.468*
error	20	0.638

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.6 ค่า DH ของโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการย่อยสลายที่เวลาต่างๆโดยใช้สารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ในปริมาณต่างกัน ย่อยที่อุณหภูมิ 55 °C pH 7.0

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า เวลา ปริมาณสารละลายเอนไซม์และปัจจัยร่วมระหว่างเวลาและปริมาณสารละลายเอนไซม์มีผลต่อค่า DH อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.13 พบว่าภาวะการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเหลืองที่ pH 7.0 อุณหภูมิ 55°C ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 2.5%โดยปริมาตร เป็นเวลา 120 นาที ให้ค่า DH สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงควรเลือกภาวะนี้เพื่อนำไปทดลองในขั้นต่อไป แต่เมื่อลองชิมโปรตีนไอโซเลตที่ผลิตเองและผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แล้ว พบว่ามีรสเค็มค่อนข้างมาก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นเครื่องดื่ม นอกจากนี้ เมื่อโปรตีนไฮโดรไลเซตเย็นลงจะมีลักษณะเป็นเจลเกิดขึ้น ซึ่งหากลดปริมาณโปรตีนเริ่มต้นในของผสมก่อน

กับโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตจากกากถั่วเหลือง ดังนั้น สำหรับโปรตีนไอโซเลตที่ผลิตจากกากถั่วเหลือง จะหยุดขั้นตอนการทดลองไว้เพียงแค่นี้ ไม่นำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่มต่อไป เนื่องจากมีความไม่เหมาะสมดังได้กล่าวมาแล้ว

4.5 ศึกษาปริมาณของกรดและสารให้ความหวานสำหรับเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต

นำโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตจากกากถั่วเหลือง โดยใช้ภาวะที่เหมาะสมตามที่สรุปได้จาก ข้อ 4.2 คือ ย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 2.5% โดยปริมาตร ที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง มาผสมกับกรดซิตริกปริมาณ 0.01 และ 0.05% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และผสมกับน้ำตาลซูโครสปริมาณ 4, 8 และ 12% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ได้ผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 4.7 นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale test ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15 และ 4.16

รูปที่ 4.7 ลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตจากกากถั่วเหลือง

1 คือ เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ไม่ผสมกรดซิตริกและน้ำตาล

2-4 คือ เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.01% และผสมน้ำตาล 4, 8 และ 12% ตามลำดับ

5-7 คือ เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.05% และผสมน้ำตาล 4, 8 และ 12% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ผสมกับกรดซิตริก ปริมาณ 0.01 และ 0.05% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และผสมกับน้ำตาลซูโครสปริมาณ 4, 8 และ 12% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต ตัวอย่างที่*	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน[A]				
	ลักษณะปรากฏ[ns]	สี[ns]	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
1	6.85±1.42	6.90±1.33	5.50^{b} ±2.42	2.70^{d} ±2.11	3.35^{e} ±2.11
2	7.25±1.41	7.15±1.50	6.30^{a} ±1.78	4.35^{c} ±2.13	5.15^{d} ±1.60
3	7.10±1.33	7.10±1.25	6.60^{a} ±1.98	5.95^{a,b} ±1.96	6.15^{b,c} ±2.06
4	7.15±1.14	7.45±1.10	6.70^{a} ±1.38	6.65^{a} ±2.06	7.13^{a} ±1.57
5	7.25±1.29	7.35±1.09	6.35^{a} ±1.84	4.55^{c} ±1.93	5.45^{c,d} ±1.28
6	7.25±1.41	7.50±1.84	6.80^{a} ±1.47	5.75^{b} ±1.83	6.35^{a,b,c} ±1.73
7	7.20±1.24	7.00±1.30	7.10^{a} ±1.48	6.45^{a,b} ±2.24	6.70^{a,b} ±1.92

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ตัวอย่างที่ 1 คือ เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ไม่ผสมกรดซิตริกและน้ำตาล

