



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การสำรวจชนิดของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

จากการสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่เป็นผงที่วางจำหน่ายในท้องตลาด สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ อาหารเสริมครบถ้วน และอาหารเสริมเฉพาะอย่าง อาหารเสริมครบถ้วนสามารถแบ่งย่อยตามวัตถุดิบหลักได้เป็น อาหารเสริมที่มีนมเป็นองค์ประกอบหลัก (Milk based) และอาหารเสริมที่มีธัญพืชเป็นองค์ประกอบหลัก (Cereal based)

##### 4.1.1 อาหารเสริมครบถ้วน แบ่งได้ตามองค์ประกอบหลักที่ใช้ คือ

ก. อาหารเสริมที่มีนมเป็นองค์ประกอบหลัก (Milk based) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นนม ดังในตารางที่ 4.1

ข. อาหารเสริมที่มีธัญพืชเป็นองค์ประกอบหลัก (Cereal based) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นธัญพืชต่างๆ ดังในตารางที่ 4.2

##### 4.1.2 อาหารเสริมเฉพาะอย่าง แบ่งได้หลายชนิด ดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 อาหารเสริมครบถ้วนสำหรับเด็กที่มีนมเป็นองค์ประกอบหลักในท้องตลาด

ตรา	ส่วนประกอบ (%)	ขนาดบรรจุ(กรัม)	ราคาที่ยำหน่าย	ภาชนะบรรจุ	
โปรมิล ไวเอท	นมผงขาดมันเนย	42.15	450	96 บาท	กระป๋องโลหะ
	น้ำมัน	16.98	1000	207 บาท	
	แล็คโตส	16.66			
	ซูโครส	12.22			
	Whey โปรตีนเข้มข้น	9.74			
	วิตามินและแร่ธาตุ	2.23			
เอนฟาโปร	นมผงขาดมันเนย	51.0	450	94 บาท	กระป๋องโลหะ
	เด็กชตรี-มอลโตส	16.0	1000	205 บาท	
	แล็คโตส	13.5			
	น้ำมัน	18.1			
	เกลือแร่และวิตามิน	0.5			
เมจิเอฟยู	นมผงขาดมันเนย	36.8	450	68 บาท	กระป๋องโลหะ
	น้ำมันพืช	22.4	1100	159 บาท	
	กลูโครส	7.0			
	Soluble polysaccharide	3.0			
	น้ำมันเนย	1.0			
สโนว์ แบรด์เอฟ	Whey	34	450	61 บาท	กระป๋องโลหะ
	น้ำมันเนย	23	1200	154 บาท	
	Casein	12			
	แล็คโตส	10			
	น้ำตาล	7			
	น้ำมันพืช	14			

ตารางที่ 4.2 อาหารเสริมครบถ้วนสำหรับเด็กที่มีรูกุพิชเป็นองค์ประกอบหลักในท้องตลาด

ตรา	ส่วนประกอบ (%)	ขนาดบรรจุ(กรัม)	ราคาจำหน่าย	ภาวะบรรจุ	
เกษตร (แบ่ง)	แป้งข้าวเจ้า	61.6	400	18 บาท	ถุงอลูมิเนียม ฟอยล์
	แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม	17.4			
	น้ำตาลทราย	15.0			
	นมผงธรรมชาติ	5.0			
	เกลือแร่	0.88			
	วิตามิน	0.12			
	ซีรีแล็ค	ข้าว			
น้ำตาลทราย		24			
นมผงขาดมันเนย		22			
ข้าวโพด		10			
น้ำมันเนย		5			
ดอยคำ		ข้าวเจ้า	60.25	400	16 บาท
ถั่วเหลือง	15				
น้ำตาล	15				
นมผงขาดมันเนย	5				
น้ำมันพืช	3.75				
วิตามิน	0.8				
เกลือ	0.2	500	38 บาท		
ไฮน์	ข้าว			40	
	นมผง			25	
	น้ำตาล			18	
	ข้าวโพด			6	
	นมผงพร่องมันเนย			6	
	น้ำมันข้าวโพด			3.5	

ตารางที่ 4.3 อาหารเสริมเฉพาะอย่างทีวางจำหน่ายในท้องตลาด

ตรา	ประเภท	ส่วนประกอบ (%)	ขนาดบรรจุ(กรัม)	ราคาจำหน่าย	ภาชนะบรรจุ	
ไอน์	บะหมี่ไก่ ชนิดผง	ผัก	47	23	33.50 บาท	กระป๋องโลหะ
		เนื้อไก่	15			
		ถั่วต่างๆ	12			
		บะหมี่	12			
ไอน์	ผักรวม ชนิดผง	แครอท	35	23	33.50 บาท	กระป๋องโลหะ
		ข้าวเจ้า	20			
		ถั่ว	15			
ไอน์	ผักและ เนื้อชนิด ผง	ผัก	53	23	33.50 บาท	กระป๋องโลหะ
		เนื้อวัว	19			
		แป้ง	11			
		ถั่ว	9			
ไอน์	ผง แครอท	ผงแครอท	95	23	33.50 บาท	กระป๋องโลหะ
		แป้งข้าวเจ้า	4			
ไอน์	ข้าว	ข้าวเจ้า	80.1	250	20 บาท	กระป๋องโลหะ
		น้ำตาล	18.0			
		Ferric ammonium citrate	0.145			
		Nicotinamide	0.017			
		Thiamin	0.002			
		Riboflavin	0.002			

#### 4.2 การสำรวจชนิดของวัตถุดิบที่ผู้ตัดสินใจซื้อ (มารดา) ต้องการ

จากผลการสำรวจความคิดเห็นของมารดา พบว่า วัตถุดิบที่มารดาต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์เรียงตามลำดับความต้องการจากมากไปน้อย ได้แก่ ตับ ผัก เนื้อต่างๆ ไช้ไก่ ข้าวและแป้ง ผลไม้ นมและถั่วต่างๆ และจากการสำรวจ ยังพบว่า มารดามีแนวโน้มที่จะใช้อาหารเสริมสำเร็จรูปมากขึ้น โดยมารดาที่ใช้อาหารเสริมสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวมี 7.9% และมารดา 43.4% ที่ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสำเร็จรูปพร้อมกับการเตรียมอาหารเสริมเอง นอกจากนี้ มารดา 65.8% ต้องการรสตามธรรมชาติของวัตถุดิบ ในขณะที่ 76.9 % ต้องการอาหารเสริมที่เป็นของแห้ง และมารดา 77.8 % ที่ต้องการของแห้งที่เป็นผง ส่วนวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ มารดา 83.9 % ต้องการนำผลิตภัณฑ์ไปผสมน้ำเดือดแล้วรับประทานได้ทันที และ 48.4 % ต้องการภาชนะบรรจุแบบกระป๋องโลหะดังในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการสำรวจความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจซื้อ

ความคิดเห็นของมารดา	จำนวนผู้ตอบ (%)
ชนิดของอาหารเสริมที่มารดาใช้เลี้ยงบุตร	
- อาหารเสริมสำเร็จรูป	7.9
- อาหารเสริมที่เตรียมขึ้นเอง	48.7
- ทั้ง 2 อย่าง	43.4
วัตถุดิบที่มารดาอยากให้มีในอาหารเสริม	
- ตับ	74.4
- เนื้อต่างๆ (ไก่ หมู วัว)	64.1
- ผัก	64.1
- ไช้	48.7
- ข้าวและแป้ง	46.2
- ผลไม้	43.6

ตารางที่ 4.4 ผลการสำรวจความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจซื้อ (ต่อ)

ความคิดเห็นของมารดา	จำนวนผู้ตอบ (%)
- นม	35.9
- ถั่วต่างๆ	33.3
- อื่นๆ	5.1
รสชาติของผลิตภัณฑ์ที่มารดาต้องการ	
- รสตามธรรมชาติของวัตถุดิบ	65.8
- รสปรุงแต่ง	18.5
- อื่นๆ	10.5
ลักษณะของอาหารเสริมที่ต้องการ	
- อาหารเสริมที่เป็นของแห้ง	76.9
- อาหารเสริมที่เป็นของเหลว	20.5
- ทั้ง 2 แบบ	2.6
- เป็นผง	77.8
- เป็นเกล็ด	22.2
วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มารดาต้องการ (ของแห้ง)	
- ผสมน้ำเดือด รับประทานได้ทันที	83.9
- นำไปหุงต้มก่อนรับประทาน	12.9
- ทั้ง 2 แบบ	3.2
ภาชนะบรรจุที่มารดาต้องการ (ของแห้ง)	
- ครอบงาโลหะ	48.4
- ขวดแก้ว	32.2
- ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	16.1
- อื่นๆ	3.2

จากการสำรวจชนิดของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่วางจำหน่ายในท้องตลาด จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเฉพาะอย่างมีการใช้วัตถุดิบที่บริโภคกันทั่วไปเป็นองค์ประกอบ เช่น เนื้อไก่ แครอท เนื้อวัว ถั่ว เป็นต้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีนมและธัญพืชเป็นองค์ประกอบหลัก จะมีการใช้วัตถุดิบที่สำคัญไม่กี่ชนิด เช่น นมผง นมผงขาดมันเนย แป้งข้าวเจ้า เป็นต้น และจากการสำรวจชนิดของวัตถุดิบที่มารดาหรือผู้ตัดสินใจซื้อต้องการ พบว่า วัตถุดิบที่มารดาต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ตับ ผัก เนื้อต่างๆ ไข่ไก่ ข้าวและแป้ง ผลไม้ นมและถั่วต่างๆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นแนวทางสำคัญในการเลือกชนิดของวัตถุดิบที่จะใช้ในงานวิจัยต่อไป

#### 4.3 การจัดกลุ่มวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาสูตรอาหาร

จากผลการสำรวจชนิดของวัตถุดิบในอาหารเสริมที่วางจำหน่ายในท้องตลาดในข้อ 4.1 พบว่า วัตถุดิบในอาหารเสริมทั่วไป ได้แก่ นมผง นมผงขาดมันเนย แป้งถั่วเหลือง เนื้อไก่ เนื้อวัว แครอท และจากการสำรวจชนิดของวัตถุดิบที่มารดาต้องการให้มีในอาหารเสริมในข้อ 4.2 พบว่า ชนิดของวัตถุดิบที่มารดาต้องการ ได้แก่ ตับ ผัก เนื้อต่างๆ ไข่ไก่ นมและถั่ว ดังนั้นจึงเลือกชนิดของวัตถุดิบให้สอดคล้องกับชนิดของวัตถุดิบที่มีในอาหารเสริมที่วางจำหน่ายในท้องตลาดและที่มารดาต้องการดังกล่าวข้างต้น โดยวัตถุดิบที่เลือกมานั้นจะเลือกวัตถุดิบที่เป็นแหล่งที่สำคัญและมีคุณค่าทางอาหารที่ต้องการสูง โดยอาศัยข้อมูลจากตารางแสดงคุณค่าทางอาหารสำหรับวัตถุดิบในเอเชียตะวันออก (39) และตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยของกรมอนามัย (40) ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้จะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสารอาหารที่ศึกษาครบถ้วนเพื่อใช้ในการศึกษาสูตรโดยโปรแกรม LINDO ต่อไป ผลการเลือกเป็นดังนี้

##### 4.3.1 วัตถุดิบกลุ่มที่เป็นแหล่งของโปรตีน แบ่งได้เป็น

- ก. วัตถุดิบที่เป็นของสด ได้แก่ ไข่ไก่ ตับหมู เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อวัว
- ข. วัตถุดิบที่เป็นของแห้ง ได้แก่ นมผง นมผงขาดมันเนย แป้งถั่วเหลือง

##### 4.3.2 วัตถุดิบกลุ่มที่เป็นแหล่งของเกลือแร่และวิตามิน แบ่งได้เป็น

- ก. วัตถุดิบที่เป็นของสด ได้แก่ แครอท มะเขือเทศ กะหล่ำปลี ฟักทอง
- ข. วัตถุดิบที่เป็นของแห้ง ได้แก่ วิตามินสำเร็จรูปที่เป็นผง

จากการกำหนดให้ใช้วัตถุดิบ 4 ชนิด โดยใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลัก และเลือก

วัตถุดิบจากกลุ่มของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของ โปรตีน และแหล่งของ เกลือแร่และวิตามิน ดังกล่าวแล้ว  
ในบทวิธีการทดลองข้อ 3.3.2 สามารถจัดเป็นกลุ่มของวัตถุดิบได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การจัดกลุ่มของวัตถุดิบที่จะนำไปศึกษาสูตรอาหารเสริม

สูตร ที่	วัตถุดิบหลัก	แหล่งของ โปรตีน ที่เป็นของสด	แหล่งของ โปรตีน ที่เป็นของแห้ง	แหล่งของ เกลือแร่ และวิตามิน
1	แป้งข้าวเจ้า	ตับหมู	นมผง	แครอท
2				มะเขือเทศ
3				กะหล่ำปลี
4				ผักทอง
5	แป้งข้าวเจ้า	ตับหมู	นมผงขาดมันเนย	แครอท
6				มะเขือเทศ
7				กะหล่ำปลี
8				ผักทอง
9	แป้งข้าวเจ้า	ตับหมู	แป้งถั่วเหลือง	แครอท
10				มะเขือเทศ
11				กะหล่ำปลี
12				ผักทอง
13	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อหมู	นมผง	แครอท
14				มะเขือเทศ
15				กะหล่ำปลี
16				ผักทอง
17	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อหมู	นมผงขาดมันเนย	แครอท
18				มะเขือเทศ
19				กะหล่ำปลี



ตารางที่ 4.5 การจัดกลุ่มของวัตถุดิบที่จะนำไปศึกษาสูตรอาหารเสริม (ต่อ)

สูตร ที่	วัตถุดิบหลัก	แหล่งของโปรตีน ที่เป็นของสด	แหล่งของโปรตีน ที่เป็นของแห้ง	แหล่งของเกลือแร่ และวิตามิน
20	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อหมู	นมผงขาดมันเนย	ฟักทอง
21	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อหมู	แป้งถั่วเหลือง	แครอท
22				มะเขือเทศ
23				กะหล่ำปลี
24				ฟักทอง
25	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อไก่	นมผง	แครอท
26				มะเขือเทศ
27				กะหล่ำปลี
28				ฟักทอง
29	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อไก่	นมผงขาดมันเนย	แครอท
30				มะเขือเทศ
31				กะหล่ำปลี
32				ฟักทอง
33	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อไก่	แป้งถั่วเหลือง	แครอท
34				มะเขือเทศ
35				กะหล่ำปลี
36				ฟักทอง
37	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อวัว	นมผง	แครอท
38				มะเขือเทศ
39				กะหล่ำปลี
40				ฟักทอง
41	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อวัว	นมผงขาดมันเนย	แครอท

ตารางที่ 4.5 การจัดกลุ่มของวัตถุดิบที่จะนำไปศึกษาสูตรอาหารเสริม (ต่อ)

สูตร ที่	วัตถุดิบหลัก	แหล่งของ โปรตีน ที่เป็นของสด	แหล่งของ โปรตีน ที่เป็นของแห้ง	แหล่งของ เกลือแร่ และวิตามิน
42	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อวัว	นมผงขาดมันเนย	มะเขือเทศ
43				กะหล่ำปลี
44				ฟักทอง
45	แป้งข้าวเจ้า	เนื้อวัว	แป้งถั่วเหลือง	แครอท
46				มะเขือเทศ
47				กะหล่ำปลี
48	แป้งข้าวเจ้า	ไข่ไก่	นมผง	ฟักทอง
49				แครอท
46				มะเขือเทศ
47	แป้งข้าวเจ้า	ไข่ไก่	นมผงขาดมันเนย	กะหล่ำปลี
48				ฟักทอง
49				แครอท
50	แป้งข้าวเจ้า	ไข่ไก่	นมผงขาดมันเนย	มะเขือเทศ
51				กะหล่ำปลี
52				ฟักทอง
53	แป้งข้าวเจ้า	ไข่ไก่	แป้งถั่วเหลือง	แครอท
54				มะเขือเทศ
55				กะหล่ำปลี
56				ฟักทอง

