ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วลิสง

2.1.1 พันธุ์

พันธุ์ถั่วลิสงที่ทางราชการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกได้แก่ ลำปาง สุโขทัย 38 และไทนาน 9 ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆจะแสดงในตารางที่ 1.(2)

ตารางที่ 1. ลักษณะเกี่ยวกับถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 เปรียบเทียบกับพันธุ์สุโขทัย 38 และลำปาง

ลำดับ	ลักษณะ	พันธุ์		
		ลำปาง	สุโขทัย 38	ไทนาน 9
1	ทรงต้น	พุ่ม (Valencia)	พุ่ม (Valencia)	พุ่ม (Bunch Virginia)
2	สีของต้น	เขียว	ม่วง	เขียว
3	ใบ	ใหญ่ สีเขียว	ใหญ่ สีเขียว	เล็ก สีเขียวเข้ม
4	อายุถึงวันออกดอก(วัน)	37	37	41
5	อายุถึงวันเก็บเกี่ยว(วัน)	100-110	100-110	100-120
6	ลักษณะฝัก	จงอยและลายบนฝักเห็นได้ชัด	จงอยและลายบนฝักเห็นได้ชัด	จงอยและลายบนฝักค่อนข้างเรียบ
7	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	2-3	2-3	2
8	สีของเมล็ด	ชมพู	แดง	ชมพู
9	น้ำหนัก 100 เมล็ด(กรัม)[3]	39-48	42-48	42-50
10	ความกะเทาะ(น.น.เมล็ด)/(น.น.ฝัก)[1]	65-75	67-74	72-80

ต่อจากตารางที่ 1.

ลำดับ	ลักษณะ	พันธุ์		
		ลำปาง	สุโขทัย 38	ไทนาน 9
11	เฉลี่ยน้ำหนักต่อถัง(กก.)	5	5	5.5
12	เมล็ดมีน้ำมันร้อยละ	48-52	48-54	46
13	เมล็ดมีโปรตีนร้อยละ	24-25	24-25	33
14	เฉลี่ยผลผลิตในฤดูแล้ง[1]	365	392	424
15	เฉลี่ยผลผลิตในฤดูฝน[2]	358	347	402
16	เฉลี่ยผลผลิตตลอดปี[3]	362	360	413
17	เปรียบเทียบผลผลิตเป็นร้อยละกับพันธุ์สุโขทัย 38[3]	100	100	114

1. เฉลี่ยจากฤดูแล้ง 3 ปี (2516-2518) 5 แปลงทดลอง
2. เฉลี่ยจากฤดูฝน 3 ปี (2516-2518) 11 แปลงทดลอง
3. เฉลี่ยทั้งฤดูแล้งและฤดูฝนของ 3 ปี (2516-2518)

2.1.2 แหล่งที่ปลูก(3)

ถั่วลิสงเป็นพืชที่นิยมปลูกกันมากแทบทุกจังหวัดของประเทศไทย แต่แหล่งที่ปลูกกันมากจะอยู่ในแถบภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง กรมส่งเสริมการเกษตรได้กำหนดเขตการปลูกถั่วลิสงออกเป็น 2 เขตดังนี้

2.1.2.1 เขตการปลูกถั่วลิสงเพื่อโรงงานกะเทาะถั่วลิสง ส่งเสริมพันธุ์ไทนาน 9

2.1.2.2 เขตการปลูกถั่วลิสงเพื่อโรงงานต้มอบและบริโภคสด จะส่งเสริมพันธุ์สุโขทัย 38 และลำปาง

2.1.3 ผลผลิต(4)

ผลผลิตเฉลี่ยของถั่วลิสงในประเทศไทยผันแปรอยู่ระหว่าง 204-242

กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตเฉลี่ยของโลก ที่สหรัฐอเมริกาสามารถทำได้สูงถึง 458.3 กิโลกรัมต่อไร่ และจีนสามารถทำได้ถึง 272 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นว่าถ้าหากมีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยในการเพิ่มผลผลิตแล้ว เกษตรกรจะสามารถเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงได้มากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 2. สถิติการเพาะปลูกถั่วลิสงของประเทศไทย(4)

สถิติการปลูก	ปี พ.ศ.				
	2524/2525	2525/2526	2526/2527	2527/2528	2528/2529
พื้นที่ปลูก(ไร่)	1,200,274	1,011,878	932,796	832,310	638,182
ผลผลิตรวม(กก.)	242,939	200,254	196,994	181,612	128,958
ผลผลิตเฉลี่ย(กก.)	204	209	224	220	242

2.1.4 การส่งออกและนำเข้า(4,5)

ประเทศที่นำเข้าถั่วลิสงจากไทยที่สำคัญได้แก่ สิงคโปร์ มาเลเซีย บาห์เรน และซาอุดิอาระเบีย การส่งออกถั่วลิสงนอกจากส่งออกในรูปเมล็ดที่กะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกแล้ว ยังมีการส่งออกในรูปผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง(ถั่วลิสงอบและถั่วลิสงคั่ว เป็นต้น) และน้ำมันถั่วลิสง แต่ปริมาณและมูลค่ามีไม่มากนัก ส่วนการนำเข้านั้นจะนำเข้ากากถั่วลิสงจากจีนเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีราคาถูกและเหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ ในตารางที่ 3. และ 4. แสดงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าและส่งออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกและนำเข้าน้ำมันและกากถั่วลิสง

ปี พ.ศ	น้ำมันถั่วลิสง				กากถั่วลิสง			
	ส่งออก		นำเข้า		ส่งออก		นำเข้า	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2524	575	10,833	-	-	-	-	4,548	24,188
2525	-	-	54	1,218	50	107	1,857	10,437
2526	-	-	168.33	3,500	-	-	1,456	6,384
2527	-	-	-	-	-	-	2,441	13,687
2528	26	577	-	-	-	-	74	280
2529	48	1,299	-	-	-	-	33,314	143,024

ตารางที่ 4. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกและนำเข้าผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง

ปี พ.ศ.	ส่งออก		นำเข้า	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2524	382	7,590	4	382
2525	131	2,691	2	276
2526	91	1,951	-	-
2527	261	5,858	-	-
2528	215	6,682	5.82	728.76
2529	449	16,830	5.86	870.33

หน่วย: ปริมาณ(ตัน) ราคา(พันบาท)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5 การใช้ประโยชน์(6)

ลักษณะการใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1.5.1 ใช้ทำพันธุ์ 5 เปอร์เซนต์

2.1.5.2 ใช้ในโรงงานถั่วลิสงอบ 8 - 10 เปอร์เซนต์

2.1.5.3 ใช้ในโรงงานสกัดน้ำมัน 25 เปอร์เซ็นต์

2.1.5.4 ใช้บริโภคและกะเทาะเปลือกทำอาหาร 55-60 เปอร์เซ็นต์

ถั่วลิสงกะเทาะเปลือกสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้นดังนี้

2.1.5.4.1 ชั้น 1 เป็นถั่วที่มีขนาดโตสม่ำเสมอ ไม่มีเมล็ดแตก ลีบเสียหาย

2.1.5.4.2 ชั้น 2(ชั้นรอง) เป็นถั่วที่มีเมล็ดแตก ลีบเสียหายปนมาพอสมควร ขนาดเมล็ดจะเล็กกว่าชั้น 1

2.1.5.4.3 ชั้น 3(ชนิดคละ)มีเมล็ดแตก ลีบเสียหายปนอยู่มาก

ถั่วลิสงชั้น 2 และชั้น 3 มักจะถูกซื้อไปใช้สำหรับการสกัดน้ำมัน เนื่องจากราคาถูกกว่าถั่วลิสงชั้น 1 มากและถั่วลิสงชั้น 1 ส่วนใหญ่จะนำไปบริโภคโดยจะนำไปใช้ในการทำอาหารหรือในโรงงานทำขนมต่างๆ

2.2 <u>องค์ประกอบทางเคมีของถั่วลิสง</u> (7)

