บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของถั่วเขียวซีก

เมื่อนำถั่วเขียวซีกมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า แล้วทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และกากใย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียวซีกอบแห้ง โดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง

สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละ)*
ความชื้น	8.07
โปรตีน	25.23
ไขมัน	1.13
เถ้า	3.52
คาร์โบไฮเดรต และกากใย	70.12

* ค่าที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

4.2 การสกัดรบรตีนจากถั่วเขียวซีก

4.2.1 การหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดรบรตีน

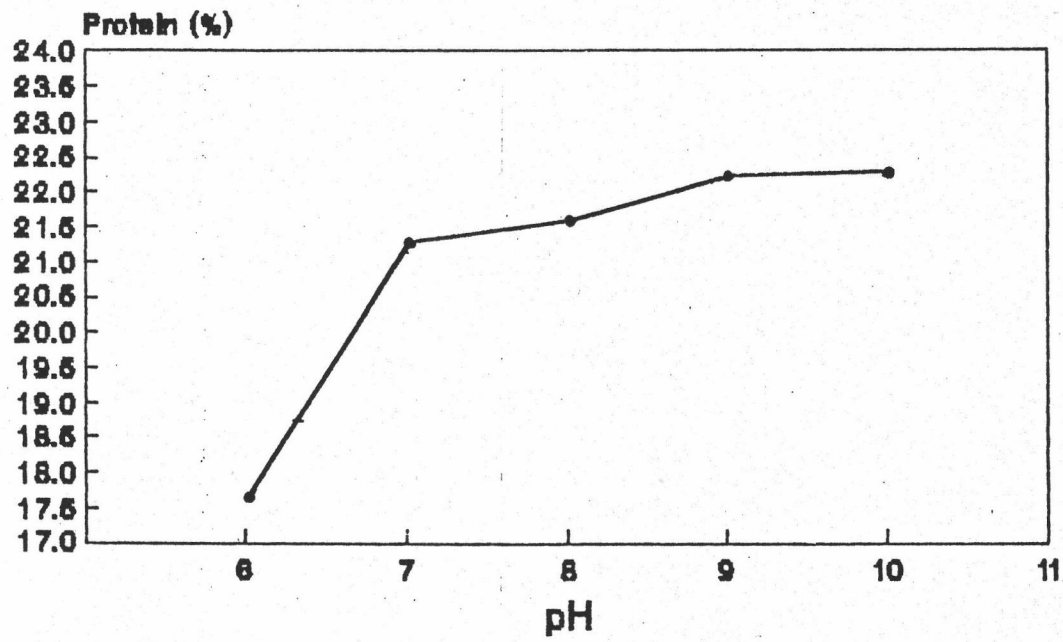
ได้ทดลองสกัดรบรตีนที่ค่าพีเอชต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 6-10 ปริมาณรบรตีนที่สกัดได้ แสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาพที่ 5 ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ค-1

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณรบรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีกบดที่ค่าพีเอชต่าง ๆ*

ค่าพีเอช	ปริมาณรบรตีน (กรัม/ถั่วเขียวซีก 100 กรัม)
6	17.63[a]
7	21.25[b]
8	21.57[b]
9	22.19[c]
10	22.25[c]

* เบรียบเทียบตามแนวตั้งรดยที่อักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ LSD (0.01) = 0.49

ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลของค่าพีเอช ต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีก



4.2.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมของถั่วซีกต่อตัวทำละลาย (น้ำ)

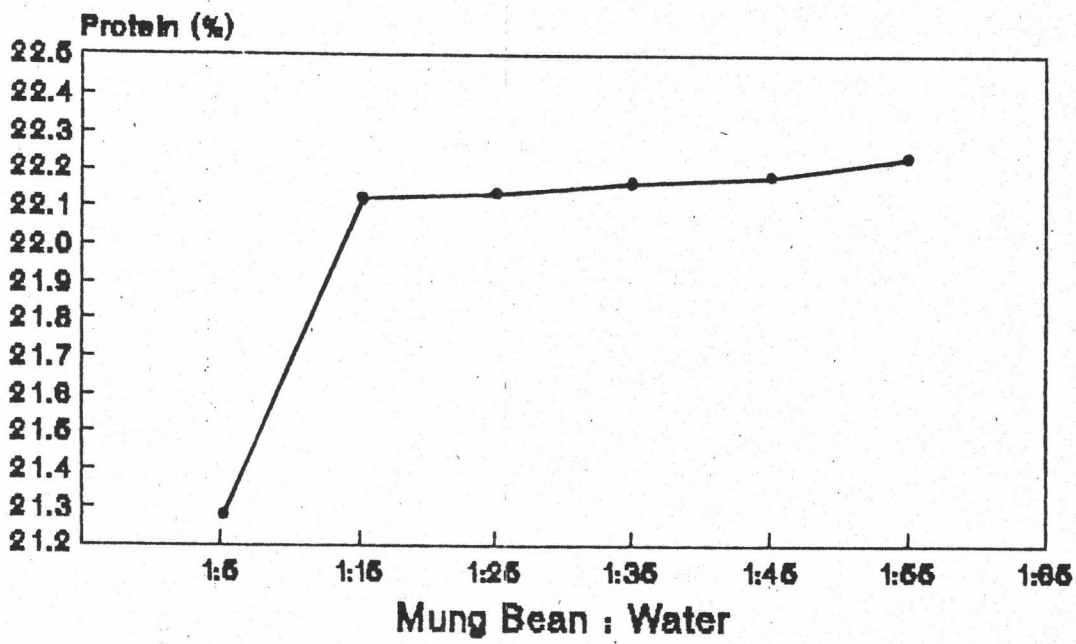
ได้ทดลองสกัดโปรตีนโดยใช้อัตราส่วน (น้ำหนักต่อปริมาตร) ของถั่วซีกต่อน้ำต่าง ๆ กัน คือ 1:5, 1:15, 1:25, 1:35, 1:45 และ 1:55 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ แสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แสดงในตารางผนวกที่ ค-2

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีกบด โดยใช้อัตราส่วนถั่วซีกต่อตัวทำละลาย (น้ำ) ต่าง ๆ

