การศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการบ่มมะม่วงเพื่อการบรรจุกระป๋อง

Research and Development on Ripening Mangoes for Canned Product

ดาวส่อง สุขแจ่ม
Daosong Sookjam
นันท์ธนัตถ์ มณีจันสุข
Nanthanat Maneechansuk

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ใบอนุมัติโครงงานพิเศษ

ชื่อโครงงานพิเศษ การศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการบ่มมะม่วงเพื่อการบรรจุกระป๋อง

ชื่อและนามสกุล ดาวส่อง สุขแจ่ม

นันท์ธนัตถ์ มณีจันสุข

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาและคณะ วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษได้ให้ความเห็นชอบโครงงานพิเศษฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ)

..... กรรมการ

(ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ธนภพ โสตรโยม)

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

(อาจารย์เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์)

วันที่ 23 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2558

ชื่อโครงงานพิเศษ การศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการบ่มมะม่วงเพื่อการบรรจุกระป๋อง
ชื่อ นามสกุล ดาวส่อง สุขแจ่ม
นันท์ธนัตถ์ มณีจันสุข
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบ่มมะม่วงเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตที่ได้ พบว่าการใช้สารละลายเอทิลีนความเข้มข้น 1,800 ppm มีปริมาณผลผลิตที่ได้ร้อยละ 87.5 มากกว่าการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน ที่มีปริมาณผลผลิตที่ได้ร้อยละ 57.25 จากนั้นนำมะม่วงที่บ่มได้ไปศึกษากรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง และการฆ่าเชื้อใน 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที มีค่า $F_0 \approx 1$ นาที และ107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที มีค่า $F_0 \approx 1$ นาที และนำมาทำการวิเคราะห์ คุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส พบว่าทั้ง 2 สภาวะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และทำการเลือกมะม่วงบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที ซึ่งผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด ไปทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดละลายน้ำได้ 27.5 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดเท่ากับ 4.6 ค่าปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.43 กรัม ต่อเนื้อมะม่วง 100 กรัม

คำสำคัญ : มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ การบ่มมะม่วง F_0

Special project	Research and Development on Ripening Mangoes for Canned Product
Author	Daosong Sookjam
	Nanthanat Maneechansuk
Degree	Bachelor of Science
Major program	Food Science and Nutrition Faculty of Home Economics Technology
Academic Year	2014

Abstract

This research is conducted in order to increase % yield of mango canning. It is found that using 1,800 ppm ethylene solution can increase % yield up to 87.5% more than using calcium carbide which could reach 57.25 % yield. Next, mango canning process is analyzed. In sterilization process, two temperature levels are controlled: 103 °C for 15 minutes $F_0 \approx 1$ minute, 107 °C for 9 minutes $F_0 \approx 1$ minute. Physical property of the product is analyzed and found that both temperature levels give the identical results; statistical significance ($p \leq 0.05$). Canned mango sterilized at 107 °C for 9 minutes is selected. Chemical analysis indicates that total soluble solids content is 27.5 °Brix, pH = 4.6, dietary fiber = 0.43 grams for mango 100 grams

Keywords : Mangiferaindica Mango Ripening F_0

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาพัฒนากรรมวิธีการบ่มมะม่วงเพื่อการบรรจุกระป๋อง เป็นส่วนหนึ่งวิชาโครงงานพิเศษตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ และ อาจารย์ธนภพ โสตรโยม กรรมการโครงงานพิเศษ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำตลอดจนข้อคิดเห็นต่าง ๆ ขอบพระคุณ ดร.นัฐพล ตั้งสุภูมิ, อาจารย์จิตราพร งามพีระพงศ์ และคณะอาจารย์สถาบันวิจัยโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดล ในการวางแผนโครงงานพิเศษฉบับนี้ ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ขอกราบพระคุณพ่อและแม่ ที่ให้กำเนิดมา มีสติปัญญาที่สมบูรณ์ ต่อสู้ฟันฝ่าอุปสรรคนานา และยังสนับสนุนทุนการศึกษาอย่างเต็มที่ จนถึงบัดนี้ และการช่วยเหลือในการทำแผนงานพิเศษนี้ ผู้วิจัยจึงตระหนักในพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้หากผลดีของโครงงานพิเศษนี้ได้เกิดขึ้นต่อคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หรือต่อหน่วยงานอื่นใดที่เกี่ยวข้อง ข้าพเจ้าขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ส่วนความบกพร่องนั้นข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขพัฒนาต่อไป

ดาวส่อง สุขแจ่ม
นันท์ธนัตถ์ มณีจันสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
สารบัญแผนภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	3
2.2 เอทิลีน	5
2.3 การสเตอริไลซ์ (Sterilization)	8
2.4 กระป๋องโลหะ (Metal cans)	14
2.5 อาหารปรับกรด	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการบ่มมะม่วงและการเตรียมส่วนผสม	17
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง	17
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานการบ่มมะม่วงและการเตรียมส่วนผสม	17
3.4 วัตถุดิบในการทำมะม่วงบรรจุกระป๋อง	20
3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำมะม่วงบรรจุกระป๋อง	20
3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของมะม่วงบรรจุกระป๋อง	20
3.7 ขั้นตอนการดำเนินงานการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปราย
4.1 ผลการศึกษาการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ 24
4.2 ผลการศึกษาวิธีการบ่มมะม่วง 25
4.3 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง 27

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผล 38
5.2 ข้อเสนอแนะ 39

เอกสารอ้างอิง 40

ภาคผนวก 42
ภาคผนวก ก วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์ และกรรมวิธีการบ่มมะม่วง 43
ภาคผนวก ข วัตถุดิบ อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำเชื่อม 50
ภาคผนวก ค วัตถุดิบ อุปกรณ์ และการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง 53
ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 63
ภาคผนวก จ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ 65
ภาคผนวก ฉ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 67
ภาคผนวก ช ต้นทุนผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง 72
ภาคผนวก ซ บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง (ฉลาก) 74
ภาคผนวก ฌ มาตรฐานอาหารบรรจุกระป๋อง 76

ประวัติผู้ศึกษา 87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าความคงทนต่อความร้อน (D, Z) ที่อุณหภูมิและค่า pH ต่างๆ ของแบคทีเรียในอาหารกระป๋อง	10
4.1	แสดงคุณลักษณะกำหนดเฉพาะของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	24
4.2	แสดงสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง	25
4.3	แสดงผลการวัดค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที	27
4.4	แสดงผลการวัดค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที	30
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพเคมี ผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง	34
4.6	แสดงผลลักษณะปรากฏ ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง	35
4.7	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋องต่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ	36
4.8	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง	37
ข.1	แสดงสูตรการทำน้ำเชื่อมพื้นฐาน	52
ค.1	แสดงสูตรที่ใช้ผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	55
ช.1	แสดงต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง (การบ่มมะม่วง)	73
ช.2	แสดงต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	73
ช.3	แสดงต้นทุนบรรจุภัณฑ์ในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	73

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	3
2.2	กลไกการสุกเชิงพาณิชย์ของประเทศออสเตรเลีย	4
2.3	ความไม่สมบูรณ์ของผลมะม่วงสุกที่เกิดขึ้น	4
2.4	สูตรโครงสร้างของเอทิลีน	5
2.5	การบ่มมะม่วงโดยการใช้สารเอทิลีน	7
2.6	กราฟจำนวนสปอร์ของจุลินทรีย์ที่เหลือรอดที่เวลาและอุณหภูมิคงที่	9
2.7	ส่วนประกอบของกระป๋อง 3 ชิ้น	14
2.8	สูตรโครงสร้างของ Citric acid monohydrate	16
4.1	กราฟของการแทรกซึมของความร้อนเข้าสู่มะม่วงบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที	30
4.2	กราฟของการแทรกซึมของความร้อนเข้าสู่มะม่วงบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที	33
ก.2	เอทิลีน	44
ค.3	กระป๋องเปล่า	54
ค.4	เทอร์โมคัปเปิล	54
ค.5	สายเทอร์โมคัปเปิล	54
ค.6	กาวซิลิโคน	54
ค.8	เครื่องนึ่ง	54
ซ.1	บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง	75

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
2.1	แสดงแผนภาพขั้นตอนการสุกของมะม่วง	8
3.1	แสดงกระบวนการบ่มมะม่วงโดยการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน	18
3.2	แสดงกระบวนการบ่มมะม่วงโดยการใช้สารละลายเอทิลีน	19
3.3	แสดงกระบวนการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	22
4.1	แสดงสูตรและกรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	27
ก.1	แสดงการบ่มมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	46
ข.2	แสดงการทำน้ำเชื่อมพื้นฐาน	52
ค.1	แสดงกระบวนการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ แบ่งออกตามลักษณะการใช้ประโยชน์เป็น 3 ประเภท ได้แก่ มะม่วงรับประทานสุก มะม่วงรับประทานดิบ และมะม่วงสำหรับอุตสาหกรรม มะม่วงเป็นไม้ผลที่มีคุณค่าทางอาหาร อุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามิน จัดว่าเป็นไม้ผลที่มีผู้นิยมบริโภคมากที่สุดชนิดหนึ่งในประเทศ ซึ่งในประเทศไทยเป็นเมืองที่ปลูกมะม่วงมากพอสมควรเนื่องจากเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อน ซึ่งมีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่มะม่วงสามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงสามารถหารับประทานได้ง่ายกว่าในประเทศที่ไม่ได้อยู่ในเขตเมืองร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะม่วงสุกซึ่งเป็นที่นิยมของชาวต่างชาติ ประเทศไทยถือเป็นแหล่งส่งออกมะม่วงที่มีการส่งออกมากเป็นอันดับที่ 3 ของโลกรองมาจากฟิลิปปินส์ และเม็กซิโก ซึ่งผลิตภัณฑ์มะม่วงที่ส่งออกมีทั้งแบบผลสดสุก และแบบแปรรูป ซึ่งผลิตภัณฑ์มะม่วงแปรรูปมีหลายรูปแบบ เช่น มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงดอง มะม่วงอบแห้ง น้ำมะม่วงบรรจุกระป๋อง มะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง เป็นต้น (Charamsak, 2012)

ในสภาวะปัจจุบันการส่งออกมะม่วงแปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องได้รับความนิยมเพิ่มสูงขึ้น มียอดสั่งซื้อเพิ่มขึ้นจากทางต่างประเทศเป็นจำนวนมาก แต่ว่ามะม่วงแปรรูปเหล่านั้นถึงแม้จะได้รับการผลิตในโรงงานที่ได้มาตรฐาน และพันธุ์มะม่วงที่ใช้เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการ (Bookmark the permalink, 2014) แต่ในบางครั้งตัวผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาก็ถูกปฏิเสธจากทางผู้ที่สั่งซื้อ สาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะกลิ่นรสของมะม่วงที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วยังไม่ดี อันเนื่องมาจากการเตรียมวัตถุดิบที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยปกติแล้วในการผลิตจะไม่ใช้มะม่วงที่สุกเองตามธรรมชาติมาผลิต เนื่องจากทางผู้ประกอบการไม่สามารถกำหนดความสุก สีความอ่อนแข็งของเนื้อมะม่วงได้ ในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋องในปัจจุบันนั้น ทางผู้ผลิตนิยมใช้มะม่วงที่แก่พอเหมาะ นำมาผ่านกระบวนการบ่มให้สุก เพิ่มร้อยละผลผลิตที่ได้ เพื่อที่จะได้สีตามสเป็คที่ลูกค้าต้องการ แต่วิธีการบ่มมะม่วงของสถานที่ประกอบการก็ยังพบปัญหาคือ ใช้ต้นทุนในการบ่มสูง การสุกของมะม่วงต่ำ การสุกไม่สม่ำเสมอทั้งลูก และสีไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้าต้องการ ทำให้ในการผลิตมะม่วงกระป๋องแต่ละวัน มีการสูญเสียมากกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้เสียต้นทุนเพิ่มขึ้น

ดังนั้นเมื่อได้พบของปัญหาจากการปฏิบัติงานครั้งนี้จึงมีศึกษาวิธีการบ่มมะม่วง เพื่อเพิ่มร้อยละผลผลิตที่ได้ ในการผลิตมะม่วงกระป๋องเพิ่มขึ้น และศึกษากรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋องที่เหมาะสม โดยศึกษาการ F_0 ของมะม่วงบรรจุกระป๋อง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พร้อมทั้งทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการบ่มมะม่วง เพื่อเพิ่มร้อยละผลผลิตที่ได้ ในการผลิตมะม่วงกระป๋อง

1.2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋องที่เหมาะสม

1.2.3 เพื่อศึกษาหาค่า F_0 ของมะม่วงบรรจุกระป๋อง

1.2.4 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง คือมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เท่านั้น

1.3.2 ในการบ่มมะม่วง สารที่ใช้ในการบ่มคือ เอทิลีน

1.3.3 มะม่วงที่ได้จากการบ่มจะถูกนำไปแปรรูปเป็น มะม่วงหั่นเต๋าในน้ำเชื่อม แล้วบรรจุกระป๋อง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงวิธีการบ่มมะม่วงเพื่อเพิ่มร้อยละผลผลิตที่ได้ เพื่อการบรรจุกระป๋อง

1.4.2 ทราบถึงสูตรและวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋องที่เหมาะสม

1.4.3 ทราบค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

1.4.4 ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

2.1.1 นิยาม

เป็นมะม่วงรับประทานสุก มีผลผลิตตลอดทั้งปีแม้กระทั่งในฤดูฝน ลักษณะของผลคล้ายมะม่วงพิมเสนมัน มีเปลือกผลหนา เนื้อแข็ง เมื่อสุกเนื้อแน่นละเอียดไม่มีเสี้ยน เนื้อสีเหลืองทอง มีกลิ่นคล้ายมะม่วงสามปี รสชาติหวาน เมล็ดลีบหรือเมล็ดบาง น้ำหนักผลประมาณ 300-400 กรัม ผลสุกแล้วสามารถเก็บไว้ได้นาน 5-7 วัน โดยที่เนื้อยังไม่เละ ผลแก่เก็บทิ้งไว้ 15 วันก็ยังทานได้ (CKP, 2013)

ภาพที่ 2.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์
ที่มา: http://www.biogang.net/blog/, 2012