2.2.1 โปรตีน

ในเมล็ดถั่วลิสงมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 22-30 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งโปรตีนออกเป็นพวกใหญ่ๆได้ดังนี้ Albumin , Arachin และ Nonarachin หรือ Conarachin Arachin มีอยู่ประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด และประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 2 ส่วนซึ่งอยู่ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 ขณะที่ Conarachin จะมีประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด และประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 2 ส่วนซึ่งอยู่ในอัตราส่วน 4 ต่อ 1 องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ Globulin 2 ชนิดต่างกันคือ ปริมาณซัลเฟอร์ และพบว่า Arachin มีอยู่เพียง 0.04 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Conarachin มีมากถึง 1.90 เปอร์เซ็นต์ ในตารางที่ 5. ซึ่งแสดงส่วนประกอบกรดอะมิโนในโปรตีนของถั่วลิสงจะเห็นว่า α - Arachin มี Aspartic acid , Glutamic acid , Phenylalanine และ Arginine มากกว่า α - Conarachin และใน α - Conarachin จะมี Lysine , 1/2-Cystine , Methionine และ Tryptophan

มากกว่า α - Arachin ส่วน Manganin ซึ่งสกัดจาก Conarachin มี 1/2-Cystine , Tryptophan และ Arginine น้อยกว่า Conarachin แต่จะมี Glycine มากกว่าโปรตีนอื่นๆ

ตารางที่ 5. องค์ประกอบกรดอะมิโนของ α - Arachin และ α- Conarachin (กรัม/100 กรัมโปรตีน) และ Manganin(%โมล)ของโปรตีนถั่วลิสง

Amino acid	α-Arachin	α-Conarachin	Manganin
Aspartic acid	12.1	10.5	10.5
Threonine	2.5	2.2	4.4
Serine	4.1	4.1	7.7
Glutamic acid	19.5	16.0	10.2
Proline	2.4	2.7	5.6
Isoleucine	3.3	3.7	4.1
Leucine	6.2	5.6	5.9
Tyrosine	3.3	1.1	2.8
Phenylalanine	5.3	4.6	3.2
Lysine	2.1	4.9	5.2
Glycine	3.5	2.8	20.0
Alanine	3.8	3.0	6.3
1/2-Cystine	0.0	0.7	0.7
Valine	4.0	4.5	6.1
Methionine	0.1	1.1	1.0
Histidine	2.0	2.4	1.7
Arginine	9.4	8.6	4.3
Tryptophan	-	1.0	0.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 น้ำมัน

ในเมล็ดถั่วลิสงจะมีน้ำมันอยู่ระหว่าง 44-56 เปอร์เซ็นต์ แต่โดยเฉลี่ยจะมีน้ำมัน 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วลิสงประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงถูกออกซิไดซ์ง่าย คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำมันจึงมีค่าไอโอดีน และ Refractive index สูง ถั่วลิสงพันธุ์ต่างกันจะมีปริมาณกรดไขมันต่างๆไม่เท่ากันดังแสดงในตารางที่ 6. แต่อย่างไรก็ตามทุกพันธุ์จะมีกรดไขมันครบทั้ง 12 ชนิด และชนิดของกรดไขมันที่พบมากในทุกพันธุ์และมีมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ได้แก่ Palmitic , Oleic และ Linoleic ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วจะมีประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

ตารางที่ 6. องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ[1]

Fatty acid	Fatty acid composition(%)							
	S.E. Runner	Dixie Spanish	Va. Bunch	Bynum Runner	Florida 393-7-1	Bleckey	Valencia	CV[2] (%)
Palmitic	9.60	12.45	9.24	8.19	7.51	7.48	10.35	2.25
Palmitolic	0.14	0.09	0.11	0.11	0.08	0.09	0.09	9.61
Heptadecylic	0.11	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.06	9.91
Heptadecenoic	0.07	0.01	0.06	0.03	0.04	0.03	0.02	19.90
Stearic	2.83	3.43	2.77	3.91	3.11	4.92	3.57	3.72
Oleic	46.91	41.35	52.33	64.97	61.99	67.44	42.82	0.67
Linoleic	34.76	35.13	28.49	16.22	19.11	13.90	35.13	2.08
Linolenic	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	14.78
Arachidic	1.25	1.58	1.38	1.66	1.65	1.88	1.59	3.47
Eicoseonic	0.94	0.89	1.25	1.01	1.45	0.84	1.09	3.54
Behenic	2.16	3.59	2.73	2.65	3.42	2.34	3.45	4.71
Nervonic	1.14	1.39	1.45	1.15	1.52	0.98	1.67	9.95

1. Values given are average of three determinations
2. Coefficient of variation

2.2.3 คาร์โบไฮเดรต

จากการวิเคราะห์แป้งถั่วลิสงพร่องน้ำมันพบว่า มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์และโอลิโกแซคคาไรด์ 18 เปอร์เซ็นต์ โอลิโกแซคคาไรด์ส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำตาลซูโครส 13.9 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ฟรุคโตสและกลูโคสมี 0.08 และ 0.41 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดอื่นที่มีอยู่ได้แก่ ราฟิโนส 0.89 สตาชิโอส 1.56 และเวอเบสโคส 0.41 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตที่เหลือได้แก่ แป้ง 12.5 เฮมิเซลลูโลส 4.0 และเซลลูโลส 4.5 เปอร์เซ็นต์

2.2.4 แร่ธาตุ

แร่ธาตุที่พบมากในถั่วลิสงได้แก่ โปรตัสเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ซึ่งมีมากถึง 626.3 , 438.1 และ 174.1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักถั่ว 100 กรัมตามลำดับ

2.2.5 วิตามิน

ในถั่วลิสงมีวิตามินเออยู่น้อยมาก Tocopherol ที่พบมี 3 รูปแบบคือ α , γ และ δ ซึ่ง γ -Tocopherol จะมีปริมาณมากที่สุดและ δ-Tocopherol มีปริมาณน้อยที่สุด ปริมาณ Tocopherol ที่มีทั้งหมดจะอยู่ระหว่าง 26.3-59.4 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม ส่วนวิตามินบีหนึ่งที่มีอยู่จะพบทั้ง 3 รูปแบบคือ ไทอะมิน ไทอะมินโมโนฟอสเฟต และไทอะมินไพโรฟอสเฟต ในเมล็ดถั่วลิสงมีไทอะมิน 1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่ในเยื่อหุ้มเมล็ดจะมีไทอะมินมากกว่า(มากกว่า 3.8 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) ดังแสดงในตารางที่ 7.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

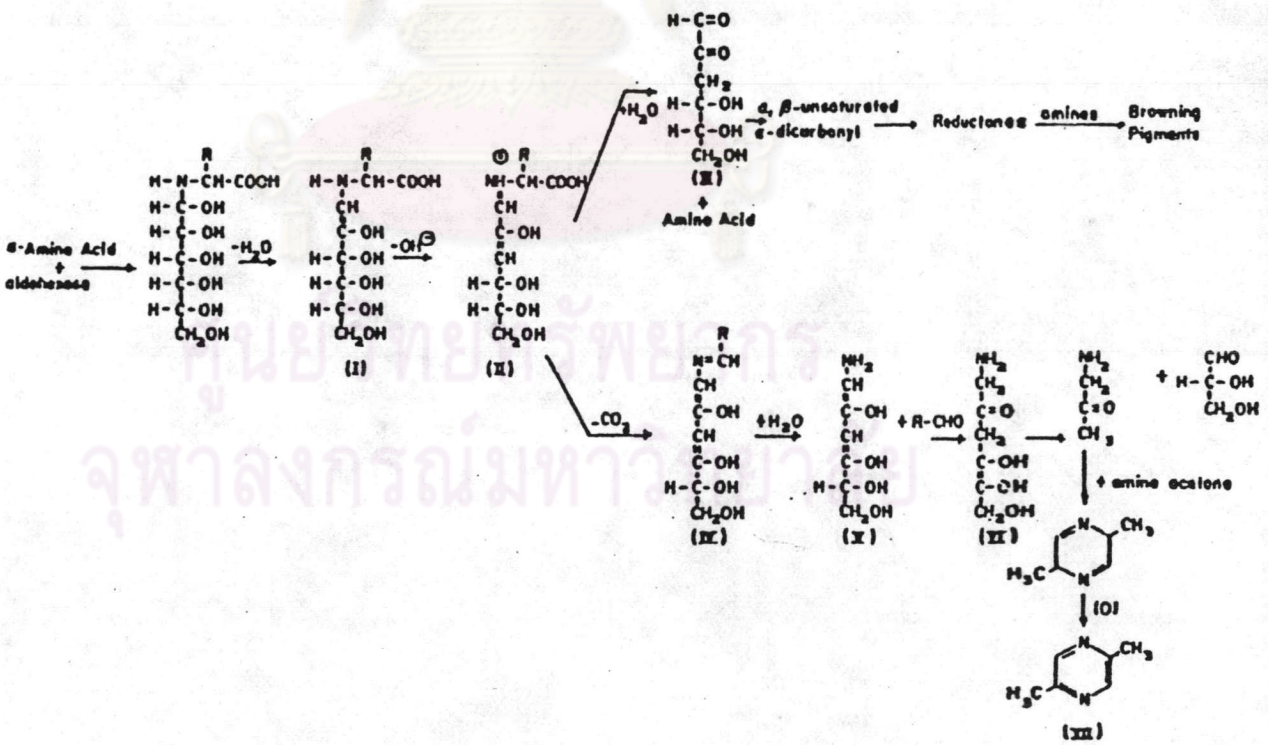
ตารางที่ 7. ปริมาณวิตามินในถั่วลิสง(ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)(7)