อัตราส่วนถั่วซีก ต่อ ตัวทำละลาย (น้ำ)	ปริมาณโปรตีน* (กรัม/ถั่วเขียวซีก 100 กรัม)
1 : 5	21.28[a]
1 : 15	22.12[b]
1 : 25	22.14[b]
1 : 35	22.17[b]
1 : 45	22.18[b]
1 : 55	22.23[b]

* เปรียบเทียบตามแนวตั้งโดยที่อักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ LSD (0.01) = 0.75

ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลของอัตราส่วนถั่วเขียวซีกต่อตัวทำละลาย (น้ำ) ที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีก



4.2.3 เวลาที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน

ได้ทดลองสกัดโปรตีนโดยใช้เวลาในการสกัดต่างกัน คือ 5, 10, 15, 20 และ 30 นาที ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ แสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 7 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในตารางผนวกที่ ค-3

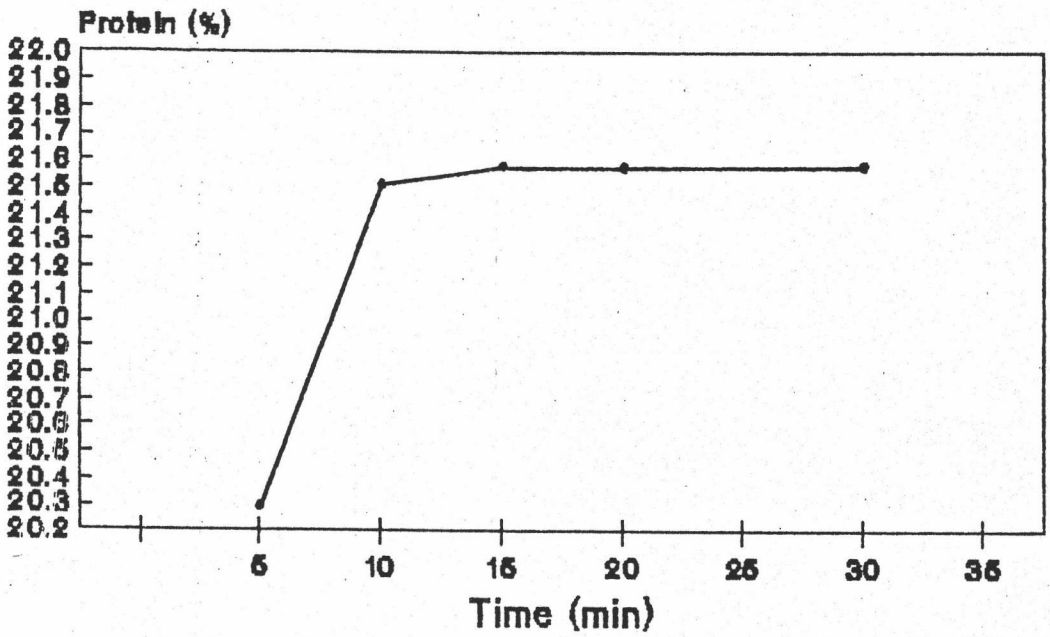
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีกบดซึ่งใช้เวลาในการสกัดแตกต่างกัน

เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	ปริมาณโปรตีน* (กรัม/ถั่วเขียวซีก 100 กรัม)
5	20.29[a]
10	21.50[b]
15	21.57[b]
20	21.57[b]
30	21.57[b]

* เปรียบเทียบตามแนวตั้งโดยที่อักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

LSD (0.05) = 1.11

ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีก



4.3 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการโดยวิธีทางเคมีของโปรตีนที่สกัดได้

เมื่อนำโปรตีนที่สกัดได้มาทำเป็นผงแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายโดยมีสภาวะในการทำแห้งคือ อุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนออก 90 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 800 ลิตรต่อชั่วโมง ได้ผงโปรตีนแห้ง เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่ามีส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณสารอาหารในผงโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวซีก

สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	5.69
โปรตีน	77.34
ไขมัน	2.19
เถ้า	5.24
คาร์โบไฮเดรต และกากใย	9.54

4.4 การเตรียมอาหารทางการแพทย์

ทำการเตรียมอาหารทางการแพทย์ โดยมีสูตรอาหารดังนี้

ส่วนประกอบของอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนจากถั่วเขียว

สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	20
น้ำมันข้าวโพด	16
เอ็มซีทีออยส์	4
มอลโตเด็กซ์ตริน	60
วัตถุเจือปนอาหาร	ตามที่กำหนด

เมื่อเตรียมอาหารในรูปของเหลวโดยให้มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 (เพื่อสะดวกในการทำแห้งโดยไม่ติดหัวพ่นกระจาย และไม่เสียเวลาในการทำแห้งมากเกินไป) นำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายซึ่งเมื่อทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม โดยทดลองปรับอุณหภูมิลมร้อนเข้า และอุณหภูมิลมร้อนออก ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลผลิต ความชื้น และอัตราการไหลของสารอาหารในการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย

อุณหภูมิลมร้อนเข้า (^{o}C)	อุณหภูมิลมร้อนออก (^{o}C)	อัตราการไหลของลมเข้า (ลิตร/ชม.)	อัตราการไหลของอาหารเหลว (มิลลิลิตร/นาที)	ความชื้นของอาหาร-ผง (ร้อยละ)	ผลผลิต* (ร้อยละ)
130	70	750	5.67	2.81	40.11
130	90	750	3.33	2.16	47.85
150	70	750	7.14	2.64	52.03
150	90	750	4.76	2.15	56.49
190	70	750	9.09	2.60	53.01

* ผลผลิต(%yield) = $\frac{\text{น้ำหนักของสารอาหารที่ได้จากการทำแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของอาหารจากการคำนวณ (กรัม)}} \times 100$

4.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์

เมื่อเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผง โดยใช้วัตถุเจือปนอาหารชนิดและปริมาณต่างๆ กัน รวม 10 สูตรแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้ผลดังนี้

4.5.1 Bulk density

ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่า Bulk density ของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงที่ใช้วัตถุเจือปนอาหารต่าง ๆ กัน