จากตารางที่ 4.5 รวมกลุ่มวัตถุดิบที่จัดได้ทั้งหมด 56 กลุ่ม และวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารอาหารที่สำคัญที่ศึกษา ปริมาณความชื้น และราคาจากการสำรวจในตลาดสดในเดือนพฤศจิกายน 2532 ดังในตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารอาหารในวัตถุดิบที่ใช้ในการหาสูตรอาหารเสริม (ต่อ 100 กรัมของ ส่วนที่กินได้) (39,40)

วัตถุดิบ	Cal	Prot. g	Fat g	P mg	Iron mg	Vit.A μg	Vit.B1 mg	Vit.B2 mg	ความชื้น %	* ราคา
แป้งข้าวเจ้า	366	6.4	0.8	135	1.9	0	0.10	0.05	11.8	1.4
ตับหมู	117	19.8	3.0	232	10.5	4200	0.29	0.19	73.2	7.0
ไข่ไก่	163	12.9	11.5	222	3.2	585	0.10	0.40	71.9	3.25
ไข่แดง	336	16.3	29.0	479	6.3	1207.5	0.24	0.47	52.1	3.25
เนื้อหมู	376	14.1	35.0	151	2.1	0	0.69	0.16	50.1	5.0
เนื้อไก่	200	20.2	12.6	200	1.5	122.5	0.08	0.16	66.2	3.4
เนื้อวัว	273	17.2	22.1	130	2.3	20	0.06	0.36	59.8	6.0
แป้งถั่วเหลือง	403	34.1	17.7	554	8.4	24	1.10	0.31	10.0	2.0
นมผง	490	26.0	26.6	740	0.9	300	0.20	1.00	3.8	10.0
นมผงขาด มันเนย	359	34.8	1.0	980	1.0	5	0.30	1.60	4.2	15.0
แครอท	37	1.1	0.3	38	1.2	3500	0.06	0.05	89.6	2.5
มะเขือเทศ	20	1.2	0.3	30	0.6	252.5	0.06	0.04	93.8	1.4
กะหล่ำปลี	22	1.6	0.3	31	0.8	140	0.06	0.06	93.0	1.5
ผักทอง	27	0.7	0.2	33	0.7	392.5	0.03	0.04	91.9	1.5

\* หมายเหตุ ราคาที่แสดงในตาราง หน่วยเป็นบาทต่ออาหาร 100 กรัม

ตารางที่ 4.7 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในวัตถุดิบที่ใช้ในการหาสูตรอาหารเสริม (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้) (39)

วัตถุดิบ	Isl.	Leu.	Lys.	Met.-Cys.	Phe.-Tyr.	Thr.	Trp.	Val.
แป้งข้าวเจ้า	296	558	281	228	546	253	77	375
ตับหมู	1031	1819	1475	706	1731	936	296	1239
ไข่ไก่	779	1127	859	705	1211	622	218	900
ไข่แดง	835	1409	1253	626	1332	783	248	887
เนื้อหมู	1318	1258	1518	764	1253	881	159	1040
เนื้อไก่	1293	1626	1859	941	1312	787	246	972
เนื้อวัว	825	1513	1568	764	1253	881	159	1040
แป้งถั่วเหลือง	2054	2946	2414	1191	3105	1504	526	2005
นมผง	1624	2370	2244	1204	2497	1073	424	1816
นมผงขาดมันเนย	2278	3177	3047	1374	3259	1542	441	2310
แครอท	23	36	34	12	38	27	8	34
มะเขือเทศ	15	30	36	8	65	23	6	17
กะหล่ำปลี	49	65	68	40	254	55	10	60
ฟักทอง	17	23	48	16	20	27	7	14

#### 4.4 การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมโดยการให้โปรแกรมเชิงเส้นตรง

เมื่อนำกลุ่มวัตถุดิบทั้ง 56 กลุ่มมาแก้สมการโดยโปรแกรมเชิงเส้นตรงสำเร็จรูป LINDO ด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แล้ว พบว่า โปรแกรมไม่สามารถแก้ปัญหาสมการของวัตถุดิบทั้ง 56 กลุ่มได้ ได้เป็น Non-feasible solution เมื่อตรวจสอบแล้ว พบว่า ในวัตถุดิบบางกลุ่มมีปัญหาเกี่ยวกับสารอาหารที่สำคัญ 2 ชนิดคือ ธาตุเหล็ก และวิตามินเอ โดยวัตถุดิบบางกลุ่มจะมีปริมาณธาตุเหล็กน้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนด และวัตถุดิบบางกลุ่มจะมีปริมาณวิตามินเอมากเกินไปมาตรฐานที่กำหนด โดยกลุ่มวัตถุดิบที่มีปัญหาเกี่ยวกับธาตุเหล็ก และวิตามิน เอมีทั้งหมด 8 สูตร และกลุ่มวัตถุดิบที่มีปัญหาเกี่ยวกับธาตุเหล็กเพียงอย่างเดียวมีทั้งหมด 21 สูตร ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาสมการให้ได้ผลลัพธ์ (Feasible solution) จึงเพิ่มวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็ก และวิตามินเอที่สำคัญด้วย ซึ่งวัตถุดิบที่เลือกใช้เพิ่มเติมจะสอดคล้องกับชนิดของวัตถุดิบที่มารดาต้องการและเป็นวัตถุดิบที่มีธาตุเหล็กและวิตามินเอสูง โดยเลือกจากตารางแสดงคุณค่าทางอาหารสำหรับวัตถุดิบทางเอเชียตะวันออกเฉียงและตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย (39,40) วัตถุดิบที่เลือกมาเพิ่มเติมได้แก่ แป้งข้าวเหนียว ไข่แดง และวิตามินเอสำเร็จรูปที่เป็นผง จากผลของการเพิ่มวัตถุดิบ ได้ผลลัพธ์เป็นสูตรอาหารทั้งหมด 7 สูตร โดยได้จากการเพิ่มแป้งข้าวเหนียว 5 สูตร และได้จากการเพิ่มไข่แดง 2 สูตร ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของการเติมแหล่งของธาตุเหล็กและวิตามินเอเพิ่มเติมในกลุ่มของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่เพิ่ม	ชนิดของวัตถุดิบในสูตรอาหารเสริมที่ได้
แป้งถั่วเหลือง	แป้งข้าวเจ้า + ตับหมู + นมผง + แป้งถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า + ตับหมู + กะหล่ำปลี + นมผง + แป้งถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า + ตับหมู + นมผงขาดมันเนย + แป้งถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า + ไข่ไก่ + แครอท + นมผง + แป้งถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า + ไข่ไก่ + แครอท + นมผงขาดมันเนย + แป้งถั่วเหลือง
ไข่แดง	แป้งข้าวเจ้า + นมผง + แป้งถั่วเหลือง + ไข่แดง แป้งข้าวเจ้า + นมผงขาดมันเนย + แป้งถั่วเหลือง + ไข่แดง
ตับหมู	ไม่ได้ผลลัพธ์ (Non-feasible solution)
วิตามินเอ	ไม่ได้ผลลัพธ์ (Non-feasible solution)

สูตรอาหารเสริมทั้ง 7 สูตรที่ได้ผลลัพธ์ดังกล่าว มีส่วนประกอบดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ส่วนประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารเสริมที่ได้จากโปรแกรม LINDO

สูตรที่	ส่วนประกอบ	ร้อยละ โดยน้ำหนัก(%)
1	แป้งข้าวเจ้า	60.21
	ตับหมู	10.47
	นมผง	14.32
	แป้งถั่วเหลือง	15.00
2	แป้งข้าวเจ้า	53.33
	ตับหมู	7.47
	กะหล่ำปลี	12.13
	นมผง	12.07
3	แป้งข้าวเจ้า	15.00
	แป้งข้าวเจ้า	70.35
	ตับหมู	11.00
	นมผงขาดมันเนย	8.65
4	แป้งข้าวเจ้า	10.00
	แป้งข้าวเจ้า	52.46
	ไข่ไก่	18.96
	แครอท	3.34
	นมผง	5.25
	แป้งถั่วเหลือง	19.99