	Cotyledons	Defatted flour
Fat-soluble:		
Vitamin A	26 I.U.	
Carotene(provitamin A)	Trace(<1 μg)	
Vitamin D	(2)	
Vitamin E[1]	26.3-59.4 mg(avg41.6)	
α-Tocopherol	11.9-25.3 mg(avg17.1)	
β-Tocopherol	10.4-34.2 mg(avg22.9)	
δ-Tocopherol	0.58-2.50 mg(avg 1.62)	
Vitamin K	(2)	
Water-soluble		
B-complex		
Vitamin B_1-thiamine	0.99 mg	0.75 mg
Vitamin B_2-riboflavin	0.13 mg	0.35 mg
Vitamin B_6-pyridoxine	0.30 mg	
Vitamin B_{12}-cyanocobalamine	(2)	
Niacin-nicotinic acid	12.8-16.7 mg	2.5 mg
Choline	165-174 mg	252 mg
Folic acid	0.28 mg	
Inositol	180 mg	
Biotin	0.034 mg	
Pantothenic acid	2.715 mg	
Vitamin C	5.8 mg	

1. Result expressed as mg/100 g oil
2. No evidence for presence

2.2.6 กลิ่นรสของถั่วลิสงคั่ว

สารตั้งต้นที่ทำให้เกิดกลิ่นรสของถั่วลิสงคั่วได้แก่ กรดอะมิโน และน้ำตาล Newell และคณะ ได้เสนอกลไกที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนและน้ำตาลไปเป็นสารระเหยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นรสของถั่วลิสงดังแสดงในรูปที่ 1. กลไกปฏิกิริยาเริ่มจากการรวมตัวระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลแอลโดสที่คาร์บอนอะตอมตัวที่ 1 แล้วสูญเสียน้ำ 1 โมเลกุลได้ 1,2-Eneaminol(I)และจะกำจัดไฮดรอกซิลออนออกกลายเป็น Schiff base cation(II) Schiff base cation นี้สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้สารประกอบ α -Dicarbonyl (III) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นสารสีน้ำตาลในปฏิกิริยาขั้นต่อไป อีกทางหนึ่ง Schiff base cation สามารถ Decarboxylate ได้ Imine(IV) ซึ่งสามารถถูกไฮโดรไลซ์อย่างรวดเร็วได้แอลดีไฮด์ และ Dieneamine(V) จากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแบบ Enolization ได้ Ketoamine ที่ไม่อิ่มตัว(VI) แล้วจะสลายตัวต่อไปเป็น Amino acetone และ Glyceraldehyde เมื่อเกิดปฏิกิริยาควบแน่นระหว่าง Amino acetone 2 โมเลกุลจะได้ 2,5-Dimethylpyrazine (VII) ซึ่งเป็นสารตัวหลักของสารประกอบ Pyrazine ที่พบในถั่วลิสงคั่ว



รูปที่ 1. สมการเคมีที่แสดงกลไกการเกิดกลิ่นรสของถั่วลิสงคั่ว

2.3 อาหารว่าง(Snack)

Blenford(8) ได้ให้คำจำกัดความของอาหารว่างว่า "เป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้ว สามารถบริโภคได้ทันทีหรือต้องผ่านการเตรียมการอีกเล็กน้อยเช่น เติมน้ำเดือดทิ้งไว้นาน 2-5 นาที และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 6 สัปดาห์โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น" ทั้งยังได้สรุปการจัดจำแนกพวกและยกตัวอย่างอาหารว่างดังแสดงในตารางที่ 8.

ตารางที่ 8. การจัดจำแนกพวกและตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

SNACK CLASSIFICATION MATRIX	1. FRYING	2. ROASTING	3. EXPANDED	4. INSTANTISED	5. EXTR. (LP)	6. BAKED	7. FERMENT
A. POTATOES — a. Sliced Whole b. Flour							
B. CEREALS — a. Wheat Flour b. Rice Whole c. Rice Flour d. Maize Whole e. Maize Flour f. Oat Flake g. Oat Flour							
C. NUTS — a. Groundnuts b. Almonds c. Pecan, etc							
D. LEGUMES a. Peas b. Beans c. Carrots							
E. FRUIT — a. (Raisins) b. (Bananas) c. (Papayas)							
F. SEED — a. Soya b. Sesame							
G. MEAT — a. Cured b. Fabricated							
H. FISH/SEAFOOD a. Cured b. Fabricated							
I. DAIRY PRODUCE a. Protein b. Whey c. Casein							
J. STARCH							