สูตรอาหาร	วัตถุเจือปนอาหาร		Bulk density*
	ชนิด	ปริมาณ**	(กรัม/มิลลิลิตร)
1	ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร	0	0.49 (0.006)
2	กัวร์กัม	0.05	0.50 (0.004)
3	กัวร์กัม	0.1	0.49 (0.004)
4	กัวร์กัม	0.2	0.46 (0.005)
5	คาร์ราจีแนน	0.1	0.50 (0.004)
6	คาร์ราจีแนน	0.5	0.44 (0.003)
7	คาร์ราจีแนน	1.0	0.42 (0.004)
8	เลซิธิน	0.1	0.53 (0.004)
9	เลซิธิน	0.3	0.50 (0.004)
10	เลซิธิน	0.5	0.51 (0.004)

* เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบสามครั้ง และค่าในวงเล็บ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** ปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร

4.5.2 ความคงตัวของการแขวนตะกอน

เมื่อทำการทดสอบหาความคงตัวของการแขวนตะกอนของผลิตภัณฑ์ ทุกสูตรได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความคงตัวของการแขวนตะกอนของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงเมื่อนำมาละลายน้ำ

สูตรอาหาร	วัตถุเจือปนอาหาร		ความคงตัวของ* การแขวนตะกอน เมื่อ 24 ชั่วโมง
	ชนิด	ปริมาณ**	
1	ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร	0	-
2	กัวร์กัม	0.05	-
3	กัวร์กัม	0.1	+
4	กัวร์กัม	0.2	+
5	คาร์ราจีแนน	0.1	+
6	คาร์ราจีแนน	0.5	+
7	คาร์ราจีแนน	1.0	+
8	เลซิธิน	0.1	-
9	เลซิธิน	0.3	+
10	เลซิธิน	0.5	+

* เครื่องหมาย - แสดงว่าเกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง

+ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวไม่มีการแยกชั้นภายใน 24 ชั่วโมง

** ปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร

4.5.3 ดัชนีการละลาย

ค่าดัชนีการละลายของผลิตภัณฑ์ทุกสูตร แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ดัชนีการละลายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงเมื่อนำมาละลายน้ำ

สูตรอาหาร	วัตถุเจือปนอาหาร		ดัชนีการละลาย*
	ชนิด	ปริมาณ**	(มิลลิลิตร)
1	ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร	0	<0.10
2	กัวร์กัม	0.05	<0.10
3	กัวร์กัม	0.1	0.10 (0.00)
4	กัวร์กัม	0.2	0.15 (0.04)
5	คาร์ราจีแนน	0.1	0.13 (0.04)
6	คาร์ราจีแนน	0.5	0.55 (0.04)
7	คาร์ราจีแนน	1.0	0.65 (0.07)
8	เลซิธิน	0.1	0.10 (0.00)
9	เลซิธิน	0.3	<0.10
10	เลซิธิน	0.5	<0.10

* เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบสองครั้งและค่าในวงเล็บคือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** ปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร

4.5.4 ความหนืด

ได้ทำการวัดความหนืดของผลิตภัณฑ์เมื่อละลายน้ำในปริมาณที่ใช้บริโภคโดยประมาณ คือ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และให้อาหารไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5 และ 6 ด้วย ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 10 และ ภาพที่ 8 ถึง 10

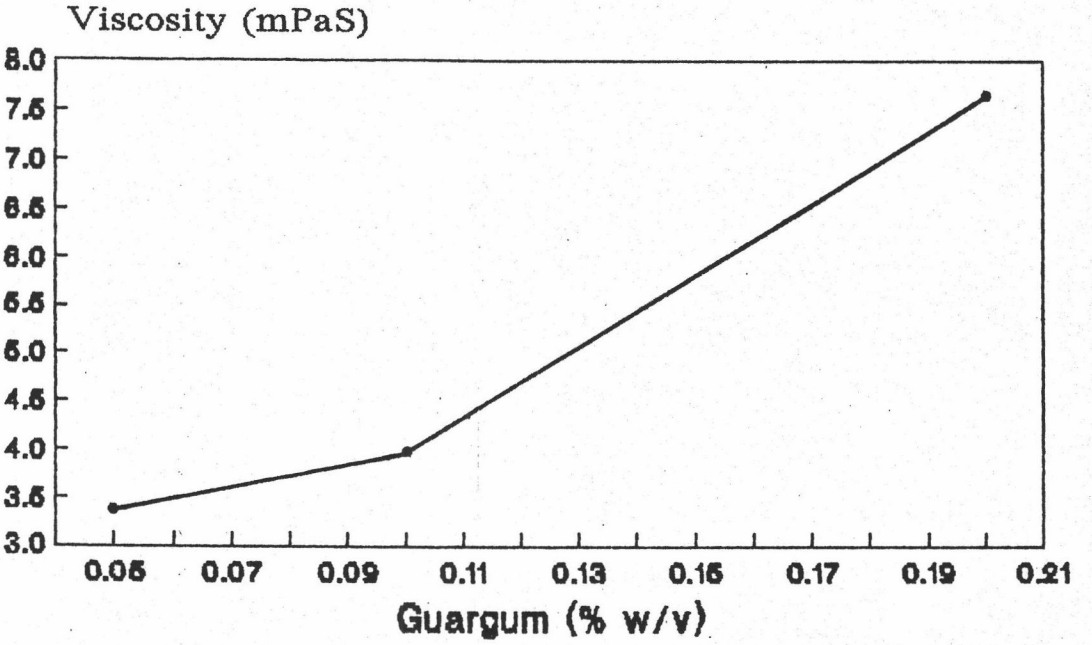
ตารางที่ 10 ความหนืดของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงเมื่อนำมาละลายน้ำ

