



การศึกษาการผลิตชุดตั้ง ฟักทองกระ บ้อง

๑/พ.
๗/๑๕๗
๒๕๓๖

นางสาวชฎารัตน์ กุฎิกรมย์รัตน์
นางสาวสัสดาวลัย บุษง
นางสาวศิริรัตน์ ศิระกะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน.ปี.....

๖๑๑๕๓๘'๕๐

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๓๖

STUDY ON CANNED PUMPKIN PUDDING PRODUCTION


CHADARAT BHUBHIROMRAT
LADDAWAN BOONSONG
SIRIRAT SIRAKA

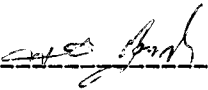
A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Biology
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang


1993

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการผลิตพุดดิ้งผักของกระป๋อง	
นักศึกษา	นางสาวชฎารัตน์	ภูริรัมย์รัตน์
	นางสาวลัดดาวัลย์	บุญส่ง
	นางสาวศิริรัตน์	ศิระกะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วันชัย	สุกฉันทน์
	ผศ. สุขใจ	ชูจันทร์
	อาจารย์ดวงใจ	โอชัยกุล

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้มอบโครงการพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


 (อ. ชุ่นเรีอน ศิริวานิชกุล) หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์


 (ผศ. ดร. พรรณี สิตาภิชิต) ประธานกรรมการ


 (อ. วันชัย สุกฉันทน์) กรรมการ

 (ผศ. สุขใจ ชูจันทร์) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการผลิตพุดdingผักของกระป๋อง	
นักศึกษา	นางสาวชฎารัตน์	ภูภิรมย์รัตน์
	นางสาวลัดดาวัลย์	บุญส่ง
	นางสาวศิริรัตน์	ศิระกะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วันชัย	สุภณีนุ่น
	ผศ. สุขใจ	ชูจันทร์
	อาจารย์ดวงใจ	โอชัยกุล
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
ปีการศึกษา	2536	

บทคัดย่อ

จากการศึกษาเพื่อหาสูตรพุดdingผักของให้ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทำการเปรียบเทียบพุดdingผักของ 4 สูตร สูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานของพุดding สูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ได้ทำการเพิ่มปริมาณผักของและน้ำตาลทราย และลดปริมาณน้ำ สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ได้ทำการเพิ่มปริมาณผักของและลดปริมาณของน้ำตาลทราย สูตรที่ 4 เป็นสูตรที่ได้ทำการลดปริมาณน้ำตาลทรายและเพิ่มปริมาณน้ำ ประเมินผลการทดสอบชิมทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scale โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) 63 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Friedmann Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมคือ แป้งข้าวโพด นมข้นจืด กะทิ น้ำตาลทราย ผักของ น้ำ และเกลือ ร้อยละ 7.06 6.21 17.78 25.40 8.47 35.00 และ 0.08 ตามลำดับ ได้รับการยอมรับมากที่สุด

การศึกษหาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของพุดdingผักของสูตรที่ 2 จากค่า F_0 พบว่า พุดdingผักของที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ค่า F_0 เท่ากับ 4 นาที และมีเวลาในการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ปลอดภัยทั้งมีคุณลักษณะทางด้านสีและเนื้อสัมผัส ใกล้เคียงกับพุดdingผักของก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมากที่สุด

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี ภายนอก และจุลชีววิทยา ของพุดdingผักของกระป๋อง พบว่า สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลาอย่างน้อย 60 วัน โดยยังคงมีคุณภาพใกล้เคียงกับพุดdingผักของก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน มีคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยเพียงพอต่อการบริโภค

Special Project Title	Study on Canned Pumpkin Pudding Production	
Name	Miss Chadarat	Bhubhiromrat
	Miss Laddawan	Boonsong
	Miss Sirirat	Siraka
Special Project Advisor	Mr. Wanchai	Sutthinoon
Special Project Coadvisor	Asst. Sukjai	Shoojan
	Mrs. Duangjai	Ochaikul
Department	Biotechnology	
Acedemic Year	1993	

Abstract

Study to formulate the pumpkin pudding for the consumer acception was investigated. In comparison of 4 pudding formulas, plain pumpkin pudding, pumpkin pudding with both increased pumpkin and sugar and decreased water ,pumpkin pudding with increased pumpkin and decreased sugar and the last formula pumpkin pudding with decreased sugar and increased water. The acceptability of sensory evaluation of 4 formulas were examined by 63 taste panels using Hedonic Scale and Complete Randomized Design (CRD) at 95 % significant of Friedmann Test. The second formula was significantly highest that consisted of cornstarch evaporated milk coconut milk sugar pumpkin water and salt. The percentage of composition was 7.06 6.21 17.78 25.40 8.47 35.00 and 0.08 respectively.

Studying the processing time of the second pumpkin pudding formula found that, the F_0 for the commercial sterilization was equal to 4 minutes and took 45 minutes for the processing time with provide the pudding characteristic such as colour and texture similar to the preprocessing one.

The chemical physical and microbiological analysis of canned pumpkin pudding showed that at least 60 days storage of canned pumpkin pudding was similar to the pre-processing one. The nutritional value and safety of canned pumpkin pudding were ensure for human consumption.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการงานพิเศษฉบับนี้ได้จัดทำขึ้น ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ซึ่งไม่อาจสำเร็จจุล่งงไปได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือด้านปัจจัย วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ตลอดทั้งคำแนะนำจากบุคคลต่อไปนี้ คือ อาจารย์วันชัย สุทธิหนู ผู้ซึ่งเป็น อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุขใจ ชูจันทร์และอาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล ซึ่งเป็นผู้ช่วยอาจารย์ ที่ปรึกษา หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ตลอดทั้งคณะกรรมการทุกๆ ท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ เจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ อาจารย์พิมพ์เพ็ญ ภิรพร และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการทำโครงการงานพิเศษ ตลอดจนแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ สถาบันคั้นคว้า และพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัทคาร์บอนดีเมทัลบ็อกซ์ จำกัด บริษัทสวอน อินดัสทรี จำกัด บริษัทสุนทรเมธัล อินดัสทรีส์ จำกัด และบริษัทเตตรา แพค จำกัด ที่ได้กรุณาให้ข้อมูล คำแนะนำ และช่วยเหลือด้านปัจจัยวัตถุประสงค์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการงานพิเศษ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายสุดนี้ ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกท่าน ที่ได้สละเวลาในการเป็นผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ และให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านอื่นๆ จนกระทั่งโครงการงานพิเศษ สำเร็จจุล่งงไปได้อย่างดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ โครงการงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อ โครงการงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	3
2.1 พุดตั้ง	3
2.2 ส่วนผสมของพุดตั้ง พักทอง	6
2.2.1 แป้ง	6
2.2.2 นมข้นจืด	10
2.2.3 กะทิ	10
2.2.4 น้ำตาล	11
2.2.5 พักทอง	13
2.3 การแปรรูปอาหาร	14
2.4 การแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อน	16
2.5 การตรวจสอบกระบวนการบรรจุกระป๋อง	22
2.6 การเสื่อมคุณภาพของอาหารกระป๋อง	24
2.7 ลักษณะของอาหารกระป๋องที่เสื่อมเสีย	27
2.8 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	29
2.9 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ	31

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่	
3. ขั้นตอนการทำงาน	35
3.1 อุปกรณ์	35
3.2 วิธีทดลอง	35
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	47
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	60
ภาคผนวก	
ก. สูตรของพุดding ฟักทอง	62
ข. ตัวอย่างแบบทดสอบการประเมินผลพุดding ฟักทอง	63
ค. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี	64
ง. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ	70
จ. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา	71
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พุดตั้งสูตรต่างๆ	4
2	สูตรพุดตั้ง ฟักทองที่นำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	37
3	ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Friedmann Test	48
4	เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ค่า F_0 ต่างๆ	50
5	ค่าคุณลักษณะทางด้านสีที่ค่า F_0 ต่างๆ	51
6	ผลการตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋อง	54
7	จำนวนร้อยละของส่วนประกอบทางเคมี	55
8	ค่าคุณลักษณะทางด้านสีของ พุดตั้ง ฟักทอง กระป๋อง ในระหว่างการเก็บรักษา	58
9	คุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา	59

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	แสดง ส่วนผสมของพุดดิ้งฟักทอง	38
2	แสดง ลักษณะที่ค่อนข้างหนืดของพุดดิ้งฟักทองก่อนยกลงจากเตา	39
3	แสดง การเตรียมกระป๋องก่อนนำไปใช้หาค่าเวลาในการฆ่าเชื้อ	40
4	แสดง รางใส่อากาศ	42
5	แสดง เครื่องปิดฝากระป๋อง	43
6	แสดง การต่อเครื่องคำนวณหาค่า F_0 เข้ากับเครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ	44
7	แสดง สมุดเทียบสี Munsell	46
8	แสดง พุดดิ้งฟักทองกระป๋องหลังผ่านกระบวนการแล้ว	52

บทที่ 1

บทนำ

อาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ การเลือกซื้ออาหารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยทั่วไปมักจะคำนึงถึง คุณค่าทางโภชนาการ ราคา ความสะดวกในการบริโภค นอกจากนี้ความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่นำมาใช้ในการพิจารณา เพื่อเลือกซื้ออาหาร

การดำเนินชีวิตในสภาพเศรษฐกิจเช่นในปัจจุบันนี้ เป็นสภาพที่ต้องเร่งรีบแข่งขันกัน เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพดังกล่าว จึงได้มีการผลิตอาหารพร้อมเสิร์ฟชนิดต่างๆ ออกมามากมาย ทั้งอาหารหลัก อาหารเสริมและอาหารว่าง " พุดดิ้ง " เป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในแถบประเทศทางยุโรปและอเมริกา แต่จากการสำรวจยังไม่พบว่ามีกรวางจำหน่ายตามท้องตลาดในประเทศไทย การทำพุดดิ้งจึงนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งนอกจากจะมีส่วนประกอบต่างๆ ที่จะให้คุณค่าทางด้านโภชนาการแล้ว ยังมีผลไม้เป็นส่วนประกอบทำให้ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารกับพุดดิ้งด้วยและประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลไม้มากมายหลายชนิดทั้งผลไม้ตามฤดูกาลและผลไม้ที่มีตลอดปี ซึ่งส่วนมีราคาไม่แพง ดังนั้นโครงการพิเศษนี้จึงเห็นความสำคัญของการแปรรูปของ วัตถุดิบทางการเกษตร เพื่อให้มีราคาสูงขึ้น จึงได้มีการคัดเลือกผลไม้ที่หาง่าย มีราคาถูก และมีคุณค่าทางด้านโภชนาการสูง มาผลิตพุดดิ้งกระป๋อง คือ พักทอง ซึ่งได้มีการวิจัยมาแล้วพบว่า มีวิตามินเอสูงมาก จึงนับได้ว่า การผลิตพุดดิ้งพักทองกระป๋องเป็นการค้นคว้าพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ในต่างประเทศจะทำพุดดิ้งกันตามครัวเรือน โดยจะเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เย็น แต่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานและเนื่องจากสภาพเศรษฐกิจที่รัดตัวตั้งได้กล่าวมาแล้ว รวมทั้งการประกอบอาหารแต่ละครั้งก็ทำให้เสียเวลา ดังนั้น การแปรรูปอาหารโดยใช้การบรรจุกระป๋องจะเป็นวิธีที่ทำให้ พุดดิ้งพักทองมีอายุการเก็บนานขึ้น สามารถเปิดรับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องมีการเตรียมการปรุง

จากความสำคัญที่ได้กล่าวมาแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการคัดเลือกผลไม้ที่จะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร หรือการใช้วิธีการถนอมอาหารโดยการบรรจุกระป๋อง ซึ่งจะช่วยให้พุดดิ้งมีอายุ

การเก็บนํายิ่งขึ้น จะทำให้พุดดิ่งกระป๋อง เป็นอาหารพร้อมเสริที่ใ้รับการยอมรับ และเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปรับปรุงผลิตภัณฑ์พุดดิ่งฟักทองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของพุดดิ่งฟักทองบรรจุกระป๋อง
3. เพื่อศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาของพุดดิ่งฟักทองกระป๋อง

ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

ศึกษาการผลิตพุดดิ่งฟักทองกระป๋องให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งทางด้าน คุณค่าทางโภชนาการ ลักษณะปรากฏ และอายุการเก็บรักษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีราคาถูกและหาง่าย ให้มีราคาสูงขึ้น
2. ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีคุณค่าทางโภชนาการ
3. ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการผลิตพุดดิ่งฟักทองกระป๋องในระดับอุตสาหกรรม หรือการผลิตพุดดิ่งในรูปแบบอื่นๆ เช่น พุดดิ่งผง พุดดิ่งแช่แข็ง

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 พุดดิ้ง (Cornstarch Pudding)

พุดดิ้ง เป็นของหวานชนิดหนึ่ง ที่ประกอบขึ้นได้ง่าย ต้นทุนต่ำ เป็นที่นิยมในการบริโภค และสามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่ร่างกายซึ่งถ้ามีการประกอบขึ้นอย่างถูกต้องเหมาะสม จะทำให้ได้ลักษณะปรากฏเป็นที่น่าพอใจ ในการที่จะใช้เป็นอาหารพร้อมเสิร์ฟ พุดดิ้งสามารถดัดแปลงได้หลายสูตร โดยการเติมส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ พุดดิ้งช็อคโกแลต มีการเติมผงโกโก้หรือช็อคโกแลตในส่วนผสมพื้นฐาน หรือพุดดิ้งผลไม้ โดยการเติมผลไม้เพิ่มในส่วนผสมจำนวน 1/2 ถ้วย เช่น แอปเปิ้ล กล้วย ลูกพรุน เป็นต้น หรือพุดดิ้งมะพร้าว ซึ่งจะเติมมะพร้าวที่ผอมในส่วนผสมจำนวน 1/4 ถ้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

ขนมหวานชนิดนี้เป็นที่นิยมเกือบทุกประเทศทั่วโลก ปัจจุบันได้มีการดัดแปลงให้มีการผลิตได้มากขึ้น

สูตรพื้นฐานของพุดดิ้ง

นมสด	1	ถ้วย
แป้งข้าวโพด	1 1/2 - 2	ช้อนโต๊ะ
น้ำตาลทราย	2	ช้อนโต๊ะ
วนิลา	1/2	ช้อนชา

พุดดิ้ง เดิมนี้มีชื่อเรียกว่า บองแมงค์ (blancmange) ซึ่งเป็นภาษาฝรั่งเศส มีความหมายว่า ขนมหวานที่ทำด้วยแป้ง (white eating) อีกชื่อหนึ่งที่ยังคงใช้เรียกกันอยู่คือ พุดดิ้งวนิลา (vanilla pudding) แม้ว่า บองแมงค์ หรือ พุดดิ้งวนิลา สามารถทำให้มีความข้นหนืดโดยใช้แป้งได้หลายชนิดก็ตาม แต่แป้งที่นิยมใช้กันมากคือ แป้งข้าวโพด จึงทำให้คำว่า บองแมงค์ พุดดิ้งวนิลา และ พุดดิ้ง ใช้แทนกันได้

ตารางที่ 1 พุดdingสูตรต่างๆ

ชนิดของพุดding	น้ำหนัก (ถ้วย)	แป้งที่ใช้ (ช้อนโต๊ะ)	น้ำตาลทราย (ช้อนโต๊ะ)	ส่วนผสมอื่นๆ
สูตรพื้นฐาน	1	แป้งข้าวโพด 1 1/2-2	2	วานิลา 1/2 ชต.
พุดding ชอคโกแลต	1	แป้งข้าวโพด 1 1/2-2	3	ผงโกโก้ 1 1/2 ชต. และวานิลา 1/4 ชต.
พุดding มะพร้าว	1	แป้งข้าวโพด 1 1/2-2	2	วานิลา 1/2 ชต. มะพร้าวหั่นฝอย 1 ถ้วย
พุดding ถั่ว	1	แป้งข้าวโพด 1 1/2-2	2	วานิลา 1/2 ชต. ถั่วบด 1/4-1/2 ถ้วย
พุดding ผลไม้	1	แป้งข้าวโพด 1 1/2-2 1/2	2	ลูกพรุน, แอปเปิ้ล, เชอร์รี่ กล้วยหรือผลไม้อื่นๆ 1/2 ถ้วย
พุดding เมเปิ้ล	1	แป้งข้าวโพด 1 1/2-2	น้ำตาลเมเปิ้ล 2	-

หมายเหตุ ชต. หมายถึง ช้อนโต๊ะ

ขั้นตอนการประกอบพุดดิ้ง

เริ่มต้นจากการผสมน้ำตาลทราย แป้งข้าวโพด และส่วนผสมอื่นๆ (ถ้ามี) แล้วเทส่วนผสมนี้ลงในนมสดที่เย็น ซึ่งแบ่งมาส่วนหนึ่งจากปริมาณนมสดทั้งหมดที่ต้องใช้ ทำให้เกิดการกระจายอนุภาคของแป้ง ป้องกันการจับตัวเป็นก้อน นำนมสดส่วนที่เหลือไปต้มให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิสูง เกือบถึงจุดเดือดแล้ว เทลงในส่วนผสมแรก ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน ส่วนผสมที่ได้นี้ไปต้มให้ความร้อนโดยตรงจากเตา เป็นเวลาประมาณ 2 นาที พร้อมทั้งคนส่วนผสมให้เข้ากันทั่วถึง ต่อจากนั้นยกออกจากเตาไปให้ความร้อน ด้วยหม้อต้ม 2 ชั้น (double boiler) การให้ความร้อนเช่นนี้จะช่วยให้ กลิ่น รส ของพุดดิ้งดีขึ้น

สิ่งที่ต้องระวังในการประกอบขนมหวานชนิดนี้

การคนให้ส่วนผสมเข้ากันทั่วถึง จำเป็นอย่างยิ่ง เป็นการป้องกันมิให้อนุภาคของแป้งมารวมตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ ถ้าไม่คน อนุภาคของแป้งที่อยู่ข้างเคียง จะสัมผัสกัน และเพิ่มขนาดขึ้นด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นลักษณะที่มองเห็นได้ นอกจากนี้การคนส่วนผสมอย่างแรงจะทำให้เม็ดแป้งแตก เกาะกันเป็นก้อนเหนียวแน่น ได้พุดดิ้งที่มีลักษณะเหนียว หนึบแน่น ซึ่งลักษณะเหนียว หนึบ นี้ อาจมีสาเหตุมาจากการคนที่นานเกินไป เมื่อมีการให้ความร้อนอย่างช้าๆ

การจับตัวเป็นก้อนขนาดเล็กหรือโตที่พบในพุดดิ้งอาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากความไม่ระมัดระวังในขั้นตอนการผสมส่วนผสมเข้ากับนมสดที่เย็น ดังนั้นการกระทำขั้นตอนต่างๆ ด้วยความตั้งใจ ทั้งการผสม และการคนอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราเร็วปานกลาง จะทำให้ได้พุดดิ้งที่เนียนและนุ่ม

พุดดิ้งที่ดี ไม่เพียงแต่มีความเนียนและนุ่มเท่านั้น ควรที่จะมีความอยู่ตัว เมื่อเย็นตัวลง นอกจากนี้ การให้ความร้อนในระหว่างการประกอบนั้นใช้เวลาจนกระทั่งพุดดิ้งมีลักษณะข้นหนืด สังเกตได้จากการนำช้อนไปตัก แล้วยกขึ้นมาได้อย่างช้าๆ แต่ถ้าพุดดิ้งไม่ข้นหนืดพอ จะต้องให้ความร้อนต่อไปอีก