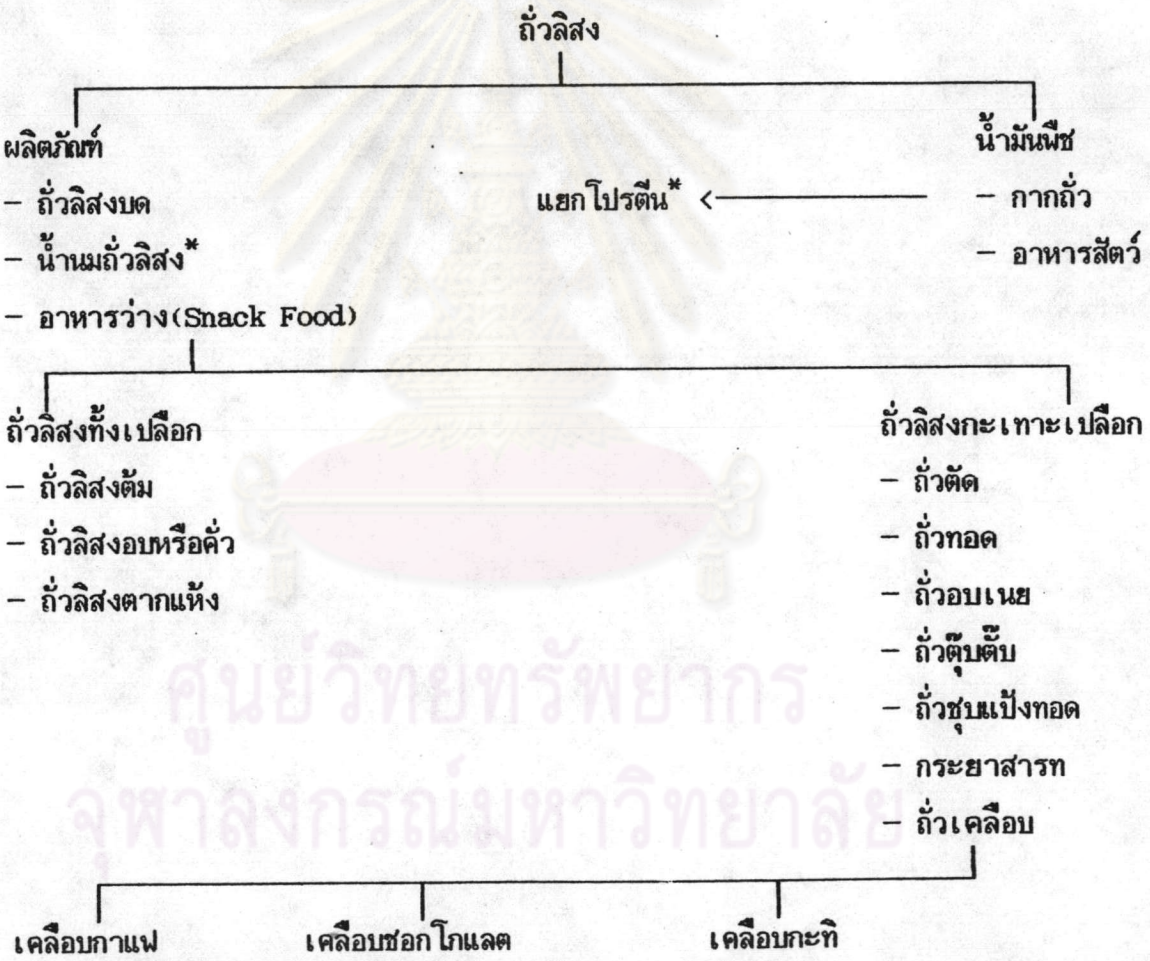
TABLE 5

SNACK PRODUCT	CLASS
Potato Crisp	Aa1
Potato Snack	Ab 51
Puffed Rice	Bb3
Meat Snack	Ga7
Cheese	1b7
Prawn Flavoured Snack	Be3
Prawn Snack	Hb1
Instant Noodle	Bc3 or Ba3
Banana Chips	Eb1

2.4 ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วลิสง

2.4.1 ภายในประเทศ(1)

จากการตรวจเอกสารทางด้านการใช้ถั่วลิสงเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศพบว่า มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืช และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดต่างๆเช่น ถั่วลิสงอบ ถั่วลิสงคั่ว ถั่วลิสงทอด ขนมตุ๊บตั๊บ กระยาสารท และถั่วเคลือบต่างๆ เช่น เคลือบชอกโกแลต เป็นต้น ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 2.



* ยังอยู่ระหว่างการวิจัย

รูปที่ 2. ผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงที่ผลิตในประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.2 ต่างประเทศ

2.4.2.1 ประเทศอินเดีย

เนื่องจากกากถั่วลิสงที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันเหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารสำหรับคน นักวิทยาศาสตร์การอาหารจึงมีความคิดที่จะใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับการสกัดน้ำมัน อันจะทำให้ได้ผลผลิตไม่เพียงแต่น้ำมันถั่วลิสง ยังจะได้กากถั่วลิสงที่มีโปรตีนสูงและถูกสุขลักษณะซึ่งสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูงได้มากยิ่งขึ้น และได้มีการทดลองผลิตอาหารว่างจากกากถั่วลิสงที่ได้จากการบีบน้ำมันดังนี้

2.4.2.1.1 ถั่วลิสงคั่วที่สกัดน้ำมันบางส่วน(9)

การผลิตเริ่มจาก การนำถั่วลิสงที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมงมาลอกเยื่อ และใช้เครื่องไฮดรอลิคเพรสบีบน้ำมันออกจากถั่วลิสงที่ผ่านการลอกเยื่อและมีความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์ที่ความดัน 140 กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตรนาน 60 นาที แล้วจะนำถั่วลิสงที่ได้ไปแช่น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 87-90 องศาเซลเซียสนาน 2 นาทีเพื่อคืนรูปร่างเดิมของถั่วลิสง จากนั้นจะนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนเหลือความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ก่อนนำไปคั่วที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที จะได้ถั่วลิสงคั่วที่สกัดน้ำมันบางส่วน ผลิตภัณฑ์นี้สามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 6 เดือนหรือ 1 ปีโดยคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงถ้าบรรจุในถุงอะลูมิเนียมเปลวหรือกระป๋องโลหะ(ภายใต้สุญญากาศหรือกาซไนโตรเจน) ในตารางที่ 9. จะแสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของถั่วลิสงดิบและผลิตภัณฑ์ จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์นี้มีโปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 16 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 31 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ตารางที่ 9. องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของถั่วลิสงดิบและถั่วลิสงคั่วที่สกัดน้ำมันบางส่วน

Material	%Moisture	%Fat	%Protein	% Carbohydrate	%Ash
Peanut(as is)	6.0	49.8	26.7	15.0	2.5
Partially defatted roasted peanut	2.7	16.6	43.2	31.2	6.3

2.4.2.1.2 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์(10) อาหารว่างที่ทดลองผลิตขึ้นมามีองค์ประกอบและสภาวะการผลิตดังนี้

2.4.2.1.2.1 แป้งข้าวโพด 30 ส่วน แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วน 70 ส่วน และเกลือ 2 ส่วน สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตได้แก่ ความชื้นส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเอกซ์ทรูด 150±5 องศาเซลเซียส และความเร็วสกรู 80-100 รอบต่อนาที

2.4.2.1.2.2 แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วน 65 ส่วน แป้งถั่วเขียว 15 ส่วน แป้งข้าวโพด 20 ส่วน สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตได้แก่ ความชื้นส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเอกซ์ทรูด 140±5 องศาเซลเซียส และความเร็วสกรู 60-80 รอบต่อนาที

เมื่อเอกซ์ทรูดส่วนผสมต่างๆตามสูตรออกจากเครื่องแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพองกรอบ จากนั้นจะนำไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียสให้เหลือความชื้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ก่อนบรรจุภาชนะที่เหมาะสมเพื่อเก็บรักษา

2.4.2.2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

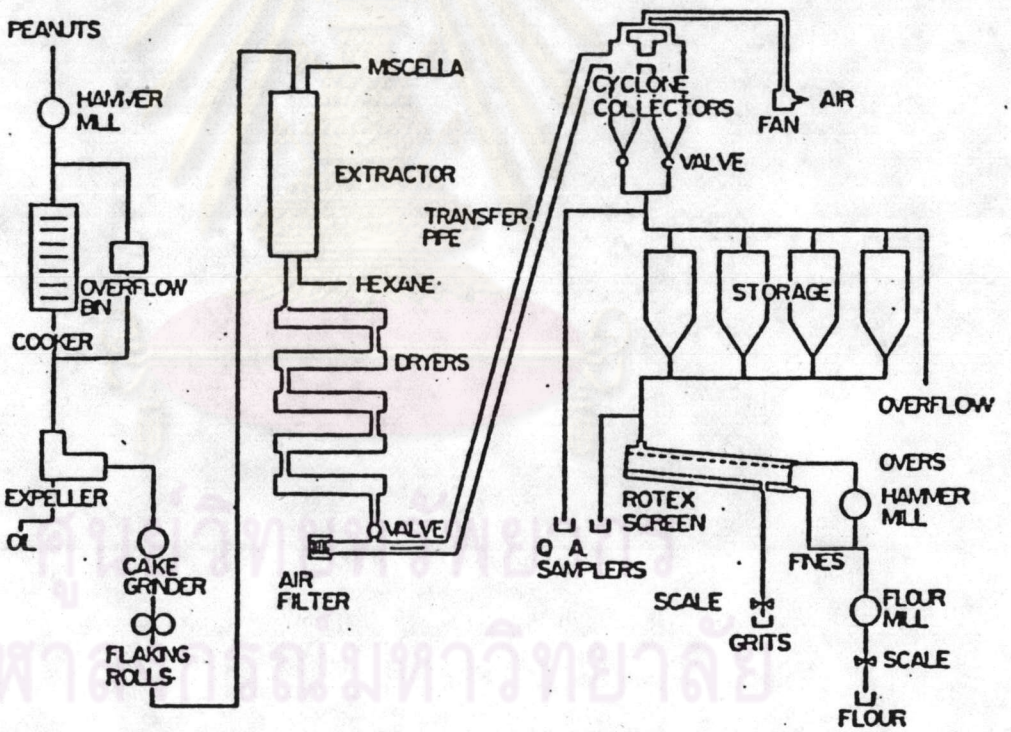
2.4.2.2.1 แป้งถั่วลิสง

สหรัฐอเมริกาใช้ถั่วลิสงมากกว่าร้อยละ 50 ของผลผลิตทั้งหมดในการผลิตเนยถั่วลิสง ปริมาณส่วนที่เหลือจะใช้ผลิตน้ำมันและอาหารอื่นๆ กากถั่วลิสงที่ได้จะใช้เป็นอาหารสัตว์หรือเป็นปุ๋ย นักวิทยาศาสตร์การอาหารมีความสนใจที่จะเพิ่มการใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงให้มากขึ้น จึงได้ทดลองผลิตแป้งถั่วลิสงซึ่งสามารถแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตได้ดังนี้(11)