2.1.2 ประโยชน์

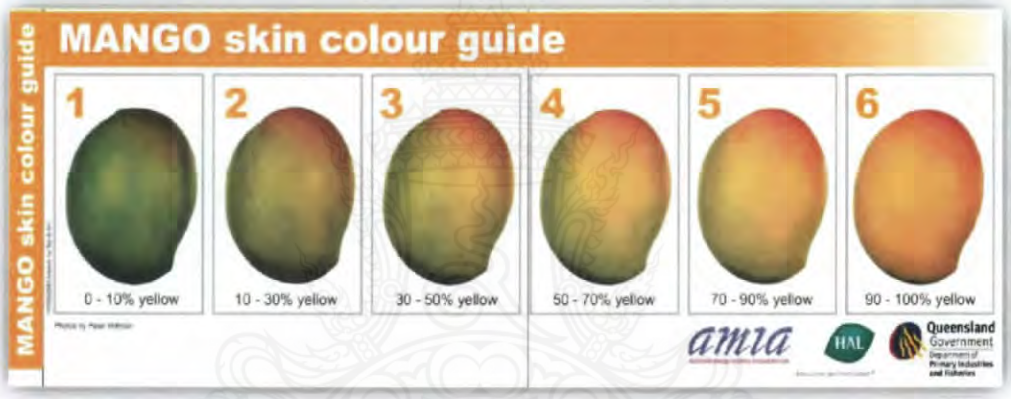
ประโยชน์ของมะม่วงดิบมีวิตามินซีสูง จึงช่วยต้านอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี มะม่วงมีวิตามินเอ วิตามินซี ซึ่งมีส่วนช่วยบำรุงผิวพรรณให้เปล่งปลั่งสดใส ประโยชน์มะม่วงช่วยบำรุงและรักษาสายตา เพราะอุดมไปด้วยวิตามินเอ และเบต้าแคโรทีน เป็นผลไม้ที่มีส่วนช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยทำให้ผ่อนคลาย และหลับสบายยิ่งขึ้นช่วยทำให้ร่างกายทำงานเป็นปกติ ปรับสมดุลภายในร่างกาย ประโยชน์ของมะม่วงดิบ ผลมะม่วงดิบมีวิตามินซีสูง จึงช่วยป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ มีส่วนช่วยต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งเต้านม และมะเร็งลำไส้ รวมไปถึงต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด มะเร็งเม็ดเลือด โรคมะเร็งผิวหนัง เป็นต้น (CKP, 2014)

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

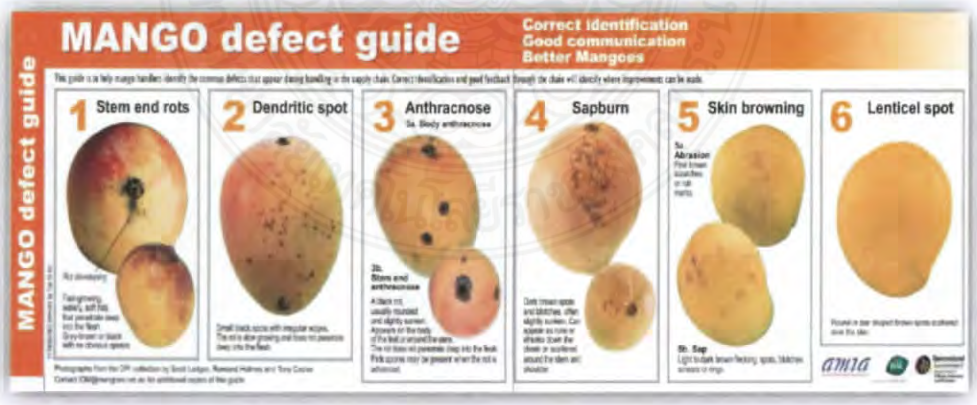
คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ต่อ 100 กรัม มีพลังงาน 60 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 15 กรัม น้ำตาล 13.7 กรัม เส้นใย 1.6 กรัม ไขมัน 0.38 กรัม และโปรตีน 0.82 กรัม มะม่วงมีความเป็นกรด-ด่างในเนื้อมะม่วงประมาณ 3.9-4.5 ความเป็นกรด-ด่างขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะม่วง ความเป็นกรดคิดในรูปกรดซิตริกอยู่ระหว่างร้อยละ 0.12-0.71 เพราะคนไทยคุ้นเคยกับกลิ่นรสของมะม่วงอยู่แล้ว (USDA Nutrient database, 2013)

2.1.4 การสุกของมะม่วง

ในการสุกของมะม่วงนั้น บางครั้งก็มีความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นได้ ทำให้เกิดการสูญเสียของผลิตผลไม่สามารถนำมาจำหน่ายสู่ท้องตลาดได้ ซึ่งความไม่สมบูรณ์ของผลสุกของมะม่วงนั้นอาจเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น สุกไม่สม่ำเสมอ สุกไม่ทั่วถึง หรือสุกเกินไป เน่า เสีย สีผิวไม่เหลืองพอดีเหลืองๆ เขียวๆ มีจุดไหม้สีน้ำตาล กระจายอยู่บนผิวมะม่วงสุก ผิวช้ำหรือบวม ปริแตกขั้วเน่า



ภาพที่ 2.2 กลไกการสุกเชิงพาณิชย์ของประเทศออสเตรเลีย
ที่มา: Handling Mangoes (Information from the Queensland Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. DAFF), 2007



ภาพที่ 2.3 ความไม่สมบูรณ์ของผลมะม่วงสุกที่เกิดขึ้น
ที่มา: Handling Mangoes (Information from the Queensland Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. DAFF), 2007

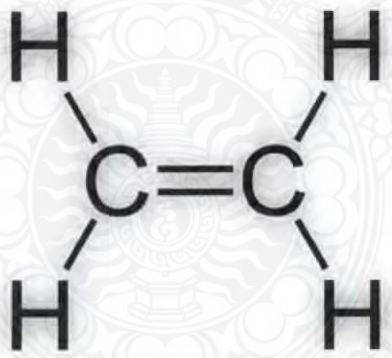
2.1.5 ความไม่สมบรูณ์ของผลมะม่วงสุกที่เกิดขึ้น

ความไม่สมบูรณ์ต่างๆ อาจเกิดได้จากสาเหตุหลากหลายประการ แต่โดยส่วนใหญ่มักจะเกิดจากตัวของมะม่วงที่จะนำมาใช้บ่มว่ามีคุณภาพมาเป็นเช่นไร มีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมหรือไม่ รวมไปจนถึงขั้นตอนการดูแลรักษามะม่วงก่อนมาถึงโรงบ่ม ก่อนที่จะทำการบ่มมะม่วงต้องมีการคัดผลมะม่วงเพื่อดูตำหนิ ดูน้ำหนักผลต้องได้ผลละ 250-350 กรัม ผิวเรียบไม่มีตำหนิ ผลมีลักษณะรูปทรงกลมรีกลมสวยไม่มีแมลงเจาะ ช้ำ ดำ แต่อย่างไรก็ตามกรรมวิธีการบ่มก็สามารถส่งผลถึงคุณภาพของผลสุกได้เช่นกัน ซึ่งปัจจัยที่มักทำให้การบ่มไม่ประสบผลสำเร็จหรือทำให้ผลสุกเกิดปัญหา ได้แก่ อุณหภูมิการบ่มที่ไม่เหมาะสม ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เหมาะสม ปริมาณฮอร์โมนเอทิลีนไม่เหมาะสม และระยะเวลาในการบ่มไม่เหมาะสม

2.2 เอทิลีน

2.2.1 นิยาม

เอทิลีน (อังกฤษ: Ethylene) เป็นฮอร์โมนพืชที่มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้อง บทบาทที่สำคัญของเอทิลีนคือ ควบคุมกระบวนการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล และควบคุมการเจริญของพืชเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น เอทิลีนมีผลต่อต้นกล้าของถั่ว 3 ลักษณะ (Triple response) ได้แก่ ยับยั้งความสูงของลำต้น ลำต้นหนาขึ้น เพิ่มการเติบโตในแนวราบ นอกจากนั้น ยังพบว่าการแผ่ขยายของแผ่นใบถูกยับยั้งและเหนือใบเลี้ยงมีลักษณะโค้งงอเป็นตะขอ



ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของเอมิลีน
ที่มา: BIOLOGY for high school students, 2012

2.2.2 การสร้างเอทิลีน

การสร้างเอทิลีนของต้นไม้และผลของมันจะเกิดขึ้นสัมพันธ์กับการสร้าง Auxin ขณะที่ผลไม้เจริญเติบโตมันจะถูกกระตุ้นด้วย Auxin Gibberellins และ Cytokinins ระดับของ Auxin ที่พืชสร้างขึ้นมาจะมีระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อสูงถึงระดับหนึ่งมันจะไปกระตุ้นให้พืชสร้าง Ethylene ออกมาเพื่อจะไปกระตุ้นกิจกรรมของ Enzymes หลายชนิดเพื่อให้เกิดกระบวนการสุกของผลไม้ (บุปผา, 2533)

2.2.3 สารสังเคราะห์ที่สามารถปลดปล่อยก๊าซเอทิลีน

2.2.3.1 ถ่านก๊าซหรือแคลเซียมคาร์ไบด์ เมื่อนำถ่านก๊าซมาทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติคล้ายแก๊สเอทิลีน นิยมนำมาใช้บ่มผลไม้และเร่งดอกสับปะรด แก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สที่ติดไฟง่าย การใช้จึงควรระมัดระวังเป็นพิเศษ (บุปผา, 2533) แก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สพิษหากได้รับไอระเหยจากถ่านแก๊สเป็นเวลานานจะทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งได้ เพราะถ่านแก๊สเป็นสารเคมีตกค้างทำให้ตกค้างอยู่ในตัวผลไม้ได้ง่าย ซึ่งแก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สพิษ (แสดงดังสมการที่ 1) (http://dict.longdo.com/search/, 2003)

$$Ca_2C + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + HC{\equiv}CH$$

แก๊สเอทิลีน + น้ำ ⟶ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ + แก๊สอะเซทิลีน

แก๊สอะเซทิลีนที่มีผลกระทบต่อระบบประสาท ทำให้ร่างกายหรือเซลล์ร่างกายขาดออกซิเจนได้ ถ้าสูดดมเป็นเวลานานๆ จะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ วิงเวียน ง่วงซึม อารมณ์แปรปรวน สับสน จนกระทั่งอาจเกิดการสูญเสียความทรงจำหมดสติได้ รวมไปถึงไอระเหยของแก๊สทำให้ปวดแสบปวดร้อนที่ดวงตา และผิวหนังอาจทำให้เกิดการระคายเคือง มีงานวิจัยระบุไว้ว่า ผลไม้ที่บ่มโดยการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้หลายทาง เช่น ท้องเสีย เกิดแผลพุพองในปาก และวิงเวียนศีรษะ (Naturally, 2008)

2.2.3.2 เอทธีฟอน (Ethephon) มีชื่อทางเคมีว่า 2-Chloroethylphosphonic acid เอทธีฟอนเป็นสารที่ปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนขณะเอทธีฟอนบริสุทธิ์ เป็นสารกึ่งแข็งคล้ายขี้ผึ้งสีขาว ละลายได้ทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ เป็นสารที่ไม่ระเหยและไม่ติดไฟ มีจำหน่ายภายใต้ชื่อการค้าต่างๆ กัน เช่น อีเทรล (Ethrel®), ซีฟา (Cepha®) และอีเทรลลาเท็กซ์ (Ethrel®Latex) มีทั้งในรูปสารละลายและครีม มีความเข้มข้นแตกต่างกันไปในรูปของสารละลายใช้โดยการพ่นให้ทั่วต้น หรือพ่นเฉพาะจุดที่ต้องการ ส่วนในรูปของครีมใช้เพื่อเร่งการไหลของน้ำยางพาราในวงการเกษตร นำเอทธีฟอนมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การเร่งดอกสับปะรด เร่งสี และเร่งการแก่ของผลมะเขือเทศสำหรับแปรรูป อีกทั้งยังช่วยบ่มผลไม้ให้สุกเร็วขึ้นและพร้อมกันทั้งหมด (บุปผา, 2533)

2.2.4 กรรมวิธีการบ่มผลไม้โดยการใช้สารละลายเอทีลีน

เอทีฟอน มีชื่อทางการค้าหลายอย่าง เช่น อีเทรล โปรเทรล ฟลอเรล โดยทั่วไปมักอยู่ในรูปแบบของสารละลาย ปกติแล้วเกษตรกรนิยมใช้เอทิลีนฉีดพ่นที่ต้นพืชเพื่อเป็นฮอร์โมนเร่งดอกสำหรับผลไม้ สารละลายเอทีฟอนนี้มีความคงตัวที่สภาพเป็นกรดหรือมี pH<4 เมื่อนำมาละลายน้ำหรือเมื่อซึมเข้าไปในเซลล์พืชจะสลายตัวเป็นเอทิลีน ซึ่งทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนเร่งดอก เร่งการออกผล สารเอทีฟอนจัดว่าเป็นสารที่มีพิษน้อยและสลายตัวได้ง่าย ยิ่งไปกว่านั้นเอทิลีนสามารถนำมาใช้เพื่อเร่งการสุกของผลไม้ได้เช่นกัน โดยฉีดพ่นทั้งผลหรือจุ่มที่ก้านผล ในประเทศไทยยังไม่มีกฎระเบียบที่แน่ชัดในการควบคุมการใช้เอทิลีน แต่พอที่จะอนุโลมได้ว่าน่าจะใช้สารนี้ได้อย่างปลอดภัยกับผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งผู้บริโภคไม่รับประทานเปลือก เช่น การใช้เอทีฟอน

ความเข้มข้นสูง 2,400 ppm. ในการบ่มทุเรียน แต่ในผลไม้ทั่วไปใช้วิธีการแช่ในสารละลายเอทีลีน ความเข้มข้นประมาณ 600 ppm. 2-3 นาที ซึ่งจะทำให้ผลไม้สุกใน 3-4 วัน (ไทยเกษตรศาสตร์ เว็บรวบรวมวิชาความรู้ด้านการเกษตรของไทย, 2554)

