

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทำข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋อง

จากการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยใช้ปริมาณน้ำ 130 120 110 100 90 และ 80 กรัม ต่อน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 100 กรัม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ranking Test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เมื่อหาค่า Chi-Square พบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทำข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องมีผลต่ออันดับความชอบของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยที่ผู้บริโภคมีความชอบรับประทานข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องในอัตราส่วนปริมาณน้ำ ต่อ น้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 110 : 100 กรัม มากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ต่อข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องในอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 120 : 100 และ 100 : 100 กรัม

ลักษณะปรากฏของข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องในปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน พบว่าลักษณะของข้าวกล้องในปริมาณน้ำ 130 กรัม จะให้ข้าวที่มีลักษณะแฉะเหนียวติดกัน เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีมากเกินไป เมื่อให้ความร้อนจะทำให้อะไมโลส (amylose) ในแป้งข้าวละลายน้ำและดูดน้ำได้มากขึ้น เกิดการพองตัวและเกิดการเจลาติไนส์เซชัน (gelatinization) ทำให้เม็ดแป้ง (starch) แยกออกเป็นเจลจากเม็ดข้าว ส่งผลให้ข้าวมีลักษณะเหนียวเป็นเจลเกาะตัวกัน (นิธิยา, 2539) ลักษณะของข้าวกล้องในปริมาณน้ำ 120 110 และ 100 กรัม มีลักษณะเหนียวนุ่ม เม็ดข้าวเกาะติดกัน เนื่องจากปริมาณน้ำที่สามารถทำให้เม็ดข้าวเกิดการพองตัว และแป้งข้าวเกิดเจลาติไนส์เซชัน ลักษณะของข้าวกล้องในปริมาณน้ำ 90 และ 80 กรัม มีลักษณะร่วน แข็ง เม็ดข้าวไม่เกาะตัวกัน เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีไม่เพียงพอให้เม็ดข้าวเกิดการพองตัว แยกออกเป็นเจลจากเม็ดข้าวได้

ลักษณะปรากฏข้าวกล้องที่นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋อง จะไม่มีลักษณะเหนียวติดกันเหมือนข้าวเหนียว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเมื่อต้มให้สุกแล้วจะมีคุณสมบัติคืนตัว (retrogration) ข้าวที่ได้จะร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (งามชื่น, 2531)

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ranking Test

สิ่งทดลอง	อัตราส่วน น้ำ : น้ำหนักรวมวัตถุดิบ	Total Rank
1	130:100	144 <sup>b</sup>
2	120:100	129 <sup>ab</sup>
3	110:100	106 <sup>a</sup>
4	100:100	130 <sup>ab</sup>
5	90:100	143 <sup>b</sup>
6	80:100	188 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b และ c แสดงความแตกต่างในสิ่งทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบทางกายภาพโดยการวัดอัตราการยืดของข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจกระป๋อง พบว่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) หลังการบรจกระป๋อง ข้าวที่หุงต้มในปริมาณน้ำน้อยจะมีลักษณะ แข็ง ร่วน และมีอัตราการยืดตัวของเมล็ดน้อยกว่าข้าวที่หุงต้มในปริมาณน้ำมากทั้งนี้ปริมาณน้ำที่มาก การพองตัวของเมล็ดข้าวจะสูง (ตาราง 4.2) จากการสังเกตยังพบว่าเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบโดยเฉพาะด้านยาว ซึ่งเกิดจากเมล็ดข้าวดูดน้ำเข้าไปในระหว่างการหุงต้ม การที่เมล็ดข้าวยืดตัวได้มากหรือขยายตัวได้มากจะทำให้เนื้อภายในโป่งขึ้นไม่อัดแน่น และช่วยทำให้ข้าวนุ่มมากขึ้น (งามชื่น, 2531)

จากการวัดค่าแรงกด และแรงเฉือนให้ผล ดังตาราง 4.2 พบว่า สิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจกระป๋องที่มีอัตราส่วนปริมาณน้ำมากที่สุดจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มเนื่องจากให้ค่าแรงกดย่อยที่สุดคือ  $245.60 \pm 7.97$  นิวตัน และถ้ามีส่วนผสมของน้ำน้อยลงจะมีแนวโน้มแข็งขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำที่มาก ส่งผลให้เมล็ดข้าวขยายตัวได้มากและสามารถก่อเจลได้ดี ข้าวที่ขยายตัวได้มากจะทำให้เนื้อภายในโป่งไม่อัดแน่น ข้าวที่ได้จึงนุ่มมากขึ้น (งามชื่น, 2531)

ตาราง 4.2 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวกล้องและลักษณะเนื้อสัมผัส (hardness)

สิ่งทดลอง	อัตราส่วน น้ำ : น้ำหนักรวมวัตถุดิบ	elongation ratio	Hardness (นิวตัน)
1	130:100	1.180±0.005 <sup>a</sup>	245.60±7.97 <sup>a</sup>
2	120:100	1.135±0.016 <sup>ab</sup>	347.42±28.46 <sup>b</sup>
3	110:100	1.130±0.016 <sup>ab</sup>	455.75±12.37 <sup>c</sup>
4	100:100	1.105±0.039 <sup>b</sup>	545.04±18.14 <sup>d</sup>
5	90:100	1.089±0.038 <sup>b</sup>	630.53±3.63 <sup>e</sup>
6	80:100	1.074±0.048 <sup>b</sup>	750.71±18.74 <sup>f</sup>

จากการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋อง พบว่าน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 100:100 กรัม ผู้บริโภคมีความชอบไม่แตกต่างกับน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 110:100 กรัม ซึ่งผู้บริโภคชอบมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบทางกายภาพค่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ไม่มีความแตกต่างกัน จากผลการทดลองของชัชวาลในการทำแบบสอบถามข้าวกล้องบรจุกระป๋อง พบว่าผู้บริโภคมีความเห็นว่า น้ำหนักบรจุ 150-180 กรัม เหมาะสมที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.9 (ชัชวาล, 2544)

ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนน้ำหนักน้ำ 100 กรัม ต่อน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 100 กรัม จะได้น้ำหนักทั้งหมด (total weight) ของข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋อง 200 กรัม เพื่อทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

#### 4.2 การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความชอบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋อง

จากปัจจัยที่ใช้ทำข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋อง ทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ข้าวกล้อง ข้าวโพด ลูกเดือย ถั่วลิสง ถั่วลันเตา ถั่วลิสง และงา กำหนดปัจจัยข้าวกล้องให้คงที่ จึงมี 5 ปัจจัย วางแผนการทดลองโดยใช้ Plackett Burman and Design จัดระดับของปัจจัยเป็นระดับสูง (high level) และระดับต่ำ (low level) และดำเนินการทดลองตามแผน N = 8 ผลการคัดเลือกปัจจัยดังตาราง 4.3 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะในด้านสี ได้แก่ ลูกเดือย ถั่วลันเตา ถั่วลิสง และงา โดยมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ทั้งนี้เนื่องจาก

ลูกเด็ยและงามีสีขาว สามารถติดสีแดงของเปลือกถั่วลิสง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลแดง ส่วนถั่วลิสงทำให้สีเขียวเข้มซึ่งเป็นสีของฟีโอฟิติน (pheophytin) ได้จากคลอโรฟิลล์ที่มีสีเขียวถูกความร้อนสูงทำให้แมกนีเซียมหลุดออกไปจากโมเลกุล (นิธิยา, 2539) และปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลูกเด็ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 เนื่องจาก ลูกเด็ยมีกลิ่นหืนเนื่องจากที่สัมผัสกับอากาศทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย

ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ คือ ลูกเด็ย ถั่วลิสง และงา ซึ่งจะนำไปศึกษาหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

ตาราง 4.3 อิทธิพลของวัตถุดิบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส และผลการวิเคราะห์จากการคำนวณค่า T-test

สิ่งทดลอง	ลักษณะปรากฏ		สี		กลิ่น	
	Effect	t <sub>cal</sub>	Effect	t <sub>cal</sub>	Effect	t <sub>cal</sub>
ข้าวโพด	0.265	1.299	-0.1375	-2.75	-0.045	-0.975
ลูกเด็ย	-0.305	-1.495	-0.5525	-11.05 <sup>a</sup>	-0.29	-6.17 <sup>a</sup>
ถั่วลิสง	0.165	0.809	-0.3075	-6.15 <sup>a</sup>	-0.235	-5
ถั่วลิสง	-0.09	0.441	0.2475	4.95 <sup>a</sup>	-0.125	-2.659
งา	-0.395	-1.936	-0.1725	3.45 <sup>a</sup>	-0.03	-0.368

หมายเหตุ - ถ้าไม่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับค่าของข้อมูลหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 90

- a หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 90

ตาราง 4.3 (ต่อ)อิทธิพลของวัตถุดิบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและผลการวิเคราะห์จาก  
การคำนวณค่า T-test

สิ่งทดลอง	รสชาติ		เนื้อสัมผัส		ความชอบรวม	
	Effect	t <sub>cal</sub>	Effect	t <sub>cal</sub>	Effect	t <sub>cal</sub>
ข้าวโพด	0.72	2.08	1.0975	2.594	0.5775	1.512
ลูกเดือย	-0.365	1.0549	-0.5975	-1.412	-0.3075	-0.805
ถั่วลิสง	0	0	0.4175	0.986	0.2725	0.713
ถั่วลิสง	0.14	0.405	0.3475	0.822	0.4475	1.171
งา	0.165	0.477	-0.08	-0.189	-0.1625	-0.425

หมายเหตุ - ถ้าไม่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับค่าของข้อมูลหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 90

- a หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 90

#### 4.3 การพัฒนาสูตรข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรรจุกระป๋อง

เมื่อทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์จากการ  
ทดลองในตอนที 2 ซึ่งมี 4 ปัจจัยคือ ลูกเดือย ถั่วลิสง ถั่วลิสง และงา จึงนำปัจจัยมาวาง  
แผนการทดลองแบบ 2<sup>4</sup> Factorial in Central Compositied Design (Gacula and Singh,  
1984) ซึ่งจะได้สิ่งทดลองดังตาราง 4.4 แล้วทำการผลิตเป็นข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรรจุ  
กระป๋อง



จากการพัฒนาสูตรข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องโดยศึกษาสัดส่วนของ ถั่วลิสง ถั่วลันเตา ลูกเดือย และงา ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุ กระป๋อง สูตรพัฒนาและการยอมรับของผู้บริโภค ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และการ ประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส ดังแสดงในตาราง 4.5 และ 4.6