2.4.2.2.1.1 แป้งถั่วลิสงพร่องน้ำมัน (Defatted peanut flour) ผลิตโดยใช้ตัวทำละลายสกัด ตัวทำละลายที่นิยมใช้ได้แก่ เฮกเซน กากถั่วลิสงที่ได้จะมีน้ำมันเหลืออยู่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ถั่วลิสงที่จะใช้ในการผลิตแป้งถั่วลิสงพร่องน้ำมันต้องตรวจไม่พบสารอะฟลาทอกซินหรือมีน้อยกว่า 8 ppb(ส่วนในพันล้านส่วน) การผลิตเริ่มจากการนำถั่วลิสงมาบดละเอียดโดยใช้ Hammer mill ปรับให้ได้ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ ลำเลียงผ่านหม้อนึ่งภายใต้ความดันแบบเป็นชั้น นึ่งด้วยไอน้ำนาน 45-60 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 240 องศาเซลเซียส จากนั้นจะบีบน้ำมันออกโดยใช้ Expeller กากถั่วลิสงที่ได้จะมีน้ำมันเหลืออยู่ 8-12 เปอร์เซ็นต์ บดละเอียดและปรับให้ได้ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์

013797

อีกครั้ง แล้วทำให้เป็นเกล็ดฝอยก่อนนำมาสกัดน้ำมันที่เหลืออยู่ออกด้วยตัวทำละลายเช่น เฮกเซน เมื่อระเหยและแยกตัวทำละลายออกหมดแล้ว กากถั่วลิสงจะถูกนำมาเก็บไว้ในถังพักก่อนที่จะถูกนำมาแยกตามขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อน ถ้ากากถั่วลิสงมีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 16-60 เมช(Mesh)จะเรียกว่า Grit และกากถั่วลิสงที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 60 เมชและถูกบดอีกครั้งจะเรียกว่า Flour ในกรณีที่กากถั่วลิสงมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 16 เมชจะต้องนำไปบดละเอียดโดยใช้ Hammer mill ก่อนนำไปบดเป็น Flour กรรมวิธีการผลิตแสดงในรูปที่ 3. และในตารางที่ 10. แสดงองค์ประกอบของแป้งถั่วลิสง(12)



รูปที่ 3. กรรมวิธีการผลิตแป้งถั่วลิสงพร่องน้ำมัน

ตารางที่ 10. องค์ประกอบของแป้งถั่วลิสงพร่องน้ำมัน

Component	Percent
Protein (N X 6.25)	57.0
Fat	0.6
Fiber	4.6
Moisture	7.0
Ash	4.6
Total carbohydrates	30.0
Water adsorption	280.0
Nitrogen solubility index	59.0
Pepsin digestibility protein	95.6
Calcium	0.14
Phosphorous	0.76
Potassium	1.29
Sodium	0.18
Iron	0.0021
Magnesium	0.37
Manganese	0.0049
Zinc	0.0051
Copper	0.0018
Choline chloride	0.0028
Niacin	0.027
Calcium pantothenate	0.0028
Riboflavin(vitamin B_2)	0.00048
Thiamine(vitamin B_1)	0.00070

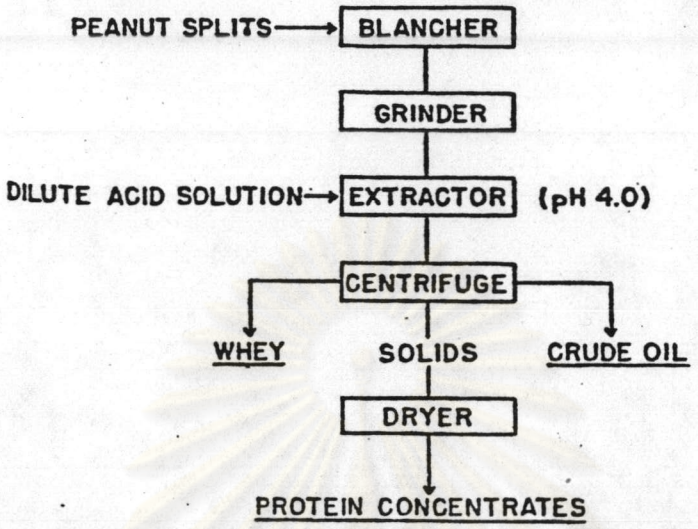
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.2.2.1.2 แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วน (Partially defatted peanut flour) ผลิตโดยใช้แรงกลบีบอัด เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ ไฮดรอลิคเพรส นิยมใช้บีบน้ำมันออกจากถั่วลิสงดิบ สามารถบีบน้ำมันออกได้ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์

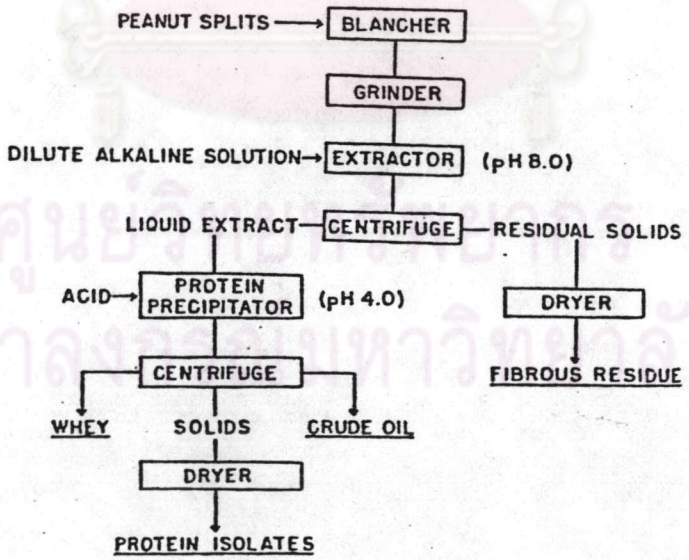
2.4.2.2.1.3 แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วน (Partially defatted peanut flour) ผลิตโดยใช้แรงกลบีบอัดเช่นเดียวกับในข้อ 2.4.2.2.1.2 แต่ต่างกันที่เครื่องมือๆจะมีลักษณะเป็นเกลียวหรือที่เรียกว่า สกรูเพรส และถั่วลิสงจะต้องผ่านการให้ความร้อนก่อนบีบน้ำมัน

2.4.2.2.1.4 แป้งถั่วลิสงที่มีโปรตีนสูง (Protein concentrates และ Protein isolates) ผลิตโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยกและตกตะกอนโปรตีน การผลิตเริ่มจากการใช้ถั่วลิสงที่ผ่านการลอกเยื่อแล้ว บดถั่วลิสงให้ละเอียดและผสมน้ำทำให้เป็นของเหลวที่เจือจาง ในกรณีที่ต้องการผลิต Protein concentrates จะปรับ pH ของของเหลวให้เท่ากับ 4 โดยใช้กรดเกลือเจือจาง จากนั้นจะนำมาเข้าเครื่องปั่นแยกๆเอาน้ำมันและเวย์ออก นำของแข็งที่ได้ไปอบแห้งจะได้ Protein concentrates ส่วนการผลิต Protein isolates จะปรับ pH ของของเหลวให้เท่ากับ 8 ก่อนโดยการเติมด่างเจือจาง แล้วค่อยนำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกๆเอาของแข็งซึ่งได้แก่ Fibrous ออก ส่วนของเหลวที่เหลือจะนำมาปรับ pH ให้เท่ากับ 4 เพื่อตกตะกอนโปรตีน จากนั้นจะนำเข้าเครื่องปั่นแยกๆเอาน้ำมันและเวย์ออก เมื่อนำของแข็งที่ได้มาอบแห้งจะได้ Protein isolates กรรมวิธีการผลิตแสดงในรูปที่ 4. และ 5.(13)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4. กรรมวิธีการผลิต Protein concentrates