ภาพที่ 2.5 การบ่มมะม่วงโดยการใช้สารเอทิลีน
ที่มา: ดัดแปลงจาก พิมพ์เพ็ญ, 2556

เอทิฟอนเป็นสารที่นิยมใช้ในการเร่งการสุก ซึ่งปกติจะเป็นของเหลวเมื่อจะใช้ก็นำมาผสมน้ำให้เจือจางแล้วจุ่มผลหรือทาที่ขั้วผลไม้ก็จะเร่งการสุกได้ หลักการคือ ถ้าสารนี้ไม่ได้อยู่สภาพความเป็นกรดจะเกิดการแตกตัวปล่อยแก๊สเอทิลีนออกมา แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่เป็นกรดก็จะคงตัวอยู่อย่างนั้น ดังนั้นสารเข้มข้นของเอทีฟอนจึงใช้กรดเป็นตัวทำละลายพอถึงเวลาจะใช้ก็เอามาผสมน้ำ ทำให้ความเป็นกรดลดลง และเอทีฟอนก็จะเริ่มแตกตัวปล่อยแก๊สเอทิลีนออกมา ซึ่งเอทิลีนก็คือตัวการที่ทำให้ผลไม้สุกเหมือนการบ่มด้วยแก๊สเอทิลีนโดยตรง เช่น การบ่มมะม่วงก็อาจทำได้โดยการละลายเอทีฟอนในน้ำตามความเข้มข้นที่กำหนด แล้วจุ่มผลลงในสารละลายดังกล่าวแล้วยกขึ้นโดยไม่ต้องแช่ไว้ แล้วนำมาผึ่งหรือวางกองเรียงกัน ผลไม้นั้นก็จะเริ่มสุกได้ภายใน 3 วันหลังจากนั้น โดยจะสุกสม่ำเสมอพร้อมกันหากเราต้องการชะลอให้สุกช้าลงก็สามารถทำได้เช่นกัน อย่างที่บอกไว้แล้วว่าการสุกของผลไม้เกิดจากแก๊สเอทิลีนที่ผลไม้สร้างขึ้นเอง และในระหว่างการสุกมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการหายใจมากขึ้นเพื่อนำพลังงานมาใช้ในการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ดังนั้นถ้าไม่ต้องการให้ผลไม้สุกก็ต้องหาทางลดเอทิลีนและลดการหายใจ เช่น เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำจะมีการหายใจน้อยลงหรือห่อด้วยถุงพลาสติกเพื่อให้คาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น ออกซิเจนน้อยลง จะได้หายใจลดลงเช่นกัน ทั้งหมดนี้คือการชะลอการสุกโดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสุก มีสารบางชนิดที่สามารถทำลายเอทิลีนได้โดยตรง ก็อาจมีการใช้สารเหล่านี้เข้าร่วมเพื่อดูดซับเอทิลีนให้หมดไป ผลไม้ก็จะสุกช้าลง (พีรเดช, 2556)

2.2.5 การประยุกต์ใช้เอทิลีนในการบ่มผลไม้

ผลมะม่วงที่จะนำมาใช้ในการบริโภคจะถูกเก็บเกี่ยวเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วหรือผลแก่ โดยทั่วไปแล้วผลแก่ของมะม่วงจะยังมีสีเขียวอยู่ เนื้อแข็งแน่น มีแป้งในผลมาก ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงนั้นจะยังมีการหายใจอยู่เหมือนกับพืชชนิดอื่นๆ ที่ถูกเก็บเกี่ยวมาแล้ว กล่าวคือ ผลมะม่วงจะมีการใช้ก๊าซออกซิเจนในการเริ่มกระบวนการสุก จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนออกมา การสุกของผลมะม่วงก็จะเริ่มต้นขึ้น มะม่วงจะเริ่มสุกอย่างต่อเนื่อง โดยมีขั้นตอนการสุกดังต่อไปนี้

สีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง

↓

แป้งในเนื้อผลจะเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำตาล

↓

เกิดความร้อน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น
(แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้มะม่วงเสื่อมสภาพเร็ว)

↓

ความแข็งของเนื้อมะม่วงจะลดลง นุ่มนวลขึ้น

↓

ความเป็นกรดของมะม่วงจะลดลง

แผนภาพที่ 2.1 แสดงแผนภาพขั้นตอนการสุกของมะม่วง
ที่มา: Handling Mangoes (Information from the Queensland Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. DAFF), 2007

2.3 การสเตอริไลซ์ (Sterilization)

2.3.1 นิยาม

การสเตอริไลซ์เป็นวิธีการถนอมอาหารที่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง อาจเป็นในระดับน้ำเดือดหรือสูงกว่าทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนรวมทั้งสปอร์ด้วย เช่น การสเตอริไลซ์น้ำนมวัวด้วยระบบ Ultrahigh temperature : UHT ซึ่งใช้อุณหภูมิ 135-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-4 วินาที และการบรรจุกระป๋อง (Canning) การสเตอริไลซ์ระบบ UHT ทำได้ 2 แบบคือ

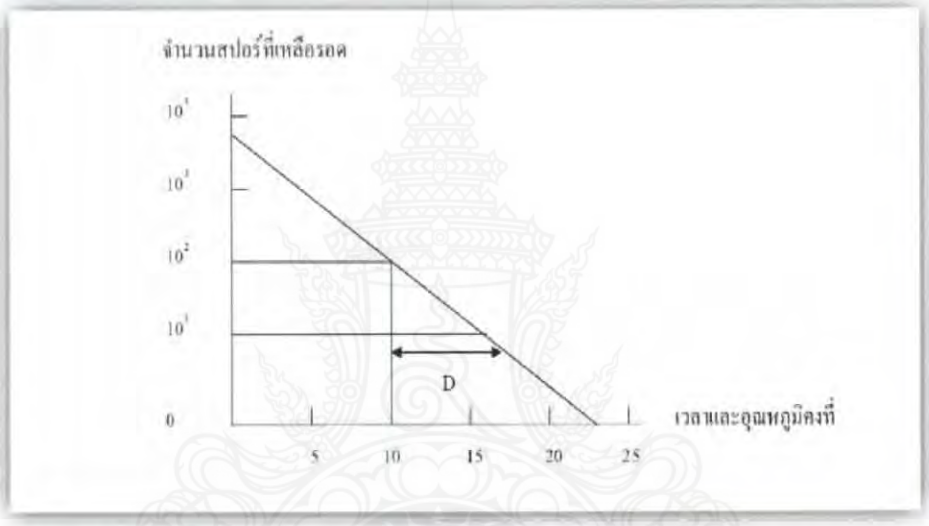
2.3.1.1 การใช้แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้อุณหภูมิสูง

2.3.1.2 การผสมอาหารกับไอน้ำโดยตรง แล้วอาหารจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องระเหยน้ำอีกครั้งหนึ่ง แยกน้ำออกภายใต้สภาวะสุญญากาศ

2.3.2 การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ได้แก่

2.3.2.1 D (Decimal Reduction Time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลงร้อยละ 90 ของที่มีอยู่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน การหาค่า D ทำโดยใส่สปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนแน่นอนลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่โดยใช้เวลานานต่างๆ กัน นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟเซมิล็อกเพื่อให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยแนวตั้งเป็นล็อคสเกล แสดงจำนวนสปอร์ที่เหลือรอดอยู่แนวนอนเป็นสเกลปกติ แสดงเวลาที่ให้ความร้อน



ภาพที่ 2.6 กราฟจำนวนสปอร์ของจุลินทรีย์ที่เหลือรอดที่เวลาและอุณหภูมิคงที่
ที่มา: วันชัย, 2546

จากภาพที่ 2.6 ถ้าให้ความร้อนต่อสปอร์จำนวน 10,000 สปอร์ที่อุณหภูมิ 240 องศาฟาเรนไฮต์ ต้องใช้เวลา 10 นาที เพื่อลดจำนวนสปอร์จาก 10,000 ให้เหลือ 1,000 หรือลดลงร้อยละ 90 (1 log cycle) ดังนั้นค่า D240 เท่ากับ 10 นาที ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่า D คือ ชนิดของสปอร์และชนิดของอาหารที่สปอร์แขวนลอยอยู่

2.3.2.2 Z (Z-Value) หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน Thermal death time Curve (TDT Curve) ไป (1 log cycle) หรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า โดยค่า D และค่า Z ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋องแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความคงทนต่อความร้อน (D, Z) ที่อุณหภูมิและค่า pH ต่างๆของแบคทีเรียในอาหารกระป๋อง

Bacteria groups	Approximate range of Heat resistance	
	D	Z
Low-acid and semi-acid food (pH above 4.5)		
Thermophiles (spores)	D_{250}	Z (°F)
Flat-sour group (*B.stearothermophilus*)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilsge group (*C. themosaccharolyticum*)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (*C.nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spore)		
Putrefactive anaerobes		
C. botulinum (type A and B)	0.1-0.2	14-18
C. sporogenes group (including P.A. 3679)	1.0-1.5	14-18
Acid food (pH 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
B.coagulans (faculatively mesophilic)	0.01-0.07	14-18
Mesophiles (spores)	D_{212}	Z (°F)
B.polymyxa and *B. macerans*	0.1-0.5	12-16
Butyric anaerobes (*C.pastiurianum*)	0.1-0.2	12-16
High-acid foods (pH 4.00 and below)		
Mesophiles non spore bearing bacteria	D_{150}	Z (°F)
Lactobacillus spp. *Leuconostoc* spp.		
And yeasts and molds	0.5-0.1	8-10

ที่มา: Stumbo, 1973

2.3.2.3 F (Sterilizing Value) หมายถึง จำนวนนาทีที่อุณหภูมิใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนดในการหาค่า F จำเป็นจะต้องรู้ค่า Z และอุณหภูมิที่ใช้ ซึ่งจะเรียกค่า F_0 ว่า Lethal Rate (อัตราการทำลายเชื้อจุลินทรีย์) สามารถเปิดตารางคำนวณได้จากสูตร (วันชัย, 2546)

2.3.3 การผลิตอาหารบรรจุกระป๋อง (Canning)

2.3.3.1 นิยาม

การผลิตอาหารกระป๋อง เป็นวิธีการถนอมอาหารด้วยความร้อน ที่ค้นคิดโดย Nicholas Appert (1809) การผลิตอาหารกระป๋องเป็น in-container sterilization มีหลักการคือ บรรจุอาหารในภาชนะปิดผนึกสนิท (Hermectically sealed container) เช่น กระป๋อง (Can) ถุงทนร้อนสูง (Retort pouch) หรือขวดแก้ว แล้วฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้อุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนด ในระดับ Commercial sterilization เพื่อให้อาหารปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Food spoilage) ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เสื่อมเสียเป็นเวลานาน อย่างน้อย 6 เดือน ถึง 1 ปี (ชมภูนุช, 2556)

2.3.3.2 กระบวนการผลิตอาหารกระป๋องโดยทั่วไป

ก.) การเตรียมวัตถุดิบ

- การล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ (Washing)
- การคัดขนาด (Grading and sorting)
- การแยกความแก่อ่อน
- การปอกเปลือก (Peeling)
- การตัดแต่งแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก (Cutting)
- การลดขนาด (หั่น, บด)

ข.) การลวกด้วยน้ำร้อน (Blanching)

- ทำโดยการจุ่มวัตถุดิบลงในน้ำร้อนหรือนึ่งด้วยไอน้ำร้อน โดยใช้ Blancher
- มีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้

ค.) การบรรจุ (Filling)

- บรรจุวัตถุดิบในกระป๋อง (อาจใช้กล่อง ถุงพลาสติก ขวดแก้ว)
- ใส่ส่วนของแข็งก่อน แล้วเติมส่วนของเหลว เช่น น้ำเปล่า น้ำเกลือ น้ำมันหรือ น้ำเชื่อม เป็นต้น

ง.) การไล่อากาศ (Exhausting) เพื่อไล่อากาศหรือออกซิเจนในภาชนะบรรจุให้มากที่สุด

- ช่วยลดแรงดันภายในกระป๋องในระหว่างการฆ่าเชื้อและระหว่างเก็บรักษา
- ป้องกันการแตกตรงตะเข็บของภาชนะบรรจุในระหว่างการฆ่าเชื้อ
- ช่วยรักษาคุณภาพอาหารไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีออกซิเจน
- ป้องกันกระป๋องบวมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูง ช่วยให้เก็บอาหารกระป๋องได้นานขึ้น

2.3.3.3 วิธีการไล่อากาศ

- วิธีที่ 1 คือ บรรจุส่วนของเหลวในขณะร้อนแล้วปิดผนึกทันที
- วิธีที่ 2 คือ ใช้เครื่องไล่อากาศ (Exhauster) โดยพ่นไอน้ำลงเหนืออาหาร แล้วปิดผนึกทันทีทำให้กระป๋องเย็นลง ไอน้ำจะรวมตัวเป็นหยดน้ำเกิดความเป็นสุญญากาศขึ้น
- วิธีที่ 3 คือ ปิดผนึกฝาภาชนะในสภาพที่เป็นสุญญากาศก็ได้ การปิดผนึก (Seaming) เป็นการยึดเกาะกันระหว่างตัวกระป๋องกับฝากระป๋องในลักษณะการผนึกแบบตะเข็บคู่ (Double seam) ถ้าเป็นขวดแก้วจะใช้ฝาเคลือบเคลือบดีบุกแบบหมุนเกลียวหรือตะเข็บงอ และการให้ความร้อน (Heat process) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารที่บรรจุภายในกระป๋อง

2.3.3.4 หลักการความร้อนที่ใช้ต้องเพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ*Clostridium botulinum* เจริญได้ที่อุณหภูมิปกติ (Mesophile) ไม่ต้องการอากาศในการเติบโต (Anaerobe) สร้างสารพิษได้ (Botolism) สปอร์และสารพิษทนความร้อนสูง

2.3.3.5 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ต้องคำนึงถึงชนิดอาหารและองค์ประกอบของอาหารด้วย เช่น

- อาหารค่าความเป็นกรดสูงใช้ความร้อนน้อยกว่า (ในอุตสาหกรรมนิยมเติมกรดในอาหารเพื่อลดปริมาณความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อลง เพื่อรักษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณลักษณะของอาหารไว้ให้มากที่สุด)
- รูปแบบการถ่ายเทความร้อนของอาหาร (การนำ การพา แผ่รังสี ผสม)
- ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในอาหาร
- รูปร่างและขนาดกระป๋อง

2.3.4 วิธีการหาค่า F_0

2.3.4.1 นิยามวิธีการหาค่า F_0 ค่าเอฟ (F value) หมายถึง เวลา มีหน่วยเป็นนาที ที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์หรือสปอร์ของจุลินทรีย์จากจำนวนเริ่มต้นที่ทราบค่า (N_0) ลงมาให้ถึงระดับที่ต้องการ (N) โดยมีค่าเป็นจำนวนเท่าของ ค่า D (D value) สามารถแสดงได้ดังสมการ $F = D (\log N_0 - \log N)$ ค่า F โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบโดยอักษรตัวยก (Superscript) เป็น ค่า Z (Z value) ของจุลินทรีย์เป้าหมาย และอักษรตัวห้อย (Subscript) ส่วน T เป็นอุณหภูมิคงที่ใช้ในการทำลายเชื้อในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง ใช้ค่า F เพื่อเปรียบเทียบผลของการทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน สำหรับอาหารกระป๋องที่เป็นกรดต่ำ (Low-acid food) มีหน่วยเป็น องศาฟาเรนไฮต์หรือองศาเซลเซียส มีชื่อเรียกเฉพาะว่า F_0 (พิมพ์เพ็ญ, 2566)

2.3.4.2 วิธีการคำนวณค่า F_0 โดยกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง

ก.) ต้องทราบจุดในภาชนะที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุด (Cold spot or Critical point) ถ้าให้ความร้อนกับจุดนี้ไม่เพียงพออาจทำให้จุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตอยู่ และถ้าให้ความร้อนจนจุดนี้เพียงพอจะถือว่าจุดอื่น ๆ ภายในภาชนะบรรจุอาหารก็ได้รับความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ด้วย