สูตรอาหาร	วัตถุเจือปนอาหาร		ความหนืด* (mPaS)	การไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5และ6
	ชนิด	ปริมาณ**		
1	ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร	0	2.015 (0.2)	ดี
2	กัวร์กัม	0.05	3.35 (0.4)	ดี
3	กัวร์กัม	0.1	3.975 (0.3)	ดี
4	กัวร์กัม	0.2	7.639 (0.4)	ติดขัด, อุดตัน
5	คาร์ราจีแนน	0.1	9.953 (0.6)	ติดขัด, อุดตัน
6	คาร์ราจีแนน	0.5	895.2 (9.0)	ติดขัด, อุดตัน
7	คาร์ราจีแนน	1.0	1128 (38.2)	ติดขัด, อุดตัน
8	เลซิธิน	0.1	2.655 (0.3)	ดี
9	เลซิธิน	0.3	3.398 (0.3)	ดี
10	เลซิธิน	0.5	3.520 (0.3)	ดี

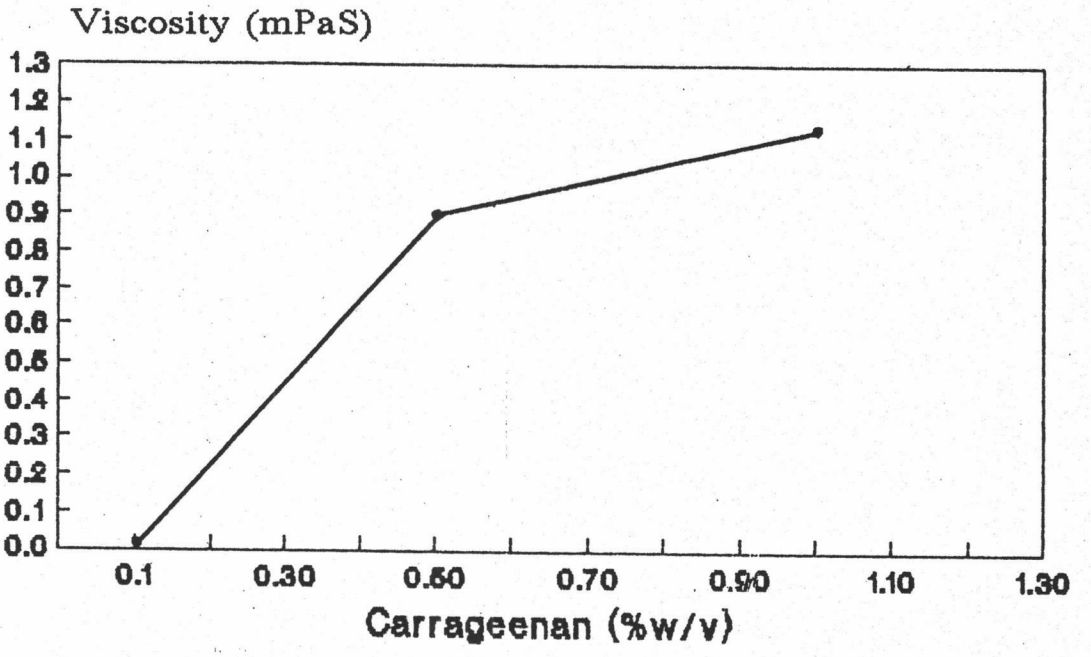
* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 10 ครั้ง ส่วนค่าในวงเล็บเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** ปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร

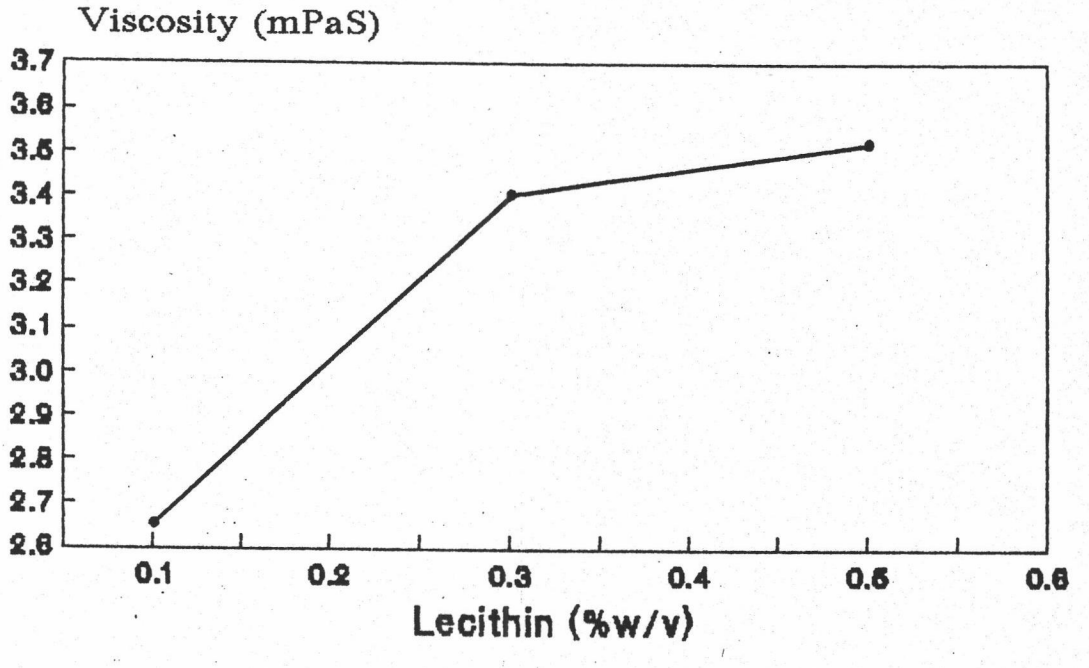
ภาพที่ 8 กราฟแสดงความหนืดของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ เมื่อใช้กัวร์กัม เป็นวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณต่าง ๆ



ภาพที่ 9 กราฟแสดงความหนืดของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์เมื่อใช้คาร์ราจีแนนเป็นวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณต่าง ๆ



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความหนืดของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์เมื่อใช้เลซิธินเป็นวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณต่าง ๆ



4.5.5 ผลผลิต (yield) ที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย ของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 11 ถึง 13