รูปที่ 5. กรรมวิธีการผลิต Protein isolates

2.4.2.2.1.5 แป้งถั่วลิสงที่ไม่ได้สกัดน้ำมัน (Full-fat flour) ผลิตโดยการบดถั่วลิสงให้ละเอียดก่อนแล้วทำให้เป็นของเหลวข้น อุ่นให้ร้อนพอเหมาะจากนั้นจะทำให้แห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย(Spray drier)หรือแบบลูกกลิ้ง(Drum drier)

2.4.2.2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบ

2.4.2.2.2.1 ใช้แป้งถั่วลิสงเติมลงใน Cereal formulation หรือ Corn curl snack formulation เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน และใช้ทดแทนนมพร่องมันเนยใน Bread formulation ดังแสดงในตารางที่ 11. 12. และ 13.(14)

ตารางที่ 11. สูตรองค์ประกอบของ Cereal formulation

Ingredients	Corn base(%)	Oat base(%)
Corn flour	50.0	20.0
Peanut flour	17.5	17.25
Oat flour	10.0	25.0
Soft spring wheat flour	8.0	12.0
Rice flour	6.75	18.0
Wheat germ	5.0	5.0
Malt syrup	2.0	2.0
Salt	0.5	0.5
Myvaplex X 600	0.25	0.25
Finished composition		
Bulk density(dry) lb/ft^3	8.3	13.9
Protein(6.25 X N)(%)	21.2	22.1
Moisture(%)	2.4	6.6

ตารางที่ 12. สูตรองค์ประกอบของ Corn curl snack formulation

Ingredients	A(%)	B(%)
Degerminated corn meal	85.0	30.0
Peanut flour	15.0	40.0
Rice flour		30.0
Composition before frying		
Bulk density lb/ft^3	3.8	8.1
Protein(6.25 X N)(%)	16.3	28.9
Moisture(%)	9.1	10.5

ตารางที่ 13. สูตรองค์ประกอบของ Bread formulation

Ingredients	White bread(%)	Whole wheat bread(%)
Bread formulation	53.0	35.0
Whole wheat flour		16.0
Peanut flour	2.0	3.0
Water	39.0	37.0
Yeast	1.0	1.0
Shortening	2.0	2.0
Granulated sugar	2.0	
Invert syrup		4.0
Salt	1.0	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทดลองพบว่า Corn และ Oat base cereals มีค่า Bulk densities 8.3 และ 13.9 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตตามลำดับ เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส Corn base formulation จะได้คะแนน 6.1(1 เท่ากับไม่ชอบมากที่สุดและ 9 เท่ากับชอบมากที่สุด) ส่วน Oat base formulation ได้คะแนน 5.7 สามารถผลิต Corn curl snack ให้มีค่า Bulk density อยู่ระหว่าง 3.8-8.1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตได้โดยการเติมแป้งถั่วลิสงลงไป 15-40 เปอร์เซ็นต์ การเติมแป้งถั่วลิสงที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีโปรตีนเพิ่มขึ้น 8 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้ค่า Bulk density หรือรสชาติแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม และการเติมแป้งถั่วลิสงมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า Bulk density เพิ่มมากขึ้นและจะมีรสขมเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบได้และมีค่า Bulk dendity น้อยกว่า 4 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตโดยสามารถเติมแป้งถั่วลิสงได้มากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนมากเป็น 2 เท่าของผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่วางจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาด ส่วนการใช้แป้งถั่วลิสงทดแทนนมผง่องมันเนยนั้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพขึ้น เช่น เนื้อสัมผัสยืดหยุ่นดี เปลือกมีสีน้ำตาลสม่ำเสมอและปริมาตรขนมปังเป็นที่ยอมรับ

2.4.2.2.2.2 การใช้แป้งถั่วลิสงประเภทต่างๆ เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อเพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะคุณภาพบางอย่างดังแสดงในตารางที่ 14.(15)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14. การใช้แป้งถั่วลิสงประเภทต่างๆเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อ

Product	Peanut flour	Peanut grits	Textured peanut protein	Peanut protein concentrates	Peanut protein isolates
Ground					
Patties		X	X	X	X
Meat balls		X	X	X	X
Meat loaves		X	X	X	X
Chili	X	X	X	X	X
Sloppy joe		X	X	X	X
Tacos	X	X	X	X	X
Salisbury-steak	X	X	X	X	X
Sausage		X	X	X	X
Emulsion					
Sausage	X			X	X
Bologna	X			X	X
Loaves	X			X	X
Canned	X			X	X
Others					
Baby food	X	X	X	X	X
Soups					
Canned	X	X	X	X	X
Dry			X	X	X
Sauces and-gravies	X	X	X	X	X
Pet food	X	X	X	X	X

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ถั่วลิสงแผ่น(Peanut Chips)

McWatters และ Cherry(16) ได้ทดลองผลิตถั่วลิสงแผ่นจากแป้งถั่วลิสง 5 ชนิดดังนี้

A แป้งถั่วลิสงที่ไม่ได้สกัดน้ำมันและผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจาย

B แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วนและไม่ผ่านการคั่ว

C แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วนและคั่วที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที

D แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วนและคั่วที่อุณหภูมิ 171 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที

E แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วนและคั่วที่อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที

การผลิตเริ่มจากการลอกเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงออก นำเมล็ดถั่วลิสงมาบีบน้ำมันออกโดยใช้เครื่องไฮดรอลิคเพรส ที่ความดัน 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที แล้วนำถั่วลิสงมาบดจะได้แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วนและไม่ผ่านการคั่ว หรือคั่วถั่วลิสงตามอุณหภูมิที่กำหนดแล้วค่อยนำมาบด จะได้แป้งถั่วลิสงที่สกัดน้ำมันบางส่วนและผ่านการคั่วตาม C D และ E จากนั้นจะเติมน้ำลงในแป้งถั่วลิสงชนิดต่างๆในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วนวดส่วนผสมให้ขึ้นรูปเป็นโด นำโดที่ได้มารีดเป็นแผ่นบาง 2 มิลลิเมตร ตัดให้ได้ขนาด 1.5X2.5 เซ็นติเมตรแล้วทอดในน้ำมันถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ทิ้งให้สะเด็ดน้ำมันบนกระดาษซับในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที และเติมเกลือเล็กน้อยจะได้ถั่วลิสงแผ่น แผนภาพการผลิตแสดงในรูปที่ 6. ส่วนผลการทดลองจะแสดงในตารางที่ 15. 16. 17. และ 18.

จากการทดลองพบว่า แป้ง A จะให้โดมีน้ำมันเยิ้ม เหนียว และขึ้นรูปยาก ถั่วลิสงแผ่นที่ได้จะใช้เวลาทอดสั้นที่สุด(2นาที) ทั้งไม่สามารถคงรูปร่างเดิมขณะทอด และมีปริมาณน้ำมันสูงสุดคือ 62.40 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 16. โดที่ปั้นจากแป้ง B จะไม่มีน้ำมันเยิ้มเหมือนที่ทำจากแป้ง A แต่ยังคงเหนียวและขึ้นรูปยาก ถั่วลิสงแผ่นที่ได้จะใช้เวลาทอดนานที่สุด(7นาที) สามารถคงรูปร่างเดิมขณะทอด และเนื้อสัมผัสจะเหนียวที่สุด(มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด)ดังแสดงในตารางที่ 17. เมื่อนำแป้ง C มาผสมน้ำ ปั้นขึ้นรูปเป็นโด และรีดเป็นแผ่นจะทำได้ง่ายกว่าแป้งชนิดอื่นๆ ถั่วลิสงแผ่นที่ได้จะใช้เวลาทอดนาน 4 นาที สามารถคงรูปร่างเดิมขณะทอด และได้คะแนนการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบมากที่สุด ดังแสดงในตาราง 18. ส่วนแป้ง D และ E ไม่สามารถนำมาผลิตถั่วลิสงแผ่น เนื่องจากเมื่อนำมาผสมน้ำปั้นขึ้นรูปเป็นโด จะได้โดที่มีการยึดจับไม่ดี และถ้านำไปทอดจะแตกเป็นชิ้นเล็กๆ