ตัวอย่างที่ 2-4 คือ เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.01% และผสมน้ำตาล 4, 8 และ 12% ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 5-7 คือ เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.05% และผสมน้ำตาล 4, 8 และ 12% ตามลำดับ

A เกณฑ์การให้คะแนน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวม

กำหนดให้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ผสมกับกรดซิตริก และน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่างๆกัน

SOV	df	MS				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
treatment	6	0.417	1.057	5.198*	39.750*	31.743*
blocks	19	7.451	5.872	13.433	19.705	9.509
error	114	0.805	0.939	1.531	1.575	2.804

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

นำค่าที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.16 พบว่า เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่ต่างกัน มีลักษณะปรากฏและสีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมของเครื่องดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 พบว่า การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏและสีของเครื่องดื่มไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการยอมรับในด้านกลิ่น พบว่า เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ไม่ได้เติมกรดและน้ำตาลได้รับการยอมรับแตกต่างจากเครื่องดื่มที่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล สำหรับการยอมรับในด้านรสชาติและการยอมรับรวม พบว่า เครื่องดื่มที่ผสมกรดซิตริก 0.01% และน้ำตาล 12% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร(ตัวอย่างที่ 4)ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด จึงได้เลือกตัวอย่างนี้สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป และเนื่องจากคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นของตัวอย่างนี้ ได้รับการยอมรับอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และมีผู้ทดสอบบางคนให้ความเห็นว่ากลิ่นแรงไป ควรมีการปรับปรุงด้านกลิ่น ดังนั้น จึงได้ทำการปรับปรุงด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ในการทดลองข้อ 4.6

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่คัดเลือกได้ มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมดตามวิธีในภาคผนวก ก (วิธี Kjeldahl) และวัด pH ของผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17 และส่งตัวอย่างของผสมก่อนย่อยระหว่างกากถั่วเหลืองกับน้ำ และเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรเซตที่คัดเลือกได้ ไปตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Amino acid analyzer (Beckman, High Performance Analyzer System 6300) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดก่อนวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.17 ปริมาณโปรตีน และ pH ของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ผสมกรดซิตริก 0.01% และน้ำตาล 12% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ผลิตภัณฑ์	pH	ปริมาณโปรตีน (%) ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต	5.96 $\pm$ 0.03	2.58 $\pm$ 0.18

ตารางที่ 4.18 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่มีในของผสมก่อนย่อยระหว่างกากถั่วเหลืองกับน้ำและเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต (ผสมกรดซิตริก 0.01% และน้ำตาล 12% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยน้ำหนักเปียก

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (g amino acid/100 g sample)	
	ของผสมก่อนย่อยระหว่างกากถั่วเหลืองกับน้ำ	เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต
Aspartic acid	0.33	0.30
Threonine**	0.10	0.09
Serine	0.14	0.11
Glutamic acid	0.56	0.54
Proline	0.14	0.13
Glycine	0.12	0.10
Alanine	0.12	0.09
Cysteine	ND*	ND*
Valine**	0.10	0.08
Methionine**	0.03	0.03
Isoleucine**	0.11	0.08
Leucine**	0.20	0.15
Tyrosine	0.09	0.05
Phenylalanine**	0.15	0.10
Histidine	0.07	0.06
Lysine**	0.16	0.15
Arginine	0.19	0.23

* ND = Not detected, ตรวจไม่พบ

** เป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการ

4.6 ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่ว

4.6.1 ศึกษาชนิดของกลิ่นที่ผู้บริโภคยอมรับ

นำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองมาเติมสารแต่งกลิ่นดังต่อไปนี้ คือ กลิ่นวานิลลา กาแฟ กล้วยหอม และไม่เติมกลิ่นใดๆ โดยเติมสารแต่งกลิ่นในปริมาณ 0.1% โดยปริมาตร คัดเลือกโดยทดสอบการจัดลำดับความชอบด้านกลิ่นได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ลำดับความชอบด้านกลิ่นของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่เติมสารแต่งกลิ่นวานิลลา กาแฟ และกล้วยหอม ปริมาณ 0.1%โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมกลิ่น

เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต	คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับความชอบด้านกลิ่น^	สรุปลำดับความชอบ
ไม่เติมกลิ่น	50[b]	2
กลิ่นวานิลลา	37[a]	1
กลิ่นกาแฟ	59[b]	2
กลิ่นกล้วยหอม	52[b]	2

a,b... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A เกณฑ์การตัดสินความชอบด้านกลิ่น จะทำการเปลี่ยนลำดับความชอบจากข้อมูลที่ผู้ทดสอบทำไว้มาเป็นคะแนน โดยกำหนดให้ชอบมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 1 และชอบน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 4

จากตาราง 4.19 พบว่า กลิ่นวานิลลาผู้ทดสอบมีความชอบเป็นลำดับที่ 1 และมีความแตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่เติมกลิ่น เติมกลิ่นกาแฟ และกลิ่นกล้วยหอมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงเลือกกลิ่นวานิลลาสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.6.2 เปรียบเทียบการยอมรับเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นแล้วกับตัวอย่างที่ไม่ได้ปรับปรุง

นำตัวอย่างโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.01% และน้ำตาล 12% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 4.5 มาเติมกลิ่นวานิลลา แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมกลิ่น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.20 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมและเติมสารแต่งกลิ่นวานิลลา

การยอมรับในด้าน[A]	คะแนนเฉลี่ยของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซต	
	ไม่ได้เติมกลิ่น	กลิ่นวานิลลา
ลักษณะปรากฏ[ns]	7.20 ± 1.11	7.30 ± 0.98
สี[ns]	6.85 ± 1.42	6.90 ± 1.33
กลิ่น[ns]	6.10 ± 1.33	6.50 ± 1.70
รสชาติ[ns]	6.45 ± 1.76	5.40 ± 1.98
การยอมรับรวม[ns]	6.73 ± 1.27	6.30 ± 1.38

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

A เกณฑ์การให้คะแนน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม กำหนดให้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสัมผัสของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมและเติมสารแต่งกลิ่นวานิลลา

SOV	df	MS				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
treatment	1	0.100	0.025	1.600	11.025	1.806
blocks	19	2.079	3.572	2.126	3.699	2.059
error	19	0.100	0.236	2.547	3.341	1.464

นำค่าที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ไม่ได้เติม และเติมสารแต่งกลิ่นวานิลลา ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.7 ศึกษาอายุการเก็บของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่ว

เตรียมผลิตภัณฑ์ตามสูตรที่สรุปได้จากข้อ 4.5 คือเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.01%และน้ำตาล 12%โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พาสเจอร์ไรซ์ บรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว เก็บที่อุณหภูมิ 5-8 °C เป็นเวลา 30 วัน สุ่มตัวอย่างมาตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และสังเกตลักษณะปรากฏได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผสมกรดซิตริก 0.01% และน้ำตาล 12%โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เก็บที่อุณหภูมิ 5-8 °C เป็นเวลา 30 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (10^3 โคโลนี/มิลลิลิตร ตัวอย่าง) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลักษณะปรากฏของเครื่องดื่ม
0	0.13 ± 0.01	มีสีน้ำตาลใส ไม่มีตะกอน
2	0.27 ± 0.03	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
4	0.65 ± 0.06	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
6	1.08 ± 0.06	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
9	1.01 ± 0.01	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
12	1.05 ± 0.08	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
15	1.11 ± 0.01	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
18	1.59 ± 0.08	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
21	3.88 ± 0.50	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
24	3.10 ± 0.14	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
27	5.65 ± 1.77	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย
30	11.78 ± 2.48	มีสีน้ำตาลใส มีตะกอนเล็กน้อย