ตารางที่ 4.9 ส่วนประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารเสริมที่ได้จากโปรแกรม LINDO (ต่อ)

สูตรที่	ส่วนประกอบ	ร้อยละ โดยน้ำหนัก (%)
5	แป้งข้าวเจ้า	55.02
	ไซโก	18.05
	แครอท	3.79
	นมผงขาดมันเนย	3.14
	แป้งถั่วเหลือง	20.00
6	แป้งข้าวเจ้า	54.02
	นมผง	2.32
	แป้งถั่วเหลือง	10.00
	ไซแดง	33.66
7	แป้งข้าวเจ้า	52.57
	นมผงขาดมันเนย	7.96
	แป้งถั่วเหลือง	5.00
	ไซแดง	34.47

สูตรอาหารเสริมที่ได้ทั้ง 7 สูตรมาคำนวณหาปริมาณสารอาหารและกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (3) ดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 จากผลพบว่า ทั้ง 7 สูตรมีปริมาณสารอาหารที่ศึกษาเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด



ตารางที่ 4.10 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข  
(ปริมาณต่อ 100 กิโลแคลอรี) (3)

สารอาหาร	มาตรฐาน	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6	สูตร 7
โปรตีน (g)	2.5	4.06	4.09	3.83	4.24	4.26	3.58	3.77
วิตามินเอ (μg)	ต่ำสุด 75 สูงสุด 150	133.77	113.59	136.07	75.15	75.06	114.76	117.09
วิตามินบี1 (mg)	0.04	0.078	0.083	0.07	0.092	0.094	0.069	0.06
วิตามินบี2 (mg)	0.06	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.093
เหล็ก (mg)	ต่ำสุด 1 สูงสุด 2	1.0	1.0	1.0	1.02	1.04	1.11	1.03
ฟอสฟอรัส (mg)	35	81.09	81.40	76.29	79.85	79.42	84.65	95.77

ตารางที่ 4.11 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในสูตรอาหารเสริมเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกระทรวง  
สาธารณสุข (มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน) (3)

กรดอะมิโน	มาตรฐาน	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6	สูตร 7
ไอโซลิวซีน	28	56.05	55.84	55.34	57.08	56.98	52.73	54.06
ลิวซีน	49	88.64	87.66	88.81	87.17	86.98	86.75	87.64
ไลซีน	38.5	68.26	67.56	66.10	65.09	64.43	66.84	70.07
เมทไธโอนีน								
-ซีลทิน	24.5	38.11	37.72	36.38	39.62	38.72	37.07	37.50
ฟีนิลอลานีน								
-ไทโรซีน	42	90.38	91.34	89.19	90.60	90.09	85.71	86.27
ทรีโอนีน	28	42.68	42.48	43.16	43.44	43.59	44.37	44.65
ทริปโตเฟน	7	14.71	14.58	13.57	14.95	14.56	14.46	13.92
วาเลีน	35	62.11	61.45	61.17	61.73	61.11	57.34	58.49

สูตรอาหารทั้ง 7 สูตรมีองค์ประกอบทางเคมีที่คำนวณได้ดังตารางที่ 4.12 จาก  
ตาราง พบว่า สูตรอาหารทั้ง 7 สูตรมีปริมาณความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบในช่วง  
16.81-25.0% ปริมาณโปรตีนในช่วง 12.97-14.75% ปริมาณไขมันในช่วง 2.77-12.57%  
ปริมาณเถ้าในช่วง 1.06-2.27% ปริมาณเส้นใยในช่วง 0.31-0.80% และปริมาณคาร์โบไฮเดรต  
ในช่วง 47.71-64.51%

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทั้ง 7 สูตรจากการคำนวณ (%)

องค์ประกอบทางเคมี	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6	สูตร 7
ความชื้น *	16.81	25.00	17.72	25.00	25.00	25.00	25.00
โปรตีน	14.75	13.34	13.09	14.01	13.80	12.97	13.45
ไขมัน	7.27	6.55	2.77	7.53	6.09	12.57	11.39
ถั่ว	2.27	2.13	1.84	2.06	2.00	1.06	1.24
เส้นใย	0.63	0.71	0.51	0.79	0.80	0.46	0.31
คาร์โบไฮเดรต	58.93	53.40	64.51	51.22	52.97	47.71	48.15

\* ปริมาณความชื้นในตาราง รวมปริมาณความชื้นของนมผง หรือนมผงขาดมันเนย

ปริมาณไขมันในส่วนผสมของวัตถุดิบ ควรมีอย่างน้อย 5% และส่วนผสมของวัตถุดิบควรมีปริมาณไขมันไม่เกิน 10% ดังกล่าวแล้วในข้อ 2.3.3.1 ก จากการคำนวณปริมาณไขมันในส่วนผสมของวัตถุดิบได้ผลดังตารางที่ 4.13 จากตารางจะเห็นว่า สูตรอาหารสูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 มีปริมาณอยู่ในช่วง 6.09-7.53% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนสูตรที่ 3 มีปริมาณไขมัน 2.77% ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ สำหรับสูตรที่ 6 และ 7 มีปริมาณไขมันในส่วนผสมของวัตถุดิบเป็น 12.57 และ 11.39% ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับการเลือกสูตรนั้นจะต้องพิจารณาถึงการนำแต่ละสูตรมาผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันในขั้นตอนต่อไปเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสูตรทั้งหมดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.13 ปริมาณไขมันในส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 7 สูตรจากการคำนวณ

สูตรที่	ปริมาณไขมัน (%)
1	7.27
2	6.55
3	2.77
4	7.53
5	6.09
6	12.57
7	11.39

#### 4.5 การศึกษาสูตรอาหารเสริมที่เหมาะสมโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชั่น

เนื่องจากว่าในงานวิจัยนี้ได้จำกัดปริมาณความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนนำเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ไว้ไม่ให้มีปริมาณเกิน 25 % ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนป้อนเข้าเครื่อง ซึ่งปริมาณความชื้นในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตรที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ แสดงในตารางที่ 4.14 จากตารางพบว่า ปริมาณความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 7 สูตรจากการวิเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง 16.15-25.04 % ส่วนความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 7 สูตรจากการคำนวณมีปริมาณอยู่ในช่วง 16.26-24.91 % ซึ่งจะเห็นว่า ความชื้นจากการวิเคราะห์มีปริมาณใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.14 ความชื้นในสูตรอาหาร 7 สูตรที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ (%)

สูตร	ความชื้น (คำนวณ)	ความชื้น (วิเคราะห์)
1	16.26	16.15
2	24.54	24.96
3	17.35	16.27
4	24.81	24.18
5	24.87	24.51
6	24.91	23.55
7	24.66	25.04

หมายเหตุ ปริมาณความชื้นในตารางไม่รวมปริมาณความชื้นของนมผง หรือนมผงขาดมันเนย

และจากการทดลองนำสูตรอาหารทั้ง 7 สูตรมาทดลองผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นพบว่า สูตรที่มีความเป็นไปได้ในการผลิตมี 5 สูตร คือ สูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 คือผลิตภัณฑ์เกิดการสุก และออกจากเครื่องอย่างสม่ำเสมอ สำหรับสูตรที่ 3 นั้นแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะออกจากเครื่องช้า แต่ก็ออกมาอย่างสม่ำเสมอเป็นเส้นตามต้องการ ส่วนสูตรที่ 6 และ 7 ผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องไม่สม่ำเสมอ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความหนาไม่สม่ำเสมอด้วย ทั้งนี้เนื่องจากสูตรทั้ง 2 มีไขมันอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์ที่แนะนำไว้ ดังนั้นจึงไม่พิจารณาสูตรที่ 6 และ 7 และนำสูตรที่ 1-5 ไปทดลองขั้นต่อไป

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของสูตรอาหารเสริมที่ได้ 5 สูตร ได้ผลดังตารางที่ 4.15 และ 4.16 จากตารางที่ 4.15 พบว่า คะแนนการยอมรับด้านสีในสูตรอาหารเสริมสูตรที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า ไข่ไก่ แครอท นมผงและแป้งถั่วเหลืองได้รับการยอมรับสูงสุด และมีความแตกต่างจากคะแนนการยอมรับของสูตรอาหารที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า ตับหมู นมผงและแป้งถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านลักษณะปรากฏ พบว่า

คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า ไซโก แครอท นมผงขาดมันเนยและแป้งถั่วเหลืองได้รับการยอมรับสูงสุด และมีความแตกต่างจากคะแนนการยอมรับของสูตรที่ 1 และ 2 (แป้งข้าวเจ้า ตับหมู กะหล่ำปลี นมผงและแป้งถั่วเหลือง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านการยอมรับรวมพบว่า สูตรที่ 5 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด และแตกต่างจากคะแนนการยอมรับของสูตรอาหารเสริมที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ จากตารางที่ 4.16 พบว่า คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์หลังละลายน้ำในผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำสุด และแตกต่างจากสูตรอาหารเสริมที่ 3 (แป้งข้าวเจ้า ตับหมู นมผงขาดมันเนยและแป้งถั่วเหลือง) 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ จะเห็นว่า สูตรอาหารที่ 1 และ 2 มีคะแนนการยอมรับต่ำและแตกต่างจากสูตรอาหารที่ 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.15 ผลของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเสริม 5 สูตรก่อนนำไปละลายน้ำ

สูตร	คะแนนทดสอบเฉลี่ย			
	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับรวม
1	2.61±0.59 <sup>b</sup>	2.39±0.76 <sup>a</sup>	1.94±0.97 <sup>b</sup>	2.50±0.69 <sup>b,c</sup>
2	2.72±0.45 <sup>a,b</sup>	2.39±0.68 <sup>a</sup>	1.94±0.97 <sup>b</sup>	2.44±0.68 <sup>c</sup>
3	2.78±0.53 <sup>a,b</sup>	2.50±0.69 <sup>a</sup>	2.39±0.89 <sup>a,b</sup>	2.61±0.83 <sup>a,b,c</sup>
4	2.94±0.23 <sup>a</sup>	2.39±0.59 <sup>a</sup>	2.22±0.97 <sup>a,b</sup>	2.89±0.74 <sup>a,b</sup>
5	2.83±0.37 <sup>a,b</sup>	2.39±0.68 <sup>a</sup>	2.61±0.76 <sup>a</sup>	2.94±0.78 <sup>a</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.16 ผลของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเสริม 5 สูตรหลังนำไปละลายน้ำ

สูตร	คะแนนทดสอบเฉลี่ย					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับรวม
1	2.39±0.83 <sup>b</sup>	2.17±0.69 <sup>a</sup>	2.00±0.82 <sup>a</sup>	2.00±0.58 <sup>b,c</sup>	1.83±0.96 <sup>b</sup>	2.00±0.75 <sup>b</sup>
2	2.67±0.58 <sup>a,b</sup>	2.45±0.60 <sup>a</sup>	2.11±0.74 <sup>a</sup>	1.94±0.70 <sup>c</sup>	2.11±0.94 <sup>b</sup>	2.11±0.66 <sup>b</sup>
3	2.72±0.56 <sup>a</sup>	2.50±0.60 <sup>a</sup>	2.33±0.67 <sup>a</sup>	2.44±0.50 <sup>a</sup>	2.94±0.23 <sup>a</sup>	2.64±0.85 <sup>a</sup>
4	2.94±0.23 <sup>a</sup>	2.44±0.60 <sup>a</sup>	2.00±0.75 <sup>a</sup>	2.33±0.67 <sup>a,b</sup>	2.61±0.76 <sup>a</sup>	2.58±0.98 <sup>a</sup>
5	2.89±0.31 <sup>a</sup>	2.50±0.50 <sup>a</sup>	2.28±0.73 <sup>a</sup>	2.44±0.50 <sup>a</sup>	2.83±0.37 <sup>a</sup>	2.64±0.78 <sup>a</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลในตารางที่ 4.15 และ 4.16 จะเห็นได้ว่า สูตรอาหารเสริมที่ 3, 4 และ 5 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงในทุกด้านทั้งก่อนและหลังละลายน้ำและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการเลือกสูตรเพียงสูตรเดียวเพื่อที่จะนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับของสูตร 3, 4 และ 5 พบว่า สูตรอาหารเสริมที่ 3 และ 5 มีคะแนนในทุกลักษณะสูงและใกล้เคียงกันมาก แต่เนื่องจากสูตร 3 ประกอบด้วยตัวยับยั้งซึ่งเป็นวัตถุอันตรายที่ค่อนข้างง่าย รวมทั้งมีกลิ่นเหม็นคาวมากในขณะเตรียม จึงไม่เลือกสูตรที่ 3 มาใช้ในงานวิจัย สำหรับสูตรที่ 4 นั้นพบว่า มีคะแนนการยอมรับในลักษณะเกือบทุกด้านต่ำกว่าสูตรที่ 5 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า ไข่ไก่ แครอท นมผงขาดมันเนยและแป้งถั่วเหลืองมาทดลองในขั้นตอนต่อไป

#### 4.6 การศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม

นำสูตรอาหารเสริมสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า ไข่ไก่ แครอท นมผงขาดมันเนย และแป้งถั่วเหลืองมาศึกษาหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม การศึกษาสภาวะการผลิตของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นโดยแปรความเร็วสกรูอัด และอุณหภูมิของโซนที่ 2 : โซนที่ 3 ผลของการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก่อนละลายน้ำได้ผลดังตารางที่ 4.17 และ 4.18 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลังละลายน้ำได้ผลดังตารางที่ 4.19, 4.20 4.21 และ 4.22 นอกจากนี้ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.17 คະแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสภาวะการผลิตต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมก่อนละลายน้ำ

A	B	คະแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส			
		สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับรวม
A1	B1	23.13±4.34 <sup>a</sup>	21.50±7.81 <sup>a</sup>	24.50±3.00 <sup>a</sup>	69.13±10.14 <sup>a,b</sup>
	B2	22.50±4.18 <sup>a</sup>	19.38±4.15 <sup>a</sup>	22.75±3.70 <sup>a</sup>	64.63±9.01 <sup>a,b</sup>
	B3	24.88±5.42 <sup>a</sup>	24.25±10.32 <sup>a</sup>	25.38±2.50 <sup>a</sup>	74.50±17.44 <sup>a</sup>
A2	B1	19.38±8.08 <sup>a,b</sup>	21.00±5.32 <sup>a</sup>	22.25±2.99 <sup>a</sup>	62.63±11.97 <sup>a,b</sup>
	B2	18.88±4.59 <sup>a,b</sup>	21.63±6.85 <sup>a</sup>	22.88±3.59 <sup>a</sup>	63.38±11.98 <sup>a,b</sup>
	B3	24.63±4.79 <sup>a</sup>	23.38±5.66 <sup>a</sup>	25.00±2.87 <sup>a</sup>	73.00±10.71 <sup>a</sup>
A3	B1	22.50±4.39 <sup>a</sup>	25.13±6.45 <sup>a</sup>	25.38±3.20 <sup>a</sup>	73.00±10.11 <sup>a</sup>
	B2	20.50±5.48 <sup>a,b</sup>	19.50±8.00 <sup>a</sup>	24.38±3.46 <sup>a</sup>	64.38±12.04 <sup>a,b</sup>
	B3	15.75±8.36 <sup>b</sup>	21.13±11.59 <sup>a</sup>	23.75±3.27 <sup>a</sup>	60.63±15.57 <sup>b</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ



ความเชื่อมั่น 95%

โดยที่ A เป็นตัวแปรแทนอุณหภูมิโซนที่ 2 : โซนที่ 3

B เป็นตัวแปรแทนความเร็วสกรูอัด

A1 = 160:160 °C

B1 = 100 รอบต่อนาที

A2 = 170:170 °C

B2 = 150 รอบต่อนาที

A3 = 180:180 °C

B3 = 200 รอบต่อนาที

กำหนดให้

A1B1 เป็นสภาวะที่ 1      A2B1 เป็นสภาวะที่ 4      A3B1 เป็นสภาวะที่ 7

A1B2 เป็นสภาวะที่ 2      A2B2 เป็นสภาวะที่ 5      A3B2 เป็นสภาวะที่ 8

A1B3 เป็นสภาวะที่ 3      A2B3 เป็นสภาวะที่ 6      A3B3 เป็นสภาวะที่ 9

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการผลิตต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมก่อนละลายน้ำ