McWatters และ Cherry ได้สรุปและเสนอแนะผลการทดลองว่า ถั่วลิสงแผ่นมีปริมาณน้ำมันสูงเกินไปสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้ และควรจะมีการปรับปรุงกรรมวิธีการ

ผลิตและสูตรส่วนผสม

ตารางที่ 15. องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งถั่วลิสง

Flour Code	% Moisture	% Protein	% Oil	% Crude Fiber	% Ash	% Carbo-hydrate[a]
A	3.0	24.7	47.6	2.0	2.7	20.0
B	7.8	36.8	28.5	2.5	3.1	21.3
C	2.5	37.5	33.7	2.5	3.6	20.2
D	1.9	37.5	33.3	2.6	3.4	21.3
E	1.9	39.3	31.6	2.8	3.5	20.9

a. Carbohydrate content determined by difference

ตารางที่ 16. องค์ประกอบของถั่วลิสงแผ่น

Flour Code[a]	% Moisture	% Protein	% Oil	% Crude Fiber	% Ash	% Carbo-hydrate[b]
A	1.3	19.1	62.4	1.3	2.0	13.9
B	1.7	27.0	50.0	1.9	2.8	16.6
C	1.6	27.5	47.8	1.8	2.6	18.7

a. No chips could be processed from flours D and E

b. Carbohydrate content determined by differnce

ตารางที่ 17. ค่าแรงเฉือนของถั่วลิสงแผ่น

Flour code[a]	Shear press values (kg force/g)
A	5.16 z
B	11.03 x
C	9.81 y

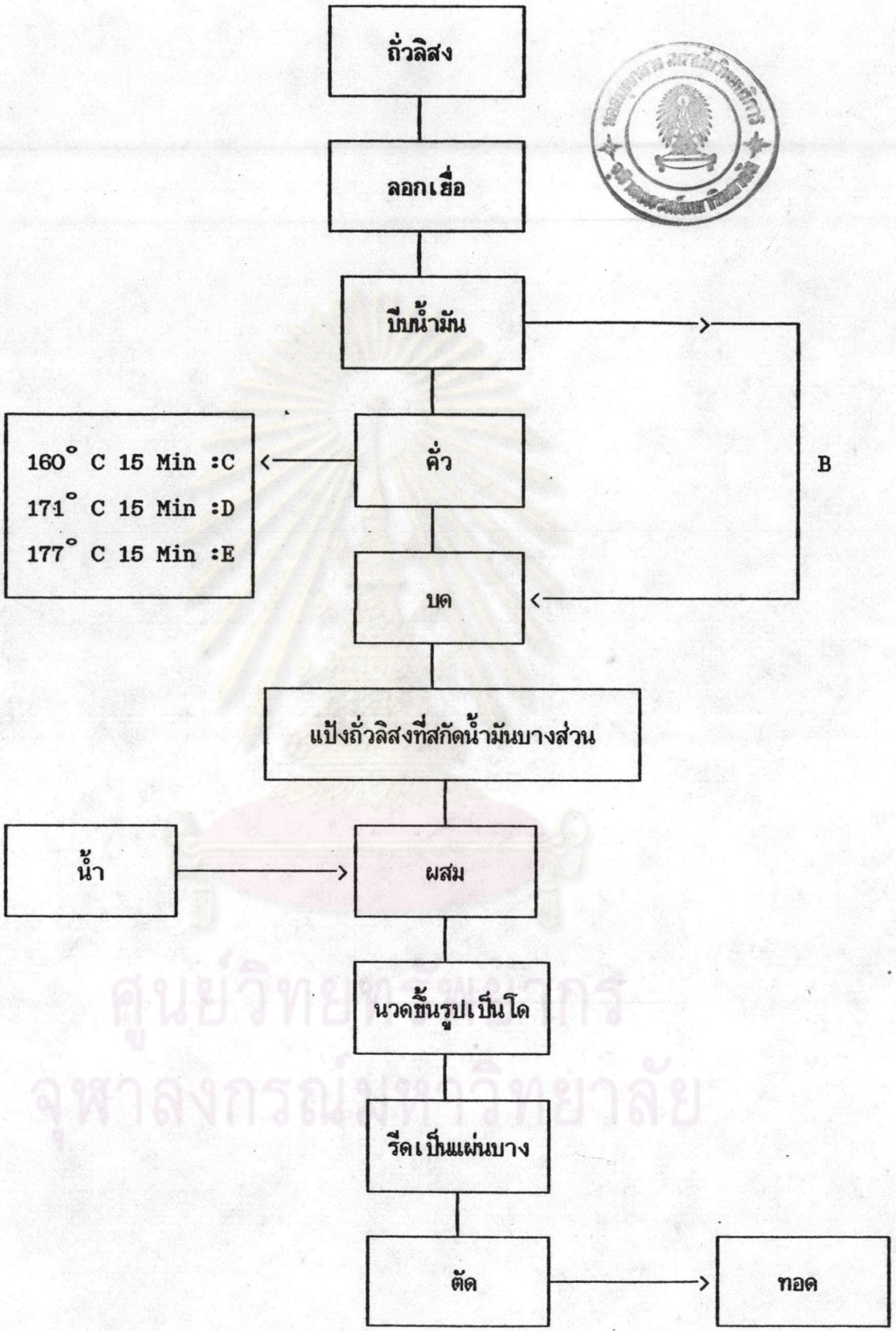
ตารางที่ 18. คะแนนการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของถั่วลิสงแผ่น

Flour Code[a]	Sensory Quality Scores				
	Appearance[b]	Color[b]	Aroma	Texture[b]	Flavor[c]
A	5.8 y	7.3 x	6.7	6.4 y	6.3 y
B	7.1 x	6.8 y	6.9	6.2 y	6.3 y
C	7.3 x	7.6 x	6.9	7.1 x	6.8 x

a. No chips could be processed from flours D and E

b. Values in a column followed by a common letter are not significantly different at $P<0.01$

c. Values in a column followed by a common letter are not significantly different at $P<0.05$