ตาราง 4.5 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋อง 25 สูตร

สิ่งทดลอง	ค่าแรงกด(นิวตัน)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ความชื้น(ร้อยละ)
1	385.91±39.56	49.78±1.30	5.48±0.52	10.43±0.39	59.66±1.43
2	441.85±29.47	48.34±1.25	5.30±0.43	9.82±0.49	59.89±1.27
3	427.66±52.66	51.24±0.94	4.53±0.45	10.87±0.42	60.70±0.82
4	472.59±20.10	51.03±0.99	4.34±0.21	10.28±0.21	60.47±106
5	528.17±47.48	48.69±1.08	5.55±0.24	9.89±0.49	58.84±0.58
6	506.58±32.79	49.04±1.16	5.81±0.29	10.18±0.32	59.24±1.41
7	567.605±0.99	51.66±0.55	4.52±0.42	11.30±0.64	59.06±0.68
8	602.73±49.91	50.97±0.85	4.45±0.17	10.75±0.39	58.81±0.90
9	371.43±26.05	48.18±1.10	5.73±0.31	9.63±0.44	60.79±0.63
10	393.19±43.83	48.49±0.93	5.62±0.46	9.50±0.28	61.41±0.43
11	370.39±20.19	49.17±2.57	5.28±0.57	11.02±1.01	61.44±1.57
12	420.79±18.43	49.07±3.15	5.22±0.49	10.49±0.56	61.50±0.41
13	462.29±45.55	46.27±2.37	6.63±0.20	10.08±0.63	58.39±0.99
14	469.44±75.66	45.23±2.62	6.60±0.27	9.55±0.69	58.75±0.94
15	511.25±21.41	50.10±2.94	5.38±0.61	11.07±0.49	58.85±0.48
16	500.02±20.15	51.76±1.28	5.17±0.33	11.40±0.46	59.43±0.69
17	424.16±59.12	50.55±0.99	5.68±0.34	10.98±0.60	59.79±0.99
18	487.58±58.12	50.46±1.11	5.64±0.32	10.70±0.39	60.03±0.67
19	393.59±35.13	49.97±1.09	5.96±0.48	10.57±1.02	60.85±0.39
20	356.80±20.42	49.53±1.41	5.52±0.53	10.29±0.61	61.81±1.91
21	540.28±37.94	49.38±1.96	5.46±0.32	10.13±0.89	58.11±0.24
22	425.40±54.41	48.65±1.92	5.63±0.36	10.00±0.95	58.93±0.93
23	502.94±43.92	52.59±0.60	4.18±0.30	11.15±0.51	61.07±0.13
24	425.74±34.68	49.70±1.08	5.28±0.31	10.19±0.31	60.31±1.37
25	469.86±26.42	49.29±1.53	5.55±0.28	10.59±1.24	60.68±0.26

ตาราง 4.6 ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และ ถั่วบรจุกระป๋อง 25 สูตร

สิ่งทดลอง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	6.432	6.500	6.158	6.343	6.547	6.372
2	6.311	6.338	5.674	5.931	6.009	5.910
3	5.896	5.638	5.370	5.239	6.000	5.471
4	6.165	6.173	5.666	5.287	5.689	5.739
5	6.433	6.784	5.785	6.716	6.633	6.667
6	6.457	6.732	6.919	6.109	6.670	6.495
7	6.774	6.291	6.067	5.988	6.557	6.253
8	5.823	5.941	6.143	5.645	5.887	5.859
9	6.896	6.291	5.935	6.643	5.858	6.371
10	7.091	6.835	6.604	7.157	6.981	7.080
11	6.970	5.862	6.300	5.922	6.679	6.371
12	6.653	6.268	6.223	6.306	6.453	6.494
13	7.506	7.122	6.692	7.174	7.009	7.274
14	6.482	6.362	5.839	6.417	7.434	7.078
15	6.287	6.492	5.420	5.916	6.274	6.369
16	6.604	6.657	6.476	5.801	5.708	6.178
17	6.555	6.090	5.961	6.081	6.207	6.541
18	6.628	6.685	6.430	6.504	6.387	6.518
19	6.750	7.126	6.049	6.324	6.717	6.274
20	6.140	6.386	4.941	6.282	6.169	5.755
21	6.579	6.244	5.736	5.736	5.481	5.934
22	6.726	7.067	6.596	6.662	6.868	6.883
23	5.945	5.595	5.847	5.829	5.868	5.739
24	6.872	6.957	6.091	6.493	6.736	6.813
25	6.775	6.563	6.578	6.745	6.679	6.813



จากการวิเคราะห์ Regression แบบ Stepwise โดยกำหนดค่าตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม คือการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส จะได้สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ซึ่งเป็นสมการ Regression สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 สมการแสดงความสัมพันธ์ ในด้านคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

คุณภาพ	สมการ	R <sup>2</sup>	ลำดับสมการ
ค่าแรงกด (นิวตัน)	$445.788 + 27.528 \text{ ลูกเต๋อย} - 55.601 \text{ ถั่วลิสง} - 20.258 \text{ ถั่วลิสง} - 12.853 \text{ งา} - 9.687 \text{ ถั่วลิสง} + 14.829 \text{ ถั่วลิสง}$	95.2	1
ค่าสี L	$49.568 + 0.658 \text{ ลูกเต๋อย} - 1.328 \text{ ถั่วลิสง} + 0.598 \text{ ถั่วลิสง} + 0.598 \text{ ถั่วลิสง}$	77.3	2
ค่าสี a	$5.497 - 0.305 \text{ ลูกเต๋อย} - 0.127 \text{ ถั่วลิสง} + 0.4945 \text{ ถั่วลิสง} + 0.152 \text{ ลูกเต๋อย}^2 - 0.297 \text{ ถั่วลิสง}^2 - 0.145 \text{ ถั่วลิสง} + 0.145 \text{ ถั่วลิสง}$	91.9	3
ค่าสี b	$10.436 - 0.4875 \text{ ถั่วลิสง}$	65.8	4
ความชื้น (ร้อยละ)	$59.962 - 0.261 \text{ ลูกเต๋อย} + 0.995 \text{ ถั่วลิสง} - 0.306 \text{ ถั่วลิสง} - 0.322 \text{ ลูกเต๋อย} + 0.322 \text{ ถั่วลิสง}$	86.5	5
รสชาติ	$6.210 + 0.378 \text{ ถั่วลิสง} - 0.191 \text{ ลูกเต๋อย}$	60.0	6
ความชอบรวม	$6.391 + 0.307 \text{ ถั่วลิสง} - 0.205 \text{ ลูกเต๋อย} - 0.255 \text{ ถั่วลิสง}^2 + 0.229 \text{ งา}^2 - 0.131 \text{ ถั่วลิสง}$	86.5	7