SOV	D.F.	ค่า F ของลักษณะทางประสาทสัมผัส			
		สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับรวม
A	2	4.82 <sup>*</sup>	0.01	0.77	0.84
B	2	0.48	1.04	1.07	1.82
AB	4	4.58 <sup>*</sup>	0.72	1.18	2.98 <sup>*</sup>

\* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก่อนละลายน้ำในตารางที่ 4.18 พบว่าอุณหภูมิของโซนที่ 2 : โซนที่ 3 และความเร็วสกรูอัด ไม่มีผลต่อกลิ่นและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารเสริม โดยคะแนนการยอมรับของกลิ่นอยู่ในช่วง 19.38-25.13 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงกลิ่นไม่หอมจนถึงหอมปานกลาง และคะแนนการยอมรับของลักษณะปรากฏอยู่ในช่วง

22.25-25.38 คະแนน ซึ่งอยู่ในช่วงเนื้อละเอียดดีมาก แต่ผลรวมของตัวแปรทั้ง 2 มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อนละลายน้ำดังนี้

ก. สีของผลิตภัณฑ์ก่อนละลายน้ำ โดยสภาวะการผลิตกลุ่มที่ได้รับการยอมรับสูง และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สภาวะการผลิตที่ 1-8 ส่วนสภาวะการผลิตที่ 9 ซึ่งได้รับการยอมรับต่ำสุด มีคະแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสภาวะที่ 4, 5 และ 8 แต่มีคະแนนการยอมรับแตกต่างจากสภาวะ 1, 2, 3, 6 และ 7 เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่า สภาวะกลุ่มที่น่าเป็นไปได้ซึ่งได้รับการยอมรับสูง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สภาวะการผลิตที่ 1, 2, 3, 6 และ 7 โดยมีคະแนนการยอมรับทางด้านสีอยู่ในช่วงคະแนน 22.5-24.88 คະแนนซึ่งเป็นช่วงสีเหลืองเข้มจนถึงอ่อนหรือครีม ส่วนสภาวะการผลิตอื่นที่มีการยอมรับต่ำ จะเป็นสภาวะที่ใช้อุณหภูมิในการผลิตค่อนข้างสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม

ข. การยอมรับรวม โดยสภาวะกลุ่มที่ได้รับการยอมรับสูง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สภาวะที่ 1-8 ส่วนสภาวะที่ 9 ได้รับการยอมรับต่ำสุด และมีคະแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสภาวะที่ 1, 2, 4, 5 และ 8 แต่จะแตกต่างจากสภาวะที่ 3, 6 และ 7 เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่า สภาวะกลุ่มที่น่าเป็นไปได้ซึ่งได้รับการยอมรับสูง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สภาวะการผลิตที่ 3, 6 และ 7 สำหรับสภาวะการผลิตที่ได้รับการยอมรับต่ำ จะเป็นสภาวะที่ใช้อุณหภูมิก่อนข้างสูงในการผลิต ซึ่งนอกจากจะมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังมีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ด้วย

ตารางที่ 4.19 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการผลิตต่างๆของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำ

A	B	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ย							
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส		ลักษณะปรากฏ		
					ความสากลิ้น	ความระคายคอ	ความข้น	ความเนียน	การยอมรับรวม
A1	B1	8.31±1.09	12.13±2.42	13.13±4.68	6.63±1.49	7.63±1.41	7.75±1.98	7.56±1.96	63.13±6.73
	B2	8.31±1.20	11.13±2.67	13.75±4.99	7.0±1.87	7.88±1.76	7.88±1.54	8.31±1.20	64.25±9.82
	B3	8.38±1.41	12.38±4.44	17.75±6.26	7.25±1.64	8.69±0.90	7.69±1.98	8.56±1.31	70.69±12.67
A2	B1	7.81±1.69	11.0±3.39	12.88±3.69	6.75±1.09	8.56±0.85	8.25±1.48	8.13±1.27	63.38±7.55
	B2	7.31±2.33	13.0±3.20	14.38±5.22	7.25±0.97	8.56±1.10	8.13±2.09	8.13±1.62	65.0±11.53
	B3	8.13±0.93	11.75±5.19	14.38±5.79	7.25±2.22	8.44±1.31	9.5±0.71	8.38±1.49	67.81±14.08
A3	B1	7.63±2.06	11.88±3.26	14.75±4.68	8.13±1.27	8.63±0.86	8.13±1.36	8.0±1.94	66.63±12.01
	B2	6.75±1.64	12.13±3.41	17.75±6.81	8.25±1.39	8.75±0.97	8.38±0.86	8.0±1.41	70.0±10.44
	B3	6.13±2.62	13.25±5.38	16.38±5.38	8.75±1.09	8.88±0.78	8.25±1.56	8.0±1.87	71.75±10.91

โดยที่ A เป็นตัวแปรแทนอุณหภูมิโซนที่ 2 : โซนที่ 3

B เป็นตัวแปรแทนความเร็วสกรูอัด

A1 = 160:160 °C

A2 = 170:170 °C

A3 = 180:180 °C

B1 = 100 รอบต่อนาที

B2 = 150 รอบต่อนาที

B3 = 200 รอบต่อนาที

กำหนดให้

A1B1	เป็นสภาวะที่ 1	A2B1	เป็นสภาวะที่ 4	A3B1	เป็นสภาวะที่ 7
A1B2	เป็นสภาวะที่ 2	A2B2	เป็นสภาวะที่ 5	A3B2	เป็นสภาวะที่ 8
A1B3	เป็นสภาวะที่ 3	A2B3	เป็นสภาวะที่ 6	A3B3	เป็นสภาวะที่ 9

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่  
สภาวะการผลิตต่างๆในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำ

SOV	DF.	ค่า F ของลักษณะทางประสาทสัมผัส							
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส		ลักษณะปรากฏ		การยอมรับรวม
					ความสากลิ้น	ความระคายคอ	ความชื้น	ความเนียน	
A	2	6.21*	0.27	2.51	6.90*	2.88	1.68	0.23	2.40
B	2	0.65	0.46	2.94	0.96	0.96	0.50	0.88	4.20*
AB	4	1.01	0.74	1.17	0.07	0.81	0.67	0.53	0.28

\* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.21 การเปรียบเทียบคะแนนความชอบเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำ

อุณหภูมิโซน 2:3	คะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส	
	สี	ความสากลิ่น
16๐:16๐ °C	8.33 ± 1.24 <sup>a</sup>	6.96 ± 1.70 <sup>b</sup>
17๐:17๐ °C	7.75 ± 1.78 <sup>a,b</sup>	7.๐8 ± 1.55 <sup>b</sup>
18๐:18๐ °C	6.83 ± 2.23 <sup>b</sup>	8.38 ± 1.28 <sup>a</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.22 การเปรียบเทียบคะแนนความชอบเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะความเร็วสกรูอัดต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำ

ความเร็วสกรูอัด (รอบต่อนาที)	คะแนนการยอมรับเฉลี่ย
10๐	64.38 ± 9.21 <sup>b</sup>
15๐	66.42 ± 1๐.92 <sup>a</sup>
2๐๐	7๐.๐8 ± 12.73 <sup>a</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลัง

ละลายน้ำในตารางที่ 4.20 พบว่าอุณหภูมิของโซนที่ 2: โซนที่ 3 และความเร็วสกรูอัดไม่มีผลต่อลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ความระคายคอ ความชื้น และความเนียนของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำ โดยคะแนนการยอมรับของกลิ่นอยู่ในช่วง 11.0-13.25 คะแนน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งมีลักษณะอยู่ในช่วงกลิ่นหอมปานกลาง คะแนนการยอมรับของกลิ่นจะอยู่ในช่วง 12.88-17.75 คะแนน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งมีลักษณะอยู่ในช่วงรสชาติอ่อนไปจนถึงพอใช้ได้ คะแนนการยอมรับของความระคายคอจะอยู่ในช่วง 7.63-8.88 คะแนน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งมีลักษณะอยู่ในช่วงระคายคอเล็กน้อยจนถึงไม่ระคายคอคะแนนการยอมรับด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 7.69-9.5 คะแนน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งมีลักษณะอยู่ในช่วงชื้นมากจนถึงชื้นกำลังดี ส่วนความเนียนของผลิตภัณฑ์ จากตารางเดียวกัน พบว่าคะแนนการยอมรับของความเนียนของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 7.56-8.56 คะแนน ซึ่งมีลักษณะอยู่ในช่วงเนื้อเนียนปานกลางจนถึงเนื้อเนียนดีมาก แต่อุณหภูมิโซนที่ 2:3 มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำดังนี้

ก. สีของผลิตภัณฑ์หลังละลายน้ำ จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในตารางที่ 4.21 พบว่า ที่อุณหภูมิ 160 °C ให้ผลการยอมรับทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 170 °C อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนที่อุณหภูมิ 180 °C นั้นให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับต่ำ และไม่มีแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 170 °C อย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบ จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิสูงกว่าจะให้การยอมรับทางด้านสีต่ำลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 180 °C ซึ่งให้สีภาวะการผลิตที่มีคะแนนการยอมรับต่ำมาก (สภาวะที่ 8 และ 9 โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.13-6.75 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงสีเหลืองเข้ม) สำหรับสีภาวะการผลิตอื่น จะมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.31-8.38 คะแนน ซึ่งมีลักษณะของสีอยู่ในช่วงสีเหลืองเข้มจนถึงสีเหลืองอ่อนถึงครีม

ข. ความสากลิ้นของผลิตภัณฑ์หลังละลายน้ำ จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในตารางที่ 4.21 จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิสูง (180 °C) จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการยอมรับสูง และแตกต่างจากคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตที่อุณหภูมิ 160 และ 170 °C อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิ 180 °C จะมีคะแนนการยอมรับทางด้านความสากลิ้นเท่ากับ 8.38 คะแนน ซึ่งมีลักษณะอยู่ในช่วงไม่สากลิ้น ในขณะที่ที่อุณหภูมิ 160 และ 170 °C จะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.96-7.08 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงสากลิ้นเล็กน้อยจนถึงไม่สากลิ้น

นอกจากนี้ จากตารางที่ 4.20 พบว่า ความเร็วสกรูอัดมีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ ในตารางที่ 4.22 จะเห็นว่าที่ความเร็วสกรูอัด 150 และ 200 รอบต่อนาทีให้ผลิตภัณฑ์

ที่มีการยอมรับแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความเร็วสกรูอัด 100 รอบต่อนาทีอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเร็วสกรูอัดสูง (150 และ 200 รอบต่อนาที) จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าคืออยู่ในช่วง 6.64-7.01 คะแนน ในขณะที่ที่ความเร็วสกรูอัด 100 รอบต่อนาทีจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.44 คะแนน

ตารางที่ 4.23 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่สภาวะการผลิตต่างๆ

A	B	สมบัติทางกายภาพ			
		WAI	WSI	ความหนาแน่น (g/ml)	ความหนืด (centipoise)
A1	B1	265.0±8.66 <sup>d</sup>	6.29±0.02 <sup>bcd</sup>	0.71±0.01 <sup>c</sup>	1630 ± 14 <sup>m</sup>
	B2	277.5±4.33 <sup>cd</sup>	6.06±0.03 <sup>cd</sup>	0.73±0.01 <sup>c</sup>	1706 ± 17 <sup>m</sup>
	B3	287.5±8.29 <sup>c</sup>	6.44±0.02 <sup>abc</sup>	0.73±0.01 <sup>c</sup>	2666 ± 36 <sup>d</sup>
A2	B1	325.0±8.66 <sup>ab</sup>	6.09±0.15 <sup>cd</sup>	0.72±0.02 <sup>c</sup>	2733 ± 57 <sup>cd</sup>
	B2	315.0±15.0 <sup>b</sup>	6.96±0.02 <sup>a</sup>	0.69±0.01 <sup>bc</sup>	2993 ± 87 <sup>bc</sup>
	B3	315.0±8.66 <sup>b</sup>	6.99±0.14 <sup>a</sup>	0.73±0.01 <sup>c</sup>	3046 ± 176 <sup>b</sup>
A3	B1	327.5±12.99 <sup>ab</sup>	6.66±0.19 <sup>ab</sup>	0.69±0.01 <sup>bc</sup>	4080 ± 155 <sup>m</sup>
	B2	345.0±8.66 <sup>a</sup>	6.02±0.22 <sup>d</sup>	0.64±0.01 <sup>a</sup>	4300 ± 123 <sup>m</sup>
	B3	330.0±10.0 <sup>ab</sup>	6.98±0.10 <sup>a</sup>	0.66±0.02 <sup>ab</sup>	4140 ± 58 <sup>m</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความหนืดของผลิตภัณฑ์วัดโดยใช้ Brookfield viscometer ใช้เข็มเบอร์ 4 ความเร็วรอบในการหมุน 20 รอบต่อนาที

โดยที่ A เป็นตัวแปรแทนอุณหภูมิโซนที่ 2 : โซนที่ 3

B เป็นตัวแปรแทนความเร็วสกรูอัด

$$A1 = 160:160^{\circ}\text{C}$$

$$B1 = 100 \text{ รอบต่อนาที}$$

$$A2 = 170:170^{\circ}\text{C}$$

$$B2 = 150 \text{ รอบต่อนาที}$$

$$A3 = 180:180^{\circ}\text{C}$$

$$B3 = 200 \text{ รอบต่อนาที}$$

กำหนดให้

A1B1	เป็นสภาวะที่ 1	A2B1	เป็นสภาวะที่ 4	A3B1	เป็นสภาวะที่ 7
A1B2	เป็นสภาวะที่ 2	A2B2	เป็นสภาวะที่ 5	A3B2	เป็นสภาวะที่ 8
A1B3	เป็นสภาวะที่ 3	A2B3	เป็นสภาวะที่ 6	A3B3	เป็นสภาวะที่ 9

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ที่สภาวะการผลิตต่างๆ

SOV	D.F.	สมบัติทางกายภาพ			
		WAI	WSI	ความหนาแน่น	ความหนืด
A	2	81.09 <sup>*</sup>	9.16 <sup>*</sup>	27.87 <sup>*</sup>	740.69 <sup>*</sup>
B	2	1.11	13.81 <sup>*</sup>	3.41	34.93 <sup>*</sup>
AB	4	3.28 <sup>*</sup>	10.77 <sup>*</sup>	3.24 <sup>*</sup>	21.46 <sup>*</sup>

\* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพในตารางที่ 4.24 พบว่าผลรวมของอุณหภูมิและความเร็วสกรูอัดมีผลต่อค่าการดูดน้ำ ค่าการละลาย ความหนาแน่น และความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยที่อุณหภูมิสูง และความเร็วสกรูอัดสูง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดมากกว่า โดยมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 4080-4300 เซ็นติพอยส์ (ตารางที่ 4.23) ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่สภาวะคล้ายกันคือ อุณหภูมิสูง และความเร็วสกรูอัดค่อนข้างสูง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า โดยค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคือ 0.64-0.66 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.23) ค่าการดูดน้ำของผลิตภัณฑ์



ที่อุณหภูมิสูง และความเร็วสกรูอัดค่อนข้างสูง โดยอยู่ในช่วง 325-345 (ตารางที่ 4.23) และ  
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และที่สภาวะอุณหภูมิค่อนข้างสูง และความเร็วสกรูอัดสูง  
จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการละลายน้ำสูงขึ้น ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคือ  
6.44-6.99 จากตารางที่ 4.23 เช่นเดียวกัน