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นขั้นตอนที่จะมีผลต่อลักษณะของพุดดิ้ง ซึ่งปริมาณส่วนผสมต่างๆ นี้ก็มีผลต่อลักษณะของของหวานชนิดนี้เช่นกัน ดังนี้

ความข้นหนืดของพุดดิ้งสามารถที่จะแปรได้ ตามปริมาณแป้งข้าวโพดที่ใส่เป็นส่วนผสม ซึ่งปริมาณแป้งข้าวโพดที่น้อยเหมาะสำหรับการทำน้ำเชื่อมสราดหน้า พุดดิ้ง หรือเค้ก ส่วนปริมาณแป้งข้าวโพดที่มากจะช่วยให้ ทอออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะแม่พิมพ์ที่มี

ขนาดใหญ

ปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในการทำพุดดิ้ง จะมีผลต่อความคงตัว กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ได้เจลที่มีความนุ่มมากยิ่งขึ้น แต่ปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นนั้นจะต้องไม่มากเกินไป ซึ่งจะได้ลักษณะ เป็นน้ำเชื่อมข้นแทนการเกิดเป็นเจล ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ น้ำที่มีอยู่ในส่วนผสมนั้นต้องไปใช้ในการละลายน้ำตาลทรายที่มากเกินไปนั้น จึงไม่เหลือมากพอที่จะไปทำให้แข็ง เกิดการพองตัวขึ้นในส เกิดเป็นเจลที่นุ่มได้

สำหรับส่วนผสมที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น น้ํามะนาว ซึ่งจะเติมลงในส่วนผสมพื้นฐานของพุดดิ้ง อาจมีผลทำให้ขนาดของเจลหนาขึ้น ดังนั้นส่วนผสมที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะต้องเติมในช่วงที่มีลักษณะ เหมือนแป้ง เบิกแล้ว เพราะการเติมก่อนช่วงนี้ จะไปมีผลในการลดขนาดของเม็ดแป้งให้เล็กลง ซึ่งอาจจะ เป็นสาเหตุที่ทำให้ได้ลักษณะ เจลที่อ่อนตัวได้

พุดดิ้งที่ได้มาตรฐานนั้น จะต้องมึลักษณะที่ เนียน นุ่ม และนุ่มลิ้น ไม่เหนียวแน่น หรือเป็นไต เมื่อพุดดิ้งถูกตัด ขอบของบริเวณที่ถูกตัดออกไปนั้นควรที่จะ เรียบ นุ่มและรสชาติจะต้องกลมกล่อม และชวนให้รับประทาน

2.2 ส่วนผสมของพุดดิ้งพักทอง

พุดดิ้งพักทองมีลักษณะอยู่ตัว สีเหลือง เนียน ละเอียดย เป็นเนื้อเดียวกัน มีส่วนผสมคือ แป้งข้าวโพด นมข้นจืด กะทิ น้ำตาลทราย พักทอง น้ำ และเกลือ ซึ่งแสดงรายละเอียดของส่วนผสมแต่ละชนิด และในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึง น้ำและเกลือ เพราะคุณสมบัติเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปอยู่แล้ว

2.2.1 แป้ง (Flour)

แป้งที่ใช้ในการทำขนมมีหลายอย่าง แต่ที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลักในตัวขนม มักได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งถั่ว แป้งอื่นที่มักใช้เป็น ส่วนประกอบเสริม เพื่อคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งของขนมเท่านั้น เช่น ช่วยให้อาหารขึ้น และมีความคงตัว ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหาร และทำให้กรรมวิธีผลิตอาหาร ทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น เช่น แป้งท้าว ยายม่อม และแป้งข้าวโพด

แป้งมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ สตาร์ช (Starch) โดยทั่วไปแป้งจะมีสตาร์ช

ร้อยละ 60-70 สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรท ที่พืชสร้างขึ้นและสะสมไว้ตามส่วนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดและผล เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด บางครั้งสะสมไว้ตามรากหรือหัว เช่น เผือก มัน โดยทั่วไปแล้วเมล็ดพืช ธัญพืช จะมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบอยู่สูงถึงร้อยละ 70 ส่วนหัวและรากจะมีสตาร์ชประมาณร้อยละ 25-30

แป้งที่ใช้ทำขนมจะทาน้ำที่สำคัญ ในด้านการทำทำให้เกิดความชื้นและ เกิดลักษณะของตัวขนม หรือ เรียกว่าว่าทำให้นุ่มจับตัวกันและสุกนั้นเอง คุณสมบัติของแป้งขึ้นกับส่วนประกอบของแป้งนั้นๆ ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ จะมีปริมาณไม่เท่ากันแล้วแต่ชนิด อีกทั้งลักษณะของเม็ดแป้งสตาร์ชก็แตกต่างกันด้วย เม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีขนาดรูปร่าง และลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป

การพองตัวของแป้ง (Gelatinization)

ปกติเม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะแขวนลอยอยู่ เมื่อนำไปต้มจนถึงอุณหภูมิที่เม็ดแป้งชนิดนั้นๆ จะพองตัว จะเรียกว่า ช่วงพองตัวของแป้ง เม็ดแป้งที่ใหญ่กว่าจะเริ่มพองตัวได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าเม็ดแป้งเล็ก เช่น เม็ดแป้งจากข้าวโพดมีช่วงพองตัวของแป้งที่ 62-72 องศาเซลเซียส เป็นต้น ถ้าต้มต่อไปอีก เม็ดแป้งจะพองตัวมากขึ้น และสารแขวนลอยจะใสและข้นหนืดมากขึ้น จนมีลักษณะเป็นแป้งเปียก ขบวนการที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เรียกว่า ขบวนการพองตัวของแป้ง (Gelatinization) และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้ จะเรียกว่า อุณหภูมิของการพองตัวของแป้ง (Gelatinization temperature) ถ้าต้มต่อไปอีกความข้นหนืดของแป้งเปียกจะลดลง แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแป้งเปียกนั้นจะข้นหนืดขึ้นไม่ว่าจะเกิดลักษณะเป็นเจล (Gel) หรือไม่ก็ตาม ถ้าจะพิจารณาทางด้านเคมี ในส่วนของคอลลอยด์ แป้งเปียกจากเม็ดแป้งนับได้ว่าเป็นพวกโซล (Sol) ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นพอและทิ้งไว้ให้เย็นจะเกิดเจลได้ และจากการศึกษาส่วนประกอบต่างๆ ของแป้ง โดยการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ พบว่าสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คืออะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดยอะไมโลสจะเป็นส่วนที่ตกตะกอน ส่วนอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนที่ละลาย การพองตัวของแป้ง จะสังเกตได้จากการเพิ่มของความหนืดของน้ำแป้งหรืออาจทราบได้จากการเกิดเจล ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการจับกันของน้ำในแป้ง โมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคติน จะจับกันอย่างหลวมๆ ด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond)

ของกลุ่ไฮดรอกซี (Hydroxy group) จะทำให้เกิดแรงยึดอย่างอ่อนระหว่าง โมเลกุล การที่มีการจับกันอย่างหลวมๆ นี้ เมื่ออุณหภูมิของน้ำแข็งเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจน ของทั้งพันธะระหว่างแป้งกับแป้งและพันธะระหว่างน้ำกับน้ำ จะอ่อนลง รวมทั้งขนาดของอนุภาคจะลดลง โมเลกุลของน้ำจะแทรกเข้าไปในระหว่างโมเลกุลของแป้ง ทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้น

ส่วนการเกิดเจลนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดร่างแหแบบสามมิติ (Form - three - dimensional network) ของโมเลกุลของแป้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โมเลกุลของอะไมโลส โดยโมเลกุลเหล่านี้จะจับกันด้วย พันธะไฮโดรเจนจากโมเลกุลของน้ำ การเกิดเจลในแป้ง เกิดจากอะไมโลสมากกว่าอะไมโลเพคติน บกตีแป้งมีอะไมโลสจะเกิดเจล เมื่อความเข้มข้นร้อยละ 4-5 แต่แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูง (Waxy Starch) จะเกิดเจลได้เมื่อความเข้มข้นสูงเท่านั้น เช่นร้อยละ 30 แป้งจากข้าวโพดและข้าวเจ้า จะเกิดการจับตัวเป็นวุ้น (Gelation) อย่างรวดเร็วเพราะมีอะไมโลส

การเกิดขบวนการพองตัวขึ้นน้ำของแป้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกระบวนการพองตัวขึ้นน้ำของแป้ง มีดังนี้

1. **อุณหภูมิ** อุณหภูมิที่ทำให้เกิดขบวนการพองตัวขึ้นน้ำของแป้งนั้น จะแตกต่างกันไป แล้วแต่นชนิดของแป้ง เช่นแป้งข้าวโพดจะเกิดการพองตัวขึ้นน้ำที่อุณหภูมิ 62-72 องศาเซลเซียส การใช้อุณหภูมิสูงการพองตัวขึ้นน้ำจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย
2. **ชนิดของแป้ง** ปฏิบัติการพองตัวขึ้นน้ำของแป้ง จะแตกต่างกันไปตามชนิดของแป้ง และแม้แต่ปฏิบัติการเกิดการพองตัวขึ้นน้ำของแป้งจากพืชชนิดเดียวกัน แต่จากคนละส่วน ปฏิบัติการก็จะแตกต่างกันไปด้วย และโดยทั่วไปแป้งที่ได้จากรากหรือหัวของพืช จะเกิดการพองตัวขึ้นน้ำ โดยเร็วกว่าแป้งที่ได้จากธัญพืชและให้ความหนืดสูงกว่า แต่ความหนืดลดลงอย่างรวดเร็วถ้ามีการให้ความร้อนต่อไป
3. **ความเข้มข้นของแป้ง** ความเข้มข้นของแป้งที่นำมาให้ความร้อนจะมีผลต่อปฏิบัติการเกิดการพองตัวขึ้นน้ำด้วย เนื่องจากมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความเข้มข้นของ

แป้ง จะมีผลต่อความหนืด ความข้น และเจลที่เกิดขึ้นเช่นกัน

4. **ความเป็นกรดต่าง** ความเป็นกรดต่างของแป้ง ในขณะที่นำแป้งมาให้ความร้อนจะมีความสำคัญมาก อุณหภูมิของการพองตัวขึ้นในจะต่ำลง และเกิดเร็วขึ้นถ้าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 5 และสูงกว่า 7 นอกจากนี้ถ้าความเป็นกรดต่างต่ำมาก พันธะกลูโคซิดิก (Glucocidic bond) จะถูกย่อยสลายด้วย

5. **ระยะเวลาของการให้ความร้อน** การให้ความร้อนในเวลาที่เหมาะสมจะให้ความหนืดพอเหมาะตามต้องการ แต่ถ้าให้ใช้เวลานานเกินไป ความหนืดจะลดลง

6. **การคน** การคนในอัตราที่พอเหมาะ จะช่วยให้ความร้อนแพร่ไปสู่เม็ดแป้งได้ทั่วถึง ทำให้การเกิดการพองตัวขึ้นในเกิดเร็วขึ้น แต่ถ้าหากคนมากเกินไปจะทำให้เม็ดแป้งแตกและมีผลต่อเนื่อง ทำให้ความหนืดลดลง การคนระหว่างทิ้งไว้ให้เย็นก็เช่นกัน ที่จะมีผลให้ได้เจลที่ไม่แข็งแรง

7. **อัตราเร็วของการทำให้เย็น** การทำให้เย็นอย่างช้าๆ จะทำให้เจลที่ได้แข็งแรงมากกว่า เจลที่มีการทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากโอกาสที่โมเลกุลของอะไมโลสจะรวมตัวกันจะมีมากกว่า

8. **ผลจากสารอื่น ๆ**

8.1 **ผลจากน้ำตาล** หนมส่วนใหญ่ที่ทำจากแป้งจะมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ถ้าใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้น เจลที่ได้จะแข็งขึ้นและนุ่มนวลมากขึ้น จนกระทั่งถ้าเติมน้ำตาลในปริมาณสูงมาก ส่วนผสมจะเกิดลักษณะเป็นน้ำเชื่อมข้นเหนียวแทนที่จะเป็นเจล เพราะน้ำตาลจะไปขัดขวางการรับน้ำของเม็ดแป้ง โดยไปแย่งน้ำที่มีอยู่มาแทน เมื่อน้ำตาลแล้วเม็ดแป้งจะรับน้ำน้อยลง จึงเป็นเหตุให้แป้งเปียกที่ได้นั้นหนืดน้อยกว่า ระหว่างหุงต้มเม็ดแป้งจะแยกจากกันได้น้อยกว่าและจะเกิดเจล ที่เมื่อเย็นตัวแล้วจะอ่อนตัวกว่าชนิดที่ไม่ใส่น้ำตาล นอกจากนี้การคืนตัว (Syneresis) ของเจลจากแป้งนี้จะเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำตาลที่เติมแสดงว่ามีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง

8.2 **ไขมันจากธรรมชาติ (Natural fat)** และไขมันที่ได้เติมไฮโดรเจน (Hydrogenated fat) จะมีผลต่อการเกิดการพองตัวขึ้นในเล็กน้อย โดยที่จะไปเร่งให้แป้งสุก เร็วขึ้นและความหนืดเพิ่มสูงขึ้นถึงแม้จะใช้อุณหภูมิต่ำ

2.2.2 นมข้นจืด (Evaporated Milk)

การเก็บรักษาน้ำนมที่มีคุณภาพติดอยู่ได้นานนั้น สามารถทำได้โดยการทำให้เข้มข้นแล้วทำการสเตอริไลเซชัน (Sterilization) ในภาชนะที่ปิดสนิท เรียกว่า นมข้นจืด (Evaporated Milk) กระบวนการผลิตนมข้นนี้ได้พัฒนามาตั้งแต่ตอนต้นของปี พ.ศ. 2423 แต่การทำให้นมเข้มข้นแล้วเติมน้ำตาลเข้าไปกลับมีมาก่อน โดยเริ่มผลิตในสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2393 ต่อมาทั้ง 2 กระบวนการ จึงได้รับการพัฒนาจนกลายเป็นอุตสาหกรรมอาหารมาจนปัจจุบันนี้

นมข้นจืดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นโดยการระเหยน้ำออกจากรุ่นนม ทำให้นมมีความเข้มข้นสูงขึ้นแล้วบรรจุกระป๋องทำการสเตอริไลเซชัน นมข้นจืดมีสีเหลืองอ่อนคล้ายครีม เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมแพร่หลายในประเทศอื่น เพราะสามารถเก็บไว้ได้โดยไม่เสียในอากาศร้อนแม้ในกองที่พื้กันมาใช้เพราะมีความสะอาดเวลาจะใช้ นิยมใช้เมื่อน้ำนมสดไม่ได้ ในบางประเทศใช้แทนนมมารดา แต่ต้องมีการเติมวิตามินดี นิยมใช้ในการประกอบอาหาร

2.2.3 กะทิ (Coconut Milk)

กะทิ คือ ของเหลวที่ได้จากการบีบ หรือคั้นจากเนื้อมะพร้าวขูด หรือมะพร้าวบด น้ำกะทิที่ได้ออกมาครั้งแรกเรียกว่า หัวกะทิ ซึ่งมีน้ำมันประมาณร้อยละ 38-44 กรดไขมันในกะทิส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ทำให้ไขมันชนิดนี้แข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เล็กน้อยและมะพร้าวที่ใช้เตรียมกะทิมักจะแก่จัด เพื่อให้ได้กะทิที่มีความเข้มข้นมาก การคั้นมะพร้าวโดยไม่เติมน้ำจะได้ กะทิประมาณร้อยละ 51-60 ของน้ำหนักมะพร้าว เป็นกะทิเข้มข้น

โดยที่องค์ประกอบของกะทิเข้มข้น ประกอบด้วย ปริมาณความชื้นร้อยละ 52 ปริมาณน้ำมันร้อยละ 38 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.5 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.9 และปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่รวมไขมันร้อยละ 9 และมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้คือ มีความหนาแน่น 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความหนืด 12 เซนติพอยท์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสและ 7 เซนติพอยท์ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดไขมัน 0.2 มิลลิเมตร ความจุความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสคือ 0.8 แคลอรีต่อกรัม และคุณสมบัติด้านความคงตัว คือ จะเกิดการตกตะกอน (Coagulates) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ในครัวเรือนโดยทั่วไป คั้นกะทิโดยใช้มือบีบและกรองด้วยผ้าขาวบาง บีบแยกเอา

ส่วนน้ำเกาะที่ออกจากกาก ปริมาณน้ำเกาะที่ได้จะขึ้นกับปริมาณที่ใส่ลง ไปและความแรงในการบีบ ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เครื่องจักรในการคั้นมะพร้าว โดยทำการบีบจากเนื้อมะพร้าวชุดโดยตรง กะทิที่ได้จะมีความสม่ำเสมอกว่าการคั้นด้วยมือ กะทิสดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างรวดเร็ว ทำให้บูดเสียได้ง่าย ส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ เนื่องจากกะทิมีสารต่างๆ มากพอ ที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ดี รวมทั้งกะทิมีเอนไซม์อยู่ด้วยการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นเร็วมากที่อุณหภูมิสูงขึ้น การเก็บกะทิไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4-5 ชั่วโมง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรส จนกระทั่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ

ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมที่ผลิตกะทิสารเร็จรูปหลายชนิดออกจากหน่วย กะทิสารเร็จรูปเหล่านี้ทำให้เกิดความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้มากขึ้น แต่มักจะมีปัญหาเรื่องความอยู่ตัวของสารแขวนลอย เช่น กะทิเข้มข้นจะเกิดปัญหาการตกตะกอนของโปรตีน ความอยู่ตัวของครีมในสารแขวนลอย และการแยกชั้นของไขมันอิสระ ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยทำการโฮโมจีไนเซชันเพื่อลดขนาดของเม็ดไขมัน หรืออาจเติมสารปรุงแต่งเพื่อเพิ่มความหนืด (Stabilizer or Emulsifier) เช่น โซเดียมคาซิเนต(Sodium Caseinate) ร้อยละ 0.5 แชน-แธนแกม(Xanthan Gum) ร้อยละ 0.2 อีกทั้งกะทิสารเร็จรูปมักมีกลิ่นที่ไม่เหมือนกะทิสด เพราะกะทิสดที่ผ่านความร้อนเพื่อทำการฆ่าเชื้อก่อนการบรรจุนั้น ไขมันบางส่วนจะแตกตัว ทำให้กลิ่นผิดไปจากกะทิสด เมื่อนำมาทำขนมจะได้ขนมที่มีลักษณะเป็นมันเยิ้ม เพราะต้องผ่านความร้อนอีกครั้ง ทำให้ไขมันจะแตกตัวเพิ่มมากขึ้น

ปัจจุบันนิยมใช้กะทิสารเร็จรูปเพิ่มมากขึ้น โดยมีการบรรจุในภาชนะหลายรูปแบบ เช่น ขวด กระป๋อง หลอด แต่เนื่องจากวัสดุที่นำมาผลิตกระป๋องมีราคาค่อนข้างสูง จึงมีการนำภาชนะบรรจุที่มีราคาถูกกว่ามาใช้ในการบรรจุกะทิสารเร็จรูปมากขึ้น เช่น เตตราแพค (Tetrapack) และรีทอร์ทเทเบิลแพช (Retortable Pouch)

2.2.4 น้ำตาล (Sugar)