จากสมการที่ 1 ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าลูกเต๋อย ถั่วลิสง ถั่วลิสง และ งา มีผลต่อค่าแรงกด (นิวตัน) เมื่อทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเมื่อเพิ่มปริมาณลูกเต๋อย จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น เนื่องจากค่าแรงกดจะมีค่าสูงขึ้น ในทางตรงข้าม ถั่วลิสง ถั่วลิสง และงา ทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่มลง

จากสมการที่ 2, 3 และ 4 ด้านสี พบว่าถั่วลิสง และลูกเต๋อย มีผลต่อค่าความสว่าง (ค่าสี L) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลิสงในผลิตภัณฑ์ จะมีผลทำให้ค่าสี L ลดลงมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างลดลงเนื่องจากผิวเปลือกถั่วลิสงมีสีแดง (สมการที่ 2) ส่วนลูกเต๋อยนั้น

เมื่อใส่ในผลิตภัณฑ์มากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าสี  $L$  สูงขึ้นมีค่าเข้าใกล้ 100 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความสว่างมากขึ้นเนื่องจากลูกเด็ยมีสีขาว (สมการที่ 2) ถั่วลิสงและลูกเด็ยมีผลต่อค่าสี  $a$  โดยเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลิสงในผลิตภัณฑ์ จะมีผลทำให้ค่าสี  $a$  เพิ่มขึ้นมีค่าเข้าใกล้ +60 ซึ่งมีสีแดง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดงเนื่องจากผิวเปลือกถั่วลิสงมีแดง (สมการที่ 3) ส่วนลูกเด็ยนั้นเมื่อใส่ในผลิตภัณฑ์มากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าสี  $a$  ลดลงมีค่าเข้าใกล้ -60 ซึ่งให้สีเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลเหลือง (สมการที่ 3)

จากสมการที่ 5 ด้านความชื้น พบว่าลูกเด็ยและถั่วลิสงมีผลต่อปริมาณความชื้น โดยเมื่อใส่ในปริมาณมาก จะมีผลทำให้ความชื้นลดลงทั้งนี้วัตถุดิบที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์เป็นของแห้ง ดังนั้นจะเกิดการดูดน้ำเมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต

จากสมการที่ 6 และ 7 ด้านประสาทสัมพัทธ์มีค่า R-square เท่ากับ 60 และ 86.5 ตามลำดับ แสดงถึงปัจจัยซึ่งเป็นตัวแปรอิสระมีผลต่อตัวแปรตามสูง แสดงให้เห็นว่า ด้านรสชาติ ถั่วลิสง และลูกเด็ยมีผลต่อรสชาติ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลิสงลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้คะแนนด้านรสชาติมีค่ามากขึ้นเนื่องจากถั่วลิสงมีรสหวานและให้ความรู้สึกมัน ส่วนลูกเด็ยนั้นเมื่อใส่ในปริมาณที่น้อยจะทำให้คะแนนด้านรสชาติเพิ่มขึ้น (สมการที่ 6) ด้านความชอบรวม พบว่า ถั่วลิสง ลูกเด็ย และถั่วลันเตามีผลต่อความชอบรวม โดยเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลิสงลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้คะแนนด้านความชอบรวมเพิ่มขึ้น ส่วนลูกเด็ยเมื่อลดปริมาณลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้คะแนนด้านความชอบรวมสูงขึ้นเช่นกัน (สมการที่ 7)

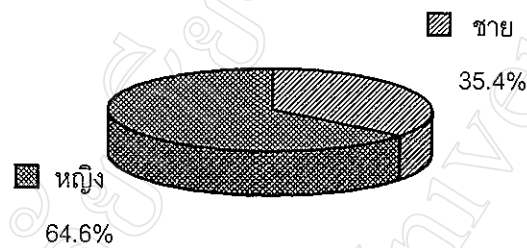
ดังนั้นจึงนำสมการที่ 6 และสมการที่ 7 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมพัทธ์ มาวิเคราะห์ optimization โดยโปรแกรมสำเร็จรูป ได้สูตรที่เหมาะสม ดังนี้ ข้าวกล้องร้อยละ 26.09 ข้าวโพดร้อยละ 6.50 ลูกเด็ยร้อยละ 3.04 ถั่วลันเตาร้อยละ 9.37 ถั่วลิสงร้อยละ 26.09 และงาร้อยละ 10.09 จากนั้นนำสูตรที่ได้มาผลิตข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรรจุกระป๋อง ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในตอนต่อไป