ข.) ความต้านทานต่อความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ความต้านทานความร้อน (Heat resistance) คือปริมาณความร้อนสูงสุดที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถทนมีชีวิตอยู่ได้ แสดงเป็นค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ความต้านทานความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์แสดงเป็น ค่า D

(Decimal reduction time) หมายถึง เวลาของการให้ความร้อนแล้วสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 90 ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ ซึ่งต้องระบุอุณหภูมิที่ใช้ด้วย โดย D_{250} หมายถึง เวลาที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ไปร้อยละ 90 ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ ค่า Zหมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์หรือองศาเซลเซียสที่ทำให้อัตราการตายของจุลินทรีย์เปลี่ยนไป 10 เท่าค่า Z ของ *Clostridium botulinum* หรือที่ใช้ทั่วไปในการแปรรูปอาหาร คือ 18 องศาฟาเรนไฮต์ ค่า F (Thermal death time) หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ ณ อุณหภูมิที่กำหนด ค่า F_0 หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (121 องศาเซลเซียส) ที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้จำนวนหนึ่ง เมื่อค่า Z เท่ากับ 18 หรือเขียนได้เป็น F_{18}^{250} (Z = 18 เป็นของ *Clostridium botulinum*) ค่า F_0 ขึ้นอยู่กับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นก่อนการฆ่าเชื้อ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอุณหภูมิของประเทศที่นำผลิตภัณฑ์ไปจำหน่าย (วันชัย, 2546)

2.3.4.3 ขั้นตอนการวัดการกระจายของอุณหภูมิเมื่อวางเทอร์โมคับเปิลเรียบร้อยแล้ว ตรวจสอบดูว่าเทอร์โมคับเปิลต่อเข้าตัวเก็บข้อมูลพร้อมแล้ว ปิดประตูหม้อฆ่าเชื้อ เมื่อเปิดไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ก็ให้นับเวลาเป็นศูนย์สำหรับ Data logger และบันทึกเวลาจริงไว้ด้วย Data logger ที่ใช้ควรมีความสามารถอ่านค่าอุณหภูมิจากสายเทอร์โมคับเปิลทุกเส้นได้ทุกช่วง 30 วินาที ในขณะเดียวกันจะต้องบันทึกค่าอุณหภูมิ และความดันไว้ทุกๆ หนึ่งนาที ตลอดช่วงการฆ่าเชื้อ ก่อนเริ่มการวัดอุณหภูมิ จะต้องกำหนดโปรแกรมการทำงานก่อน เช่น หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำนั้น ควรกำหนดการปิดวาล์วระบายน้ำ และวาล์วไล่อากาศว่า จะใช้เวลาและอุณหภูมิเท่าไร โดยยึดเอาค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมคับเปิลเป็นหลัก (วันชัย, 2546)

ตัวอย่างเช่น สำหรับหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำ เมื่ออุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคับเปิลจากทุกเส้นอ่านได้เกิน 77 องศาเซลเซียสจึงปิดวาล์วระบายน้ำ และเมื่ออุณหภูมิที่อ่านจากสายเทอร์โมคับเปิล ถึง 107 องศาเซลเซียสจึงปิดวาล์วไล่อากาศ และปิดวาล์วบายพาสของไอน้ำ ดังในเอกสารตัวอย่าง หลังจากปิดวาล์วไล่อากาศแล้ว รอจนอุณหภูมิขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อให้รักษาอุณหภูมิฆ่าเชื้อไว้อย่างน้อย 10 นาที จึงทำให้เย็นลง (วันชัย, 2546)

2.3.4.4 การอ่านผล นำข้อมูลอุณหภูมิหลังจาก Come-Up Time ของสายเทอร์โมคับเปิลเป็นต้นไป จนถึงก่อนการทำให้เย็นมาพิจารณาดูความแตกต่าง โดยใช้วิธีคำนวณค่า Uniformity กับ Stability จะทำให้มองเห็นภาพความแตกต่างโดยรวมได้ชัดเจนขึ้น โดยที่ค่า Uniformity กับค่า Stability ควรมีค่าน้อยกว่า 1.5 องศาเซลเซียส ในหม้อฆ่าเชื้อแบบที่ใช้ไอน้ำ และ 1-1.5 องศาเซลเซียส สำหรับหม้อฆ่าเชื้อแบบอื่นๆ ตามสูตรดังกล่าว

$$\text{Uniformity} = \text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}$$

$$\text{Stability} = \frac{\sum (\text{ค่าที่อ่านได้แต่ละค่า} - \text{ค่าต่ำสุด})}{\text{จำนวนสายเทอร์โมคับเปิล}}$$

ถ้าค่า Uniformity และ Stability ไม่อยู่ในเกณฑ์ แสดงว่าโปรแกรมการไล่อากาศที่กำหนดไว้ต้องเปลี่ยนใหม่ ซึ่งควรกำหนดอุณหภูมิก่อนการปิดวาล์วไล่อากาศให้สูงขึ้น เมื่อค่า Uniformity และ Stability อยู่ในเกณฑ์ ก็ควรทำการทดสอบซ้ำอีกสองครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลถูกต้องแม่นยำ

2.4 กระป๋องโลหะ (Metal cans)

2.4.1 นิยาม

กระป๋องโลหะมีคุณสมบัติดีอยู่หลายประการ อาทิเช่น มีความทนทานต่อความร้อนและความดันสูง จึงสามารถเข้ากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนได้ (Sterilization) มีความแข็งแรงทางกายภาพ ป้องกันอากาศ ไอน้ำ และแสงได้ ช่วยเก็บรักษากลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ หากใช้วัสดุที่ทำกระป๋องถูกต้องเหมาะสมจะมีความปลอดภัยในการสัมผัสกับอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถหมุนเวียนกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ได้ (ชมภูนุช, 2556)

2.4.2 ประเภทของวัสดุที่ใช้ทำกระป๋องวัสดุที่ใช้ทำกระป๋องโลหะ

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (Tinplate) เป็นแผ่นเหล็กดำที่มีความหนาระหว่าง 0.15-0.5 มิลลิเมตร มาเคลือบผิวหน้าเดียวหรือทั้งสองหน้าด้วยดีบุก เพื่อให้ทนทานต่อการผุกร่อนและไม่เป็นพิษในการนำไปใช้ทำกระป๋องบรรจุอาหารและผลิตภัณฑ์อื่นๆ

2.4.3 กระบวนการผลิตกระป๋อง

2.4.3.1 กระป๋อง 3 ชิ้น (3 Piece can) เป็นกระป๋องที่ประกอบด้วยชิ้นส่วน 3 ชิ้น คือ ตัวกระป๋อง ฝาบน และฝาล่าง กระป๋องที่ส่วนใหญ่ใช้บรรจุอาหารมักจะผลิตจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุกขั้นตอนการผลิตแสดงเป็นลำดับขั้นดังรูป

ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบของกระป๋อง 3 ชิ้น
ที่มา: วารุณี, 2536

ขั้นตอนในการผลิตกระป๋อง 3 ชิ้นสิ่งที่จะสังเกตได้ชัด คือ กระป๋อง 3 ชิ้นจะมีตะเข็บข้างซึ่งแต่ก่อนการเข้าตะเข็บข้างจะใช้ตะกั่วเป็นตัวบัดกรี อย่างไรก็ตามเนื่องจากตะกั่วที่ใช้อาจก่ออันตรายแก่ผู้บริโภคในปัจจุบันโรงงานผลิตกระป๋องจะใช้ตะเข็บเชื่อมด้วยไฟฟ้าแทน

2.5 อาหารปรับกรด

2.5.1 นิยาม

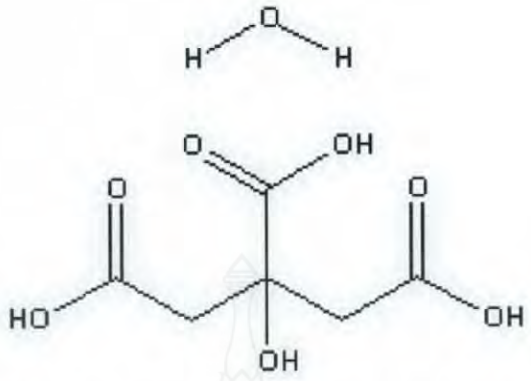
อาหารปรับกรด (Acidified food) หมายถึง อาหารประเภทกรดต่ำ (Low acid food) เป็นอาหารที่ปรับ pH ด้วยกรดหรือผสมกับอาหารที่เป็นกรด (Acid food) โดยการลวกหรือแช่ชิ้นอาหารในสารละลายกรดหรือเติมกรดหรือเติมอาหารที่มีความเป็นกรดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH สมดุลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 แล้วแต่ข้อกำหนดของแต่ละประเทศ) และมีวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water acitivity) มากกว่า 0.85

2.5.2 ความสำคัญของการปรับกรดในอาหารการปรับอาหารประเภทอาหารกรดต่ำ

pH ต่ำกว่า 4.6 เรียกว่า Acidification มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อให้ความเป็นกรดของอาหารไปยับยั้งการงอกของสปอร์ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่สร้างสปอร์ทนร้อน เป็นปัญหาสำคัญของการผลิตอาหารกระป๋อง การทำลายแบคทีเรียชนิดนี้เพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภคต้องทำให้ปลอดเชื้อทางการค้า (Commercial sterilization) และจำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงภายใต้ความดัน โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส การฆ่าเชื้อให้ปลอดภัยเพื่อการค้าด้วยอุณหภูมิสูงมีผลต่อคุณภาพอาหาร เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส โดยเฉพาะอาหารบางอย่างซึ่งไวต่อความร้อน เช่น ผลไม้ ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นการปรับกรดในอาหาร จึงเป็นการช่วยลดระดับความรุนแรงของการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ สำหรับอาหารประเภทกรดต่ำ (Low acid food) จากระดับ Commercial sterilization ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ลงเป็นแค่ระดับการพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) ซึ่งใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ส่งผลดีต่อคุณภาพอาหารภายหลังการฆ่าเชื้อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (Cold storage) ตัวอย่างอาหารที่เป็นอาหารปรับกรด ได้แก่ เงาะกระป๋อง ลำไยกระป๋อง หน่อไม้กระป๋อง

2.5.3 กรดที่นิยมใช้เพื่อปรับกรดในอาหาร

กรดอินทรีย์ที่นิยมใช้สำหรับปรับให้อาหารเป็นกรด คือ กรดซิตริก (Citric acid) เป็นกรดอินทรีย์ (Organic acid) เป็นกรดอ่อน (Weak acid) มีสูตรโมเลกุล $C_6H_{10}O_8$ พบตามธรรมชาติในอาหารหลายชนิดได้แก่ พืชตระกูลส้ม (Citrus) เช่น ส้ม มะนาว และผลไม้หลายชนิด มะนาวมีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบร้อยละ 7-9 กรดซิตริกเคยผลิตจากน้ำมะนาว ปัจจุบันกรดซิตริกส่วนใหญ่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus niger* โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคือกากน้ำตาล การใช้ในอาหารกรดซิตริก เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้อย่างกว้างขวางในอาหารและเครื่องดื่ม โดยมีสูตรโครงสร้างของกรดซิตริก (2-Hydroxy-1,2,3-propane- tricarboxylic acid)



ภาพที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของ Citric acid monohydrate
ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2556

2.5.4 หน้าที่ในอาหาร

2.5.4.1 กรดซิตริกใช้เพื่อปรับภาวะความเป็นกรดโดยใช้ปรับค่าพีเอชของอาหารให้เป็นอาหารปรับกรด (Acidified food) การประมาณค่า pH ของกรดซิตริก สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 5 มีค่า pH เท่ากับ 1.87

2.5.4.2 ปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavoring agent) ปรับให้อาหารมีรสเปรี้ยว ใช้ในเครื่องปรุงรส (Seasoning) ลูกอม ลูกกวาด

2.5.4.3 เป็นสารกันหืน (Antioxidant)

2.5.4.4 เป็นสารกันเสีย (Preservative)

2.5.4.5 เป็นสารจับโลหะ (Chelating agent)

2.5.4.6 เป็นสารทำความสะอาด (Cleaning agent)

ผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธี เช่น ผลไม้แห้ง ผลไม้ผ่านกรรมวิธีบรรจุกระป๋อง ขนมหวานจากผลไม้ เป็นต้น ต้องใช้ปริมาณที่เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการบ่มมะม่วงและการเตรียมส่วนผสม

3.1.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ จากตลาดกลางสี่มุมเมือง ตั้งอยู่บนถนนพหลโยธิน กิโลเมตรที่ 29 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

3.1.2 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 100 ppm. จากร้านเคมีภัณฑ์ สี่แยกคอกวัว กรุงเทพมหานคร

3.1.3 สารละลายเอทิลีน 1800 ppm. ยี่ห้อ ยักษ์ใหญ่ ร้านขายเคมีภัณฑ์เพื่อการเกษตร จังหวัดนครปฐม

3.1.4 น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 จากร้านคลังยา ตลาดบางปะกอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบ่มมะม่วงและการเตรียมส่วนผสม

3.2.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 3 ตำแหน่ง

3.2.1.2 บีกเกอร์ขนาด 2000 มิลลิลิตร

3.2.1.3 บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.1.4 กระบอกตวง 25 มิลลิลิตร

3.2.1.5 ตะกร้า 4 ตะกร้า

3.2.1.6 ถัง ขนาด 50 ลิตร 3 ถัง

3.2.1.7 กระดาษหนังสือพิมพ์

3.2.1.8 ถาดอลูมิเนียม

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานการบ่มมะม่วงและการเตรียมส่วนผสม

3.3.1 คัดเลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ น้ำหนัก 250-350 กรัมต่อผลมีผิวเรียบ ไม่มีแมลงกัดหรือเจาะไม่เลอะเปื้อนยางของกิ่งมะม่วง

3.3.2 ศึกษาวิธีการบ่มมะม่วง

3.3.2.1 ศึกษาวิธีการบ่มมะม่วงโดยใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน ขนาดก้อน 10x10 เซนติเมตร โดยดัดแปลงจากวิธีของ พีรเดช, 2555 โดยมีกรรมวิธีแสดงดังแผนภาพ 3.1 เนื่องจากการทดลองกรรมวิธีการบ่มมะม่วงในครั้งนี้ โดยดัดแปลงจากข้อมูลโรงงานสันติภาพ (ฮั่วเพ้ง 1958) รวมทั้งข้อมูลจากการได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

นำผลไม้มาบรรจุลงเข่ง หรือลังผลไม้ ไม่ต้องบรรจุผลไม้ให้เต็มเข่ง

↓

นำถ่านแก๊สเอทิลีนมาทุบให้เป็นก้อนเล็กๆ แล้วใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ห่อก้อนถ่านแก๊สไว้

↓

วางก้อนถ่านแก๊สที่ห่อไว้ ซุกไว้กลางเข่ง หรือลังผลไม้

↓

บรรจุผลไม้ลงไปจนเต็มเข่ง

↓

รอดูผลการบ่มมะม่วง อีก 4 วัน

แผนภาพที่ 3.1 แสดงกระบวนการบ่มมะม่วงโดยการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน
ที่มา: ดัดแปลงจาก พีรเดช, 2555

3.3.2.2 การคำนวณหา ร้อยละผลผลิตที่ได้ (% Yield) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\%\text{Yield} = \frac{\text{น้ำหนักทั้งหมดหลังปอกเปลือก}}{\text{น้ำหนักทั้งหมดก่อนปอกเปลือก}} \times 100$$

3.3.2.3 ศึกษาวิธีการบ่มมะม่วงโดยการใช้สารละลายเอทิลีน โดยดัดแปลงพิมพ์เพ็ญ, 2556 ดังแผนภาพ 3.2 เนื่องจากการทดลองกรรมวิธีการบ่มมะม่วงในครั้งนี้ ผู้ทดลองได้ทำการคิดค้นวิธีการบ่มมะม่วงโดยดัดแปลงจากข้อมูลทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งข้อมูลจากการได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และได้ค้นพบกรรมวิธีการบ่มมะม่วงที่ได้ผลที่ดีที่สุด โดยใช้สารละลายเอทิลีนที่มีความเข้มข้น 1800 ppm. แช่มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เวลา 20 นาที และนำไปบ่มเป็นเวลา 4 วัน มีวิธีการทดลองดังนี้

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaHCl) 100 ppm. (น้ำคลอรีน) ต่อน้ำ 20 ลิตร

↓

เตรียมสารละลายเอทิลีน ที่มีความเข้มข้น 1,800 ppm.