น้ำตาลให้รสชาติแก่อาหาร นอกจากนี้น้ำตาลยังมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของอาหาร เช่น เปลี่ยนระดับการรับน้ำของสารหลายชนิด มีผลต่อการขึ้นเหนียวของแป้ง เปียก มีผลต่อความอยู่ตัวของวุ้นที่ทำจากเจลาตินและแพ็คติน มีผลต่อการเกิดเส้นใยกลูเตน ทำให้อุณหภูมิการจับตัวเป็นวุ้นของกลูเตนและโปรตีนในไข่สูงขึ้น เปลี่ยนสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผลไม้ ทำให้อาหารหลายชนิดมีความสามารถในการกักน้ำเพิ่มขึ้น และขนาดของผลึก

น้ำตาลมีผลอย่างเห็นได้ชัด จนต่อเนื้อสัมผัสของลูกกวาดและหน้าขนมเค้ก

โครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำตาลมีผลต่อการเกิดผลึก และยังมีผลต่อหน้าที่ในเชิงประกอบอาหารของน้ำตาลอีกด้วย

การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร (Browning)

การเกิดสีน้ำตาลในอาหารเกิดขึ้นหลายแบบ เช่น

- ก. เกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาล จัดอยู่ในพวก Non-enzymatic browning เช่นนมระเหยหรือนมข้นหวาน ยิ่งเก็บไว้นานสีจะออกน้ำตาลมากขึ้น
- ข. เกิดขึ้นมาโดยต้องอาศัยเอนไซม์และออกซิเจน เป็นพวก Enzymatic browning เช่นบอกล้วยหรือแอปเปิลสักครู จะเกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำขึ้น
- ค. เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลเมื่อถูกความร้อนสูงๆ เรียกว่า ขบวนการเกิดสีน้ำตาลเคียวไหม้ (Caramelization) ผลจากขบวนการนี้จะได้สีน้ำตาลเคียวไหม้ (Caramel) ซึ่งนำไปใช้แต่งสีอาหารต่างๆ ได้ น้ำตาลเคียวไหม้เป็นส่วนผสมของสารที่เกิดจากการแตกตัว ซึ่งเป็นผลจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลเกินกว่าจุดละลายของมัน ถ้าเป็นซูโครสจะให้น้ำตาลเคียวไหม้ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ กลูโคสและกาแลคโตส ก็เปลี่ยนเป็นน้ำตาลเคียวไหม้ที่อุณหภูมิเดียวกันกับของซูโครส แต่ฟรุคโตสจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเคียวไหม้ที่ 110 องศาเซลเซียส มอลโตสที่ประมาณ 180 องศาเซลเซียส น้ำตาลเคียวไหม้นั้นมีสีน้ำตาล มีรสฝาด ขม หวาน น้อยกว่าน้ำตาลเดิมของมันและไม่ตกผลึก มันสามารถละลายได้ในน้ำ

การเกิดการหมัก

น้ำตาลส่วนใหญ่มักเกิดการหมักได้ด้วยยีสต์ แล้วให้คาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ต่อมาแอลกอฮอล์จะถูกเติมออกซิเจนเกิดกรดขึ้น การเสียของอาหารกระป๋องที่มีน้ำตาล อาจเกิดจากการหมักนี้

การสลายตัวด้วยกรด

น้ำตาล 2 ชั้น สามารถสลายตัวได้ด้วยกรดอ่อน น้ำตาลซูโครสจะสลายตัวได้ง่ายที่สุดด้วยกรด มอลโตสและแลคโตสนั้นจะสลายตัวอย่างช้าๆ ส่วนน้ำตาลชั้นเดียวจะไม่มีผล การสลายตัวนี้จะเกิดขึ้นมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับ

- ก. ให้ความร้อนแก่น้ำเชื่อมนั้นหรือไม่
- ข. ชนิดและความเข้มข้นของกรดที่ใช้
- ค. อัตราและระยะเวลาการให้ความร้อน

การให้ความร้อนเป็นการเร่งปฏิกิริยาและการใช้ความร้อนต่อระยะเวลาาน จะทำให้เกิดการสลายตัวได้มากกว่าการใช้ความร้อนสูงระยะสั้น ความเข้มข้นของกรดยิ่งสูง อัตราการสลายตัวยิ่งเร็วมาก ในการประกอบอาหารอาจเกิดการสลายตัวโดยบังเอิญหรือเราอาจจะตั้งใจทำให้เกิดขึ้น

นอกจากคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้กล่าวไปแล้ว น้ำตาลยังมีผลต่อการจับตัวเป็น汛ของ แป้งสตาร์ชอีกด้วย เพราะขนมไทยที่ทำจากแป้งจะมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ถ้าใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้น เจลที่ได้จะข้นขึ้นและนุ่มนวลมากขึ้น จนกระทั่งถ้าเติมน้ำตาลในปริมาณสูงมาก ส่วนผสมจะเกิดลักษณะเป็นน้ำเชื่อมข้นเหนียวแทนที่จะเป็นเจล ทั้งหมดนี้เป็นผลจากการที่น้ำตาลไปขัดขวางการรับน้ำของเม็ดแป้งสตาร์ช โดยไปแย่งน้ำที่มีอยู่มาแทน เมื่อมีน้ำตาลแล้วเม็ดแป้งจะรับน้ำน้อยลง จึงเป็นเหตุให้แป้งเปียกที่ได้ข้นหนืดน้อยกว่า ระหว่างหุงต้ม เม็ดแป้งจะแยกจากกันได้น้อยกว่าและจะเกิดเจลที่เมื่อเย็นลงแล้ว จะอ่อนตัวกว่า ชนิดที่ไม่ใส่น้ำตาล นอกจากนี้การคินตัว (Syneresis) ของเจลจากสตาร์ชนี้ จะเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำตาลที่เติม แสดงว่ามีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง มีผู้พบด้วยว่า เมื่อเติมน้ำตาลลงในแป้งสาสี จะให้ลักษณะแตกต่างจากเมื่อเติมในแป้งสตาร์ชจากข้าวสาสี เช่นกัน แป้งจะให้แป้งเปียกที่หนืดข้นกว่า และได้เจลที่อยู่ตัวกว่าแป้งสตาร์ช ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนหรือส่วนประกอบอื่นที่มีอยู่ในแป้ง

2.2.5 ฟักทอง

ฟักทองมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucurbita muschata* , Linn. เป็นพืชล้มลุกจำพวกเถาเลื้อย ฟักทองมี 3 ชนิด คือ *Cucurbita pepo* , *Cucurbita moschata* ,

และ *Cucurbita maxima* สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ฟักทอง เป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อคนไทยมาก เพราะแทบทุกส่วนนำใช้เป็อาหารได้เช่น ใบ ยอด และดอกตัวผู้ของฟักทองใช้แกงส้ม และต้มจิ้มน้ำพริกได้ ผลอ่อนสามารถนำทำแกงเลียงหรือต้มรับประทานได้ส่วนผลแก่ใช้ทำอาหารคาว และของหวานต่างๆ ได้ เช่น แกงบวช เชื่อมสังขยาฟักทอง และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถทำฟักทองตากแห้ง เก็บไว้ใช้รับประทานนานๆ ได้ ฟักทอง เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารพอสมควรใช้เป็นอาหารสดได้หลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ทำไส้ขนมพาย

2.3 การแปรรูปอาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารจากการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ จะมีคุณค่าทางโภชนาการ แตกต่างออกไปจากผลิตภัณฑ์ชนิดที่ทำจากวิธีการดั้งเดิม กรรมวิธีบางอย่างออกแบบขึ้นมาเพื่อจะคงไว้ซึ่งรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของอาหาร และทำให้สูญเสียสารอาหารไปได้น้อยกว่า กรรมวิธีแปรรูปอาหาร มีดังนี้

2.3.1 การพาสเจอร์ไรส์และการสเตอริไรส์

เป็นวิธีที่เข้ากันอยู่ทั่วไป สำหรับการถนอมอาหารทุกประเภท การสเตอริไรส์จะทำให้อาหารมีอายุการเก็บเป็นระยะเวลาหนึ่ง แต่วิธีนี้จะทำให้เนื้อสัมผัส สี รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง การพาสเจอร์ไรส์จะทำให้อาหารเสื่อมเสียไปได้น้อยกว่า แต่วิธีนี้มักใช้ควบคู่กับวิธีอื่น เช่น การแช่เย็น การฉายรังสี ก็ยังทำให้อาหารมีอายุการเก็บได้ในเวลาจำกัดเท่านั้น

2.3.2 การลวก

เป็นการนำอาหารไปผ่านความร้อนสูงในระยะเวลา 2-3 นาที ก่อนที่จะนำอาหารนั้นไปแช่แข็ง ทำแห้ง หรือบรรจุกระป๋อง ซึ่งอาจทำได้โดยใช้ไอน้ำร้อน อากาศร้อน ไอน้ำ และฉายรังสี ก็ยังทำให้อาหารมีอายุการเก็บได้ในเวลาจำกัดเท่านั้น

2.3.3 การทานแข็ง

ถึงแม้ว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการทานแข็งสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส แต่มีผลต่อคุณภาพของโปรตีนเพียง เล็กน้อยเท่านั้น และมีผลทำให้วิตามินซีเปลี่ยนแปลงง่ายที่สุด

2.3.4 การบรรจุกระป๋อง

เป็นกรรมวิธีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หลายอย่างคือ

2.3.4.1 สารอาหารอาจถูกทำลายในระหว่างการฆ่าเชื้อ

2.3.4.2 สารอาหารที่ละลายน้ำได้ จะละลายออกจากอาหารออกสู่ส่วนของเหลว ถ้าไม่มีการใช้ส่วนของเหลวนี้ก็จะ เป็นการสูญเสียอาหารเหล่านั้น

2.3.4.3 ในระหว่างการเก็บ สารอาหารอาจถูกทำลายอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมี

2.3.5 การแช่แข็ง

เป็นวิธีการถนอมอาหารที่ดีที่สุดในแง่ของคุณภาพ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ -18 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมินี้ อาหารยังอาจมีการเสื่อมคุณภาพแต่ก็เป็นที่ยอมรับ และการสูญเสียสารอาหารนั้นจริงๆ มิได้เกิดขึ้นในระหว่างการแช่แข็ง แต่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนการลวก และตอนทำให้น้ำแข็งในอาหารละลาย (Thawing) การแช่แข็งจะสูญเสียวิตามินซีเท่านั้น

2.3.6 การหุงต้มโดยใช้ความร้อน

มักเป็นที่เข้าใจกันว่าการหุงต้มโดยใช้ความร้อนจะเป็นประโยชน์มาก ดีกว่าการต้ม เพราะใช้ระยะเวลาสั้นกว่า และสารอาหารละลายออกไปได้น้อยกว่า แต่ผลการค้นคว้าด้านนี้ยังด้านกันอยู่ ไม่สามารถสรุปได้

2.3.7 การอบรังสี

มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารคล้ายกับวิธีการใช้ความร้อน การสูญเสียเกิดน้อยลง ถ้าไม่มีออกซิเจนและอุณหภูมิต่ำ

2.3.8 การทำให้อาหารร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การสูญเสียสารอาหารเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย เพราะอุณหภูมิตรงส่วนพื้นผิวหน้าของอาหารต่ำกว่า ใช้เวลาน้อยกว่า และใช้พลังงานความร้อนต่ำกว่าทั่วไป

2.3.9 ไมครอนอินฟราเรด

เป็นวิธีการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation) วิธีนี้ใช้แทนการนึ่ง หรือการคั่วได้ การทำให้ร้อนในระยะเวลาที่สั้นกว่า เช่น 30-60 วินาทีที่อุณหภูมิ 200-225 องศาเซลเซียส จะทำให้สารอาหารเสื่อมคุณภาพได้น้อยกว่า

2.3.10 การหุงต้มด้วยระบบเอกซ์ทรูชัน

เป็นการใช้อุณหภูมิสูง เวลาสั้น จะทำให้สารอาหารสูญเสียไปได้น้อยกว่าวิธีเก่าๆ

2.3.11 การเก็บรักษาอาหารโดยการใช้ออกซิเจน

เช่น ใช้คาร์บอนมอนอกไซด์แทนอากาศบางส่วน เพื่อยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ในผักและผลไม้ แล้วใช้อิธินออกไซด์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ เนื่องจากอิธินออกไซด์เป็นตัว Oxidizing agent ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินได้มาก

2.4 การแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อน

การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เป็นปฏิบัติการซึ่งอาหารจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสูง และใช้เวลาเพียงพอก็จะทำลายจุลินทรีย์และ เอนไซม์ที่ไม่ต้องการในอาหาร ทำให้สามารถเก็บอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว ได้เป็นระยะเวลานานกว่าปกติ

การฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในระยะแรก นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1809 โดย Nicolas Appert ได้ริเริ่มการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนขึ้นจากการนำอาหารบรรจุในขวดแก้ว ไล่อากาศ และปิดด้วยจุกคอร์ก แล้วนำไปให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ ทำให้สามารถเก็บอาหารเอาไว้ได้นาน กระบวนการนี้ได้มีการพัฒนาและมีการใช้มาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ เนื่องจากในกระบวนการครั้งแรก อาหารจะถูก

บรรจุในกระป๋องโลหะ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงนิยมเรียกกระบวนการนี้ว่า การบรรจุกระป๋อง (Canning) แม้ว่าต่อมาภาชนะบรรจุที่ใช้มีได้จำกัดแค่กระป๋องโลหะเพียงอย่างเดียว แต่อาจใช้ภาชนะบรรจุซึ่งสามารถปิดสนิทชนิดอื่น เช่น ขวดแก้วหรือถุงลามิเนต แต่กระบวนการก็ยังคงนิยมเรียกว่า การบรรจุกระป๋องเช่นเดิม

การบรรจุกระป๋องสามารถใช้ได้กับอาหารหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ นม เนื้อสัตว์ เป็นต้น หลังจากผ่านกระบวนการที่ถูกต้อง สามารถเก็บอาหารไว้ได้เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ปี ที่อุณหภูมิห้อง จึงนับว่าเป็นกระบวนการแปรรูปอาหาร ซึ่งสามารถช่วยเก็บรักษาอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน

2.4.1 การทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

ระยะเวลาที่ต้องการในการทำให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อในอาหารจะขึ้นอยู่กับ

- 2.4.1.1 การทนความร้อนของจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหาร
- 2.4.1.2 สภาพในการให้ความร้อน
- 2.4.1.3 ความเป็นกรดต่างของอาหาร
- 2.4.1.4 ขนาดของภาชนะบรรจุ
- 2.4.1.5 ลักษณะทางกายภาพของอาหาร

ในการคำนวณเวลาที่จะต้องใช้ในการฆ่าเชื้ออาหาร สิ่งที่จะต้องรู้ คือ ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ และอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหาร ปัจจัยที่มีผลต่อการทนความร้อนของจุลินทรีย์และเอนไซม์ คือค่า D และ Z

เนื่องจากอัตราการถูกทำลายของจุลินทรีย์เป็นฟังก์ชันล็อก ดังนั้นในทางทฤษฎี จึงไม่อาจทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด ในทางปฏิบัติจะกำหนดเวลาที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ คิดเป็นจำนวนเท่าของค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดนั้น คำนี้อาจจะจัดกันในชื่อ "ระดับการปลอดเชื้อในทางการค้า" (Commercial Sterility) จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่านี้ไม่เท่ากัน ความเพียงพอในการฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรม จะกำหนดจากระดับการปลอดเชื้อทางการค้าของจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลายในอาหารชนิดนั้น

สำหรับ *Clostridium botulinum* จะใช้ 12D P.A.1518 และ P.A.3679 ใช้ 5D ส่วน *Bacillus stearothermophilus* จะใช้ 4D แต่โดยทั่วไปจะใช้ 5D หรือ 8D ก็เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย และยังคงรักษาคุณภาพ

ของอาหารไว้ไม่ให้ถูกทำลายโดยความร้อนมากเกินไป แต่การใช้ค่าการปลอดภัยในทางการค้าที่ต่ำกว่ากำหนดจะต้องระวังในเรื่องการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ตั้งต้น ไม่ให้มากจนเกินไป ถ้ามีการปนเปื้อนมาก ความร้อนที่ใช้อาจไม่เพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์

ค่าการปลอดภัยในทางการค้านี้ อาจนำมาใช้หาค่า F ได้ ถ้ารู้ค่า D ของจุลินทรีย์ เช่นค่า D_{250} ของ *Clostridium botulinum* เท่ากับ 0.21 นาที ดังนั้นค่า F_0 ที่ต้องใช้คือ 0.21×12 เท่ากับ 2.52 นาที ซึ่งจะหมายความว่าถ้าอาหารกระป๋อง มีสปอร์ตั้งต้นของ *Clostridium botulinum* 1 สปอร์ต่อกระป๋อง การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 2.52 นาที จะทำลายจุลินทรีย์จนเหลือเพียง 1 สปอร์ ในอาหาร 10^{12} กระป๋อง

2.4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนในกระป๋อง

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่จะต้องรู้ในการคำนวณระยะเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อสำหรับอาหารคือ อัตราการถ่ายเทความร้อน ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากตัวกลางให้ความร้อนไปยังภาชนะบรรจุและผ่านเข้าไปยังอาหารที่บรรจุอยู่ ตามปกติสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวจะมีค่าสูงมาก และไม่เป็นปัจจัยที่จำกัดการถ่ายเทความร้อน ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าไปสู่อาหารภายในภาชนะบรรจุ คือ

2.4.2.1 ลักษณะของอาหารที่บรรจุอยู่

ลักษณะทางกายภาพของอาหารที่บรรจุภายใน มีผลต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายใน ซึ่งสามารถแบ่งการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายในภาชนะบรรจุ ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ การถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน แบบการนำความร้อน และแบบที่มีการเปลี่ยนจากการพาเป็นการนำความร้อน ซึ่งเรียกว่า Broken heating curve

2.4.2.2 ขนาดของภาชนะบรรจุ

ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังอาหารซึ่งอยู่กึ่งกลางภาชนะบรรจุขนาดเล็ก ได้เร็วกว่าในภาชนะขนาดใหญ่

2.4.2.3 การกวนหรือการหมุนเวียนภายในภาชนะ

ถ้าระหว่างการให้ความร้อนมีการพลิกกลับภาชนะ ช่องว่างในภาชนะจะเคลื่อนที่ไปมาภายใน ทำให้เกิดการกวนหรือการหมุนเวียนของอาหาร อัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้น

2.4.2.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง ผลต่างของอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิอาหารกับตัวกลางให้ความร้อนจะมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจะเกิดได้มากขึ้น

2.4.2.5 รูปร่างของภาชนะบรรจุ

ในกรณีที่มีการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายในเป็นแบบพาความร้อน ภาชนะทรงสูงจะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนเกิดได้ดีขึ้น

2.4.2.6 วัสดุที่ทำภาชนะบรรจุ

วัสดุที่มีการนำความร้อนดีกว่า จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนภายในได้ดีกว่า เมื่อให้ความร้อน แต่ละตำแหน่งภายในภาชนะบรรจุจะมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิไม่เท่ากัน ตำแหน่งที่มีการเพิ่มอุณหภูมิมช้าที่สุดจะเรียกว่า จุดที่มีการเพิ่มอุณหภูมิมช้าที่สุด (Cold point) ซึ่งตำแหน่งนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นกับลักษณะของภาชนะบรรจุ และการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายใน ที่จุดร้อนช้าที่สุดนี้ จะสอดเครื่องวัดอุณหภูมิไว้เพื่อติดตามการเพิ่มอุณหภูมิมภายในภาชนะบรรจุ เพื่อให้คำนวณเวลาที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อต่อไป

2.4.3 การคำนวณระยะเวลาฆ่าเชื้อ (Processing Time)

ในการคำนวณโดยทั่วไปจะอาศัยหลักการเหลือรอดของจุลินทรีย์ ที่จุดที่มีการเพิ่มอุณหภูมิมช้าที่สุด วิธีที่ใช้กันมีหลายวิธีคือ