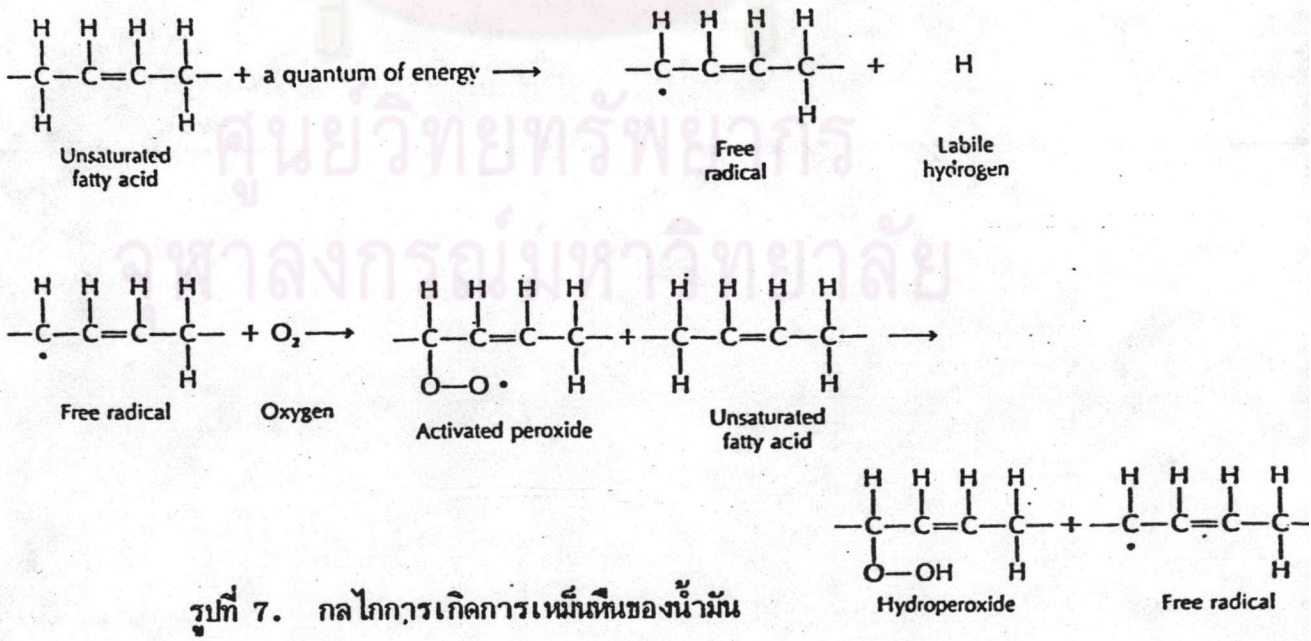


รูปที่ 6. กรรมวิธีผลิตถั่วลิสงแผ่นของ McWatters และคณะ

2.6 การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.6.1 การสูญเสียความกรอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำมากทำให้สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศบริเวณข้างเคียงได้ง่าย และถ้าความชื้นเพิ่มเกินระดับหนึ่งแล้ว (ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์) ผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.6.2 การเหม็นหืน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีน้ำมันอยู่ในปริมาณสูงมากและในสภาพอากาศที่มีก๊าซออกซิเจนและแสงแดด น้ำมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จะเกิดการเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของน้ำมัน โดยทั่วไปโมเลกุลของน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นได้ง่าย จากทฤษฎีที่เชื่อถือได้ในปัจจุบันได้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า ไฮโดรเจนตัวที่อยู่กับคาร์บอนอะตอมที่ใกล้กับคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะคู่จะถูกแทนที่ด้วยพลังงานควันตัมซึ่งได้แก่ความร้อนและแสง ทำให้เกิด Free radical จากนั้นโมเลกุลออกซิเจนจะทำปฏิกริยากับ Free radical ได้เป็นสารประกอบตัวใหม่เรียกว่า Activated peroxide และพลังงานจาก Activated peroxide สามารถแทนที่ไฮโดรเจนจากกรดไขมันตัวอื่นๆ ทำให้ได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์และ Free radical ปฏิกริยานี้จะเกิดขึ้นและหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นสารไม่คงตัวจะสลายต่อไปเป็นสารประกอบคาร์บอนด์ที่มีเส้นสายเล็กๆเช่น กรดไขมัน แอลดีไฮด์ และคีโตน ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังในรูปที่ 7.(17)



รูปที่ 7. กลไกการเกิดการเหม็นหืนของน้ำมัน

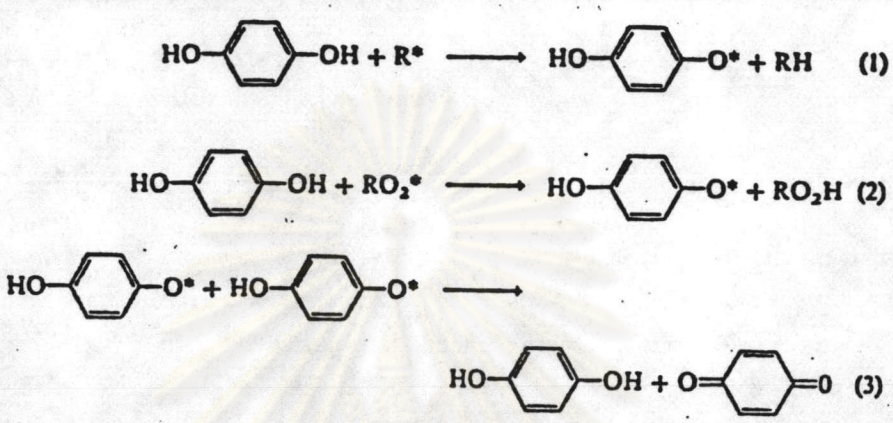
2.7 การป้องกันการเสื่อมเสีย

2.7.1 การใช้สารกันหืนที่ Federal Food and Drug Administration ของประเทศสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ในน้ำมันและไขมันบริโภคได้แก่ Butylated hydroxytoluene (BHT) , Propyl gallate(PG) และ Di-tert-butylhydroquinone(TBHQ) เป็นต้น ส่วนของรายละเอียดที่เกี่ยวกับคุณสมบัติการละลายและปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในประเทศไทยแสดงในตารางที่ 19. (18,19)

ตารางที่ 19. สมบัติของสารกันหืนบางชนิดและปริมาณที่ได้รับอนุญาตให้ใช้

ชนิดของสารกันหืน	สมบัติการละลาย		ปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้ (%นน.น้ำมันหรือไขมัน)	หมายเหตุ
	ในน้ำมัน	ในน้ำ		
กลุ่มที่ 1.				
BHA	ละลายได้ดี	0.0015% ที่ 25° C	0.02	จะใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันได้ไม่เกิน 0.02%
BHT	1.5%	ไม่ละลาย	0.02	
TBHQ	-	-	0.02	
กลุ่มที่ 2.				
PG	0.5-1% ที่ 25-50° C	1.8% ที่ 50° C	0.01	จะใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันได้ไม่เกิน 0.01%
Octyl gallate	-	-	0.01	
Dodecyl gallate	-	-	0.01	
กลุ่มที่ 1.ร่วมกับ 2. สารพวก Gallate ร่วมกับ BHA หรือ BHT หรือ TBHQ หรือรวมทั้งสามตัวอย่าง	-	-	0.02% แต่จะใช้ Gallate ได้ไม่เกิน 0.01%	

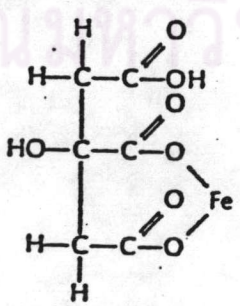
สารดังกล่าวสามารถป้องกันการเหม็นหืนได้ เนื่องจากโมเลกุลของสารกันหืนจะถูกออกซิไดซ์แทนกรดไขมันไม่อิ่มตัวและใช้พลังงานที่ก่อให้เกิด Free radical หมดไป กลไกการยับยั้งแสดงดังสมการในรูปที่ 8. (17,20)



RH = the activated linoleic pentadiene system with H as the labile hydrogen of the methylene group , R^* = free radical , RO_2 * = oxygenated free radical , RO_2 H = primary oxidation product (hydroperoxide) , and HO-⟨⟩-OH = hydroquinone

รูปที่ 8. กลไกการยับยั้งการเหม็นหืนของน้ำมันโดยใช้สารกันหืน

กรดอินทรีย์บางตัวสามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพของสารกันหืนได้เช่น กรดซิตริก โดยจะไปจับเหล็กซึ่งเป็นตัวคะตาลิสในการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นแสดงในรูปที่ 9.



รูปที่ 9. สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นระหว่างเหล็กและกรดซิตริก

2.7.2 ใช้ภาชนะบรรจุ ควรใช้ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติสามารถกันการส่องผ่านของแสง การซึมผ่านเข้าออกของไอน้ำ กลิ่น และกาซออกซิเจนได้ดี ภาชนะที่นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ ถุงพลาสติกที่ทำด้วย Polyolefin-coated oriented polypropylene(alone or laminated) , PVDC-lacqured oriented or cellophane และถุงอะลูมิเนียมเปลว เป็นต้น ซึ่งภาชนะดังกล่าวมีการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่า 1 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน(21) คุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ 20.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20. คุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่างๆ(Thaipack,Co.,Ltd.)

Property \ Type of plastic	Unit	Eval film (EF)	Oriented Polypropylene (OPP)	Polyester (PET)	Polypropylene (CP)	Low density Polyethylene LDPE	High density Polyethylene (HDPE)	Polyvinylidene chloride (PVDC)
Thickness	μ	15	20	12	20	30	20	30
Moisture Permeability	g/m^2. 24 hrs. 30 μ	50	5.0	22.1	12.5	16.3	7.9	10.9
Moisture absorption	%	3.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Oxygen permeability coefficient	**	0.02	77	2.4	137	270	249	1-5
Oil resistance	hr	∞	44	∞	35	20	40	>200
Melting point	°c	180	175	260	120	105-115	137	150-160

** $cc.cm/cm^2$. sec. cm Hg x 10^{12}