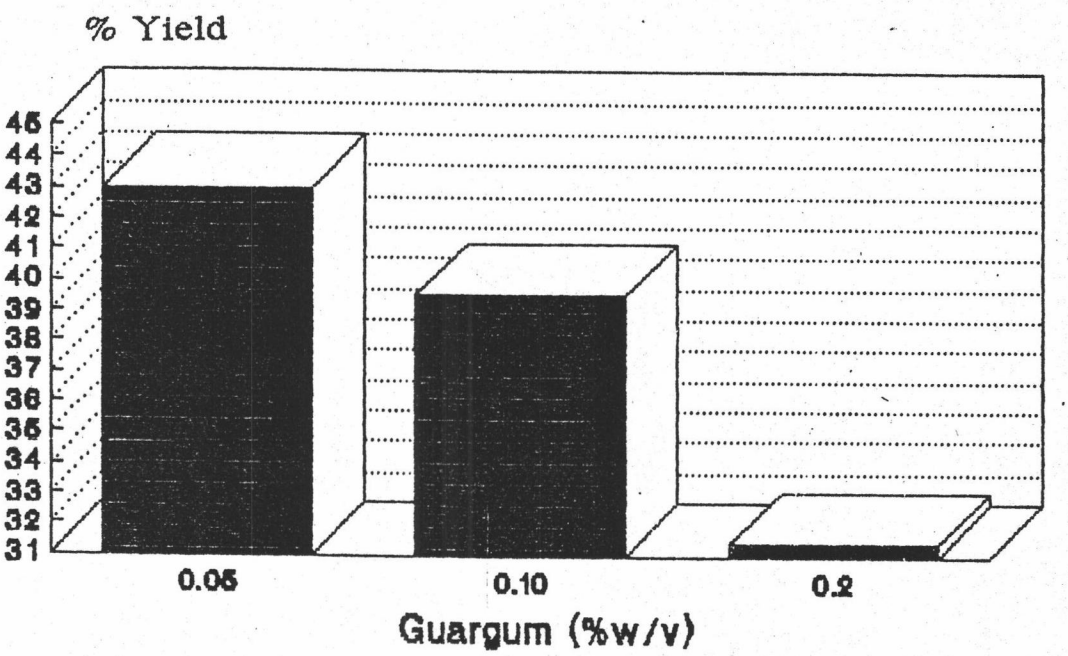
ตารางที่ 11 แสดงผลผลิตที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรต่าง ๆ

สูตรอาหาร	วัตถุเจือปนอาหาร		ผลผลิต*
	ชนิด	ปริมาณ**	(ร้อยละ)
1	ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร	0	52.03
2	กัวร์กัม	0.05	43.01
3	กัวร์กัม	0.1	39.52
4	กัวร์กัม	0.2	31.40
5	คาร์ราจีแนน	0.1	43.69
6	คาร์ราจีแนน	0.5	35.55
7	คาร์ราจีแนน	1.0	26.22
8	เลซิธิน	0.1	39.28
9	เลซิธิน	0.3	40.99
10	เลซิธิน	0.5	41.57

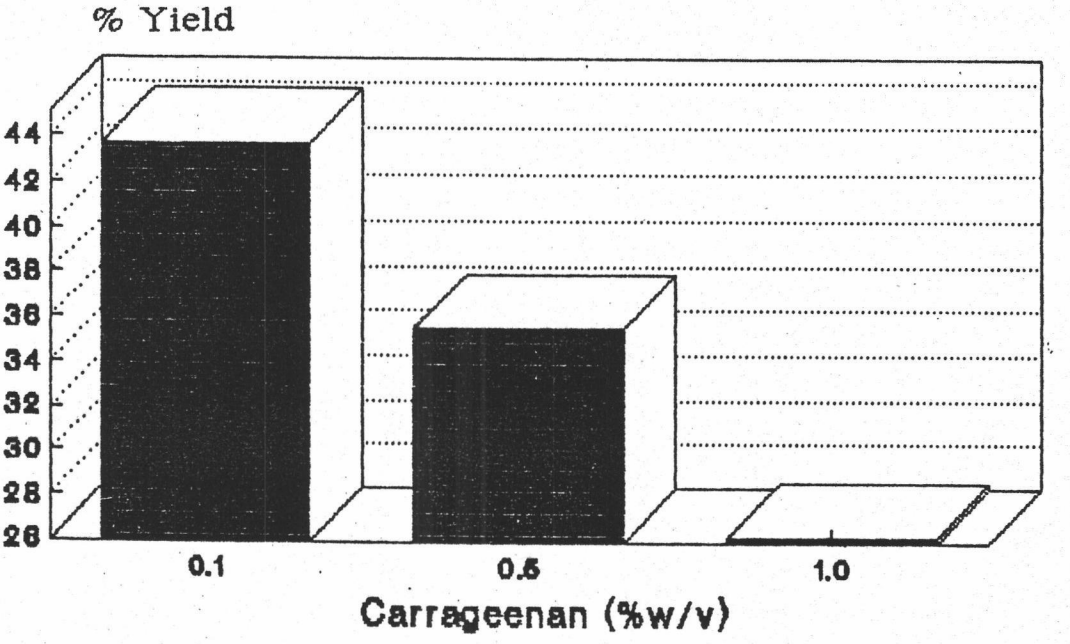
* ผลผลิต (ร้อยละ) = $\frac{\text{น้ำหนักของผงอาหารที่ได้จากการทำแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของผงอาหารจากการคำนวณ (กรัม)}} \times 100$

** ปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร

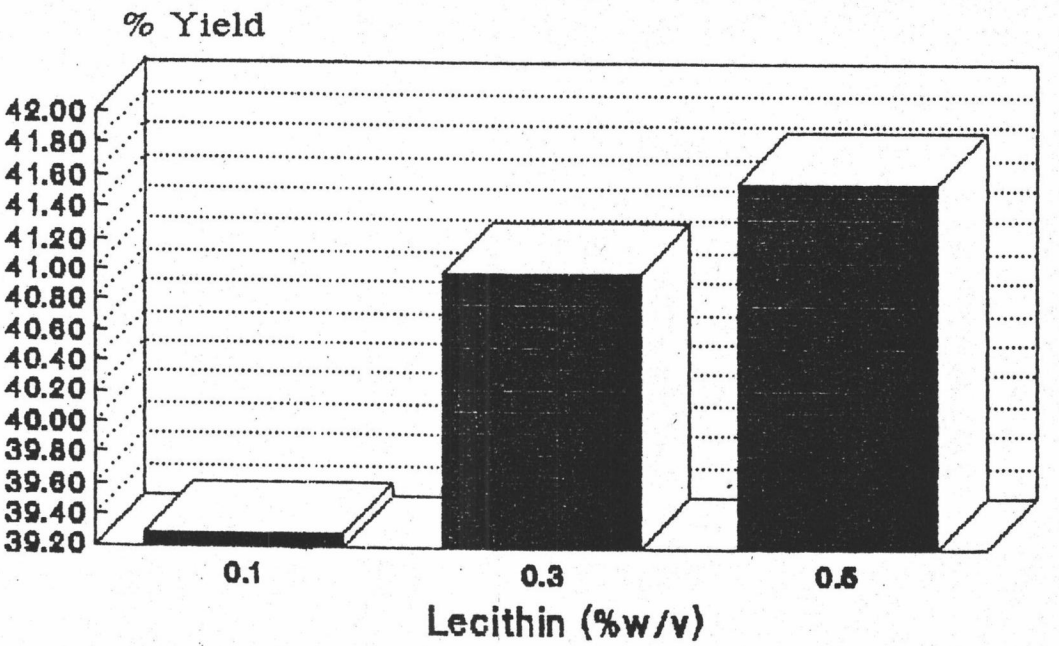
ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลผลิตที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรที่ใช้กัวร์กัมเป็นวัตถุเจือปนอาหาร



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลผลิตที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรที่ใช้คาร์ราจีแนนเป็นวัตถุเจือปนอาหาร



ภาพที่ 13 กราฟแสดงผลผลิตที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรที่ใช้เลซิธินเป็นวัตถุเจือปนอาหาร



ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร	วัตถุเจือปนอาหาร ชนิด	Bulk density (กรัม/มิลลิลิตร)	ความคงตัวของการแขวนตะกอน*	ดัชนีการละลาย (มิลลิลิตร)	ความหนืดและการไหลผ่านสายให้อาหาร**
1	ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร	0.49	-	<0.10	+
2	กัวร์กัม 0.05%	0.50	-	<0.10	+
3	กัวร์กัม 0.10%	0.49	+	0.10 (0.00)	+
4	กัวร์กัม 0.20%	0.46	+	0.15 (0.04)	-
5	คาร์ราจีแนน 0.10%	0.50	+	0.13 (0.04)	-
6	คาร์ราจีแนน 0.50%	0.44	+	0.55 (0.04)	-
7	คาร์ราจีแนน 1.00%	0.42	+	0.65 (0.07)	-
8	เลซิธิน 0.10%	0.53	-	0.10 (0.00)	+
9	เลซิธิน 0.30%	0.50	+	<0.10	+
10	เลซิธิน 0.50%	0.51	+	<0.10	+

* + คือ มีความคงตัว

\- คือ ไม่คงตัว

** + คือ ความหนืดเหมาะสมสามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5 และ 6 ได้

\- คือ ความหนืดสูงเกินไปทำให้เกิดการอุดตันไม่สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5 และ 6 ได้

4.5.6 ค่าการละลาย

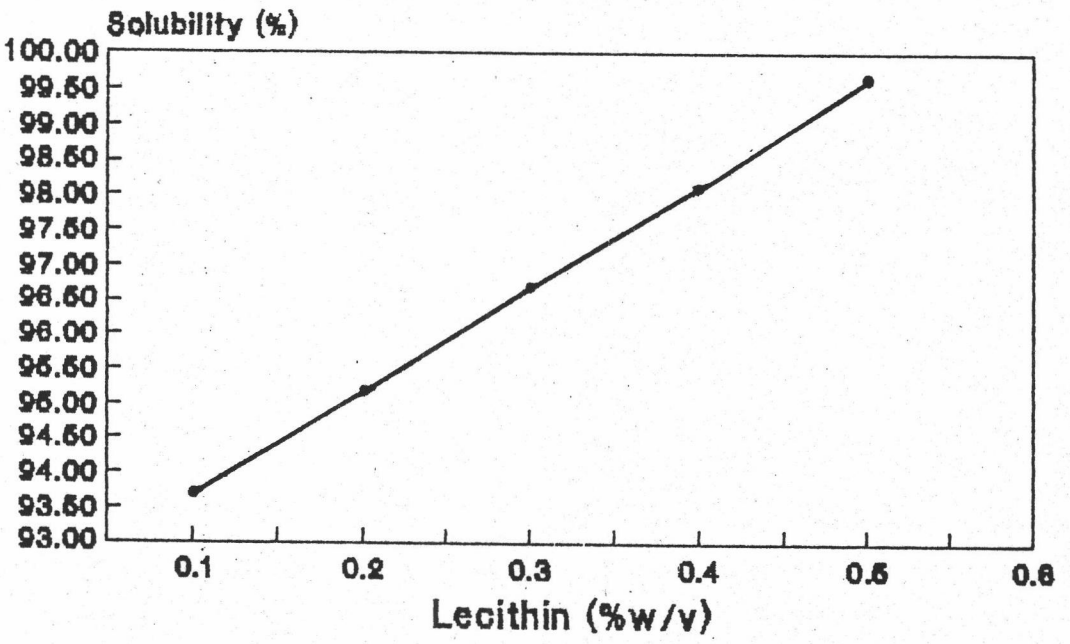
ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 14

ตารางที่ 13 ค่าการละลายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรที่ใช้เลซิธิน เป็นวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณต่าง ๆ

ปริมาณเลซิธิน (กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร)	ค่าการละลาย* (ร้อยละ)
0.1	93.70 (1.7)
0.2	95.16 (1.3)
0.3	96.62 (1.3)
0.4	98.08 (0.8)
0.5	99.63 (0.4)

* เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง และในวงเล็บเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ภาพที่ 14 กราฟแสดงค่าการละลายของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรที่ใช้เลซิธินเป็นวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณต่าง ๆ