2.4.3.1 วิธีทั่วไป (General Method)

2.4.3.2 วิธีปรับปรุงจากวิธีทั่วไป (Improved General Method)

2.4.3.3 วิธีฟอร์มูลาร์ (Formular Method)

2.4.3.4 วิธีโนโมแกรม (Nomogram Method)

2.4.4 ขั้นตอนการฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุและเครื่องมือที่ใช้

การแปรรูปโดยการฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุนั้น ประกอบด้วยหน่วยปฏิบัติการหลายอย่าง ที่สำคัญคือ การเตรียมวัตถุดิบ การบรรจุ การไล่อากาศ การให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ และการทำให้เย็น

2.4.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation)

หลังจากได้รับวัตถุดิบเข้าโรงงาน วัตถุดิบจะถูกเตรียมเพื่อให้เหมาะสมกับการบรรจุ

ในภาชนะ ในช่วงการเตรียมวัตถุดิบ โดยทั่วไปวัตถุดิบจะถูกล้างทำความสะอาด แยกเอาส่วนที่ไม่ใช่ ออก ตัดแต่งให้สวยงามจึงนำมาเลือก ตัดให้เป็นหมวดหมู่ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้สำหรับผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งจะบรรจุต่อไป วัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีการเตรียมต่างกันออกไปบ้าง ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับสมบัติต่างๆ ของวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังอาจต้องมีการเตรียมน้ำเชื่อมหรือน้ำเกลือ ซึ่งในกระบวนการบรรจุภาชนะของผัก ผลไม้ มักจะมีการเติมน้ำเชื่อมหรือน้ำเกลือ ตามปกติ น้ำเชื่อมใช้กับผลไม้ ส่วนน้ำเกลือใช้กับผัก น้ำเชื่อมหรือน้ำเกลือที่เติมลงไปนั้น จึงทำให้เกิดผลดีหลายประการด้วยกัน

2.4.4.2 การบรรจุ (Filling)

หมายถึงการใส่อาหารลงในภาชนะบรรจุ ในบางกรณีหมายถึงการเติมของเหลวลงในอาหารแข็งซึ่งบรรจุอยู่แล้วในภาชนะ ในการบรรจุ ภาชนะบรรจุจะถูกล้างด้วยน้ำร้อนหรือใช้แปรงขัดและวางคว่ำไว้ เพื่อให้สะเด็ดน้ำและป้องกันการปนเปื้อน ภาชนะบรรจุจะถูกทิ้งไว้ในลักษณะนี้จนกว่าจะบรรจุ จึงหงายขึ้น

การบรรจุทำได้โดยการใช้มือหรือเครื่องจักร อาหารที่มีลักษณะบอบบาง เช่น หน่อไม้ฝรั่ง แครอทโคลี่ หรือผลไม้ต่างๆ นิยมบรรจุด้วยมือและควบคุมการบรรจุด้วยเครื่อง ซึ่งอาหารที่ทนต่อแรงกลอาจบรรจุด้วยเครื่องจักร

การบรรจุไม่ว่าโดยการใช้เครื่องจักรหรือใช้คน ต้องมีการควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่า น้ำหนักที่เติมถูกต้องตามที่กำหนดไว้ เพราะมีผลต่อน้ำหนักสุทธิของอาหารและการถ่ายเทความร้อนระหว่างการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ต้องระวังให้ขอบกระป๋องสะอาด ปราศจากอาหารติดอยู่เพื่อให้สามารถผนึกตะเข็บได้สนิท สามารถป้องกันการปนเปื้อนภายหลังได้

ก. ช่องว่างเหนืออาหารในภาชนะบรรจุ (Head Space)

ส่วนช่องว่างภายในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทนี้ เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในระบบการบรรจุ เนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ จะเกิดแรงดันขึ้นภายใน เนื่องจากอาหารภายในภาชนะขยายตัว ความดันไอของน้ำภายในภาชนะเพิ่มขึ้น อากาศและแก๊สอื่นในช่องว่างภายในภาชนะบรรจุขยายตัว

กรณีการบรรจุในกระป๋องแรงดันภายในเหล่านี้ จะถูกควบคุมโดยการขยายตัวของกระป๋อง และการโป่งพองของฝากระป๋องซึ่งรีดลอนไว้ การบรรจุอาหารเต็มแน่นภายในภาชนะบรรจุจะทำให้เกิดแรงดันภายในมากเมื่อให้ความร้อน จึงต้องเหลือช่องว่างภายในไว้ส่วนหนึ่ง ช่องว่างนี้จะช่วยรองรับการขยายตัวของอาหารและก๊าซภายใน และยังช่วย

ในการถ่ายเทความร้อน ในการที่ที่มีการพลิกกลับภาชนะบรรจุไปมาในระหว่างการให้ความร้อน

ข. สูญญากาศ (Vacuum)

สูญญากาศภายในภาชนะบรรจุ คือผลต่างของความดันภายในภาชนะบรรจุกับความดันของบรรยากาศภายนอก ดังนั้นถ้าความดันภายในเท่ากับความดันภายนอกภาชนะบรรจุ ค่าสูญญากาศจะเป็น 0 นิ้วปรอท ถ้าสามารถไล่อากาศหรือแก๊สอื่น ๆ ออกจากภายในภาชนะบรรจุจนหมด ค่าสูญญากาศจะเป็น 30 นิ้วปรอท

ระดับสูญญากาศภายในต้องมีค่าเหมาะสม สูญญากาศที่น้อยหรือมากเกินไปจะทำให้เกิดผลเสีย

2.4.4.3 การไล่อากาศ (Exhausting)

สูญญากาศภายในภาชนะบรรจุจะเกิดจากการไล่อากาศจากส่วนช่องว่างเหนืออาหารก่อนทำการปิดผนึกภาชนะบรรจุ การไล่อากาศที่ใช้กันโดยทั่วไปจะมี 4 วิธี คือ

- (1) การบรรจุอาหารขณะร้อน (Hot Filling)
- (2) การใช้วิธีกล (Mechanical Exhausting)
- (3) การใช้ความร้อน (Thermal Exhausting)
- (4) การฉีดไอน้ำเข้าไปในส่วนช่องว่างก่อนปิดฝา (Steam Flow Closing)

2.4.4.4 การให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ (Heat Processing)

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการทนต่อความร้อน และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารคือ ความเป็นกรดต่างของอาหารซึ่งจะพบว่ามีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเสื่อมเสีย เช่น *Clostridium botulinum* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษชนิดอื่น ถูกยับยั้งที่ความเป็นกรดต่าง 4.5 ถ้าความเป็นกรดต่างของอาหารต่ำกว่า 3.7 จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้จะเป็นพวกราเท่านั้น อาหารโดยทั่วไปจะมีความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 3.0-7.5 สามารถแบ่งกลุ่มของอาหารตามความเป็นกรดต่าง ซึ่งจะมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเสื่อมเสียได้ต่างกัน นอกจากนั้นปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการทนความร้อนของจุลินทรีย์ คือ ความดันออสโมติก

ในการฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุ ขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งคือ การให้ความร้อนเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค และทำให้อาหารเน่าเสียระหว่างการเก็บและจำหน่าย การให้ความร้อนจะให้ความร้อนเพียงเพื่อทำลายจุลินทรีย์เหล่านี้เท่านั้น

จะไม่ทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร โดยจะคำนวณหาระยะ เวลาที่จะต้องใช้ที่อุณหภูมิที่ต้องการ การให้ความร้อนกับอาหารมากเกินไปทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านที่มืด และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น

การให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุนี้ อาจแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 212 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งนิยมใช้กับอาหารที่เป็นกรดสูง และการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 212 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งใช้กับอาหารที่เป็นกรดต่ำ

2.4.4.5 การทำให้เย็น (Cooling)

หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว อาหารจะถูกทำให้เย็นทันที เพื่อป้องกันการให้ความร้อนมากเกินไป จนทำให้มีสีคล้ำและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ การลดอุณหภูมิลงในอัตราเร็วช้าเกินไป จะทำให้เกิดการเจริญของสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทนความร้อน อาหารจะเสียแบบ Flat sour

สำหรับอาหารซึ่งบรรจุในกระป๋อง การทำให้เย็นอาจทำโดยพ่นน้ำเย็นลงบนกระป๋องหรือจุ่มกระป๋องลงในน้ำเย็นทันที น้ำที่ใช้ทำเย็นนี้อาจเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ในระหว่างการทำให้เย็น ถ้าภาชนะบรรจุจะเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหารทำให้เกิดอาหารเสีย การลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้ทำเย็น โดยปกติจะทำโดยการเติมคลอรีน โดยคำนวณให้มีคลอรีนอิสระในน้ำ 1-2 พีพีเอ็ม บางครั้งอาจสูงถึง 3 พีพีเอ็ม แต่การใช้คลอรีนปริมาณสูงเกินไป อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนของดีบุกซึ่งเคลือบกระป๋องได้

2.5 การตรวจสอบกระบวนการบรรจุกระป๋อง

การตรวจสอบอาหารกระป๋อง เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพราะคุณภาพของอาหารกระป๋องที่ผลิตออกมาได้ตามกฎเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ อยู่ที่ฝ่ายตรวจสอบจะปฏิบัติหน้าที่ได้ดีเพียงใดและ เจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจสอบมักขึ้นโดยตรงกับฝ่ายบริหาร เพื่อให้มีความอิสระในการปฏิบัติงานและ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาได้ทันทีที่ ก่อนที่จะ เกิดความเสียหายต่อบริษัทได้

การตรวจสอบอาหารกระป๋องอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ

2.5.1 การตรวจสอบก่อนกระบวนการบรรจุกระป๋อง

2.5.1.1 การตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือที่จะใช้ ความสะอาดของ

พื้นโรงงาน ตลอดจนอุปกรณ์ทุกชิ้นที่จะสัมผัสกับอาหาร

2.5.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ เช่น การตรวจสอบเครื่องปิดฝากระป๋อง เพื่อให้ได้ตะเข็บที่มีลักษณะถูกต้องตามมาตรฐาน

2.5.1.3 การตรวจสอบความสะอาดและสุขลักษณะของคนงาน

2.5.1.4 การตรวจสอบความสะอาดของน้ำที่ใช้ในโรงงาน

2.5.1.5 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

2.5.1.6 การตรวจสอบรหัสที่ปั๊มบนฝากระป๋อง

2.5.2 การตรวจสอบระหว่างกระบวนการบรรจุกระป๋อง

2.5.2.1 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการ มีความสม่ำเสมอเพียงใด

2.5.2.2 การตรวจสอบอาหารก่อนนำเข้าบรรจุในกระป๋อง

2.5.2.3 การตรวจสอบความสะอาดของกระป๋องที่ใช้บรรจุอาหาร

2.5.2.4 การตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อม เกลือในน้ำเกลือ ตรวจสอบดูสี ความใส เป็นต้น

2.5.2.5 การตรวจสอบความสม่ำเสมอของน้ำหนักต่างๆ เช่น น้ำหนักสุทธิ น้ำหนักเนื้อ

2.5.2.6 การตรวจสอบอุณหภูมิของไอน้ำ ที่ใช้ในเครื่องไล่อากาศ

2.5.2.7 การตรวจสอบอุณหภูมิของอาหารกระป๋อง ที่ผ่านออกจากเครื่องไล่อากาศก่อนจะพ่นฝากระป๋อง

2.5.2.8 การตรวจสอบสุญญากาศภายในกระป๋อง หลังจากพ่นฝากระป๋องแล้ว

2.5.2.9 การตรวจสอบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ

2.5.2.10 การตรวจสอบความสะอาดของน้ำที่ใช้ทำเยน ระยะ เวลาการทำเยน และอุณหภูมิหลังจากทำเยนแล้ว

2.5.2.11 ตรวจสอบความสม่ำเสมอของคุณภาพ ตาหมี และการปนเปื้อนของอาหารที่บรรจุแล้ว แต่ยังไม่ได้พ่นฝา

2.5.3 การตรวจสอบหลังกระบวนการบรรจุกระป๋อง

2.5.3.1 การตรวจสอบน้ำหนัก เช่น น้ำหนักสุทธิ น้ำหนักของของเหลวในอาหารกระป๋อง

2.5.3.2 การตรวจสอบสุญญากาศภายในกระป๋อง

2.5.3.3 การตรวจสอบมาตรฐานของตะเข็บกระป๋อง

2.5.3.4 การตรวจสอบคุณลักษณะปรากฏของอาหารที่บรรจุในกระป๋อง เช่น สี ทัศนคติ ความใส ของน้ำเชื่อม เป็นต้น

2.5.3.5 การตรวจสอบทางจุลินทรีย์โดยนำอาหารกระป๋องบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน และ 55 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอาหารกระป๋อง

2.5.3.6 การตรวจสอบจุลินทรีย์ โดยการเลี้ยงเชื้อของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total count) และชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายเช่น *Escherichia coli*

2.5.3.7 การตรวจสอบทางด้านเคมี เช่น ตรวจความเข้มข้นของน้ำตาลและเกลือ เป็นต้น

2.6 การเสื่อมคุณภาพของอาหารกระป๋อง

อาหารกระป๋อง ย่อมจะเกิดการเสื่อมคุณภาพได้โดยง่าย ถ้าผ่านกรรมวิธีในการจัดทำไม่ดีพอ และถึงขั้นเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค การเสียและเสื่อมคุณภาพของอาหารกระป๋องเกิดจากสาเหตุใหญ่ๆ 4 ประการคือ

2.6.1 เนื่องจากจุลินทรีย์ (Microbial Spoilage)

สาเหตุของการเสียแบบนี้ยังแยกออกได้เป็น

2.6.1.1 การให้ความร้อนไม่เพียงพอที่จะทำลายเชื้อ (Under process) การเสียซึ่งเกิดจากการให้ความร้อนไม่พอนั้น โดยมากมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียจำพวกทนต่อความร้อนและพวกบางชนิด จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียเนื่องจากการให้ความร้อนไม่พอนี้ยังแบ่งออกได้อีกคือ

ก. Flat sour spoilage

อาหารชนิดนี้เสียเนื่องจาก *Bacillus stearothermophilus* มักอยู่ในพวกอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ แบคทีเรียชนิดนี้เป็นพวกอาศัยอยู่ได้ทั้งที่มีอากาศหรือไม่มีอากาศ ทำให้เกิดการขึ้นในอาหารโดยไม่มีแก๊ส อาหารจะมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการเสียของอาหาร กระป๋องชนิดนี้ไม่ทำให้ลักษณะภายนอกของกระป๋องเปลี่ยนแปลงเลย จะรู้ว่าอาหารกระป๋องนั้นเสียก็ต่อเมื่อได้เปิดฝาออกดูแล้ว ดังนั้นในการทำอาหารกระป๋องต้องให้กรรมวิธีมีคุณภาพสูงพอที่จะทำลายพวก Flat sour spoilage

ข. Thermophilic spoilage

การเสียชนิดนี้มักจะเสียในพวกอาหาร ที่มีความเป็นกรดปานกลาง กระป๋องจะมีลักษณะผิดไปจากเดิมคือ ฝากระป๋องจะโป่งขึ้นเนื่องจาก จุลินทรีย์ทำให้เกิดแก๊ส การเสียของอาหารชนิดนี้ เกิดจากเชื้อ *Clostridium thermosaccharoliticum* แก๊สที่เกิดขึ้นเป็นส่วนผสมระหว่าง คาร์บอนไดออกไซด์ กับ ไฮโดรเจน และในบางครั้งอาหารที่เสียจะมีกลิ่นที่เรียกว่า Sour Butyric Odour ถ้ากระป๋องอยู่ในอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน อาจระเบิดขึ้นเนื่องจากแก๊สภายในขยายตัว ส่วนมากแล้วการเสียของอาหารชนิดนี้ มักพบในอาหารกระป๋องจำพวกอาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (ความเป็นกรดต่ำ 4.5-5)

ค. Mesophilic Anaerobes Spoilage เกิดจาก *Clostridium botulinum* และ *Clostridium sporogenes* พวกนี้สามารถสร้างสปอร์ซึ่งทนทานต่อความร้อนมาก และผลิตสารพิษ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ มันจะหมักอาหารพวกโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรต ให้กรดและแก๊สจึงทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวและฝากระป๋องโป่ง เช่นเดียวกัน

ง. Sulphide Spoilage การเสียชนิดนี้ กระป๋องจะไม่เปลี่ยนแปลงเป็นสีดำ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ทำให้เกิด แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งสามารถละลายในส่วนที่เป็นของเหลว เชื้อที่ทำให้เกิดการเสียชนิดนี้คือ *Clostridium nigrificanum* ซึ่งเป็นพวก Anaerobic bacteria

จ. Yeast & Mould Spoilage อาหารเสียเนื่องจากการบูดของยีสต์และรา โดยมากเกิดในอาหารจำพวกที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น นมข้น เนย จะถูกย่อยทำให้เกิดก้อนเคิร์ด (curd) สีนํานตาลขึ้นในนม และนมจะมีรสเปรี้ยว

2.6.1.2 เนื่องจากการให้ความเย็นไม่เหมาะสม ภายหลังจากใช้ความร้อนทำลายเชื้อแล้ว (Inadequate Cooling) อาหารเสียเนื่องจาก *Clostridium thermosaccharoliticum* ซึ่งสามารถทนความร้อนได้ เชื้อนี้เจริญได้อย่างรวดเร็ว

ในระหว่างอุณหภูมิ 120-160 องศาฟาเรนไฮต์ ฉะนั้นถ้าไม่ทำให้กระป๋อง เย็นทันทีหลังจากการให้ความร้อนก็อาจทำให้อาหารเสียเนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้ได้ การทำเย็นที่ถูกต้องคือทำให้เย็นทันทีถึง 35-40 องศาเซลเซียส

2.6.1.3 อาหารภายในกระป๋อง ได้รับเชื้อจากภายนอกโดยผ่านเข้าทางรอยร้าวของตะเข็บของกระป๋อง (Leakage through seams) ซึ่งมักเกิดขึ้นภายหลังกรรมวิธีการแปรรูป จุลินทรีย์ที่พบนั้นมีหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบกลม แบบแท่งที่ไม่สร้างสปอร์ แบบแท่งที่สร้างสปอร์ และยังอาจมีพวกยีสต์ราอีกด้วย

2.6.1.4 อาหารเสียก่อนที่จะใช้ความร้อนทำลายเชื้อ (Pre - Process Spoilage) เนื่องจากความล่าช้าในการเตรียมอาหารบรรจุกระป๋อง และคอยเวลาที่จะใช้ความร้อนทำลายเชื้อ เช่น การเสียของเนื้อมัตในกระป๋องเนื่องจาก *Clostridium welchii* ภายหลังการปิดฝากระป๋องแล้ว ถ้ามีจุลินทรีย์พวกนี้อยู่ในกระป๋องมันจะเจริญรวดเร็วมาก ถ้าไม่ใช้ความร้อนทำลายเชื้อโดยทันที กระป๋องอาจโป่งออกได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ทำให้เกิดแก๊ส

2.6.2 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical Spoilage)

การเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การเสียแบบไฮโดรเจนสเวลล์ (Hydrogen Swells) ภายในกระป๋องจะมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น ทำให้กระป๋องถูกดันให้โป่งออก และอาจทำให้กระป๋องเกิดรอยร้าวขึ้นตามตะเข็บได้ การที่มีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นนี้ เพราะปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับแผ่นโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง ทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ฝากระป๋องด้านในพร้อมกับมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น โดยมากมักเกิดในอาหารประเภทผลไม้ที่มีปริมาณกรดสูง และใช้กระป๋องบรรจุที่ไม่เหมาะสมสำหรับอาหารประเภทนี้ เช่น กระป๋องที่เคลือบดีบุกไม่สม่ำเสมอหรือเคลือบดีบุกน้อยเกินไป