จากผลของการประเมินผลทางประสาทสัมผัส และผลของการวิเคราะห์สมบัติทางกาย  
ภาพของผลิตภัณฑ์ เลือกสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่สุดมา 1 สภาวะซึ่งได้แก่ สภาวะการผลิตที่ 7  
โดยมีอุณหภูมิโซนที่ 2:3 เป็น 180:180 °C และความเร็วสกรูอัด 100 รอบต่อนาที การที่เลือก  
สภาวะการผลิตดังกล่าวเพราะเป็นสภาวะการผลิตที่ให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับ และมีสมบัติทางกาย  
ภาพที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมก่อนละลายน้ำ



รูปที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลังละลายน้ำ

#### 4.7 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตที่สภาวะการผลิตที่อุณหภูมิ 180:180 °C และความเร็วสกรูอัด 100 รอบต่อนาที ไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น (โดยศูนย์เครื่องมือวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) วิตามินเอ บีหนึ่ง บีสอง ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัส (โดยกรม วิทยาศาสตร์การแพทย์) เปรียบเทียบกับมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข และค่าที่ได้ จากการคำนวณ โดยปริมาณสารอาหารที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 4.25 และปริมาณกรดอะมิโนที่ จำเป็น แสดงในตารางที่ 4.26

จากตารางที่ 4.25 พบว่า ปริมาณสารอาหารที่ศึกษาส่วนมากเป็นไปตามมาตรฐานของ กระทรวงสาธารณสุข โดยปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์นั้นมีค่าเท่ากับ 6.0 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี ซึ่งมากกว่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดไว้ว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสำหรับเด็กอ่อนควรมีปริมาณโปรตีนอย่างน้อย 2.5 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี) วิตามินเอที่ได้จากการ วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เป็น 70.6 ไมโครกรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี) ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าที่มาตรฐาน กำหนด (75-150 ไมโครกรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี) สำหรับวิตามินบีหนึ่งนั้น พบว่า มีปริมาณ เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ในขณะที่ วิตามินบีสองนั้น มีปริมาณเป็นไปตามมาตรฐานเช่นเดียวกันคือ มีปริมาณเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม ต่อ 100กิโลแคลอรี จากการวิเคราะห์ธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 0.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี ซึ่งใกล้เคียงกับมาตรฐานที่กำหนดให้อยู่ในช่วง 1-2 มิลลิกรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี และธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณเท่ากับ 72.23 มิลลิกรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี และ เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดที่กำหนดให้มีปริมาณฟอสฟอรัสอย่างต่ำ 35 มิลลิกรัมต่อ 100 กิโล แคลอรี จากตารางที่ 4.26 จะเห็นว่า จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.25 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารเสริมเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ต่อ 100 กิโลแคลอรี)

สารอาหาร	มาตรฐาน	สูตรอาหารที่ได้
โปรตีน (g)	2.5	5.95
วิตามิน เอ (ug)	75-150	70.6
วิตามิน บีหนึ่ง (mg)	0.04	0.04
วิตามิน บีสอง (mg)	0.06	0.06
เหล็ก (mg)	1-2	0.98
ฟอสฟอรัส (mg)	35	72.23

ตารางที่ 4.26 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในสูตรอาหารเสริมเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน)

กรดอะมิโนที่จำเป็น	มาตรฐาน	สูตรอาหารที่ได้
ไอโซลิวซีน	28	46
ลิวซีน	49	81
ไลซีน	38.5	51
เมทไธโอนีนและซิสทีน	24.5	38
ฟีนิลอะลานีนและไทโรซีน	42	88
ทรีโอนีน	28	40
ทริปโตเฟน	7	---
วาเลีน	35	53

\* ปริมาณของทริปโตเฟนไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากกรรมวิธีในการย่อยโปรตีนซึ่งในการที่

จะได้ค่าของกรดอะมิโนชนิดที่มีซัลเฟอร์นั้น จำเป็นต้องนำสารละลายโปรตีนที่ย่อยแล้ว มาผ่าน Acid hydrolysis อีกขั้นหนึ่ง ซึ่งการใช้วิธีนี้จะทำให้ไม่ได้ค่าของทริปโตเฟนออกมาด้วย เพราะ Acid hydrolysis จะทำลายทริปโตเฟน การหาปริมาณทริปโตเฟนต้องใช้วิธี Alkali hydrolysis เช่น ใช้ NaOH และใช้ Colorimetric method วัตถุประสงค์ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (1)

ตารางที่ 4.27 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากการวิเคราะห์ (%)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
โปรตีน	19.28
ไขมัน	5.79
ถั่ว	2.41
เส้นใย	0.98
คาร์โบไฮเดรต	71.24

นำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ความชื้น ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง และทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการยอมรับของผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บต่างกัน ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นดังในตารางที่ 4.28 ปริมาณวิตามินบีหนึ่งดังในตารางที่ 4.28 และจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 4.29 และ 4.30

ตารางที่ 4.28 ปริมาณความชื้นและวิตามินบีหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ระยะเวลาการเก็บ  
ต่างๆ (เดือน)

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (mg/100kcal)
0	3.66 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.04
1	3.79 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.03
2	4.11 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.02
3	4.20 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.02

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  
ความเชื่อมั่น 95%

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บต่างๆดังตารางที่ 4.28 พบว่า เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บ 1 เดือนมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญ และผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 2 และ 3 เดือนแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บและผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 1 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณความชื้นเป็นไปตามที่มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขกำหนด คือ ต้องมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5% (3)

จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง ในผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บต่างกันดังในตารางที่ 4.28 จะเห็นว่า ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง ในผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บมีปริมาณเป็นไปตามมาตรฐานของ กระทรวงสาธารณสุข และมีปริมาณลดลงเมื่อมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.29 คະแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ก่อนละลายน้ำ

อายุการเก็บ (เดือน)	คະแนนการยอมรับของประสาทสัมผัสเฉลี่ย	
	สี	กลิ่น
0	6.93±1.02 <sup>a</sup>	8.14±1.07 <sup>a</sup>
1	7.00±1.00 <sup>a</sup>	7.86±0.90 <sup>a</sup>
2	6.71±0.95 <sup>a</sup>	7.43±1.27 <sup>a</sup>
3	6.71±1.11 <sup>a</sup>	7.71±0.76 <sup>a</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก่อนละลายน้ำ พบว่า ลักษณะทางด้านสี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยคະแนนการยอมรับของสีอยู่ในช่วง 6.71-7.0 คະแนน ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างสีเหลืองเข้มแต่ยังยอมรับได้จนถึงสีเหลือง คະแนนการยอมรับด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 7.43-8.14 คະแนน ซึ่งอยู่ในช่วงกลิ่นหอมปกติและไม่มีกลิ่นแปลกปลอม และผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ



ตารางที่ 4.30 คະแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆในผลิตภัณฑ์หลังละลายน้ำ

อายุการเก็บ (เดือน)	คະแนนการยอมรับของประสาทสัมผัสเฉลี่ย		
	สี	กลิ่น	รสชาติ
0	7.79±0.91 <sup>a</sup>	8.50±0.65 <sup>a</sup>	7.86±0.69 <sup>a</sup>
1	7.29±1.11 <sup>a</sup>	8.07±0.84 <sup>a,b</sup>	8.00±0.58 <sup>a</sup>
2	7.29±1.11 <sup>a</sup>	8.00±0.58 <sup>a,b</sup>	8.14±0.69 <sup>a</sup>
3	7.71±0.49 <sup>a</sup>	7.57±0.98 <sup>b</sup>	8.00±1.0 <sup>a</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลังละลายน้ำดังตาราง พบว่า ลักษณะด้านสีและรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 1 และ 2 เดือนมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญ และผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 3 เดือนมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บและที่มีอายุ 1 และ 2 เดือนอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยสีของผลิตภัณฑ์มีคະแนนอยู่ในช่วง 7.29-7.79 คະแนน ซึ่งอยู่ในช่วงสีเหลือง ด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ มีคະแนนในช่วง 7.57-8.50 คະแนน ซึ่งอยู่ในช่วงกลิ่นหอมปกติและไม่มีการเปลี่ยนแปลงปลอม ในด้านรสชาติ มีคະแนนในช่วง 7.86-8.14 คະแนน ซึ่งอยู่ในช่วงรสชาติปกติ และผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบในทุกด้าน