#### 4.4 การทดสอบยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรรจุกระป๋อง

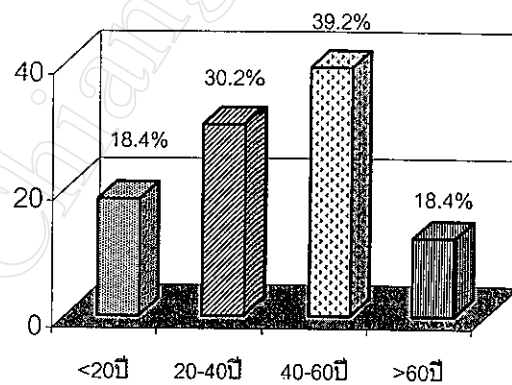
##### 1. ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค

จากการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 212 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภคว่า เป็นชายร้อยละ 35.4 และเป็นหญิงร้อยละ 64.6 (ภาพ 4.1) โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุระหว่าง 40-60 ปี ร้อยละ 39.2 รองลงมาอยู่ในกลุ่มอายุ 20-40 ปี ร้อยละ 30.2 (ภาพ 4.2) และการศึกษาของ

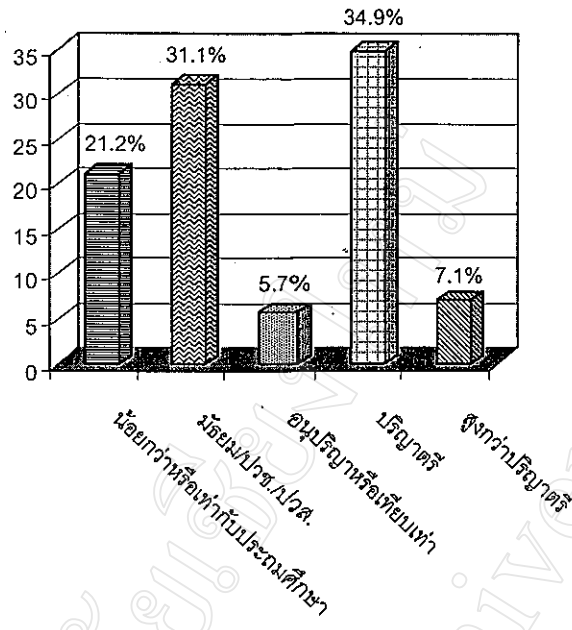
ผู้บริโภคร้อยละ 34.9 รองลงมา จบการศึกษาในระดับมัธยม ปวส. และ ปวช. ร้อยละ 31.1 (ภาพ 4.3) ซึ่งอาชีพส่วนใหญ่รับราชการหรือทำงานรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 27.8 รองลงมา เป็นนักศึกษาหรือนักเรียน ร้อยละ 23.6 (ภาพ 4.4)



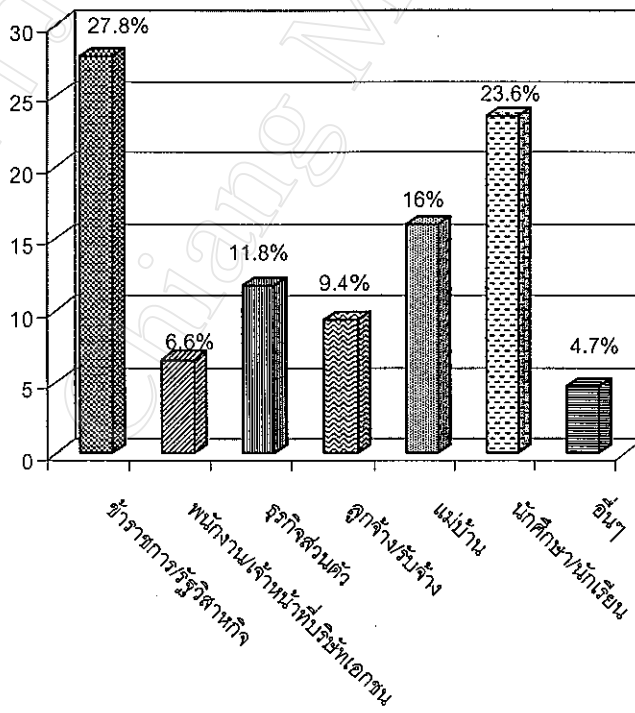
ภาพ 4.1 เพศของผู้บริโภคตัวอย่าง



ภาพ 4.2 อายุของกลุ่มผู้บริโภคที่ทำการสำรวจ



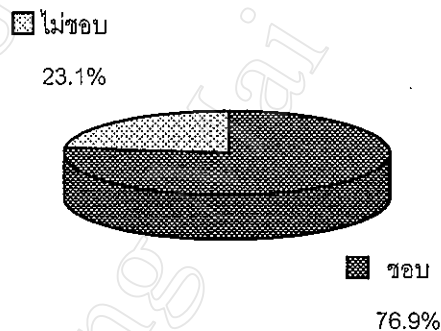
ภาพ 4.3 การศึกษาของผู้บริโภคที่ทำการสำรวจ