↓

นำมะม่วงโชคอนันต์ มาชั่งน้ำหนักให้ได้ผลละ 250-350 กรัม

↓

นำมะม่วงโชคอนันต์ มาแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 เลือกเฉพาะผลที่จม

↓

นำมะม่วงโชคอนันต์มาแช่น้ำคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อทำความสะอาดผลมะม่วง

↓

นำมะม่วงโชคอนันต์ นำมาแช่ในสารละลายเอทิลีนเข้มข้น 1,800 ppm. แช่ 20 นาที

↓

นำไปผึ่งให้แห้ง

↓

แล้วห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์

↓

นำไปเรียงในตะกร้าแล้วปิดฝาให้สนิท

↓

จากนั้นก็รอดูผลการบ่มมะม่วง อีก 4 วัน

แผนภาพที่ 3.2 แสดงกระบวนการบ่มมะม่วงโดยการใช้สารละลายเอทิลีน
ที่มา: ดัดแปลงจาก พิมพ์เพ็ญ, 2556

3.3.2.4 การคำนวณหา ร้อยละผลผลิตที่ได้ (% Yield)
โดยมีสูตรการคำนวณ $\%Yield = \frac{\text{น้ำหนักทั้งหมดหลังปอกเปลือก}}{\text{น้ำหนักทั้งหมดก่อนปอกเปลือก}} \times 100$

3.4 วัตถุดิบในการทำมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.4.1 มะม่วงโชคอนันต์ที่ผ่านการบ่มจนมีระดับความสุกที่ระดับ 5 แล้วนำมาหั่นเป็นทรงลูกบาศก์ ขนาด 1x1 เซนติเมตร

3.4.2 น้ำตาลทรายขาว ยี่ห้อมิตรผล

3.4.3 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

3.4.4 กรดซิตริก ยี่ห้อ TTCA

3.4.5 เกลือ ยี่ห้อปรุงทิพย์

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.5.1 กระป๋องขนาด 300x407 นิ้ว (กระป๋องเคลือบดีบุก)

3.5.2 เครื่องฆ่าเชื้อแบบแนวนอน (Sterilization Horizontal Retort)

3.5.3 เครื่องไล่อากาศ (Exhauster) T.C.TECH/Thailand

3.5.4 เครื่องปิดฝากระป๋อง (Scammer) ยนต์ไทยเจริญช่าง/Thailand

3.5.5 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง Valor^{TM} รุ่น 1000

3.5.6 เทอร์โมคับเปิล (Thermocouple)

3.5.7 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) สเกล 0-100 องศาเซลเซียส

3.5.8 หม้ออะลูมิเนียม

3.5.9 ชามอะลูมิเนียม

3.5.10 เหยือกสแตนเลส

3.5.12 เครื่องปิดกระป๋อง

3.5.13 กระป๋องเปล่าพร้อมฝา

3.5.14 อุปกรณ์เจาะกระป๋องหรับสอดเทอร์โมคัปเปิล

3.5.15 หม้อฆ่าเชื้อ Pressure Sterilizer Model NO.1941X

3.5.16 มีดเขียง

3.5.17 เครื่องชั่ง

3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.6.1.1 เครื่องวัดค่าสี (Spactrophometer) ยี่ห้อ KONIKA MINOLTA รุ่น CM-3500d

3.6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

3.6.2.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง (pH Meter) ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320

3.6.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีองค์ประกอบทางเคมีโดยการคำนวณหาค่า F_0 คือการคำนวณจำนวนเวลาเป็นนาทีที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (121 องศาเซลเซียส)

3.6.2.3 เครื่องวัดค่า F_0 Presica 2002 Y2K Complance Chanel-Temperature Measuring system

3.6.2.4 เครื่องนึ่ง/หม้อฆ่าเชื้อ Pressure Sterilizer Model NO.1941X

3.6.2.5 เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (Hand Refractometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PLA–3 ระหว่างร้อยละ 0-32 องศาบริกซ์

3.6.2.6 เครื่องวิเคราะห์เส้นใย

ก.) เครื่องย่อย (Enzymatic Digester) รุ่น GDE

3.6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ประมวลผล

3.6.3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสถิติ แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการวางแผนการทดสองการวิเคราะห์ผลทางสถิติวิธี T-test แบบ Pair Sample T-test เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

3.6.4 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ

3.6.4.1 สถานที่ทำการทดลอง บ้านเลขที่ 484/5 หมู่4 ซ.ประชาอุทิศ 17 ถ.ประชาอุทิศ แขวง/เขต ราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140, ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ(521 523 621 622) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดล

3.6.4.2 ระยะเวลาดำเนินการทดลอง การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 - 30 กันยายน 2558

3.7 ขั้นตอนการดำเนินงานการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.7.1 ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.7.1.1 ศึกษาสูตรของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง โดยดัดแปลงสูตรมาจากโรงงานสันติภาพ (ฮั่วเพ้ง, 1958) และ Colorado State University

3.7.1.2 กรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.7.1.3 ศึกษาวิธีการวัดค่า F_0

แผนภาพที่ 3.3 แสดงกระบวนการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

3.7.1.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ก.) ตรวจวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัด (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONIKA MINOLTA รุ่น CM-3500d โดยนำเนื้อมะม่วงมาบรรจุลงถุงพลาสติก ขนาด 30 กรัม แล้วนำไปตีบดที่เครื่อง Stomacher รุ่น 400 Circulator เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำมาทำการตรวจวัดค่าสี

3.7.1.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ก.) ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320 โดยนำของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง ขนาด 30 กรัม แล้วนำไปตีบดด้วยเครื่องStomacher รุ่น 400 Circulator เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำมาทำการตรวจวัดความเป็นกรด – ด่าง

ข.) ตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Hand refractometer) ยี่ห้อ MANUAL รุ่น MNL-1125 ระหว่างร้อยละ 0-32 องศาบริกซ์

3.7.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง โดยเสิร์ฟผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋องพร้อมตกแต่งหน้าของเค้กคือ มะม่วงในน้ำเชื่อมชีสเค้ก โดยใช้มะม่วงหั่นลูกบาศก์ในน้ำเชื่อม จะประกอบด้วยแครกเกอร์ เนยสดละลาย ครีมชีส วางแครกเกอร์ แล้วนำครีมชีสใส่ลงไป แล้วตกแต่งด้วยมะม่วงหั่นลูกบาศก์ในน้ำเชื่อม ส่วนประกอบทั้งหมดรวมกัน จะได้มะม่วงชีสเค้ก 1 ชิ้น ซึ่งมีขนาดความกว้าง 3 เซนติเมตร ความยาว 3 เซนติเมตร และความสูง 3 เซนติเมตร โดยใช้แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านเบเกอรี่ 12 คน มาวางแผนการทดสองการวิเคราะห์ผลทางสถิติวิธี T-test แบบ Pair Sample T-test เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยที่ตัวอย่างจะทำการสุ่มทีละคู่ ในการทดสอบจะทดสอบว่าความแตกต่างของแต่ละคู่มีความแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ การทดสอบนี้อาจทำได้ทั้งแบบทางเดียวและแบบสองทาง จึงนำมาการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองวิธี T-test แบบ Pair Sample T-test แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น(มะม่วง) กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส(มะม่วง) และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale Test) โดยใช้แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านเบเกอรี่ 12 คน โดยผู้ทดสอบเป็นอาจารย์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และเจ้าของร้านเบเกอรี่ แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาวิธีการบ่มมะม่วง

จากการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยพิจารณาลักษณะทางกายภาพเป็นหลักแล้วทำการรวบรวมข้อมูลจัดทำเป็นคุณลักษณะเฉพาะของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณลักษณะเฉพาะของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ยอมรับ	ไม่ยอมรับ
<u>กายภาพ</u> - สี: ผลดิบเปลือกสีเขียว ผลหนา - กลิ่น: มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ - เนื้อสัมผัส: เนื้อแข็ง ไม่นิ่ม - น้ำหนัก: 250-300 กรัมต่อผล	<u>กายภาพ</u> - สี: ผลมีเปลือกสีเหลือง หรือสีน้ำตาล-สีดำ - กลิ่น: มีกลิ่นเหม็นเน่า - เนื้อสัมผัส: นิ่มเละ - น้ำหนัก: < 250 หรือ > 300 กรัมต่อผล

จากนั้นนำมะม่วงที่ผ่านการยอมรับตามคุณลักษณะเฉพาะไปศึกษากรรมวิธีการบ่มมะม่วง ในการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ มีการกำหนดคุณลักษณะของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่ใช้ในการบ่มโดยสารละลายเอทิลีน มะม่วงที่ยอมรับจะต้องมีผลดิบสีเขียว มีเปลือกหนา และมีกลิ่นตามธรรมชาติอย่างชัดเจน

4.2 ผลการศึกษาวิธีการบ่มมะม่วง

ผลการศึกษาวิธีการบ่มมะม่วงโดยการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน และการใช้สารละลายเอทิลีน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงคุณลักษณะของการบ่มมะม่วงที่ผ่านการบ่มโดยใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน และสารละลายเอทิลีน

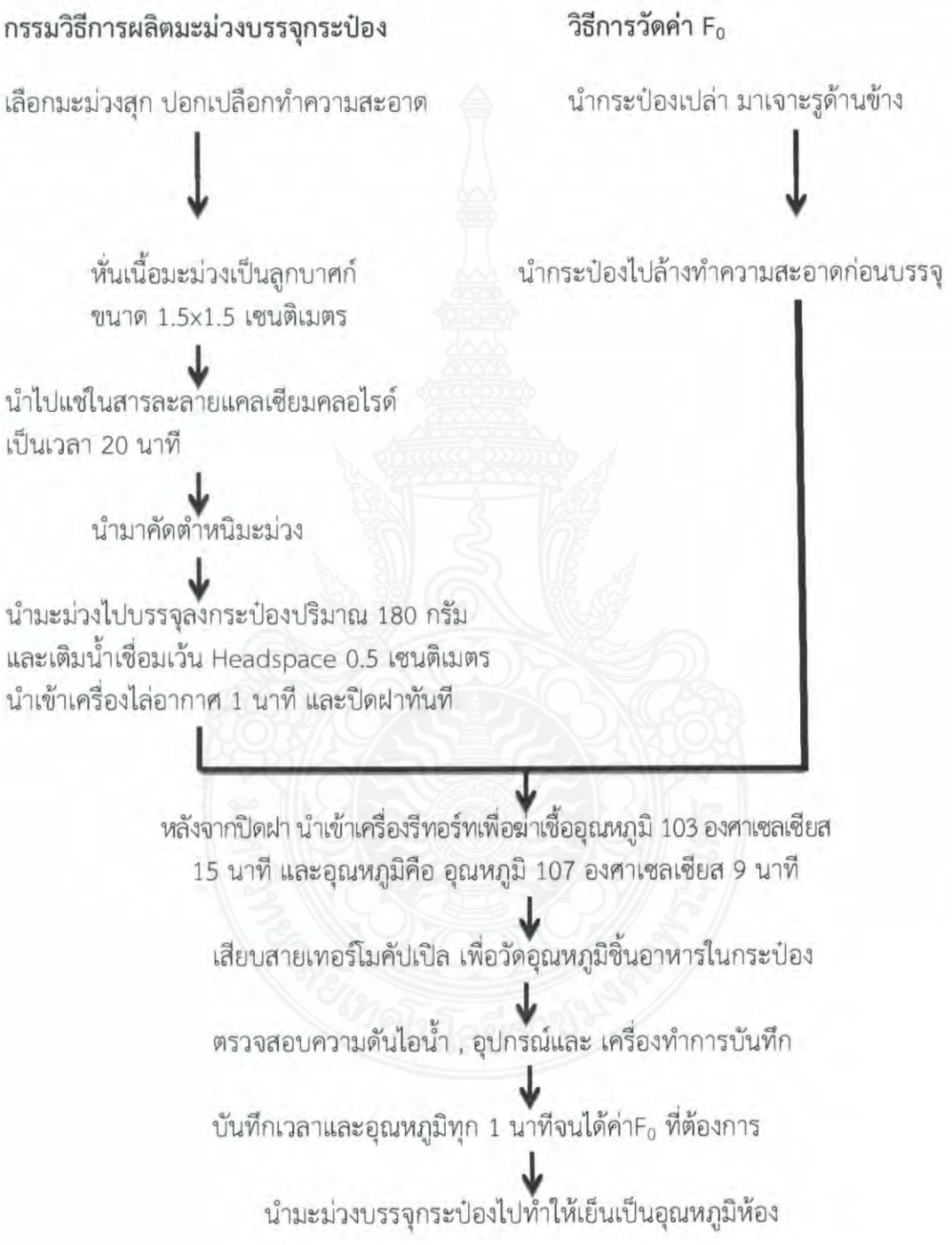
คุณลักษณะ	วิธีบ่มมะม่วง	
	ถ่านแก๊สเอทิลีน	สารละลายเอทิลีน
สี	สีของเนื้อมะม่วงยังมีสีเขียวอยู่มาก สุกไม่สม่ำเสมอ	สีของเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองทอง มะม่วงสุกสม่ำเสมอทั่วทั้งลูก
กลิ่น	ไม่มีกลิ่นหอม	มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ ชัดเจน
เนื้อสัมผัส	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งนิ่ม	เนื้อนิ่มแต่มีความยืดหยุ่น
ร้อยละผลผลิตที่ได้	57.25	87.50
ใช้เวลาในการบ่ม (วัน)	6-7	3-4