2.6.3 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical Spoilage)

2.6.3.1 มีการผิดพลาดและบกพร่องในการใช้หม้อนิ่ง (Incorrect Retort Operation) ในการใช้หม้อนิ่งสำหรับอาหารประเภทซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงถึง 121 องศาเซลเซียส เช่น ปลากระป๋อง ต้องให้ความร้อนที่ความดันของบรรยากาศ ในการนี้ ถ้าความดันในหม้อนิ่งลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการแปรรูป กระป๋องโป่งออกจน

อาจทำให้ตะเข็บของกระป๋องรั่วได้ จุลินทรีย์จากภายนอกจึงสามารถเข้าไปในอาหารได้ในภายหลัง

2.6.3.2 ไล่อากาศออกจากกระป๋องไม่ดีพอ (Under Exhausting) ถ้าการไล่อากาศออกจากกระป๋องไม่ดีพอ ให้อากาศหลงเหลืออยู่ในกระป๋อง เมื่อถึงกรรมวิธีใช้ความร้อน อากาศภายในกระป๋องจะขยายตัวออกดันให้กระป๋องโป่งออกได้เช่นเดียวกัน กระป๋องจะโป่งออกมามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของอากาศและช่องว่างภายในกระป๋อง

2.6.3.3 บรรจุอาหารลงกระป๋องมากเกินไป (Over Filling) เมื่อใช้ความร้อนทำลายเชื้อ อาหารในกระป๋องอาจขยายตัวดันให้กระป๋องเกิด Flipping หรือ Springing ขึ้นได้

2.6.3.4 กระป๋องยุบ (Panelling) เนื่องจากภายในกระป๋องเป็นสุญญากาศมาก โดยมากเกิดเฉพาะกระป๋องขนาดใหญ่หรือกระป๋องที่ใช้แผ่นโลหะบาง ตัวกระป๋องจะถูกกดทำให้ยุบโดยความดันจากอากาศภายนอก ซึ่งทำให้เกิดรอยรั่วที่ตะเข็บของกระป๋องได้

2.6.4 โดยสาเหตุอื่นๆ

2.6.4.1 สนิม (Rust) เนื่องจากเก็บกระป๋องไว้นานที่ไม่เหมาะสม เช่นที่ที่มีความชื้น บริเวณฝากระป๋องอาจเกิดสนิมเป็นรอยรั่วภายหลัง

2.6.4.2 บุปสลาย (Damage) กรณีนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ระมัดระวังในการจับต้องขนย้าย กระป๋องเกิดการบุบสลายขึ้นได้

อาหารกระป๋องที่เสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ทำให้อาหารมีลักษณะ สี รสและกลิ่น ผิดไปจากเดิมมาก ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารถือว่าการเสียชนิดนี้เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด จะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดขึ้น

2.7 ลักษณะของอาหารกระป๋องที่เสื่อมเสีย

การตรวจว่าอาหารกระป๋องที่เราจะรับประทานนั้น เสียหรือเสื่อมคุณภาพแล้วหรือไม่ นั้นอาจสังเกตได้จากลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.7.1 Swell

เป็นลักษณะของกระป๋องที่บวมโดยมีฟองออกมา เนื่องจากมีแก๊สเกิดขึ้นภายในกระป๋อง โดยมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ เมื่อกดผาด้านใดด้านหนึ่งที่ฟองออกมา ฟองจะกลับสู่สภาพเดิมคือ ว่างเปล่า แต่เมื่อปล่อยมือที่กดออก ฟองนั้นจะกลับฟองออกมาเช่นเดิมอีก อาหารซึ่งอยู่ในกระป๋องที่มีลักษณะบวมจะสลายตัวและไม่เหมาะที่จะใช้บริโภค อาจมีอันตรายเนื่องจากพิษของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งคือ *Clostridium botulinum* ก็ได้ ลักษณะของกระป๋องที่บรรจุอาหารเรียบร้อยแล้วและอยู่ในสภาพที่ดี ด้านที่เป็นก้นกระป๋องและฝากระป๋องจะต้องว่างเปล่าหรือแบน

2.7.2 Hydrogen Swell

เป็นลักษณะที่กระป๋องบวม โดยมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นภายในกระป๋องอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับแผ่นโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง อาหารที่อยู่ภายในกระป๋องอาจไม่ถึงกับเสีย และยังบริโภคได้ โดยมากมักเกิดขึ้นในอาหารประเภทผลไม้ที่มีปริมาณกรดสูง

2.7.3 Springer

กระป๋องบวมแต่เพียงเล็กน้อย การบวมอาจมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ หรือเนื่องจากบรรจุอาหารในกระป๋องมากเกินไป หรือ เนื่องจากการไล่อากาศออกจากกระป๋องก่อนปิดไม่ดีพอ หรือเนื่องจากการมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นภายในกระป๋อง การบวมแบบนี้ฝากระป๋อง จะฟองออกมาแต่เพียงด้านเดียว เมื่อใช้หัวแม่มือกดผาจะกลับว่างเปล่าไปอยู่ในสภาพเดิมแต่กลับฟองออกอีกด้านหนึ่ง การบวมชนิดนี้ถ้าเกิดโดยการบรรจุอาหารมากเกินไป หรือไล่อากาศไม่ดีพอ หรือเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับแผ่นโลหะที่ใช้ทำกระป๋องอาหารที่อยู่ภายในจะไม่เสียยังคงบริโภคได้

2.7.4 Flipper

ภายในกระป๋องมีความดันเกิดขึ้นแต่เพียงเล็กน้อย กระป๋องยังคงมีลักษณะธรรมดา แต่ถ้ากระแทกผาด้านใดด้านหนึ่งของกระป๋องลงกับโต๊ะ หรือวัตถุแข็ง จะทำให้ผาด้านหนึ่งฟอง โดยมากการฟองของกระป๋องแบบนี้ อาจเกิดจากการบรรจุอาหารมากเกินไป หรือไล่อากาศจากกระป๋องไม่ดีพอ อาหารภายในไม่เสียยังบริโภคได้

2.7.5 Flat Sour

กระป๋องคงมีรูปลักษณะตามธรรมดาแต่อาหารภายในจะ เสียโดยมีสาเหตุเนื่องมาจากแบคทีเรียจากพวกที่ไม่ทำทำให้เกิดแก๊ส แต่ทำให้เกิดกรด อาหารจะมีรสและกลิ่นเปรี้ยวผิดปกติ เนื่องจากไม่มีความเปลี่ยนแปลงทางรูปร่างของกระป๋อง จึงบอกไม่ได้ว่ากระป๋องนั้นเสีย โดยดูจากลักษณะภายนอกของกระป๋อง รู้ได้ก็ต่อเมื่อเปิดกระป๋องออกแล้ว สาเหตุจากความร้อนที่ใส่หลายเชื้อไม่เพียงพอ แบคทีเรียที่ทนต่อความร้อนยังคงมีชีวิตอยู่ หรือเกิดจากกระป๋องรั่ว แบคทีเรียผ่านเข้าไปในกระป๋อง ได้จึงทำให้อาหารเสีย

2.8 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งสำคัญอย่าง เห็นได้ชัดเจนในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ การประเมินผลผลิตภัณฑ์ในขั้นต่างๆ ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีบทบาทสำคัญ เพราะ จะมีส่วนช่วยในการตัดสินใจคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายของการพัฒนา

การตรวจสอบเพื่อประเมินผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีคุณภาพตามที่ต้องการ ซึ่งต้องเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้อาจทำได้โดย การตรวจสอบโดยวิธีการทางเคมี ทางกายภาพ ทางจุลชีววิทยา และโดยประสาทสัมผัส

คุณภาพอาหารที่รู้สึกได้โดยประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่มองเห็นได้ ลักษณะสัมผัสได้โดยกลิ่น เนื้อและลักษณะที่รู้สึกได้ด้วยกลิ่นรส การประเมินผลอาหารโดยประสาทสัมผัส เป็นการใช้คนเป็นเครื่องตัดสินใจว่าอาหารนั้นๆ มีลักษณะคุณภาพอย่างไร เป็นที่ยอมรับหรือไม่ ซึ่งจะต้องอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของคน ได้แก่ ประสาทเกี่ยวกับการมองเห็น การได้กลิ่น การรู้รส การสัมผัส และการได้ยิน

ในการตรวจสอบคุณภาพอาหารโดยประสาทสัมผัสนี้ มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง ได้แก่

2.8.1 ตัวอย่างอาหารให้ชิม

2.8.1.1 รายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่าง ผู้ชิมจะได้ทราบเกี่ยวกับตัวอย่างของอาหารที่จำเป็นเท่านั้น ถ้าผู้ชิมทราบรายละเอียดบางอย่างอาจมีต่อการตัดสินใจได้

2.8.1.2 การเลือกตัวอย่าง อาหารที่จะนำมาประเมินผล เปรียบเทียบจะ

ต้อง เป็นชนิดที่มีวิธีการเตรียมหรือทำเหมือนกัน สภาพการณ์ทุกอย่างในการทำจะต้องได้ รับการควบคุมอย่างระมัดระวัง ทั่วคล้อยคลึงกัน จะแตกต่างกันได้เฉพาะสิ่งที่เป็นตัวแปร ปรวนเท่านั้น

2.8.1.3 การเตรียมตัวอย่าง ผู้เตรียมตัวอย่างควรเป็นคนละคนกับผู้ทำหน้าที่ชิม อาหารที่จะเสิร์ฟควรให้อยู่ในลักษณะสภาพเดียวกัน ทั้งการเตรียม รูปร่าง ขนาด อุณหภูมิ และลักษณะอื่น อาหารทุกตัวอย่างจะต้องเสิร์ฟในภาชนะที่มีขนาด รูปร่าง สี เหมือนกัน ปริมาณอาหารที่จะเสิร์ฟจะต้องมีเพียงพอที่ผู้ชิมจะชิมได้ 2 หรือ 3 คำ ทำการ แสดงตัวอย่างด้วยรหัส แทนชื่อ วิธีการทำ ปัจจุบันวิธีที่นิยมกันในงานที่ละเอียด คือ การ ใช้ตัวเลข 3 ตำแหน่งจากตัวเลขสุ่ม

2.8.1.4 จำนวนตัวอย่าง ในการประเมินผลครั้งหนึ่งๆ จะต้องจำกัดจำนวน ตัวอย่าง แต่จะให้ประมาณที่ตัวอย่างนั้น ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของ อาหาร วิธีการให้คะแนน และประสบการณ์ของผู้ชิม

2.8.1.5 ลำดับการเสิร์ฟตัวอย่าง จะมีผลต่อการตัดสินใจของผู้ชิม จึงได้ มีการแนะนำ ให้ใช้วิธีสุ่มลำดับการเสิร์ฟ โดยเฉพาะในการใช้วิธีชิมหาความต่าง

2.8.2 ผู้ชิมตัวอย่างอาหาร

2.8.2.1 การเลือกผู้ชิม ผู้ทำหน้าที่ชิมควรมีลักษณะดังนี้ คือ สนใจและเต็ม ใจที่จะให้ความร่วมมือ สามารถที่จะปลีกเวลามาชิมให้ได้ทุกครั้งที่มีการประเมินผล มีความ สามารถที่จะรู้ได้ถึง เหตุแห่งความรู้สึกในรสชาตินั้นๆ และมีความสามารถที่จะตัดสินใจได้ คงที่ และ เชื่อถือได้ ลักษณะนี้ต้องอาศัยความทรงจำที่ดี และ ประสบการณ์ช่วย

2.8.2.2 การฝึกผู้ชิม ในงานทดลองค้นคว้าวิจัยโดยทั่วไปนั้น จะต้องมีการ ฝึกผู้ชิมก่อนการทดลอง และพบว่าความสามารถในการชิมนั้น สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ในระหว่างการฝึก จะต้องแสดงให้เห็นได้ว่า ความพยายามและสมาธิ มีความสำคัญ ต่อการให้คะแนนอาหาร

2.8.2.3 จำนวนผู้ชิม เนื่องจากในการประเมินผลอาหารโดยวิธีชิมนี้ มีสิ่ง ที่ทำให้มีความแปรปรวนได้หลายอย่าง ดังนั้นการมีผู้ชิมยิ่ง มาก ก็จะถูกเหมือนความแปรปรวน สำหรับแต่ละคนจะสมดุลขึ้น นั่นก็คือ ถ้ามีผู้ชิมมาก ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองก็จะ ลดน้อยลง ผลที่ได้ก็จะ เชื่อถือได้มากขึ้น มีความแน่นอนมากยิ่งขึ้น

2.8.3 สภาวะแวดล้อมระหว่างการชิม

เพื่อให้ผู้ชิมมีสมาธิในการชิม ประเมินผล จึงควรควบคุมสภาวะแวดล้อมที่จะไม่ทำให้ผู้ชิมใจเซว หรือรำคาญใจ ห้องชิมอาจเป็นห้องธรรมดา หรืออาจเป็นห้องที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับงานนี้โดยเฉพาะ สิ่งที่สำคัญ ก็คือ จะต้องแยกผู้ชิมแต่ละคนออกจากกัน ห้องไม่ควรมีกลิ่นอื่นรบกวน และควรจะแยกส่วนจากสถานที่ที่ใช้เตรียมอาหาร

2.8.4 แบบของการทดสอบด้วยวิธีการชิม

การทดสอบด้วยการชิม เพื่อประเมินผลอาหารมีมากมายหลายแบบแต่ละแบบก็เหมาะที่จะใช้สำหรับปัญหาเฉพาะแต่ละอย่าง ดังนั้นการเลือกวิธีใด จึงมีความสำคัญ จะต้องทำความเข้าใจถึงลักษณะ ของวิธีทดสอบด้วยการชิมแต่ละแบบ ที่มีให้เลือกใช้ นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังในการวางแผนทางสถิติ และการวิเคราะห์ข้อมูลอีกด้วย

การทดสอบอาจแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ การทดสอบหาความต่าง และการทดสอบหาความชอบ

วิธีการชิมแบบที่จะ เป็นประโยชน์ และอาจนำมาตัดแปลงใช้ในการเรียนประเมินผลอาหารทดลอง ได้แก่

2.8.4.1 แบบเลือกหนึ่งจากสาม (The Triangle Test)

2.8.4.2 แบบจับคู่ (The Duo-Trio Test)

2.8.4.3 แบบเปรียบเทียบสองตัวอย่าง (Paired Comparison Test)

2.8.4.4 แบบให้ระดับหรือแสดงระดับ (Scoring)

2.8.4.5 แบบเรียงลำดับ (Ranking)

นอกจากวิธีทดสอบแบบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีการทดสอบแบบอื่นๆ อีก ซึ่งผู้สนใจอาจค้นคว้าได้จาก Amerine และคณะ 1965 เช่น แบบเปรียบเทียบหลายตัวอย่างกับตัวอย่างเปรียบเทียบ แบบอธิบายเค้าโครงลักษณะ และแบบหาความน้อยสุดที่จะหาได้ เป็นต้น

2.9 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ

กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ อาจแยกออกเป็น 6 ขั้นตอน เพื่อสะดวกในการวางแผนและการควบคุมแผนงาน

2.9.1 การค้นหรือสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (Exploration and Product Idea Generation)

นักพัฒนาผลิตภัณฑ์จะต้องทำการค้นคว้า เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวความคิดผลิตภัณฑ์ อาจทำได้โดยค้นคว้าจากเอกสาร วารสาร หรือสิ่งตีพิมพ์อื่นๆ อาจจะทำโดยสอบถามความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้อง หรือแสดงความคิดเห็นพร้อมกับให้อภิปรายกันในกลุ่ม ในขั้นนี้ มักจะนิยมใช้หลายๆ วิธีประกอบกัน เพื่อผลที่เหมาะสมที่สุด

2.9.2 การกลั่นกรองความคิดผลิตภัณฑ์ (Screening)

เป็นการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด เพื่อการพิจารณาคัดเลือกในขั้นต่อไป วิธีการและเทคนิคที่นำมาใช้นั้นเป็นชนิดที่ไม่สลับซับซ้อนมากนัก ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการพิจารณา ก็เป็นข้อมูลทุติยภูมิ จึงสามารถวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ในขั้นนี้ได้ในระยะ เวลาอันสั้นและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ

2.9.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ทางธุรกิจ (Business Analysis)

เป็นการทำเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด เพื่อการพัฒนาในขั้นต่อไปนั่นก็คือเป็นการทำเพื่อขยายความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์อย่างละเอียด เพื่อที่จะสรุปและให้ข้อเสนอแนะทางธุรกิจได้ คือสามารถจะกำหนดลักษณะผลิตภัณฑ์ และสามารถกำหนดโครงการผลิตภัณฑ์ได้

2.9.4 การพัฒนา (Development)

เป็นการเปลี่ยน "ความคิดผลิตภัณฑ์ในกระดาษ" ให้เป็น "ผลิตภัณฑ์ในมือ" นั่นก็คือผลิตภัณฑ์ที่ทำเป็นรูปร่างออกมาให้เห็นได้ และสามารถผลิตได้จริง ๆ

2.9.4.1 การพัฒนาสูตร (Formulation Development) นับเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ ในขั้นนี้จะเป็นการเริ่มนำเอาวิธีการและเทคนิคการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมาใช้ เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ในแนวความคิด โดยให้มีส่วนผสมที่จะประกอบกันเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการตามที่ต้องการ และมีลักษณะ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังสามารถเก็บได้ในระยะเวลาอันพอสมควร

2.9.4.2 การพัฒนากรรมวิธีการแปรรูป (Process Development) เป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นหนึ่ง ในขั้นนี้จำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการวิจัยทางเทคโนโลยี ด้านอุตสาหกรรมมาช่วย เพื่อที่จะปรับตัวแปรในกรรมวิธีที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนั้น ให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังอยู่ในลักษณะตามที่ผู้บริโภคต้องการ และโดยมีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ด้วย

2.9.5 การทดสอบ (Testing)

เป็นการตรวจดูว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมา นั้นเหมาะสมในเชิงการค้าตามเป้าหมายหรือไม่ นับเป็นการพิสูจน์การตัดสินใจในแง่ธุรกิจในตอนต้น ในขั้นนี้มีสิ่งจำเป็นที่ต้องทำคือ

2.9.5.1 การทดสอบการผลิต เป็นการดำเนินการเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ในกระบวนการผลิต อาจจะทำโดยการจำลองระบบการผลิต คล้ายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาจทำต่ออีกขั้นหนึ่งคือ การทดลองผลิตในโรงงานจริงๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นนี้จะนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

2.9.5.2 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

(1) การทดสอบผลิตภัณฑ์การพัฒนายุทธศาสตร์ ซึ่งก็คือการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดสอบการผลิตโดยคุณภาพที่สำคัญจำเป็นต้องตรวจสอบ ได้แก่ คุณภาพทางโภชนาการ คุณภาพทางความปลอดภัย และทางประสาทสัมผัส

(2) การทดสอบผลิตภัณฑ์จากการทดลอง เก็บ ซึ่งอาจเลือกทำเฉพาะคุณภาพบางอย่างเท่านั้น โดยขึ้นอยู่กับว่าเป็นการตรวจสอบระยะใด ผลิตภัณฑ์เป็นชนิดใด