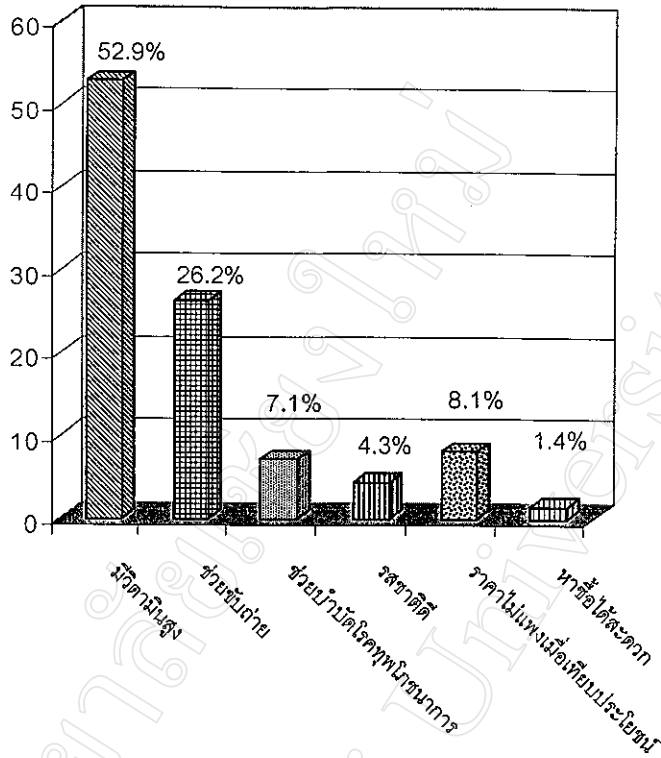
ภาพ 4.4 อาชีพของผู้บริโภค

## 2. ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรการบริโภคข้าวกล้อง

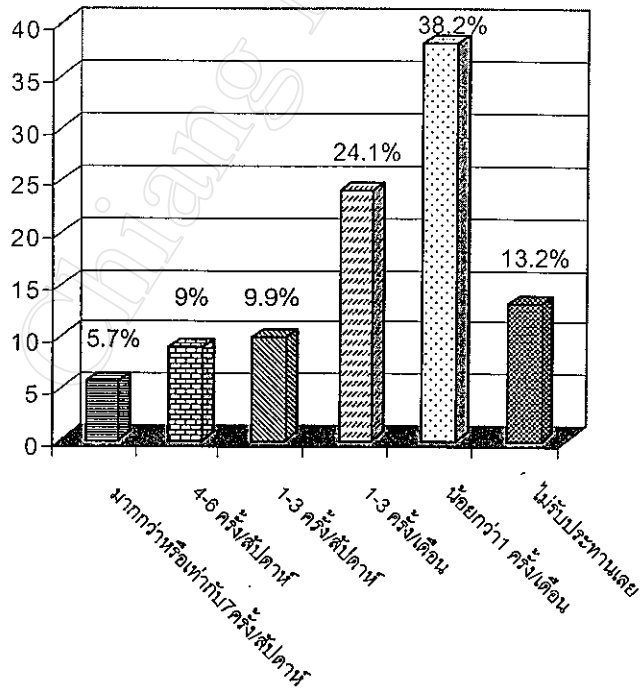
จากการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 212 คน พบว่าข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรการบริโภคข้าวกล้อง มีผู้บริโภคชอบรับประทานข้าวกล้องร้อยละ 76.9 และไม่ชอบรับประทานร้อยละ 23.1 (ภาพ 4.5) โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่รับประทานข้าวกล้องให้เหตุผลที่บ่งชี้ถึงคุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องโดยผู้บริโภคร้อยละ 52.9 คิดว่ามีวิตามินสูง รองลงมาได้แก่ ช่วยระบบทางเดินอาหาร และขับถ่ายร้อยละ 26.2 และราคาของข้าวกล้องที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับคุณประโยชน์ร้อยละ 8.0 (ภาพ 4.6) แต่ความถี่ในการบริโภคยังคงอยู่ในอัตราที่ต่ำโดยมีผู้บริโภคมกกว่าหรือเท่ากับ 7 ครั้งต่อสัปดาห์เพียงร้อยละ 5.7 (ภาพ 4.7)