จากการศึกษาวิธีการบ่มมะม่วงโดยการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน พบว่า ถ่านแก๊สเอทิลีนไม่สามารถบ่มให้ผลไม้สุกได้อย่างสม่ำเสมอ เพราะในกองผลไม้นั้นจะมีการหมุนเวียนของอากาศต่ำ ผลมะม่วงที่อยู่ชิดกับถ่านแก๊สจะได้รับแก๊สในความเข้มข้นที่มากกว่าผลที่อยู่ไกลออกไป หากใช้ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีกลิ่นของถ่านแก๊สเอทิลีนติดไปกับผลมะม่วงด้วย (Grierson and Cohen, 1986) มีร้อยละผลผลิตที่ได้ ของมะม่วงต่อ 1 ครั้งเท่ากับร้อยละ 57.25

จากการศึกษาวิธีการบ่มมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยใช้สารละลายเอทิลีนในการบ่ม พบว่าใช้ปริมาณของสารละลายเอทิลีนที่มีความเข้มข้น 1,800 ppm. ใช้เวลาในการแช่ 20 นาที และระยะเวลาการบ่ม 4 วัน เนื่องจากจะม่วงมีการสุกที่สม่ำเสมอ มีการสูญเสียเนื้อมะม่วงน้อยที่สุดโดยมีมีร้อยละผลผลิตที่ได้ เท่ากับร้อยละ 90 จากการห่อผลมะม่วงมีผลต่อการสุก เพราะการห่อที่มิดชิดมีผลต่อการลดการระเหยของสารละลายเอทิลีน ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นคงที่มะม่วงจึงสุกได้ทั่วถึงทั้งลูก ภาชนะที่ใช้ในการบ่มมะม่วงควรมีสีทึบ เพื่อให้การบ่มผลมะม่วงสุกมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การสุกของมะม่วงขึ้นอยู่กับผลมะม่วงที่มีความแก่พอเหมาะหรือไม่อ่อนมาก ถ้านำผลไม้ที่แก่ไม่เต็มที่มาบ่ม ถึงแม้มะม่วงจะสุกได้ แต่คุณภาพในการรับประทานจะไม่ดีเท่ากับผลที่แก่ไม่เต็มที่ การบ่มมะม่วงต้องการออกซิเจน เพราะการสร้างเอทิลีนของผลมะม่วง และการทำงานของเอทิลีนที่กระตุ้นการสุกของมะม่วงต้องการออกซิเจน (พีรเดช, 2556) ถ้าบรรยากาศรอบๆ ของมะม่วงไม่มีอากาศเพียงพอจะทำให้มะม่วงไม่สุกเนื่องจากเอทิลีนต้องการออกซิเจน และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มมะม่วงควรอยู่ระหว่าง 28-29 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิในอาคารหรือห้องเก็บมะม่วง ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้ผลไม้สุกช้าแต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้มะม่วงสุกเร็ว (พีรเดช, 2556) ซึ่งการบ่มผลไม้ที่ผ่านการบ่มโดยใช้สารละลายเอทิลีนมีข้อดี คือทำให้มะม่วงสุกอย่างสม่ำเสมอโดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีผิวมะม่วงเป็นสีเหลือง ถึงแม้จะใช้ในปริมาณน้อยก็มีผลเร่งการสุกได้เหมือนกัน ใช้ระยะเวลาประมาณ 3-4 วัน ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาที่ไม่นานสะดวกและรวดเร็ว ทำให้มะม่วงสุกได้สม่ำเสมอ ใช้ระยะเวลาในการบ่มเพียง 3-4 วัน สารละลายเอทิลีนหาซื้อได้ง่าย และราคาถูก รวมไปถึงการสูญเสียของเนื้อมะม่วงน้อยซึ่งมีงานวิจัยกล่าวว่า สารละลายเอทิลีนเป็นสารระเหยไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย มีร้อยละผลผลิตที่ได้ ของมะม่วงต่อ 1 ครั้งเท่ากับร้อยละ 87.50

4.3 ผลการศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

สูตรที่ใช้ในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง มีส่วนประกอบ ของมะม่วงเนื้อมะม่วงสุก ร้อยละ 43 และน้ำเชื่อมร้อยละ 56



แผนภาพที่ 4.1 กรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

4.3.1 ผลการศึกษาการหาค่า F_0 ในผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

การทดลองการหาค่า F_0 โดยใช้ 2 อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส 15 นาที และอุณหภูมิคือ อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส 9 นาที

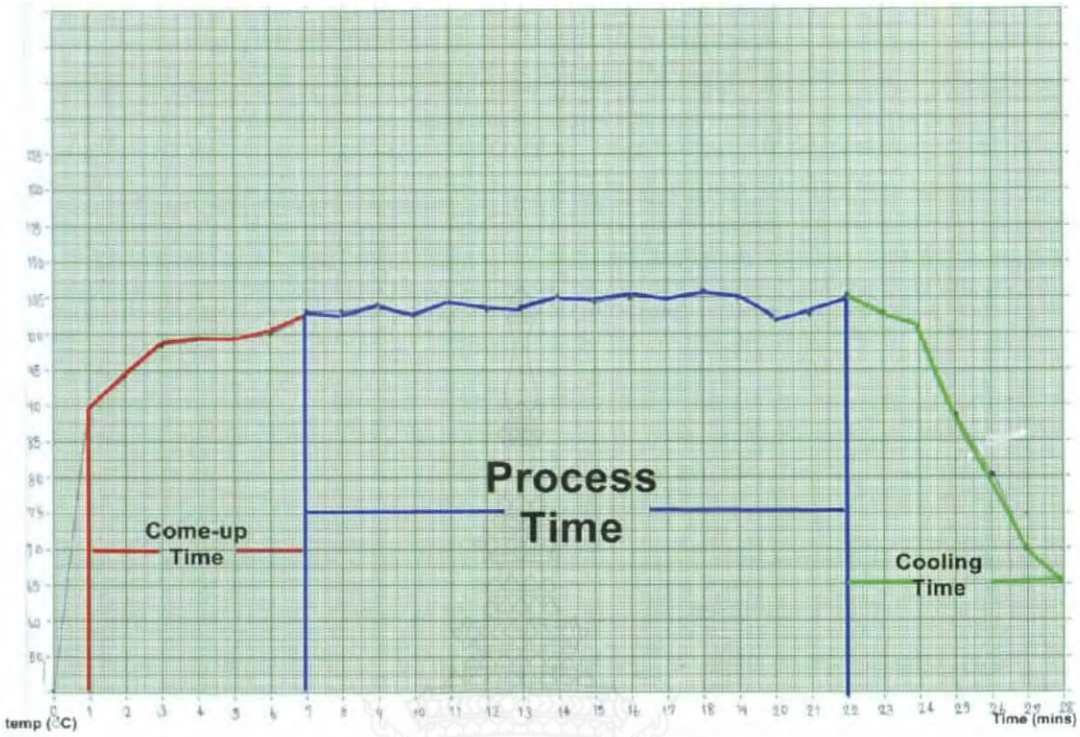
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวัดค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เวลา (PM)	T01 องศาเซลเซียส	T02 องศาเซลเซียส
01:45:25	78.8000	79.6000
01:46:25	651.8000	80.5000
01:47:25	78.1000	74.3000
01:48:25	120.6000	79.8000
01:49:25	423.5000	76.0000
01:50:25	380.5000	79.4000
01:51:25	78.1000	79.6000
01:52:25	75.2000	80.8000
01:53:25	74.4000	81.5000
01:54:25	74.7000	81.2000
01:55:25	76.2000	83.0000
01:56:25	76.8000	82.7000
01:57:25	78.8000	80.0000
01:58:25	90.5000	81.0000
01:59:25	94.0000	81.5000
02:00:25	97.8000	80.2000
02:01:25	99.2000	93.2000
02:02:25	99.5000	101.5000
02:03:25	100.2000	102.5000
02:04:25	103.7000	104.5000
02:05:25	103.6000	105.5000
02:06:25	104.1000	106.2000
02:07:25	102.9000	104.7000
02:08:25	104.5000	105.6000
02:09:25	103.7000	107.5000
02:10:25	103.6000	107.0000
02:11:25	105.5000	104.2000
02:12:25	104.7000	104.3000
02:13:25	105.2000	104.4000

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

เวลา (PM)	T01 องศาเซลเซียส	T02 องศาเซลเซียส
02:14:25	105.2000	103.5000
02:15:25	106.1000	104.5000
02:16:25	105.1000	104.7000
02:17:25	105.0000	104.9000
02:18:25	103.8000	102.9000
02:19:25	105.2000	104.5000
02:20:25	103.2000	104.0000
02:21:25	101.9000	104.6000
02:22:25	88.8000	104.0000
02:23:25	80.9000	103.0000
02:24:25	70.4000	89.5000
02:25:25	66.3000	87.0000
02:26:25	58.2000	88.0000
02:27:25	56.0000	89.5000
02:28:25	55.0000	86.5000
02:29:25	51.5000	60.5000
02:30:25	48.2000	53.5000
02:31:25	44.2000	49.3000
02:32:25	31.6000	37.8000
02:33:25	29.5000	32.6000
02:34:25	31.7000	23.5000
02:35:25	30.2000	20.5000

หมายเหตุ : T01 คืออุณหภูมิที่วัดชิ้นเนื้ออาหารสายที่ 1
T02 คืออุณหภูมิที่วัดชิ้นเนื้ออาหารสายที่ 2



ภาพที่ 4.1 กราฟของการแทรกซึมของความร้อนเข้าสู่มะม่วงบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

4.3.1.1 การคำนวณหาค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 15 นาที สามารถคำนวณได้จากสูตร $F_0 = \Delta t \times \sum Li$

ดังนั้น ค่า F_0 = 0.23 นาที หรือประมาณ 1 นาที

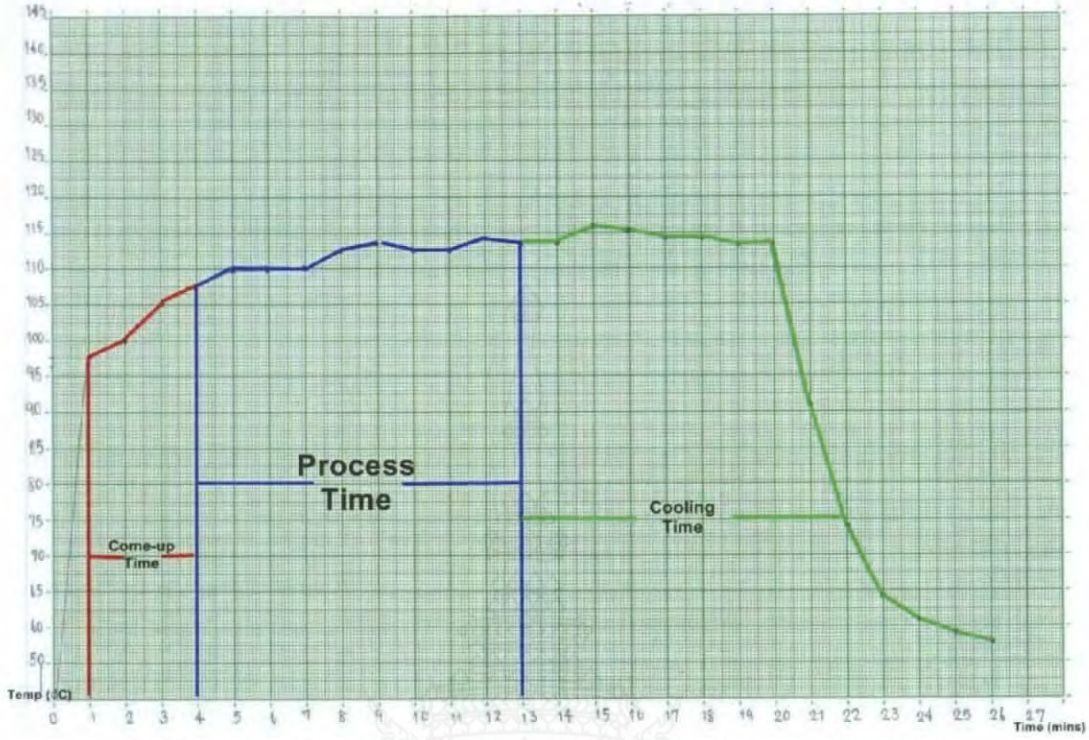
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวัดค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที

เวลา (PM)	T01 องศาเซลเซียส	T02 องศาเซลเซียส
11:55:00 AM	90.1000	88.0000
11:56:00 AM	90.1000	90.2000
11:57:00 AM	88.0000	88.2000
11:58:00 AM	90.2000	88.5000
11:59:00 AM	90.6000	89.8000
12:00:00	89.8000	92.7000
12:01:00	92.2000	95.8000
12:02:00	93.5000	98.2000
12:03:00	94.5000	97.7000
12:04:00	96.4000	99.7000
12:05:00	97.0000	99.3000
12:06:00	98.6000	101.1000
12:07:00	99.1000	100.8000
12:08:00	97.9000	100.0000
12:09:00	100.1000	102.0000
12:10:00	105.9000	104.0000
12:11:00	107.1000	105.3000
12:12:00	110.1000	108.8000
12:13:00	110.2000	109.8000
12:14:00	110.2000	110.2000
12:15:00	112.3000	112.6000
12:16:00	113.0000	113.5000
12:17:00	112.6000	113.0000
12:18:00	112.6000	114.8000
12:19:00	114.7000	114.7000
12:20:00	113.3000	113.3000
12:21:00	113.8000	113.6000
12:22:00	116.6000	115.6000
12:23:00	115.5000	114.6000
12:24:00	114.8000	114.5000
12:25:00	114.3000	116.7000
12:26:00	113.8000	116.3000
12:27:00	113.0000	114.4000

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

เวลา (PM)	T01 องศาเซลเซียส	T02 องศาเซลเซียส
12:28:00	110.9000	115.1000
12:29:00	106.7000	112.1000
12:30:00	563.9000	110.3000
12:31:00	93.4000	91.6000
12:32:00	570.6000	74.5000
12:33:00	355.5000	64.4000
12:34:00	472.2000	61.9000
12:35:00	630.5000	59.4000
12:36:00	764.4000	58.3000
12:37:00	671.0000	55.5000
12:38:00	679.0000	54.7000
12:39:00	714.6000	52.5000
12:40:00	735.2000	51.9000
12:41:00	58.1000	45.5000

หมายเหตุ : T01 คืออุณหภูมิที่วัดชิ้นเนื้ออาหารสายที่ 1
T02 คืออุณหภูมิที่วัดชิ้นเนื้ออาหารสายที่ 2



ภาพที่ 4.2 กราฟของการแทรกซึมของความร้อนเข้าสู่มะม่วงบรรจุกระป๋อง
ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที

4.3.1.2 การคำนวณหาค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 9 นาที สามารถคำนวณได้จากสูตร $F_0 = \Delta t \times \sum Li$

ดังนั้น ค่า F_0 = 0.35 นาที หรือประมาณ 1 นาที

4.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ผลการการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง ที่มีอุณหภูมิการฆ่าเชื้อ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ และทางเคมี ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง โดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที และอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที

คุณภาพ	อุณหภูมิการฆ่าเชื้อ	
	103 องศาเซลเซียส 15 นาที	107 องศาเซลเซียส 9 นาที
ทางกายภาพ		
ค่าสี		
- ค่าความสว่าง (L*)	$7.73^{b} \pm 0.40$	$12.80^{a} \pm 0.32$
- ค่าสีแดง (a*)	$16.42^{b} \pm 0.17$	$119.59^{a} \pm 0.11$
- ค่าสีเหลือง (b*)	$13.24^{b} \pm 0.70$	$21.94^{a} \pm 0.57$
ทางเคมี		
ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ^{ns} ($^{\circ}$Brix)	27.33 ± 0.58	27.67 ± 0.58
ค่าปริมาณกรด-ด่าง ^{ns}	4.6 ± 0.01	4.6 ± 0.01

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลา15 นาที จะมีค่าสีที่ต่ำกว่าอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที เนื่องจากใช้ความร้อนสูง และระยะเวลานานกว่า ทำให้เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองอมน้ำตาล เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Enzymatic browning reaction ปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้เกี่ยวกับเอนไซม์นี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพราะในการนำฆ่าเชื้อ ได้ทำการใช้ความร้อนสูง และในน้ำเชื่อมมีส่วนผสมของน้ำตาลทราย ระหว่างให้ความร้อนจะเปลี่ยนสีกลายเป็นสีน้ำตาล ซึ่งส่งผลให้เนื้อมะม่วงมีสีน้ำตาล (พิมพ์เพ็ญ, 2554) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 27.5 $^{\circ}$Brix เท่ากับมาตรฐานของความหวาน ของ P. Kendall จาก Colorado State University, U.S. และค่าความเป็นกรด - ด่างมีค่า 4.6 ทั้ง 2 สภาวะ เนื่องจากมีส่วนผสมเดียวกัน โดยอยู่ในมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 พ.ศ. 2556 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ หมายความว่า อาหารที่ผ่านกรรมวิธี ที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ภายหลังหรือก่อนปิดผนึก และให้ความหมายรวมถึงอาหารอื่นที่มีกระบวนการผลิตในทำนองเดียวกันนี้ ที่มีค่าพีเอช มากกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity) มากกว่า 0.85 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ที่เป็นโลหะหรือวัตถุอื่นที่คงรูปหรือไม่คงรูป ที่สามารถป้องกันมิให้อากาศภายนอกเข้าไปในภาชนะบรรจุได้ และสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติได้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลักษณะปรากฏ ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง โดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที และอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที

คุณภาพ	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	
	103 องศาเซลเซียส	**107 องศาเซลเซียส**
สี	เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองเข้ม น้ำเชื่อมจากสีใสเป็นสีน้ำตาลอ่อนๆ	เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองทองดูสวยงาม น้ำเชื่อมมีสีน้ำตาลใสๆ
กลิ่น	มีกลิ่นหอมของมะม่วง และน้ำเชื่อม	มีกลิ่นหอมของเนื้อมะม่วงอย่างชัดเจน มีกลิ่นของน้ำเชื่อมเพียงเล็กน้อย
เนื้อสัมผัส	เนื้อมะม่วงนิ่มขึ้น น้ำเชื่อมมีลักษณะข้นขึ้นเพียงเล็กน้อย	เนื้อมะม่วงมีความยืดหยุ่น ไม่นิ่มจนเกินไป น้ำเชื่อมมีลักษณะข้นขึ้นเพียงเล็กน้อย
รสชาติ	เนื้อมะม่วงหวานขึ้น และน้ำเชื่อมมีรสชาติกลมกล่อมขึ้น	เนื้อมะม่วงหวานขึ้น และน้ำเชื่อมมีรสชาติกลมกล่อมขึ้น

จากตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาลักษณะปรากฏ พบว่า มะม่วงบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที เนื้อมะม่วงภายในกระป๋องนั้นมีสีเหลืองเข้ม ยังคงสภาพเดิม เนื้อมะม่วงไม่เละ และมีกลิ่นที่หอมเพียงเล็กน้อย ส่วนมะม่วงบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที เนื้อมะม่วงภายในกระป๋องที่ทำการฆ่าเชื้อนั้นมีสีเหลืองทอง เนื้อของมะม่วงยังคงความยืดหยุ่น และมีกลิ่นที่หอมตามธรรมชาติชัดเจน และอุณหภูมิที่ 107 องศาเซลเซียสที่ใช้เวลา 9 นาที โรงงานแปรรูปผลิตมะม่วงส่วนใหญ่นิยมนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อมะม่วงบรรจุกระป๋องขนาด 15 ออนซ์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในเชิงอุตสาหกรรม

4.3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋องต่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง ต่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ คืออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที และอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที ตามลำดับ และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาการยอมรับของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ตารางที่ 4.7 ค่าคะแนนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง ในอุณหภูมิฆ่าเชื้อ 2 สภาวะ

คุณภาพ	103 องศาเซลเซียส 15 นาที	107 องศาเซลเซียส 9 นาที
สี	5.92±1.24[b]	7.25±0.62[a]
กลิ่น	5.67±1.15[b]	7..25±0.73[a]
รสชาติ	6.00±0.85[b]	7.50±0.90[a]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.25±1.36[b]	7.75±0.45[a]
ความชอบโดยรวม	5.75±0.97[b]	7.83±.039[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง ต้องการเปรียบเทียบความชอบผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง ต่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ คืออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที และอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที พบว่าคะแนนความชอบทุกด้านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.7 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ ที่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง เนื่องจากมีส่วนผสมเดียวกันจากน้ำเชื่อมของสูตรพื้นฐาน แต่แตกต่างกันตรงอุณหภูมิฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 วิธีการบ่มมะม่วงโดยการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน ไม่สามารถบ่มให้ผลไม้สุกได้อย่างสม่ำเสมอ มี %Yield เท่ากับร้อยละ 57.25 วิธีการบ่มมะม่วง โดยใช้สารละลายเอทิลีนที่มีความเข้มข้น 1,800 ppm. ใช้เวลาการแช่ 20 นาที และระยะเวลาการบ่ม 4 วัน มีการสูญเสียเนื้อมะม่วงน้อย %Yield เท่ากับร้อยละ 87.50

5.1.2 สูตรการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋องประกอบด้วย เนื้อมะม่วงร้อยละ 43 และน้ำเชื่อมร้อยละ 56

5.1.3 ค่า F_0 ที่วัดโดยสายเทอร์โมคัปเปิล 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส 15 นาที มีค่า F_0 = 0.23 นาที หรือประมาณ 1 นาที และอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส 9 นาที มีค่า F_0 = 0.35 นาที หรือประมาณ 1 นาที พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมะม่วงบรรจุกระป๋องที่สภาวะอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที เนื้อมะม่วงภายในกระป๋องมีสีเหลืองทอง เนื้อมะม่วงยังคงยืดหยุ่น และมีกลิ่นที่หอมตามธรรมชาติชัดเจน ได้รับการยอมรับในเชิงอุตสาหกรรมในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋องที่มีน้ำเชื่อมและชิ้นเนื้อผสมอยู่ด้วย สามารถใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที หรือ 103 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที เพียงพอต่อการให้ความร้อนจนได้ค่า F_0 1 นาที ซึ่งสูงถึงเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง ประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) ค่าสีของเนื้อมะม่วงค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือสีที่ใช้อุณหภูมิที่ 107 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที มีสีเหลืองทองไม่เป็นสีน้ำตาลคล้ำ เพราะความร้อนและเวลาที่ได้น้อยกว่าอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลา15นาที ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจึงเกิดขึ้นน้อยกว่า มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ 27.5 องศาบริกซ์ และคุณลักษณะทางเคมี พบว่ามีค่าความเป็นกรด 4.6 และค่าปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.43 กรัม ต่อเนื้อมะม่วง 100 กรัม

5.1.4 จากการศึกษาการยอมรับของผู้เชียวชาญด้านผลิตภัณฑ์แปรรูป และผู้บริโภคขนมอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง พบว่า ผู้บริโภค ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง ที่สภาวะอุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9 นาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษามะม่วงบรรจุกระป๋อง ว่าสามารถนำมะม่วงสายพันธุ์อื่นมาทำการทดลองบ่มด้วยสารละลายเอทิลีนและสารเคมีชนิดอื่นๆ เพื่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป หรือนำไปทำการแต่งหน้าเค้กเนื่องจากมะม่วงกระป๋องนี้มีความเข้มข้นสูงมีรสหวานมาก ให้ทั้งผู้บริโภค และเจ้าของกิจการต่างๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ จึงจะได้ช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการรับประทาน นอกเหนือจากการไล่อากาศในขณะบรรจุกระป๋อง ในการศึกษาครั้งต่อไปควรวัดหลังจากบรรจุกระป๋องควรวัด pressure เพิ่มเติม เพื่อความมั่นใจในตัวผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋องมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และยังสามารถศึกษาหาค่า F_0 โดยอ้างอิงและเปรียบเทียบเพื่อความแม่นยำในการทดลองของผู้ที่ต้องการศึกษาหาค่า F_0 มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

พีระเดช ทองอำไพ. 2556. **การบ่มมะม่วง1**. [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://www.arda.or.th/easyknowledge/easy-articles-detail.php?id=299.

งานวิจัยจากประเทศอินเดีย. ม.ป.ป. **กลไกการสุกของมะม่วง.** [ออนไลน์]. (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558). เข้าถึงได้จาก: http://home.kku.ac.th/chuare/12/spectrophotometer.pdf.

กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช. ม.ป.ป. **มาตรฐานผักผลไม้บรรจุกระป๋อง.** [ออนไลน์]. (เข้าถึงเมื่อ 1 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://www.doa.go.th/psco/index.php.

งานวิจัยการต่างประเทศ. ม.ป.ป. **การสุกของผลไม้.** [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 5 มกราคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://tumsaun.com/index.php.

พีระเดช ทองอำไพ. 2556. **งานวิจัยมะม่วงไทย.** [ออนไลน์]. (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก:https://tearm123.wordpress.com.

พีระเดช ทองอำไพ. 2550. **การบ่มผลไม้ให้สุก.** [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://kukr.lib.ku.ac.th/Fulltext_kukr/KU0296147c.pdf.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป. **สารละลายเอทิลีน.** [ออนไลน์]. (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558). เข้าถึงได้จาก: http://www.thaikasetsart.com.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ม.ป.ป. **การห่อผลมะม่วง.** [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://www.kmutt.ac.th/titec/gtz/mango-detail-upload10.html.

พีระเดช ทองอำไพ. 2555. **วิธีการบ่มผลไม้.** [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://www.komchadluek.net/detail.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2557. **การบ่มผลไม้.** [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2557. **อาหารปรับกรด.** [ออนไลน์] (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2558) เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2557. **การคำนวณการหาค่า F_0.** [ออนไลน์]. (เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2558). เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/.

Jackson, J.M. and Shinn, B.M. 1979. **Fundamentals of Food Canning Technology.** AVI Publishing, Westport, Connecticut, U.S.A.

Lopez, A. 1987. **A Complete Course in Canning.** 12th Edition The Canning Trade Inc., Maryland, U.S.A.

National Canners Association. 1986. **Laboratory Manual for Food Canners and Processors.** AVI Publishing, Westport, Connecticut, U.S.A.

National Canners Association. 1976. **Process for low acid canned foods in metal containers.** 11th Edition. Natl. Canner Bull. 26-L.

National Food Processors Association. 1995. **Canned Foods Principles of Thermal Process Control, Acidification and Container Closure Evaluation.** 6th Edition, The Food Processors Institute, Washington, D.C., U.S.A.

Stumbo, C.R. 1973. **Thermobacteriology in Food Processing.** 2nd Edition, Academic Press, New York.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์ และกรรมวิธีการบ่มมะม่วง

วัตถุดิบและสารเคมี

ภาพที่ ก.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ภาพที่ ก.2 เอทิลีน

ภาพที่ ก.3 โซเดียมไฮโปคลอไรด์

ภาพที่ ก.4 น้ำเกลือร้อยละ 1

อุปกรณ์

ภาพที่ ก.6 ถังน้ำ

ภาพที่ ก.7 ตะกร้า

ภาพที่ ก.8 กระดาษหนังสือพิมพ์

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายเพื่อบ่มมะม่วง

การบ่มมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยใช้สารละลายเอทิลีนที่มีความเข้มข้น 1800 ppm. แช่ทิ้งไว้ 20 นาที บ่มเวลา 4 วัน มีวิธีการทดลองดังนี้

1. วิธีการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaHCl) 100 ppm. (น้ำคลอรีน) ต่อน้ำ 20 ลิตร ดังนี้

น้ำ 20 ลิตร ใส่คลอรีนเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาณเท่าใดให้ได้น้ำคลอรีนที่มีความเข้ม 100 ppm.

= น้ำคลอรีน ร้อยละ10 มีคลอรีนอยู่ 10 x 10000 = 100,000 ppm.

เข้าสูตรการคำนวณ $C_1V_1 = C_2V_2$

$(100{,}000\ ppm.)\ V_1 = (100ppm.)(20L.)$

$V_1 = 0.02L.$ หรือ 20ml.