2.9.5.3 การทดสอบผู้บริโภค (Consumer Test) เป็นการประเมินผลผลิตภัณฑ์โดยอาศัยกลุ่มตัวแทนผู้บริโภค เป้าหมายจำนวนตัวแทน ผู้บริโภคที่จะประเมินผลผลิตภัณฑ์ (Consumer Panel) จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อเทียบกับผู้ชำนาญการปฏิบัติการ (Lab Panel) และการทดสอบผู้บริโภคอีกขั้นหนึ่งคือการทำสำรวจความนิยมของผู้บริโภค (Consumer Survey) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยจำนวนผู้บริโภคเพิ่มขึ้น

2.9.5.4 การทดสอบตลาด (Market Test) เป็นการตรวจสอบดูว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมา นั้นสนองความต้องการของตลาดหรือไม่ เพียงใดและอย่างไร จากข้อมูลที่ได้ สามารถที่จะคาดคะเนได้ว่าจะขายได้คุ้มทุนหรือไม่ จะจัดแผนการตลาดอย่างไร

2.9.6 การจำหน่ายเชิงการค้า (Commercialization)

เป็นการส่งผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด ลักษณะการผลิตและการขายเป็นขนาดใหญ่เต็มอัตรา (Full-Scale) ในขั้นนี้จะต้องมีการกำหนดกลยุทธ์แนะนำสินค้าเข้าตลาดที่แน่นอน มีการวางแผนการขายอย่างชัดเจน

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำงาน

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แบ่งข้าวโพด นมข้นจืด กะทิ น้ำตาลทราย พักทอง น้ำ และ เกลือ

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แอลกอฮอล์ เอธิลอีเธอร์ ปิโตรเลียมอีเธอร์ โซเดียมคลอไรด์ ไดโซเดียมไฮโดรเจนพอสเฟต ไฮโดรคลอริก ไฮโดรบาบิฟริกแอซิด คอปเปอร์ซัลเฟต-5-ไฮเดรท โซเดียมโพแทสเซียมทาร์เทรต โซเดียมไฮดรอกไซด์ โบแทสเซียมไอโอดาต์ กรดซัลฟูริก โซเดียมไฮโอซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนต สารละลายน้ำแข็ง โพแทสเซียมไดโครเมต สกรีนเมซิลเรดอินดิเคเตอร์ กรดบอริก ซีลีเนียมออกไซด์ โซเดียมซัลเฟต เพลทเคาทอาการ์ ยีสต์เอกแทรกซ์-มอลต์เอกแทรกซ์ บรอมครีเซอเพอเพิล และลิเวอร์บรอธ

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) เครื่องมือชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeltec System) เครื่องมือวัดความเป็นกรดต่าง (pH Meter) เครื่องบด (Blender) ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) แผ่นความร้อน (Hotplate) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) เตาเผา (Furnace) ตู้ฆ่าเชื้อด้วยแสงอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet Sterization) โถดูดความชื้น (Desiccator) เครื่องดูดควัน (Hood) รางไล่อากาศ (Exhaust Box) เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer) และเครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Retort)

3.1.4 เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ที่จำเป็น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาเพื่อหาสูตรพุดตั้งพักทองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษาในขั้นนี้ได้ทำการเปรียบเทียบพุดding ฟักทอง ซึ่งมีปริมาณฟักทอง น้ำตาลทราย และน้ำแตกต่างกัน โดยในสูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานของพุดding ฟักทอง สูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ทำการเพิ่มปริมาณฟักทองและน้ำตาลทราย และลดปริมาณน้ำ สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ได้ทำการเพิ่มปริมาณฟักทองและลดปริมาณน้ำตาลทราย สูตรที่ 4 เป็นสูตรที่ได้ทำการลดปริมาณน้ำ ตาลทรายและเพิ่มปริมาณน้ำ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

3.2.1.1 กรรมวิธีผลิตพุดding ฟักทอง

ซึ่งส่วนผสมทุกชนิด ดังรูปที่ 1 ตามสูตร นำฟักทองมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ แล้วนำไปนึ่งเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการบดฟักทองให้ละเอียด นำแป้งข้าวพุดนมข้นจืด กะทิและน้ำส่วนที่ 1 ผสมให้เข้ากันเป็นส่วนผสมที่ 1 แล้วพักไว้ ส่วนน้ำส่วนที่ 2 ตั้งไฟ จนกระทั่งน้ำเริ่มเดือด เติมน้ำตาลทรายและเกลือลงไป แล้วคนจนละลายทั่วกัน เมื่ออุณหภูมิขึ้นถึง 70-73 องศาเซลเซียส เติมน้ำผสมส่วนที่ 1 ลงไป ทำการคนอย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลา 2 นาที โดยรักษาระดับอุณหภูมิที่ 70-73 องศาเซลเซียส ส่วนผสมจะเริ่มข้นขึ้น เติมน้ำฟักทองที่บดละเอียดลงไป ทำการคนให้เข้ากับส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ดังรูปที่ 2 ใช้เวลา 5 นาที โดยรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่ จนกระทั่งส่วนผสมมีลักษณะข้นเหนียว จึงยกลงจากเตา ตักใส่ภาชนะขณะร้อน ทิ้งให้เป็นตัวนภาชนะ

3.2.1.2 การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำพุดding ฟักทองทั้ง 4 สูตรมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 63 คน ด้วยวิธี Hedonic Scale และคัดเลือกพุดding ฟักทองสูตรที่ผู้บริโภคนิยมรับมากที่สุด มาทดลองในข้อ 2

3.3.2 การศึกษาหาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Processing Time) โดยศึกษาจากค่า F_0

จากค่า F_0 อ้างอิงของผลิตภัณฑ์ ที่มีส่วนผสมและลักษณะใกล้เคียงกับพุดding ฟักทอง (Carnaud Metal Box (Thailand) Limited) ซึ่งมีค่า F_0 ประมาณ 6 นาที ทำการศึกษาค่า F_0 เท่ากับ 4 5 6 7 และ 8 นาทีโดยใช้เครื่องคำนวณหาค่า F_0

3.3.2.1 การเตรียมพุดding ฟักทองกระป๋องเพื่อใช้ในการศึกษาหาค่า F_0

นำกระป๋องขนาด 307x113 มาทำการเจาะรูด้านข้างที่ระดับกึ่งกลางกระป๋อง ดังรูปที่ 3 ใส่เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เพื่อใช้วัดอุณหภูมิภายในของกระป๋อง

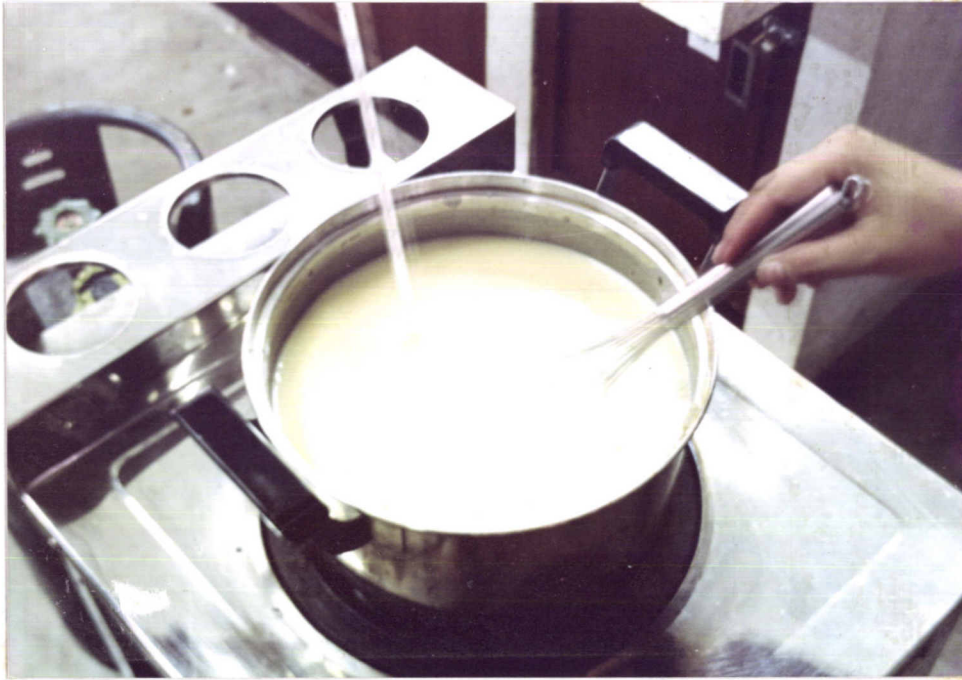
ตารางที่ 2 สูตรนุดตั้งปีกทองที่นำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ส่วนผสม	สูตรที่			
	1	2	3	4
แป้งข้าวโพด	250	250	250	250
นมข้นจืด	220	220	220	220
น้ำตาลที่ 1	180	180	180	180
กะทิ	630	630	630	630
เกลือ	3	3	3	3
ปีกทอง	200	300	250	200
น้ำตาลทราย	800	900	750	750
น้ำตาลที่ 2	1260	1060	1260	1310

หมายเหตุ ส่วนประกอบต่างๆ มีน้ำหนักเป็นกรัม



รูปที่ 1 แสดงส่วนผสมของพุดดิ้งฟักทอง



รูปที่ 2 แสดงลักษณะที่ค่อนข้างหนืดของพุดดิ้งฟักทองก่อนยกลงจากเตา



รูปที่ 3 แสดงการเตรียมกระป๋องก่อนนำไปใช้หาค่าเวลาในการฆ่าเชื้อ

ตลอดเวลาที่ทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ บรรจุชุดตั้งพักทองที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 ให้มีช่องว่างเหนืออาหาร 6/32 นิ้ว นำไปใส่ภาชนะในรางใส่อากาศ ทำการปิดฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดฝากระป๋อง ดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ รอให้อุณหภูมิภายในกระป๋องลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง

3.2.2.2 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ค่า F_0 ต่างๆ

นำชุดตั้งพักทองกระป๋อง จำนวน 105 กระป๋อง เรียงในตะกร้าแบบก่ออิฐ (Brick Stack) โดยวางกระป๋องที่มีเทอร์โมคัปเบิลเสียบอยู่ในตำแหน่งที่คาดว่าจะให้ความร้อนช้าที่สุด ทำการต่อสายของเทอร์โมคัปเบิล ซึ่งอยู่ภายในเครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำเข้ากับเครื่องคำนวณหาค่า F_0 ดังรูปที่ 6 เปิดไอน้ำใส่ภาชนะเป็นเวลา 10 นาที ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส จนได้ค่า F_0 ตามที่ต้องการ หลังจากนั้นทำเย็นอย่างรวดเร็ว

3.2.2.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยาและประสาทสัมผัส

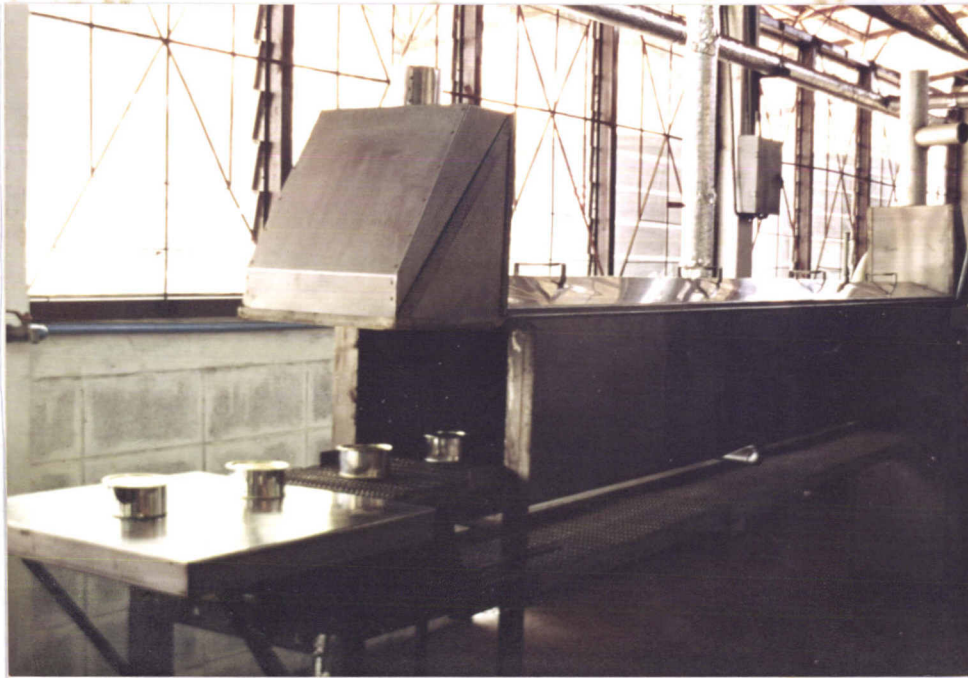
นำชุดตั้งพักทองกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ค่า F_0 ต่างๆ มาบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของกระป๋อง สี กลิ่นและลักษณะเนื้อสัมผัส

3.2.3 การผลิตชุดตั้งพักทองกระป๋องโดยใช้เวลานการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ที่ได้จากการศึกษาค่า F_0

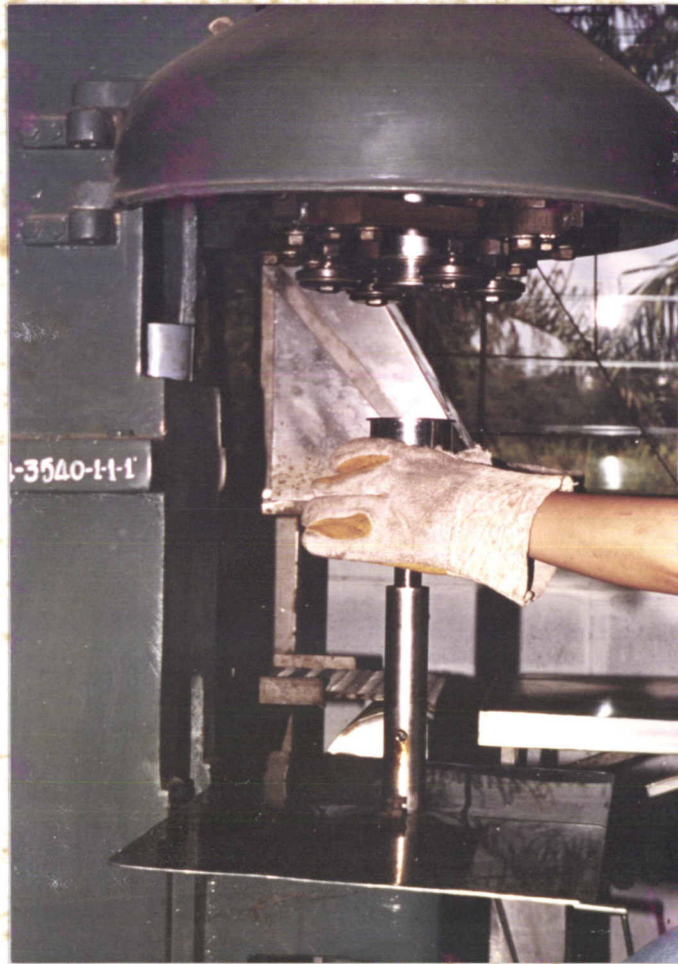
เตรียมชุดตั้งพักทองตามข้อ 1.1 บรรจุให้มีช่องว่างเหนืออาหาร 6/32 นิ้ว ทำการใส่ภาชนะ ปิดฝากระป๋องและฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลานการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนซึ่งได้จากการศึกษาค่า F_0 หลังจากนั้นทำเย็นอย่างรวดเร็ว ทำการศึกษาคุณภาพชุดตั้งพักทองกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 60 วัน โดยการตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋องและวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยา ของอาหารที่บรรจุอยู่ภายใน

3.2.4 การศึกษาคุณภาพชุดตั้งพักทองกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

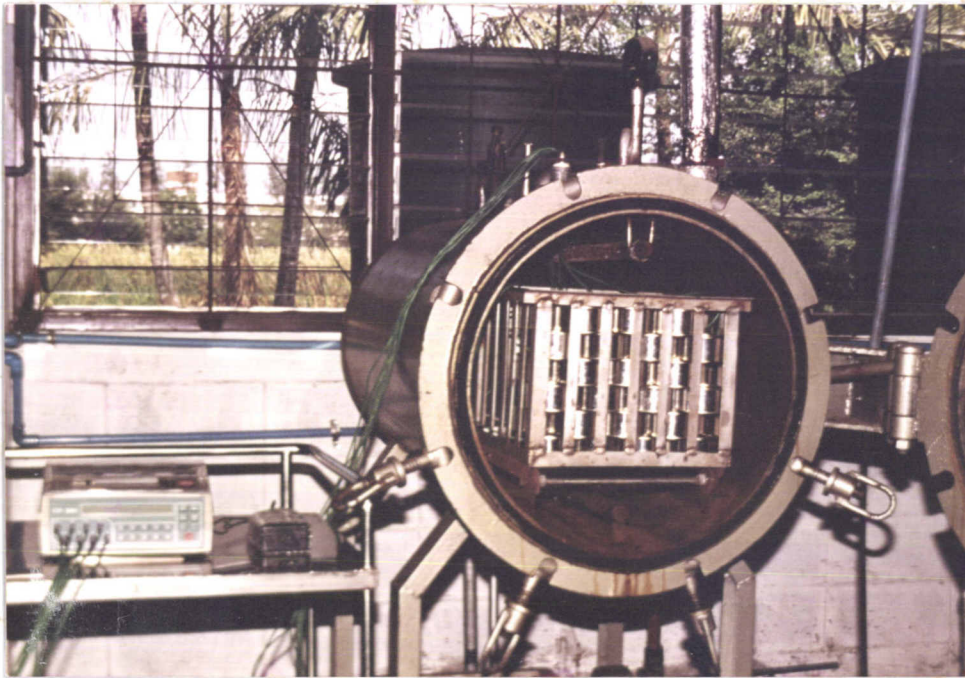
นำชุดตั้งพักทองกระป๋องที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มาทำการตรวจสอบลักษณะภายใน



รูปที่ 4 แสดงรางใส่อากาศ



รูปที่ 5 แสดงเครื่องปิดฝากระป๋อง



รูปที่ 6 แสดงการต่อเครื่องคำนวณหาค่า F_0 เข้ากับเครื่องฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟ

นอกของกระป๋อง วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ของอาหารที่บรรจุอยู่ใน ในวันที่ 1 16 29 39 47 54 และ 60 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ผักทองที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

3.2.4.1 การตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋อง

ตรวจสอบลักษณะของกระป๋องว่า มีการบวม บูด สนิม หรือตำหนิอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อคุณภาพของอาหารภายใน

3.2.4.2 การตรวจสอบลักษณะภายในของกระป๋อง

ตรวจค่าสุญญากาศภายในกระป๋อง (Vaccum) ช่องว่างเหนืออาหาร ความลึกของเคอร์เตอร์ซิงค์ (Counter sink) ตะขอตัว (Body Hook) ตะขอฝา (Cover Hook) น้ำหนักทั้งหมดรวมภาชนะบรรจุ (Gross Weight) และน้ำหนักสุทธิ (Net Weight)