4.6 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์โดยวิธีทางเคมี

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการใช้งานมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้เลซิธิน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นวัตถุเจือปนอาหาร จึงนำผลิตภัณฑ์สูตรนี้มาทำการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่ามีส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 13

ผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ที่เตรียมได้ ให้พลังงานและมีการกระจายของพลังงาน (วิธีคำนวณในภาคผนวก ง) ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงส่วนประกอบของสารอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งใช้เลซิธินปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นวัตถุเจือปนอาหาร

สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	2.64
โปรตีน	17.86
ไขมัน	18.95
เถ้า	1.29
คาร์โบไฮเดรต และกากใย	59.26

ตารางที่ 15 แสดงพลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งใช้เลซิธินปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นวัตถุเจือปนอาหาร

พลังงาน (กิโลแคลอรี่/100 กรัม)	479.03
การกระจายพลังงาน	
(โปรตีน : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต)	14.91:35.60:49.48
พลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจน	
(กิโลแคลอรี่/กรัมไนโตรเจน)	142.63
ความเข้มข้นของพลังงาน	
(กิโลแคลอรี่ต่อมิลลิลิตร)	1

4.7 การปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์

4.7.1 ปรับปรุงความหวาน

ได้เปรียบเทียบคุณภาพทางด้าน กลิ่น รสของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นโดยใช้น้ำตาลซูโครสแทนมอลโตเด็กซ์ตรินในอัตราส่วนต่าง ๆ ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหาร เมื่อให้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ชิมทุกตัวอย่างทีละตัวอย่าง แล้วให้คะแนนลงในแบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่กำหนดไว้ (ตัวอย่างแสดงในผนวก ก)

4.7.1.1 การทดสอบการเรียงลำดับความหวานของผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 16 แสดงความถี่ของคะแนนที่ ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่าง ๆ กันในเรื่องความหวาน*

คะแนน	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต			
	0	10	20	30
4 (หวานมาก)	-	-	-	15 (100)
3	-	-	15 (100)	-
2	-	15 (100)	-	-
1 หวานน้อยที่สุด	15 (100)	-	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

4.7.1.2 การทดสอบความชอบในรสหวานของผลิตภัณฑ์

ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 16 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในตารางที่ 17 (วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ค-4)

ตารางที่ 17 แสดงความถี่ของคะแนนความชอบในรสหวานที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลในปริมาณต่าง ๆ กัน*

คะแนน	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)			
	0	10	20	30
4 (ชอบมาก)	-	-	-	8 (53.3)
3 (ชอบ)	-	-	8 (53.3)	7 (46.7)
2 (เฉย ๆ)	1 (6.7)	8 (53.3)	7 (46.7)	-
1 (ไม่ชอบ)	14 (93.3)	7 (46.7)	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 18 แสดงคะแนนเฉลี่ยของความชอบในรสหวานที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่าง ๆ

ปริมาณน้ำตาลซูโครส (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)	ค่าเฉลี่ยของคะแนน*
0	1.06[a**]
10	1.53[b]
20	2.53[c]
30	3.53[d]

* คะแนนความหวานที่ผู้ชิมชอบได้จัดระดับไว้ดังนี้

4 คือ ชอบมาก

3 คือ ชอบ

2 คือ เฉย ๆ

1 คือ ไม่ชอบ

** เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนน ทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.7.1.3 <u>การทดสอบความชอบในเรื่องกลิ่นของผลิตภัณฑ์</u>

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 18 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 (การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ค-5)

<u>ตารางที่ 19</u> แสดงความถี่ของคะแนนความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่าง ๆ *

คะแนน	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)			
	0	10	20	30
4 (ชอบมาก)	-	-	-	-
3 (ชอบ)	-	-	-	1 (6.7)
2 (เฉย ๆ)	-	1 (6.7)	4 (26.7)	10 (66.7)
1 (ไม่ชอบ)	15 (100)	14 (93.3)	11 (73.3)	4 (26.7)

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 20 แสดงคะแนนเฉลี่ยของความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่าง ๆ

ปริมาณน้ำตาลซูโครส (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)	ค่าเฉลี่ยของคะแนน*
0	1.00[a**]
10	1.07[b]
20	1.27[c]
30	1.80[d]

* คะแนนความชอบในกลิ่นได้จัดระดับไว้ดังนี้

4 คือ ชอบมาก

3 คือ ชอบ

2 คือ เฉย ๆ

1 คือ ไม่ชอบ

** เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ พบว่า a แตกต่างจาก b อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 b แตกต่างจาก c อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกนั้นเมื่อจับคู่เปรียบเทียบกันแล้ว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.7.2 ปรับปรุงกลิ่น

นำผลิตภัณฑ์ที่มีความหวานเป็นที่ชื่นชอบของผู้ชิมมากที่สุดมาทำการแต่งกลิ่น 3 ชนิดคือ กลิ่นวานิลลา กลิ่นสตรอเบอรี่ และไม่แต่งกลิ่นอะไรเลย เมื่อให้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ชิมทุกตัวอย่างทีละตัวอย่าง แล้วให้คะแนนลงในแบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่กำหนดไว้

4.7.2.1 การทดสอบความชอบในเรื่องกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 20 และผลของวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้แสดงไว้ในตารางที่ 21 (การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ค-6)

ตารางที่ 21 แสดงความถี่ของคะแนนความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีการแต่งกลิ่นต่าง ๆ*

คะแนน	การแต่งกลิ่น		
	ไม่มีการแต่งกลิ่น	กลิ่นวานิลลา	กลิ่นสตรอเบอรี่
4 (ชอบมาก)	-	7 (46.67)	2 (13.33)
3 (ชอบ)	-	7 (46.67)	9 (60.00)
2 (เฉย ๆ)	5 (33.33)	1 (6.67)	4 (26.67)
1 (ไม่ชอบ)	10 (66.67)	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 22 แสดงคะแนนเฉลี่ยของความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีการแต่งกลิ่นต่าง ๆ กัน*

การแต่งกลิ่น	ค่าเฉลี่ยของคะแนน*
ไม่มีการแต่งกลิ่น	1.33^{a**}
กลิ่นวานิลลา	3.40^{b}
กลิ่นสตรอเบอรี่	2.87^{c}