ภาพ 4.5 ความชอบในการรับประทานข้าวกล้อง

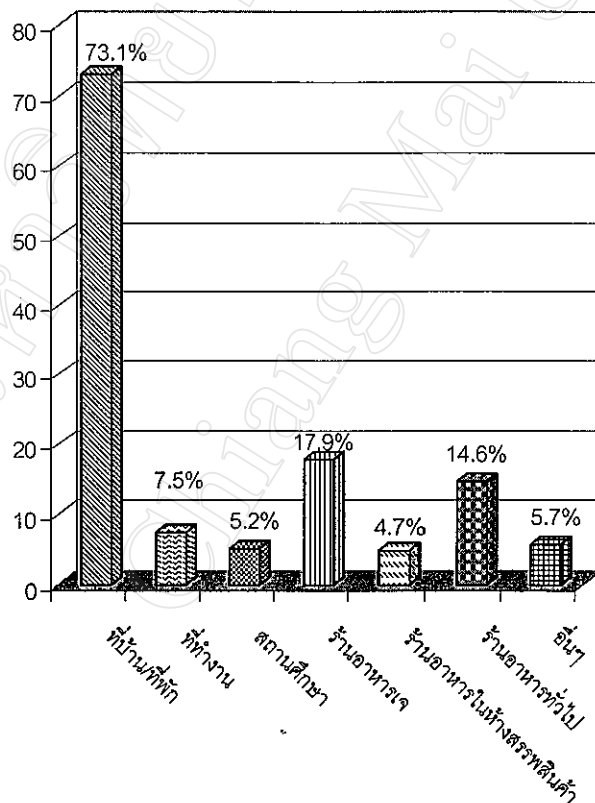


ภาพ 4.6 เหตุผลในการเลือกบริโภคข้าวกล้อง

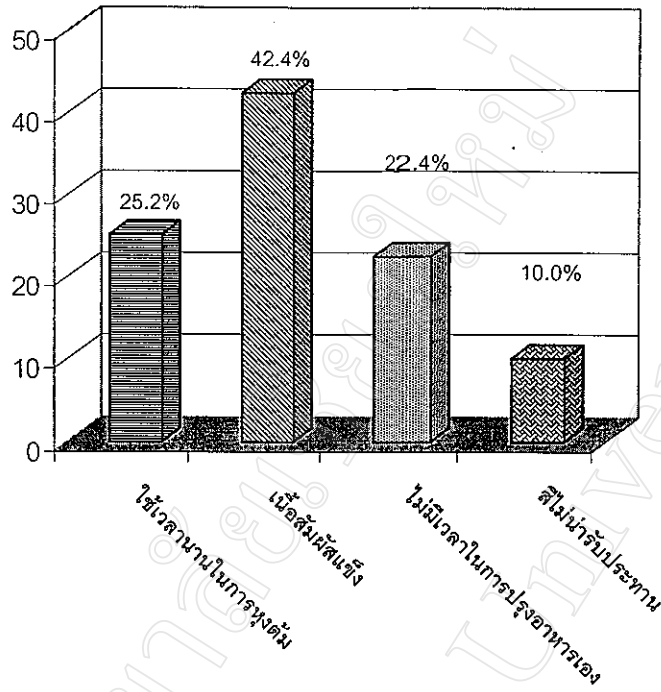


ภาพ 4.7 ความถี่ในการรับประทานข้าวกล้องของผู้บริโภค

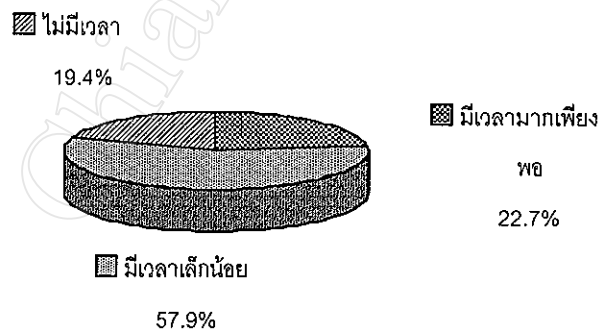
สถานที่รับประทานข้าวกล้องของผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นที่บ้านหรือที่พักคิดเป็นร้อยละ 73.1 รองลงมาได้แก่ ร้านอาหารเจร้อยละ 17.9 และร้านอาหารทั่วไปร้อยละ 14.6 (ภาพ 4.8) ส่วนปัญหาที่ผู้บริโภคข้าวกล้องประสบในการบริโภคข้าวกล้องมากที่สุด คือ เนื้อสัมผัสแข็งร้อยละ 42.4 ใช้เวลานานในการหุงต้มร้อยละ 25.2 ไม่มีเวลาในการปรุงอาหารเองร้อยละ 22.4 และดีไม่นำรับประทานร้อยละ 10.0 (ภาพ 4.9) ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องมีส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (รำ) ซึ่งไม่ได้ทำการขัดสีออกจึงมีผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวกล้องแข็ง และมีสีน้ำตาลแดง และเวลาที่ใช้ในการทำอาหารของผู้บริโภคมีเวลามากน้อยต่างกัน โดยผู้บริโภคที่มีเวลาเล็กน้อยในการทำอาหารมีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 57.8 รองลงมาคือมีเวลาเพียงพอร้อยละ 22.7 และไม่มีเวลาในการทำอาหารร้อยละ 19.4 (ภาพ 4.10) ทั้งนี้ผู้บริโภคที่ทำการสำรวจ ส่วนใหญ่เป็นข้าราชการ หรือ รัฐวิสาหกิจ และเป็นแม่บ้านอยู่ในระดับปานกลาง



ภาพ 4.8 สถานที่รับประทานข้าวกล้องของผู้บริโภค



ภาพ 4.9 ปัญหาที่ผู้บริโภคระสบในการบริโภคข้าวกล้อง

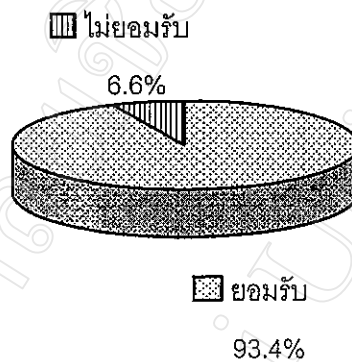


ภาพ 4.10 เวลาในการทำอาหารของผู้บริโภค

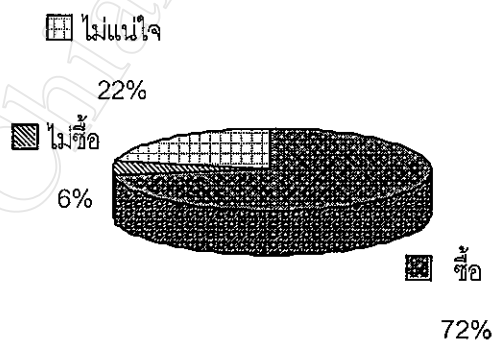


### 3. ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋อง

จากผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋องร้อยละ 93.4 และไม่ยอมรับร้อยละ 6.6 (ภาพ 4.11) และหากผลิตภัณฑ์วางขายในท้องตลาดผู้บริโภคจะซื้อคิดเป็นร้อยละ 72.6 ไม่ซื้อร้อยละ 5.7 และไม่แน่ใจร้อยละ 21.7 (ภาพ 4.12)



ภาพ 4.11 การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋องของผู้บริโภค



ภาพ 4.12 การซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืช และถั่วบรจุกระป๋องเมื่อวางจำหน่ายใน ท้องตลาดของผู้บริโภค

ผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋องตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ได้คะแนนเฉลี่ย คือ  $6.77 \pm 1.07$  ,  $6.66 \pm 1.24$  ,  $6.79 \pm 1.21$  ,  $7.05 \pm 1.26$  ,  $6.84 \pm 1.37$  และ  $6.99 \pm 1.11$  คะแนน ตามลำดับ (ตาราง 4.8)

ตาราง 4.8 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋อง

คุณลักษณะ	ค่าคะแนนความชอบ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
ลักษณะปรากฏ	$6.77 \pm 1.07$
สี	$6.66 \pm 1.24$
กลิ่น	$6.79 \pm 1.21$
รสชาติ	$7.05 \pm 1.26$
เนื้อสัมผัส	$6.84 \pm 1.37$
ความชอบรวม	$6.99 \pm 1.11$

หมายเหตุ คะแนนความชอบ 9 คะแนน (9=ชอบมากที่สุด 8=ชอบมาก 7=ชอบปานกลาง 6=ชอบเล็กน้อย 5=เฉยๆ 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 3=ไม่ชอบปานกลาง 2=ไม่ชอบมาก 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

ผลจากการประเมินความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์ Regression แบบ Stepwise เพื่อพิจารณาว่าคุณลักษณะใดมีผลต่อความชอบรวมของ ผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดตัวแปรอิสระเป็น ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส และตัวแปรตามเป็น ความชอบรวม ได้สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม เป็นสมการ Regression ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความชอบรวม} = & 0.845 + 0.381 \text{เนื้อสัมผัส} + 0.247 \text{ลักษณะปรากฏ} \\ & + 0.264 \text{รสชาติ} \qquad \qquad \qquad ; R^2 = 86.5 \longrightarrow (8) \end{aligned}$$

สมการที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ที่ได้ พบว่า เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และรสชาติ มีอิทธิพลต่อความชอบรวม โดย เมื่อผู้บริโภคมีความชอบในเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และรสชาติสูง จะมีส่งผลให้ความชอบรวมมีค่าคะแนนมากตาม

จากการวิเคราะห์ Multivariate แบบจำแนกกลุ่ม Discriminant Analysis เพื่อพิจารณาในการทำนายการยอมรับ หรือไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ได้สมการ Fisher's linear discriminant (สมการที่ 9) พบว่า คะแนนความชอบรวมของผู้บริโภคเป็นสิ่งที่ใช้ตัดสินการยอมรับของผู้บริโภคได้ และได้ค่ากลางของกลุ่มยอมรับ คือ 0.09547 และค่ากลางของกลุ่มไม่ยอมรับ คือ -1.343 โดยมีค่า Hit rate 76.3% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในการทำนาย โดยเมื่อนำคะแนนของผู้บริโภคในด้านความชอบรวม มาแทนค่าในสมการ เมื่อคำนวณค่าที่ออกมาได้ใกล้เคียงกับค่ากลางของกลุ่มใด สามารถทำนายผู้บริโภคได้ว่า อยู่ในกลุ่มที่ยอมรับ หรืออยู่ในกลุ่มไม่ยอมรับ

$$\hat{D} = -8.674 + 1.371 \text{ความชอบรวม} \longrightarrow (9)$$

#### 4.5 การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายทางด้านสีพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความสว่าง (L) ระดับปานกลาง ส่วน a มีค่าเป็นบวกให้สีแดงและ b มีค่าเป็นบวกให้สีเหลือง (ตาราง 4.9) ดังนั้นผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสี แดงออกเหลือง ทั้งนี้เนื่องจาก ข้าวกล้องมีสีน้ำตาล และถั่วลิสงมีสีแดง ซึ่งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางด้านเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนสูงเนื่องจากมีส่วนประกอบของถั่วลิสงเพื่อเพิ่มคุณค่าโปรตีนให้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นธัญพืช ส่วนใหญ่จะมีปริมาณโปรตีนต่ำ ส่วนเส้นใยอาหารมีอยู่ในระดับสูงถึงปานกลาง ด้านปริมาณวิตามินที่วิเคราะห์ได้ในผลิตภัณฑ์วิตามินบี 2 มีปริมาณที่น้อย คือ 0.037 มิลลิกรัม/100กรัม (ตาราง 4.8) เมื่อเทียบกับปริมาณวิตามินบี 2 ในข้าวกล้องดิบซึ่งมีปริมาณ 0.06 มิลลิกรัม/100กรัม (ตาราง 2.1) ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินไม่สามารถทนความร้อนได้สูงจึงสูญเสียวิตามินไปบางส่วน ด้านแร่ธาตุมีปริมาณ

ฟอสฟอรัสสูงทั้งนี้เนื่องจากถั่วลิสง ลูกเดือย มีฟอสฟอรัสสูง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงตาม

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคา ประมาณ 10 บาท ต่อกระป๋อง ซึ่งมีราคาถูกกว่าราคาข้าวกล้องผสมธัญพืชตามท้องตลาด (ภาคผนวก ฉ)

ตาราง 4.9 คุณภาพทางกายภาพและทางด้านเคมี

ด้านกายภาพ			ด้านเคมี	
สี	L	47.90	ความชื้นร้อยละ	58.18
	a	6.30	โปรตีนร้อยละ	18.46
	b	9.83	ไขมันร้อยละ	12.79
Hardness		403.37 นิวตัน(N)	เส้นใยร้อยละ	1.31
			เถ้าร้อยละ	2.04
			ฟอสฟอรัส	154.1 มิลลิกรัม/100กรัม
			วิตามินบี2	0.037 มิลลิกรัม/100กรัม
			ไนอะซิน	4.9 มิลลิกรัม/100กรัม