3.2.4.3 คุณสมบัติทางด้านเคมี

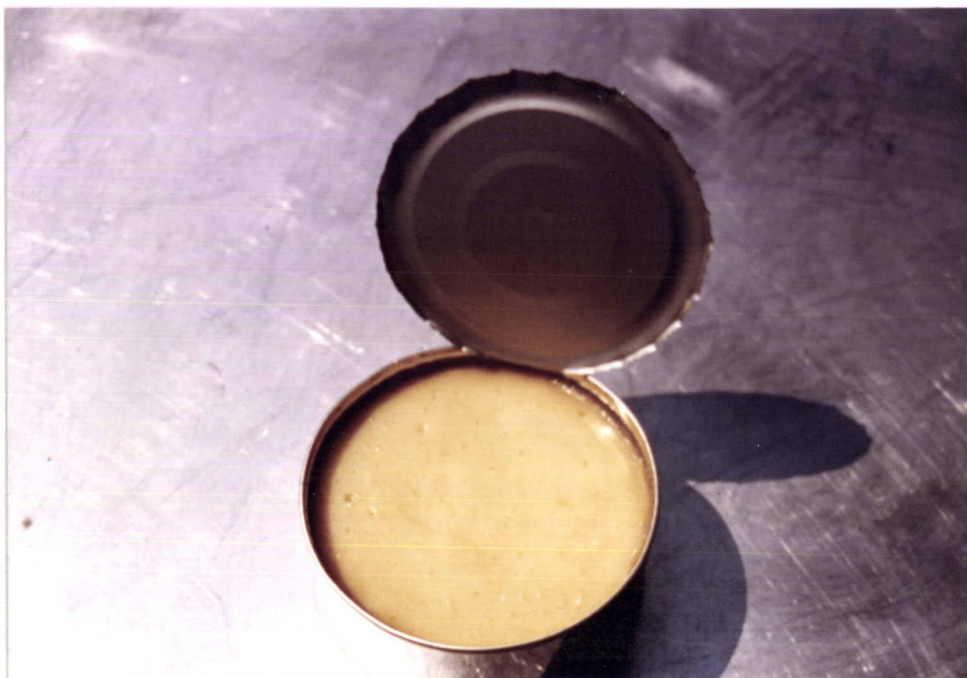
วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1984) ปริมาณโปรตีน (Pearson, 1976) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หรือปริมาณน้ำตาลกลูโคส (Fehling Lehmann) ปริมาณไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมัน (Pearson, 1976) การวิเคราะห์วิตามินเอ และการวัดสภาพความเป็นกรดต่าง

3.2.4.4 คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านสี โดยทำการเปรียบเทียบกับสมุดเทียบสี (Munsell Book) ดังรูปที่ 7

3.2.4.5 คุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา

การตรวจสอบ จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเพลทเคาท์ อาการ์ จำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์และราโดยใช้อาหารยีสต์เอกแทรกซ์-มอลต์เอกแทรกซ์ ตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยใช้อาหารเหลวบรอมครีซอลเพอเพิลและลิเวอร์บรอธ



รูปที่ 7 แสดงผงตั้งฟักทองกระป๋องหลังผ่านกระบวนการแล้ว

บทที่ 4

ผลการทดลอง และ วิเคราะห์

1. การศึกษาเพื่อหาสูตรพุดding ฟักทองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพุดding ฟักทองสูตรต่างๆ จากการทดลองศึกษาเพื่อหาสูตรพุดding ฟักทอง สูตรที่ 1 2 3 และ 4 แล้วนำไปทำการทดสอบชิมเพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 63 คน ด้วยวิธี Hedonic Scale ซึ่งมีคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 คะแนนหมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนนหมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 3

จากผลการทดลองตามตารางที่ 3 เมื่อสังเกตคะแนนการยอมรับของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของพุดding ฟักทองสูตรที่ 1 2 3 และ 4 จากคุณลักษณะทางด้านสี ปรากฏว่าสูตรที่ 2 มีคะแนนการยอมรับเป็น 182.5 ซึ่งสูงกว่าพุดding ฟักทองอีก 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 3 และ 4 มีคะแนนการยอมรับเป็น 134.0 173.0 และ 144.5 ตามลำดับ สำหรับคะแนนการยอมรับในด้านความหวาน ความมัน กลิ่น เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมของพุดding ฟักทองทั้ง 4 สูตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การที่พุดding ฟักทองสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่าสูตรที่ 1 3 และ 4 คาดว่าเนื่องจากการเพิ่มปริมาณฟักทอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทําให้สีของพุดding ฟักทองเด่นชัดขึ้น ซึ่งได้ทําการเปรียบเทียบสีโดยใช้สมุดเทียบสี พบว่า พุดding ฟักทองสูตรที่ 2 มีค่า $5Y8/8$ ส่วนสูตรที่ 1 3 และ 4 มีค่า $5Y7.5/6$ $5Y7.5/8$ และ $5Y7/8$ ตามลำดับ แสดงว่าพุดding ฟักทองสูตรที่ 2 มีคุณลักษณะทางด้านสีเด่นชัดกว่าพุดding ฟักทองอีก 3 สูตร

นอกจากนี้ การลดปริมาณน้ำและเพิ่มปริมาณน้ำตาลทรายเป็นปัจจัยที่ช่วยให้คุณลักษณะทางด้านสีของพุดding ฟักทองเด่นชัด อีกทั้งยังมีผลต่อการคงตัวของเจล ทําให้พุดding ฟักทองมีความนุ่มมากขึ้น

ดังนั้น สูตรของพุดding ฟักทองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่มี

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Friedman Test

ตัวอย่าง พุดding	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส						
	ความ หวาน	ความ มัน	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ลักษณะ ปรากฏ	ความชอบ รวม
สูตรที่ 1	153.5	148.5	134.0	153.0	162.0	131.5	115.0
สูตรที่ 2	164.5	156.0	182.5	153.5	154.0	171.0	128.0
สูตรที่ 3	160.0	163.0	173.0	163.0	163.0	167.5	139.5
สูตรที่ 4	152.0	162.5	144.5	161.5	153.0	147.5	116.5
χ^2	0.96	1.32	24.7	3.8	6.8	-27.4	1.7

$$\chi^2 (df=3, P=0.05) = 7.81$$

Friedmann Test เปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆ ของพุดding ฟักทองทั้ง 4 สูตร

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตัวเลขที่อยู่วงเล็บ หมายถึง ลำดับชั้นของความชอบ

หมายเหตุ คะแนนความชอบของลักษณะปรากฏ และความชอบรวมมีค่าค่อนข้างต่ำ

เนื่องจากความเข้าใจผิดในการให้คะแนนความชอบของ

ทั้ง 2 ลักษณะนี้

ปริมาณฟักทองและน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำลดลง ซึ่งจะได้ทำการศึกษาวาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อไป

2. การศึกษาวาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยศึกษาจากค่า F_0

จากการประเมินผลการทดสอบชิมทางสถิติ จะได้สูตรพุดding ฟักทองที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดคือ สูตรที่ 2 จึงนำมาศึกษาวาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยศึกษาจากค่า F_0 เท่ากับ 4 5 6 7 และ 8 นาที ซึ่งได้ทำการศึกษาในสภาพที่เลวร้ายที่สุด (worst-case) ได้ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4

และเมื่อทำการเก็บตัวอย่างพุดding ฟักทองกระป๋องจากการทดลองทุกค่า F_0 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน ปรากฏว่า ทุกค่า F_0 ไม่พบว่ามีกระป๋องใดเกิดการบวม จึงสามารถสรุปได้ว่า การให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิดังกล่าวที่ค่า F_0 ตั้งแต่ 4 ถึง 8 นาที ทำให้พุดding ฟักทองกระป๋องปลอดภัย

แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยทำการเปรียบเทียบกับสมุดเทียบสีซึ่งพบว่า ค่า F_0 เท่ากับ 4 5 6 7 และ 8 นาที มีค่าเป็น 2.5Y8/4 2.5Y8/6 2.5Y7/8 2.5Y7/6 และ 2.5Y6/6 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า พุดding ฟักทองกระป๋องที่ค่า F_0 เท่ากับ 4 นาที มีคุณลักษณะทางด้านสี และ คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับพุดding ฟักทองก่อนทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมากที่สุด

จากเหตุผลข้างต้น จึงเลือกค่า F_0 เท่ากับ 4 นาที ซึ่งมีเวลาในการฆ่าเชื้อ 45 นาที เพื่อผลิตพุดding ฟักทองกระป๋อง ดังแสดงในรูปที่ 8 หลังจากนั้นทำการศึกษาคคุณภาพพุดding ฟักทองกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา 60 วัน โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาต่อไป

3. การศึกษาคคุณภาพพุดding ฟักทองกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการศึกษา คุณภาพของพุดding ฟักทองกระป๋อง โดยการตรวจลักษณะภายนอกของกระป๋องและวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของพุดding ฟักทองก่อน

ตารางที่ 4 เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ที่ค่า F_0 ต่างๆ

ค่า F_0 (นาที)	เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)
4	45
5	50
6	54
7	59
8	63

ตารางที่ 5 ค่าคุณลักษณะทางด้านสีที่ F_0 ต่างๆ

F_0 (นาที)	ค่าคุณลักษณะทางด้านสี ที่ F_0 ต่างๆ
4	2.5Y8/4
5	2.5Y8/6
6	2.5Y7/8
7	2.5Y7/6
8	2.5Y6/6



รูปที่ 8 แสดงสมุดเทียบสี Munsell

ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และ พุดding ฟักทอง ระยะเวลาการเก็บรักษา 16 29 39 47 54 และ 60 วัน ตามลำดับ

3.1 ลักษณะภายนอกของกระป๋อง

ผลการตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋อง แสดงดังตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า ค่าสุญญากาศภายในกระป๋องเท่ากับ 3 นิ้วปรอท ช่องว่างเหนืออาหารเท่ากับ 6/32 นิ้ว ค่าความลึกของเคาร์เตอร์ซิงค์เท่ากับ 3.25 มิลลิเมตร ค่าความสูงของตะขอดัวเท่ากับ 2.03 มิลลิเมตร และ ค่าความสูงตะขอฝาเท่ากับ 1.95 มิลลิเมตร

จากค่าของช่วงที่ยอมรับได้ (Specifications) ของกระป๋องขนาด 307x113 คือ ค่าความลึกของเคาร์เตอร์ซิงค์ ค่าความสูงของตะขอดัวและตะขอฝา ซึ่งมีค่า 3.12-3.37 1.96-2.21 และ 1.85-2.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะพบว่าค่าดังกล่าว อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

3.2 คุณสมบัติทางด้านเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี โดยศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง ปริมาณไฮโดรอกซิบิวริกแอซิด สภาพความเป็นกรดต่าง และปริมาณวิตามินเอ แสดงดังตารางที่ 7 ซึ่งจะเห็นได้ว่า พุดding ฟักทอง กระป๋องที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน มีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง ปริมาณไฮโดรอกซิบิวริกแอซิด สภาพความเป็นกรดต่าง และปริมาณวิตามินเอ นั้นค่อนข้างคงที่ แต่จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวกับ พุดding ฟักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละคุณลักษณะ กล่าวคือ พุดding ฟักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง สภาพความเป็นกรดต่าง และปริมาณวิตามินเอมากกว่า พุดding ฟักทองกระป๋อง ส่วนปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณไฮโดรอกซิบิวริกแอซิด มีค่าต่ำกว่า

จะเห็นได้ว่า คุณสมบัติต่างๆ ทางด้านเคมีของ พุดding ฟักทอง กระป๋อง ที่เก็บรักษาเป็น

ตารางที่ 6 ผลจากการตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋อง

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ
Vacuum	3 นิ้วปรอท
Headspace	6/32 นิ้ว
Counter Sink	3.25 มิลลิเมตร
Body Hook	2.03 มิลลิเมตร
Cover Hook	1.95 มิลลิเมตร
Gross Weight	260 กรัม
Net Weight	215 กรัม

ตารางที่ 7 จำนวนร้อยละของส่วนประกอบทางเคมี

ครั้งที่	ปริมาณ ความชื้น	ปริมาณ เถ้า	ปริมาณ ไขมัน	ปริมาณ โปรตีน	ปริมาณน้ำตาล รีดิวซ์ซิง	ทีบีเอ	พีเอช
PP	56.92	0.38	5.23	1.38	39.47	0.0053	6.34
1	57.67	0.42	4.43	1.19	37.45	0.0079	6.05
2	58.02	0.40	4.39	1.21	37.28	0.0081	6.08
3	57.54	0.37	4.37	1.20	36.69	0.0083	6.05
4	57.71	0.45	4.45	1.23	36.26	0.0077	6.02
5	58.09	0.43	4.40	1.21	35.82	0.0081	6.03
6	57.77	0.39	4.52	1.19	35.19	0.0075	6.03
7	57.82	0.41	4.34	1.19	34.98	0.0085	6.05

PP หมายถึง พุดดิ้งฟักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

เวลา 60 วัน มีค่าแตกต่างจากพุดdingพักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพียงเล็กน้อย จึงอาจกล่าวได้ว่า พุดdingพักทองกระป๋องที่เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน มีคุณภาพใกล้เคียงกับพุดdingพักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

3.3 คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ โดยศึกษาคุณลักษณะทางด้านสี แสดงดังตารางที่ 8 จากตารางจะเห็นว่า ค่าจากการเปรียบเทียบสีของพุดdingพักทองกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้สมุดเทียบสีมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างจากพุดdingพักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

จะเห็นว่า การเก็บรักษาพุดdingพักทองเป็นเวลา 60 วัน จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านสีของผลิตภัณฑ์มากนัก แต่ความร้อนจากการฆ่าเชื้อพุดdingพักทองกระป๋องจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านสีอย่างเห็นได้ชัด

3.4 คุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา โดยศึกษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์และรา และตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียในสภาวะไร้ออกซิเจน ได้แสดงดังตารางที่ 9 จากตารางจะเห็นว่า จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะอยู่ในช่วง 3-8 โคโลนีต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์และราอยู่ในช่วง 1-4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ส่วนการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียในสภาวะไร้ออกซิเจน ในอาหารบรอมครีซอลเพอเฟิล และลิเวอร์บรอส ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

จะพบว่า จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์และรา อยู่ในระดับต่ำ ส่วนการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียในสภาวะไร้ออกซิเจน ในอาหารบรอมครีซอลเพอเฟิล เป็นการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดจำพวกแพลตซาวร์ ได้แก่ *Bacillus stearothermophilus* และในอาหารลิเวอร์บรอส เป็นการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียที่สร้างแก๊ส ได้แก่ *Clostridium thermosaccharolyticum* พบว่า ไม่มี

การเปลี่ยนแปลง สามารถกล่าวได้ว่า พุดดิ้งฟักทองกระป๋องมีความปลอดภัยเพียงพอต่อ
การบริโภค

ตารางที่ 8 ค่าคุณลักษณะทางด้านสีของพุดดิ้งฟักทองกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

วันที่	ค่าคุณลักษณะด้านสี ในระหว่างการเก็บรักษา
PP	5Y8/8
1	2.5Y8/6
16	2.5Y8/8
29	2.5Y8.5/6
39	2.5Y8/8
47	2.5Y8/8
54	2.5Y8.5/8
60	2.5Y8/6

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา

วันที่	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เดซิเมตร		การเปลี่ยนสีโดย แบคทีเรีย ที่สร้างกรด	การเกิดแก๊สโดย แบคทีเรีย ที่สร้างแก๊ส
	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา		
1	7	3	-	-
16	3	-	-	-
29	4	1	-	-
39	6	2	-	-
47	5	-	-	-
54	8	4	-	-
60	5	3	-	-

- หมายถึง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองชิมทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale โดยวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) 63 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Friedmann Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าพุดding ฟักทอง ที่ทำการเพิ่มปริมาณฟักทองและน้ำตาลทราย และลดปริมาณน้ำ (สูตรที่ 2) จะมีคะแนนการยอมรับ ในคุณลักษณะด้านสีสูงกว่าพุดding ฟักทองอีก 3 สูตร ส่วนคุณลักษณะทางด้านความหวาน ความมัน กลิ่น เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือกพุดding ฟักทองสูตรที่ 2 มาทำการศึกษาหาเวลาการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

สำหรับการศึกษาหาเวลาการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของพุดding ฟักทองสูตรที่ 2 โดยศึกษาจากค่า F_0 พบว่าพุดding ฟักทองที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ ค่า F_0 เท่ากับ 4 นาที ปลอดภัย ชื่อ อีกทั้ง มีคุณลักษณะทางด้านสีและ เนื้อสัมผัส ใกล้เคียงกับพุดding ฟักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน มากที่สุด โดยใช้เวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 45 นาที จึงนำมาทำการผลิตพุดding กระป๋อง และศึกษาคุณภาพของพุดding ฟักทองกระป๋อง โดยการตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋องและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ภายนอก และจุลชีววิทยา

ในการศึกษาคุณภาพ โดยการตรวจสอบลักษณะภายนอกของกระป๋องและวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี ภายนอก และจุลชีววิทยาของพุดding ฟักทองกระป๋องที่เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน เปรียบเทียบกับพุดding ฟักทองก่อนการผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน พบว่า ลักษณะภายนอกของกระป๋องมีค่าต่างๆ อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คุณสมบัติต่างๆ ทางด้านเคมีของพุดding ฟักทองกระป๋องที่เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน มีค่าแตกต่างจากพุดding ฟักทองก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพียงเล็กน้อย สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพ การเก็บรักษาพุดding ฟักทองเป็นเวลา 60 วัน จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านสีของผลิตภัณฑ์มากนัก แต่ความร้อนจากการฆ่าเชื้อพุดding ฟักทองกระป๋อง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านสีอย่างเห็นได้ชัด ส่วนคุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยา พบว่า จำนวนโคโลนีของ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนโคโลนีของ เชื้อยีสต์และรา อยู่ในระดับต่ำ การตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียในสถานะไร้ออกซิเจน ทั้งแบคทีเรียที่สร้างกรด ซึ่งได้แก่

Bacillus stearothermophilus และแบคทีเรียที่สร้างแก๊ส ซึ่งได้แก่ *Clostridium thermosaccharoliticum* ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหารเลี้ยงเชื้อบรอมครีเซอ-เพอเพิล และ ลีเวอร์บรอต ตามลำดับ จากผลของการศึกษาคุณภาพของพุดดิ้งฟักทอง กระทบอง พบว่า พุดดิ้งฟักทองกระทบอง มีคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยเพียงพอต่อการบริโภค

อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในการแก้ไข ปรับปรุง ตลอดจนปัจจัยที่ควรคำนึงถึง เพื่อการพัฒนานระดับอุตสาหกรรม และหาแนวทางในการศึกษาปรับปรุง ส่วนผสมของพุดดิ้งฟักทองต่อไป โดยอาจใช้น้ำกะทิสดแทนน้ำกะทิสำเร็จรูป เพื่อให้ได้กลิ่น รสที่ดีขึ้น และเป็นการลดต้นทุนการผลิต หรืออาจจะดัดแปลงผลิตภัณฑ์ในลักษณะผง (Instant Pudding) หรือ แบบแช่แข็ง (Frozen Pudding) ต่อไป

ภาคผนวก ก.

สูตรของพุดดิ้งฟักทอง

ส่วนผสม	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวนร้อยละของส่วนผสม
แป้งข้าวโพด	250	6.72
นมข้นจืด	220	5.91
กะทิ	630	16.92
น้ำตาลทราย	900	24.17
เกลือ	3	0.08
ฟักทอง	300	8.06
น้ำส่วนที่ 1	180	4.83
น้ำส่วนที่ 2	1,060	33.31

ภาคผนวก ข.

การประเมินผลการยอมรับผลิตภัณฑ์กบอง

วันที่ _____ เวลา _____
 เพศ _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างเหล่านี้ตามลำดับที่เสนอ และให้คะแนนแต่ละคุณลักษณะตามความชอบที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์นั้น ตามที่ท่านเห็นสมควร

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ชอบมากที่สุด	9	คะแนน
ชอบมาก	8	คะแนน
ชอบปานกลาง	7	คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6	คะแนน
เฉย ๆ	5	คะแนน
ไม่ชอบเล็กน้อย	4	คะแนน
ไม่ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ไม่ชอบมาก	2	คะแนน
ไม่ชอบมากที่สุด	1	คะแนน

คุณลักษณะ ตัวอย่าง	548	714	332	629
ลักษณะปรากฏ
สี
กลิ่น
ความหวาน
ความมัน
เนื้อสัมผัส
ความชอบรวม

ภาคผนวก ค.