* คะแนนความชอบในกลิ่นได้จัดระดับไว้ดังนี้

4 คือ ชอบมาก

3 คือ ชอบ

2 คือ เฉย ๆ

1 คือ ไม่ชอบ

** เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ พบว่า ทั้งคู่ ab, bc และ ac มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.7.2.2 <u>การทดสอบความชอบในเรื่องรส</u>

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 22 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้แสดงไว้ในตารางที่ 23 (การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ค-7)

<u>ตารางที่ 23</u> แสดงความถี่ของคะแนนความชอบในรสที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีการแต่งกลิ่นต่าง ๆ*

คะแนน	การแต่งกลิ่น		
	ไม่มีการแต่งกลิ่น	กลิ่นวานิลลา	กลิ่นสตรอเบอรี่
4 (ชอบมาก)	-	6 (40.00)	3 (20.00)
3 (ชอบ)	1 (6.67)	9 (60.00)	9 (60.00)
2 (เฉย ๆ)	10 (66.67)	-	3 (20.00)
1 (ไม่ชอบ)	4 (26.67)	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 24 แสดงคะแนนเฉลี่ยของความชอบในรสที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีการแต่งกลิ่นต่าง ๆ*

การแต่งกลิ่น	ค่าเฉลี่ยของคะแนน*
ไม่มีการแต่งกลิ่น	1.80a**
กลิ่นวานิลลา	3.40b
กลิ่นสตรอเบอรี่	3.00c

* คะแนนความชอบในรสได้จัดระดับไว้ดังนี้

4 คือ ชอบมาก

3 คือ ชอบ

2 คือ เฉย ๆ

1 คือ ไม่ชอบ

** เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่พบว่า คู่ b และ c แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วน คู่ a และ b, a และ c แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.8 <u>การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงรสชาติแล้วโดยวิธีทางเคมี</u>

การปรับปรุงสูตรอาหารอาจทำให้ปริมาณสารอาหารในผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นเปลี่ยนแปลงไปจึงทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้วพบว่ามีส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 24

เมื่อทำการคำนวณค่าพลังงานที่มีในผลิตภัณฑ์อาหาร (ดูวิธีคำนวณในภาคผนวก ง) จะได้ว่า ผลิตภัณฑ์นี้ให้พลังงานและมีการกระจายของพลังงานดังแสดงในตารางที่ 25

<u>ตารางที่ 25</u> แสดงส่วนประกอบของสารอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งได้รับการปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว

สารอาหาร	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	2.64
โปรตีน	17.95
ไขมัน	18.80
เถ้า	1.36
คาร์โบไฮเดรต และกากใย	59.25

ตารางที่ 26 แสดงพลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งได้รับการปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว

พลังงาน (กิโลแคลอรี่/100 กรัม)	478.00
การกระจายพลังงาน (โปรตีน : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต)	15.02:35.39:49.58
พลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจน (กิโลแคลอรี่/กรัมไนโตรเจน)	141.43
ความเข้มข้นของพลังงาน (กิโลแคลอรี่ต่อมิลลิลิตร)	1

4.9 <u>การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งได้รับการปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว</u>

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 26

<u>ตารางที่ 27</u> คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งได้รับการปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว

Bulk density (กรัม/มิลลิลิตร)	0.51 (0.006)
ความคงตัวของการแขวนตะกอน (24 ชั่วโมง)	คงตัว
ดัชนีการละลาย (มิลลิลิตร)	< 0.1
ความหนืด (mPaS)	2.227 (0.2)

ตารางที่ 28 สูตรอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (ปริมาณรวม 100 กรัม)

โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว	20	กรัม
น้ำมันข้าวโพด	16	กรัม
ไตรกลีเซอไรด์สายโมเลกุลยาวปานกลาง	4	กรัม
มอลโตเด็กซ์ตริน	42	กรัม
น้ำตาลซูโครส	18	กรัม
เลซิธิน	0.5*	กรัม
กลิ่นวานิลลา	0.2	กรัม

* เลซิธินใช้ปริมาณ 0.5 กรัมต่อปริมาตรอาหารชงพร้อมบริโภค 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 29 คุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

คุณสมบัติทางกายภาพ	
Bulk density (กรัม/มิลลิลิตร)	0.51
ความคงตัวของการแขวนตะกอน	คงตัว
ดัชนีการละลาย (มิลลิลิตร)	< 0.10
ความหนืด (mPaS)	2.227
ความสามารถในการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5 และ 6	ดี
องค์ประกอบทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละ)	2.64
โปรตีน (ร้อยละ)	17.95
ไขมัน (ร้อยละ)	18.80
เถ้า (ร้อยละ)	1.36
คาร์โบไฮเดรตและกากใย (ร้อยละ)	59.25
พลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์	
พลังงาน (กิโลแคลอรี่/100 กรัม)	478
สัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงาน (การกระจายของพลังงาน)	
โปรตีน:ไขมัน:คาร์โบไฮเดรต	15.02 : 35.39 : 49.58
พลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจน (กิโลแคลอรี่/กรัมไนโตรเจน)	141.43
ความเข้มข้นของพลังงาน* (กิโลแคลอรี่/มิลลิลิตร)	1

* ความเข้มข้นของพลังงานเมื่อนำอาหารผง 20.92 กรัมละลายน้ำให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบปริมาณของสารอาหาร (กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี่) และการกระจายพลังงานของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงในท้องตลาด และผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวที่ผลิตในการศึกษานี้

ผลิตภัณฑ์ / สารอาหาร	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2	ผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว
ความชื้น	0.30	0.53	0.53
โปรตีน	3.00	3.25	3.59
ไขมัน	5.00	4.20	3.76
คาร์โบไฮเดรต	10.70	12.50	11.85
เถ้า	0.57	0.60	0.27
การกระจายพลังงาน (โปรตีน : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต) (ร้อยละ)	12.00 : 45.00 : 42.80	13.00 : 37.80 : 50.00	15.02 : 35.39 : 49.58