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

ก. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1984)

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพุดdingพักทองประมาณ 2 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ในภาชนะที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนได้น้ำหนักคงที่
3. นำมาทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณหาความชื้นดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{(w_1 - w_2) \times 100}{w_1}$$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ ใช้หน่วยเป็นกรัม

w_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังการอบ ใช้หน่วยเป็นกรัม

ข. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1984)

1. นำครุชิเบลไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างพุดdingพักทองประมาณ 1 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในครุชิเบล
3. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่หรือเป็นเถ้าสีขาว
4. นำมาทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาเถ้าดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้า(ร้อยละ)} = \frac{(w_2 - w_1) \times 100}{w_3}$$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักครุชิเบล ใช้หน่วยเป็นกรัม

w_2 = น้ำหนักครุชิเบล+เถ้า ใช้หน่วยเป็นกรัม

w_3 = น้ำหนักตัวอย่าง ใช้หน่วยเป็นกรัม

ค. การหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Macro-kjeldahl Nitrogen determination

(Pearson, 1976)

1. ชั่งตัวอย่างพุดding ฟักทองประมาณ 1.5-2.0 กรัม ใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร
2. เติม catalyst mixture (96% NaSO₄, 2.5% CuSO₄, 0.5% SeO₂) 8-10 กรัม และ H₂SO₄ (conc.) 20 ลูกบาศก์เดซิเมตร
3. ให้ความร้อนจนสารละลายเป็นสีเขียวใส แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 1 ชั่วโมง
4. เติมน้ำกลั่น (deionized) ลงไปใน Kjeldahl flask 50 ลูกบาศก์เดซิเมตร พร้อมทั้งเติมสารป้องกันการเดือดรุนแรง เช่น เศษกระเบื้อง ลูกแก้ว
5. เติมต่าง NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 75 ลูกบาศก์เดซิเมตร ลงใน Kjeldahl flask ทำการกลั่นเก็บแอมโมเนียในกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 50 ลูกบาศก์เดซิเมตร จนกระทั่งได้ปริมาณใน flask อย่างน้อย 300 ลูกบาศก์เดซิเมตร
6. ทำการไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ ด้วย H₂SO₄ เข้มข้น 0.1 N
7. ทำการทดสอบแบบเดิมอีกครั้งโดยไม่มีตัวอย่าง เติมสารเคมีต่างๆ เช่นเดียวกัน ทำการย่อยกลั่นเก็บให้ได้ปริมาณใน flask 300 ลูกบาศก์เดซิเมตร แล้วไตเตรตกับ H₂SO₄ จดปริมาณไว้ (Blank)
8. หาปริมาณ H₂SO₄ เข้มข้น 0.1 N ที่ใช้ของตัวอย่างลบจากของ Blank จะได้อัตราที่แท้จริง นำไปคำนวณหรือคำนวณจากสูตร

$$1 \text{ ลูกบาศก์เดซิเมตร H}_2\text{SO}_4 \text{ เข้มข้น } 0.1 \text{ N} = 0.0014 \text{ กรัม ไนโตรเจน}$$

$$\text{ไนโตรเจน(ร้อยละ)} = \frac{(\text{ปริมาตรของ H}_2\text{SO}_4 \times \text{จำนวนนอร์มัลของ H}_2\text{SO}_4) \times 1.4}{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่าง}}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน(ร้อยละ)} = \frac{\text{ร้อยละของไนโตรเจน} \times \text{Factor}}{(\text{Factor} = 6.25)}$$

ง. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1984)

1. ชั่งตัวอย่างพุดdingพักทองประมาณ 2.5 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในกรวยแยกขนาด 125 ลูกบาศก์เดซิเมตร

2. เติม NH_4OH เข้มข้น ปริมาณ 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร และผสมให้เข้ากันดี จึงใส่แอลกอฮอล์ 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร ผสมให้เข้ากัน เติมเอทิล อีเธอร์ 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร เขย่าสักครู่จึงปล่อยให้สอออกไปแล้วเขย่าอีกนาน 2-3 นาที จึงใส่ปิโตรเลียมอีเธอร์ 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร เขย่าแล้วปล่อยให้สอออกไป เขย่าต่ออีก 2 ถึง 3 นาที พักไว้จนแยกชั้นชัดเจน

3. ไขมันที่ออกเก็บในบีกเกอร์ ส่วนชั้นบนเทในถ้วยแก้วใส ปล่อยให้ระเหยในตู้ควั่น

4. นำชั้นน้ำในบีกเกอร์มาถ่ายใส่กรวยแยก ทำการสกัดซ้ำด้วยการเติมสารสกัดให้น้อยลงดังนี้ แอลกอฮอล์ 6 ลูกบาศก์เดซิเมตร เอทิล อีเธอร์ 15 ลูกบาศก์เดซิเมตรและปิโตรเลียม อีเธอร์ 15 ลูกบาศก์เดซิเมตร สกัดแล้วพักไว้จนแยกชั้นชัดเจน ไขมันที่ดึงเทส่วนที่เป็นอีเธอร์รวมกับน้ำที่ได้ครั้งแรก และทำการระเหยต่อจนแห้ง

5. อบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักแล้วจึงล้างไขมันออกด้วยเอทิล อีเธอร์ เทไขมันและอีเธอร์ทิ้งไว้ รอดรบบแห้ง และชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง

$$\text{ปริมาณไขมัน(ร้อยละ)} = \frac{(w_1 - w_2) \times 100}{w_3}$$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักที่อบแห้งครั้งที่ 1 ใช้หน่วยเป็นกรัม

w_2 = น้ำหนักที่อบแห้งครั้งที่ 2 ใช้หน่วยเป็นกรัม

w_3 = น้ำหนักตัวอย่าง ใช้หน่วยเป็นกรัม

จ. การวิเคราะห์ปริมาณไฮโอบาร์บิทริกแอซิด (TBA) (Pearson, 1976)

1. ชั่งตัวอย่างพุดdingพักทองประมาณ 10 กรัม บั่นกับน้ำกลั่น 50 ลูกบาศก์เดซิเมตร ในเครื่องปั่น แล้วเทใส่ขวดสำหรับกลั่น (distillation flask) ล้างเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่นจำนวน 47.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร

2. เติมสารละลาย HCl เข้มข้น 4 M จำนวน 2.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร เพื่อให้ได้

pH 1.5 แล้วเติมลูกแก้ว 5-6 เม็ด ต่อเข้ากับชุดกลั่น

3. นำใบต้มโดยใช้เครื่องให้ความร้อนไฟฟ้า (electric heating mantle) กลั่นจนได้ของเหลว 50 ลูกบาศก์เดซิเมตร (ภายใน 10 นาที หลังเดือด)

4. ปิดเบตของเหลวที่ได้มา 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร ใส่ในหลอดที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร ปิดฝาเขย่า แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 35 นาทีเท่านั้น

5. ทำ Blank อีกชุดหนึ่งโดยใช้น้ำกลั่น 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร แทนตัวอย่าง

6. หลังจากครบ 35 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นภายใน 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

$$\text{TBA Value (mg. malonaldehyde/kg. fat)} = \frac{\text{Abs.} \times F \times 0.2}{W}$$

Abs. = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร

F = factor ซึ่งเท่ากับ 46

W = ค่าคงที่ ซึ่งเท่ากับ 53

จ. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง (Reducing Sugar) (Fehling Lehmann)

วิธีวิเคราะห์หาค่า factor

1. เตรียมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ เข้มข้น 0.1 N จากสารละลายมาตรฐาน
2. เตรียมปิเปต 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร ฟลาสก์รูปชมพู่ 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร 3 ใบ ปีกเกอร์ 100 ลูกบาศก์เดซิเมตร กระจกตวงปริมาตร 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร HCl เข้มข้น KI และ $NaHCO_3$ ผ่าหรือสสะอาด 2 ผืน
3. ชั่ง KI 2 กรัมและ $NaHCO_3$ 3 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์รูปชมพู่ทุกใบ
4. ใส่น้ำกลั่น จำนวน 250 ลูกบาศก์เดซิเมตร เขย่าให้สารละลาย
5. เติม HCl เข้มข้น ลงไป 20 ลูกบาศก์เดซิเมตร เขย่าให้เข้ากัน
6. ส้างปีกเกอร์ 100 ลูกบาศก์เดซิเมตร 2 ครั้งด้วย $K_2Cr_2O_7$ นี้ ใส่ในปีกเกอร์ ประมาณ 100 ลูกบาศก์เดซิเมตร

7. คูด $K_2Cr_2O_7$ จากบีกเกอร์ ส้างปิเบต 2 ครั้ง
8. คูด $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร ใสลงในพลาสติกรูปชมพู่เขย่าเล็กน้อย แล้วปล่อยทิ้งไว้ในที่มืด 3-5 นาที
9. เมื่อครบตามเวลา แล้วนำมาไตเตรตกับ สารละลายไฮโป
10. เติมน้ำเบ็งลงไปประมาณ 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร
11. ไตเตรตต่อไปเรื่อยๆ โดยค่อยๆ หยดสารละลายไฮโปทีละหยดจนกระทั่งสีของสารละลายในพลาสติกเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อนที่สุด (แต่ไม่เป็นสีฟ้าอ่อน) อ่านค่าสารละลายไฮโปที่ใช้
12. เมื่อทราบปริมาณของสารละลายไฮโปที่ใช้ไปทั้ง 3 ขวด แล้วนำค่านี้ไปเฉลี่ยคำนวณหา ค่า factor ของสารละลายไฮโป แต่ถ้าปริมาตรของสารละลายไฮโปที่ใช้ในแต่ละขวดแตกต่างกันมากกว่า 0.1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้หา factor ใหม่

$$\text{Factor ของ สารละลายไฮโป} = \frac{\text{ลูกบาศก์เดซิเมตร ของ } K_2Cr_2O_7}{\text{ลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลายไฮโป}}$$

การเตรียมตัวอย่างพุดดิ่งพักทอง

ชั่งตัวอย่างพุดดิ่งพักทองจำนวน 100 กรัม บั่นกับน้ำกลั่น 90 ลูกบาศก์เดซิเมตร ในเครื่องบั่น แล้วกรองแยกน้ำใสออกมาใส่บีกเกอร์ด้วยผ้ากรองสะอาด

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง

1. ปิเบตตัวอย่าง 5 ลูกบาศก์เดซิเมตร (อย่างแม่นยำ) ใสในพลาสติกรูปชมพู่ แล้วปิเบตสารละลาย $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร (อย่างแม่นยำ) ปิเบตสารละลาย $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O + NaOH$ 10 ลูกบาศก์เดซิเมตรและใส่น้ำกลั่น 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร
2. ต้มสารละลายบนแผ่นให้ความร้อน (Hot Plate) จับเวลา 2 นาที เมื่อสารละลายเริ่มเดือด
3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องโดยแช่ในภาคน้ำ (ห้ามเขย่าขวดขณะแช่อยู่)

4. ใส่สารละลาย KI 10 ลูกบาศก์เดซิเมตรและ H_2SO_4 เข้มข้น 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร ใต้เตรตด้วยสารละลายไฮโป ทันทีที่ใส่ H_2SO_4 แล้ว โดยใช้น้ำแข็งประมาณ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งสังเกตได้จากสีที่เปลี่ยนไปจากสีม่วง เป็นสีชมพูอ่อนจนจุดปริมาตรไว้

5. ทำการทดสอบแบบเดิมอีกครั้ง โดยไม่มีตัวอย่าง และเพิ่มปริมาณน้ำกลั่นจาก 25 ลูกบาศก์เดซิเมตร เติมสารเคมีต่างๆ เช่นเดียวกัน แล้วใต้เตรตกับ สารละลายไฮโป จุดปริมาตรไว้ (Blank)

6. คำนวณค่าความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง (ร้อยละ)} = (V_2 - V_1) \times \text{factor}$$

V_1 คือ ปริมาตรสารละลายไฮโปที่ใช้ใต้เตรตตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาตรสารละลายไฮโปที่ใช้ใต้เตรต Blank

7. นำค่าที่คำนวณได้ไปเทียบในตาราง ออกมาเป็นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านสีของพุดดิ่งฟักทองกระป๋อง โดยใช้ระบบสีที่เรียกว่า **Munsell colour system** เป็นระบบมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับจากสมาคมส่องสว่างนานาชาติ หรือ CIE (The International Commission on Illumination) ซึ่งได้รับการพัฒนาและยอมรับโดยทั่วไป เรียกค่าสีโดยใช้ค่า 3 ค่า ดังนี้

1. Hue

เป็นชื่อของสีหลัก (Dominant wavelenge) ค่าของ Hue ยิ่งที่มีค่าใกล้กันมากจะทำให้สีมีความใกล้เคียงกัน

2. Value

เป็นค่าที่แสดงความสว่างของสี (Light colour) สีที่มีความสว่างมากจะมีค่า Value ใกล้เคียง 10 ส่วนที่ค่า Value เท่ากับ 0 นั้นเป็นค่าที่ปราศจากความสว่าง จะสามารถแบ่งระดับความสว่างได้ดังนี้ คือ 0-3 เป็น Dark Value 4-6 เป็น Middle Value และ 7-10 เป็น Light Value

3. Chroma

คือค่าที่แสดงความบริสุทธิ์ของสี (Purity) อยู่ในช่วง 1-12 Chroma เท่ากับ 1 อยู่ในย่านสีเทา มีความบริสุทธิ์น้อย ส่วน Chroma เท่ากับ 12 เป็นสีที่มีความบริสุทธิ์มาก Chroma ของแต่ละสีหลักจะมีค่ากันในแต่ละค่าของ Value

ตัวอย่างเช่น 2.5Y8/8 5Y8/6

วิธีการเทียบสี

ตัดตัวอย่างพุดดิ่งฟักทองกระป๋องให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปเทียบกับสมุดเทียบสี (Munsell Book) อ่านค่าสีออกมาเป็นค่า Hue Value/Chroma

ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

อาหารบรรจุกระป๋องหรือที่เรียกว่า **Canned food** จัดเป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการ การแปรรูปโดยใช้ความร้อนที่ได้รับความนิยมนในระดับสูง ทั้งนี้สังเกตได้โดยตรงจากผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุกระป๋องที่จำหน่ายกันอยู่ในท้องตลาด

ในการตรวจวิเคราะห์อาหารบรรจุกระป๋องนั้น มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ กล่าวคือ

- ก. เพื่อตรวจสอบสภาพการปลอดเชื้อจุลินทรีย์ในระดับการค้า (**Commercial Sterility**) ของอาหารบรรจุกระป๋อง
- ข. เพื่อตรวจสอบถึงสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารบรรจุกระป๋อง

1. การเตรียมตัวอย่างอาหารในกระป๋อง

สุ่มตัวอย่างพุดding ฟักทองกระป๋องจำนวน 3 ใบ มาเตรียมตัวอย่างในการตรวจวิเคราะห์

1.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจสอบ

1.1.1 ล้างกระป๋องตัวอย่างพุดding ฟักทองกระป๋องด้วยสบู่และน้ำอุ่น เช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด

1.1.2 เช็ดฝากระป๋องด้านที่ไม่รหัส ทั่วทั้งตัวด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ และ ลนด้วยเปลวไฟเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ตามฝากระป๋อง

1.1.3 ฝาเชื้อ เครื่องเปิดกระป๋อง เปิดกระป๋องให้กว้างพอที่จะนำอาหาร ออกมาวิเคราะห์

1.2 การเจือจางตัวอย่าง

ซึ่งพุดding ฟักทองกระป๋อง 11 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 99 ลูกบาศก์เดซิ เมตรตัวอย่างพุดding ฟักทองกระป๋องเจือจาง 1 ต่อ 10 ตีปนให้พุดding ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เป็นสารละลายตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

2. การตรวจวิเคราะห์

2.1 การตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมด

ทำการเจือจางตัวอย่าง 1 ต่อ 10 1 ต่อ 100 และ 1 ต่อ 1000 จุดตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15 ลูกบาศก์เดซิเมตร ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อและตัวอย่างพุดding ฟักทองให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

2.2 การตรวจนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา

ทำการเจือจางตัวอย่าง 1 ต่อ 10 1 ต่อ 100 และ 1 ต่อ 1000 จุดตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เทอาหารเลี้ยงเชื้อ YM ลงในจานเพาะเชื้อ ประมาณ 15 ลูกบาศก์เดซิเมตร ผสมอาหารที่เลี้ยงเชื้อและตัวอย่างพุดding ฟักทองให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของยีสต์รา รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

2.3 การตรวจสอบจุลินทรีย์ในสถานะไร้ออกซิเจนที่สร้างกรด

นำหลอดทดลองที่มีอาหาร BCP ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาทำการ Inoculum ตัวอย่างพุดding ฟักทอง 1 loop ปิดฝาหลอดทดลอง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีของ BCP

2.4 การตรวจสอบจุลินทรีย์ในสถานะไร้ออกซิเจนที่สร้างแก๊ส

นำหลอดทดลองที่มีอาหาร LB ซึ่งมีหลอดดักแก๊ส (Duram Tube) ค้ำอยู่ภายใน ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาทำการ Inoculum ตัวอย่างพุดding ฟักทอง 1 loop ปิดฝาหลอดทดลอง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงภายในหลอดดักแก๊ส

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ "กระบวนการแปรรูปอาหาร" คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีฯ ลาดกระบัง กรุงเทพฯ หน้า 294-343
- นรินทร์ ทองศิริ 2531 "เทคโนโลยีอาหารนม" คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โรงพิมพ์ดาว คอมกราฟิก พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 131-135
- วัฒน์ สุจันงค์ 2526 "การสุขาภิบาลอาหาร" โรงพิมพ์ไทยสัมพันธ์ พิมพ์ครั้งที่ 4
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ วิชัย หลกัยธนาสันต์ 2532 "การพัฒนามล็ดภัณฑ์อาหารเสริม" วารสารเกษตรศาสตร์ หน้า 403-409
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2521 "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร" หน้า 116-130
- วันชัย สุทธิพงษ์ "เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร" คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีฯ ลาดกระบัง
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย 2522 "ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร" บริษัทวารุณีการพิมพ์จำกัด หน้า 43-62 152-161
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย 2525 "ทฤษฎีอาหาร เล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร" คณะคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 4 หน้า 80-86
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย 2533 "การพัฒนามล็ดภัณฑ์ทางโภชนาการ" หน้า 120-124 157-163 204-210
- ศิริพร ศิวเวชช์ 2529 "วัตถุดิบอาหาร 2" คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 4 หน้า 145-157
- Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.).1984. Official Method of Analysis. Georage Benta Co.,Ltd. Washington D.C.
- Helen Kowtaluk. 1986. Food for Today.
- Gladys E. Vail, Ruth M. Griswold, Margaret M. Justin, Lucile Osborn Rust. 1967. Foods. Fifth edition. page 310-312.

Margaret McWilliam. 1974. Food Fundamental. Second edition.
page 171-173.

Marion Benrion and Osee Hughes. 1975. Introductory of Foods
page 277-280 326-334.

Nutritional Quality Index of Foods. 1979. page 170-171 219-
222 504

Robert Hagenmaier. 1980. Coconut Aqueous Processing. Second
edition. Printed by J. Clavano Press. page 50-55.