ดังนั้น เวลาเติมน้ำคลอรีน 20 มิลลิลิตร เติมน้ำ 19 ลิตร แล้วเพิ่มน้ำอีก 980 มิลลิลิตร ทั้งหมด 20 ลิตร พอดี

2. การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเอทิลีน ที่มีความเข้มข้น 1,800 ppm. ให้ดูวิธีตามฉลากข้างขวดได้เลย

<u>กรรมวิธีวิธีการบ่มมะม่วง</u>

คัดเลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์จำนวน 30 กิโลกรัม
จากนั้นนำมาคัดแยกตำหนิลูกที่สุกแล้วนำไปใช้ทำการบ่มได้ 20 กิโลกรัม

↓

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร
เพื่อทำความสะอาดผลมะม่วงก่อนนำไปบ่ม

↓

เตรียมสารละลายเอทิลีน 2,000 มิลลิลิตรต่อมะม่วง 20 กิโลกรัม
เพื่อทำการแช่ผลมะม่วง

↓

แช่ผลมะม่วงลงในน้ำที่ผสมสารละลายเอทิลีน เป็นเวลา 20 นาที

↓

จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งบนตะกร้า ทิ้งไว้ให้แห้ง

↓

ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ ห่อรวมและห่อแยกทีละลูก
เพื่อทำการทดลอง บ่มทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 4 วัน

↓

↓

เมื่อบ่มมะม่วงครบ 4 วัน ให้เปิดมะม่วงออกมาดู

↓

นำมาปอกดูสีและวัดค่าสีให้ตรงตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้

แผนภาพที่ ก.1 แสดงการบ่มมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

<u>การคำนวณหาร้อยละ ผลผลิตที่ได้ 20 กิโลกรัม ต่อ 1 ครั้ง บ่มโดยการใช้ถ่านแก๊สเอทิลีน</u>

โดยมีสูตรการคำนวณ ร้อยละผลผลิตที่ได้ = <u>น้ำหนักทั้งหมดหลังปอกเปลือก</u> x 100
น้ำหนักทั้งหมดก่อนปอกเปลือก

= <u>11,450</u> x 100
20,000

= 57.25

ดังนั้น ร้อยละผลผลิตที่ได้ ของมะม่วงต่อ 1 ครั้งเท่ากับร้อยละ 57.25

การคำนวณหาร้อยละ ผลผลิตที่ได้ 20 กิโลกรัม ต่อ 1 ครั้ง บ่มโดยการใช้สารละลายเอทิลีน

โดยมีสูตรการคำนวณ ร้อยละผลผลิตที่ได้ = น้ำหนักทั้งหมดหลังปอกเปลือก x 100
น้ำหนักทั้งหมดก่อนปอกเปลือก

= 17,000 x 100
20,000

= 87.50

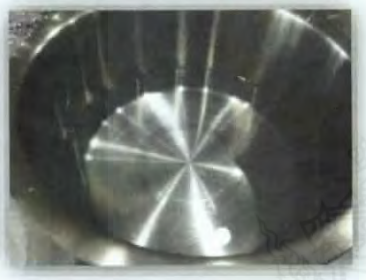
ดังนั้น ร้อยละผลผลิตที่ได้ ของมะม่วงต่อ 1 ครั้งเท่ากับร้อยละ 87.50

ภาคผนวก ข
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำเชื่อม

วัตถุดิบ

ภาพที่ ข.1 น้ำตาลทรายขาว (ตรา มิตรผล)

ภาพที่ ข.2 เกลือ (ปรุงทิพย์)



ภาพที่ ข.3 น้ำเปล่า

ภาพที่ ข.4 กรดซิตริก

อุปกรณ์

ภาพที่ ข.5 หม้อ

ภาพที่ ข.6 เตาแก๊ส

ภาพที่ ข.7 เทอร์โมมิเตอร์

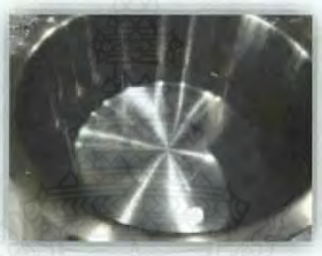
ภาพที่ ข.8 ทัพพี

สูตรน้ำเชื่อม

ตารางที่ ข.1 แสดงสูตรการทำน้ำเชื่อม

ส่วนผสม	อัตราส่วน (กรัม)
กรดซิตริก	1.5
น้ำตาลทรายขาว	155
เกลือ	2.5
น้ำ	400

วิธีการทำน้ำเชื่อม



ต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

↓

เมื่อวัดอุณหภูมิน้ำได้ 100 องศาเซลเซียส นำส่วนผสมทั้งหมดลงไปต้ม

↓

คนให้ส่วนผสมละลายให้หมด แล้วพักน้ำเชื่อมไว้

แผนภาพที่ ข.1 แสดงการทำน้ำเชื่อม

ภาคผนวก ค
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

วัตถุดิบ

ภาพที่ ค.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ภาพที่ ค.2 น้ำเชื่อม

อุปกรณ์

ภาพที่ ค.3 กระป๋องเปล่า

ภาพที่ ค.4 เทอร์โมคัปเปิล

ภาพที่ ค.5 สายเทอร์โมคัปเปิล

ภาพที่ ค.6 กาวซิลิโคน

ภาพที่ ค.7 เครื่องนึ่ง

ภาพที่ ค.8 เครื่อง Auto clave

การผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

ตารางที่ ค.1 แสดงสูตรที่ใช้ผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

ส่วนประกอบ	จำนวนที่ใช้ (กรัม)
มะม่วง	180
น้ำตาลทรายขาว	155
น้ำเปล่า	300
กรดซิตริก	1.5
เกลือ	2.5

กรรมวิธีการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

นำมะม่วงที่บ่มสุกแล้วมาปอกเปลือกและแช่แคลเซียมคลอไรด์ไว้

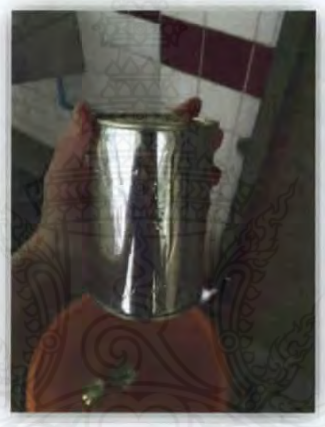
↓

ตัดแต่งชิ้นมะม่วง หั่นเป็นเต๋าขนาดประมาณ 1.5x1.5 เซนติเมตร และนำไปแช่แคลเซียมคลอไรด์ 30 นาที

↓

ทำการเตรียมน้ำเชื่อม ต้มน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส

↓



นำกระป๋องเปล่า มาเจาะรูด้านข้าง
นำกระป๋องไปล้างทำความสะอาดคราบมัน และเช็ดให้แห้ง

↓

นำชิ้นเนื้อมะม่วงเสียบไว้เศษ 1 ส่วน 4 ของกระป๋อง เพื่อเสียบเทอร์โมคัปเปิล
วัดอุณหภูมิของชิ้นมะม่วงระหว่างการฆ่าเชื้อ และบรรจุเนื้อมะม่วงส่วนที่เหลือ
ให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ จากนั้นพักไว้รอนำไปเติมน้ำเชื่อม

↓

จากนั้นนำเข้าเครื่องนึ่งเพื่อไล่อากาศเป็นเวลา 1 นาที

↓

แล้วรีบนำกระป๋องไปปิดฝาทันที ด้วยเครื่องปิดฝากระป๋อง

↓

สอดสายเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปในหม้อฆ่าเชื้อ โดยใช้สายวัดอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ 2 สาย
ส่วนสายที่เหลือใช้วัดอุณหภูมิอาหารภายในกระป๋อง

↓

บรรจุกระป๋องให้เต็มตะกร้าเหมือนกับการผลิตจริง
โดยวางกระป๋องที่มีเทอร์โมคัปเปิลอยู่ตรงกลางตะกร้า ล้อมรอบด้วยกระป๋องอื่น
โดยประมาณว่าตำแหน่งที่วางกระป๋องจะเป็นตำแหน่งที่รับไอน้ำน้อยหรือช้าที่สุด

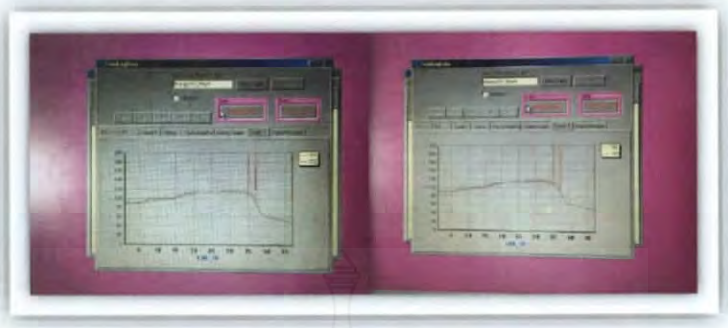
↓

ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับเครื่องบันทึกเวลาและอุณหภูมิ

↓

หลังจากทำการปิดฝาเรียบร้อยแล้วควรเช็ดทำความสะอาด

↓



นำกระป๋องเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ตรวจสอบดูว่าอุปกรณ์การบันทึกอยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้หรือไม่
โดยให้เครื่องทำการบันทึกทุกๆ 1 นาที

↓

ตรวจสอบความดันไอน้ำ การทดลองจะเริ่มเมื่อความดันไอในท่อไม่ต่ำกว่า 90 psi
ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าการไล่อากาศจะเป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด
และสามารถรักษาอุณหภูมิภายในรีทอร์ทได้

↓

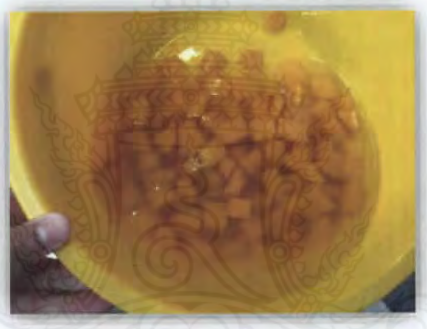
ปิดเครื่องบันทึกเวลาและอุณหภูมิให้เครื่องบันทึกอุณหภูมิของอาหาร แล้วจึงเปิดไอไล่อากาศภายใน
หม้อฆ่าเชื้อออกจนหมด เริ่มทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส 5 นาที
และ 103 องศาเซลเซียส 15 นาที จนอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อเป็นอุณหภูมิฆ่าเชื้อ

↓

↓

บันทึกเวลา อุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องทุกๆ 1 นาที จนได้ค่า F_0 ที่ต้องการ

↓



จากทำให้เย็นทัน จึงนำมาเปิดกระป๋องเพื่อดูสี กลิ่น และชิมรสชาติ

แผนภาพที่ ค.1 แสดงกระบวนการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

<u>วิธีการคำนวณหาค่า F_0</u>

การคำนวณหาค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 15 นาที สามารถคำนวณได้จากสูตร $F_0 = \Delta t \times \sum Li$

F_0 = เวลาที่ใช้เพื่อทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง มีหน่วยเป็นนาที
Δt = เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

$\sum Li$ = มีค่าเท่ากับ $10^{\frac{T-121.1}{10}}$

จากสูตร $F_0 = \Delta t \times \sum Li$

$$= \Delta t \times 10^{\frac{103-121.1}{10}}$$

$$= 15 \times 10^{\frac{103-121.1}{10}}$$

$$= 15 \times 10^{-1.81}$$

$$= \frac{15}{1} \times \frac{1}{10^{1.81}}$$

$$= \frac{15}{10^{1.81}}$$

$$= \frac{15}{64.57}$$

$$= 0.23$$

ดังนั้น ค่า F_0 = 0.23 นาที หรือประมาณ 1 นาที

การคำนวณหาค่า F_0 ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 9 นาที สามารถคำนวณได้จากสูตร $F_0 = \Delta t \times \sum Li$

F_0 = เวลาที่ใช้เพื่อทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง มีหน่วยเป็นนาที

Δt = เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

$\sum Li$ = มีค่าเท่ากับ $10^{\frac{T-121.1}{10}}$

จากสูตร $F_0 = \Delta t \times \sum Li$

$= 9 \times 10^{\frac{107-121.1}{10}}$

$= \Delta t \times 10^{\frac{103-121.1}{10}}$

$= 9 \times 10^{-1.41}$

$= \frac{9}{1} \times \frac{1}{10^{1.41}}$

$= \frac{9}{10^{1.41}}$

$= \frac{9}{25.70}$

$= 0.35$

ดังนั้น ค่า F_0 = 0.35 นาที หรือประมาณ 1 นาที

ภาคผนวก ง
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดที่ .....

แบบทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์: มะม่วงชีสเค้ก

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบตามรหัสที่กำหนดให้ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่กำหนดให้พร้อมระบุคะแนนความชอบตามลำดับที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ตามคำอธิบายข้างล่างนี้ **ควรบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง**

9 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบน้อยที่สุด 3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก 5 = เฉย ๆ 2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ	
	รหัส.....	รหัส.....
สี (มะม่วง)		
กลิ่น (มะม่วง)		
รสชาติ		
เนื้อสัมผัส		
ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก จ
วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

ค่าสี (Spectrophotometer) รุ่น CM-3500d

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

โดยนำเนื้อมะม่วงบรรจุกระป๋องมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก High density polyethylene (HDPE) ซีลปิดสนิท ขนาด 30 กรัม ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติก จากนั้นนำไปตีบดที่เครื่อง Stomacher รุ่น 400 Circulator เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำมาทำการตรวจวัดหาค่าสี

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดสวิตช์เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดค่าสี
2. เข้าโปรแกรม Spectra Magic ที่หน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์
3. คลิกที่ปุ่ม Connect (ที่แถบข้างบน) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสี จากนั้นลองสังเกตที่แถบข้างล่างขวา เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
4. ทำการคาริเบตเครื่อง (Calibration) โดยคลิกที่ปุ่ม Calibration (ที่แถบข้างบน) ใส่แผ่นกระจกใสไว้ที่ช่องข้างบนภายใน Target Mask
5. เมื่อคาริเบตเสร็จแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่ พร้อมกับใส่ตัวอย่าง ชนิดแห้ง หรือชนิดเหลว ลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง)
6. จากนั้นปิดด้วยกระบอกสีดำข้างบน (กรณีที่วัดการสะท้อนของวัตถุ ด้านบน), ปิดด้วยตลับสี ขาวด้านบน (กรณีวัดการส่งผ่านของวัตถุด้านบน)
7. จากนั้นเข้าที่ปุ่ม Measure Targe ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่างเดิม (กรณีเป็นซ้ำของตัวอย่าง) จากนั้นทำตามข้อ 6 บันทึกผลการทดลอง จากตารางในคอมพิวเตอร์ ค่า L* a* b*

การแสดงค่าสี ประกอบด้วย

1. ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าจาก 0 คือสีดำถึง 100 คือสีเขียว
2. ค่า a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว โดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีแดง และค่าลบ แสดงถึงความเป็นสีเขียว
3. ค่า b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลือง และค่าลบแสดงเป็นสีน้ำเงิน

ภาคผนวก ฉ
วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
(Hand Refractometer)
ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PLA-3 ระหว่าง 0-93 องศาบริกซ์

วิธีการวิเคราะห์

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง (Hand Refractometer) นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง โดยตักผลิตภัณฑ์มาเพียงเล็กน้อย ป้ายที่บริเวณที่ใส่ตัวอย่างแล้วอ่านค่าที่ได้ (องศาบริกซ์) แล้วจึงบันทึกผลค่าที่ได้ทำการวัด 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย

วัดความเป็นกรด - ด่าง ด้วยเครื่อง
(pH Meter)
ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320

วิธีการวิเคราะห์

1. ปรับมาตรฐานของเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด กลาง และด่าง 4.00 7.00 และ 10.0 ตามลำดับ

2. ชั่งตัวอย่างมะม่วงบรรจุกระป๋องจำนวน 20 กรัม

3. นำไปวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่างที่มีการปรับมาตรฐานแล้ว นำหัวอิเลคโทรดจุ่มลงในตัวอย่างมะม่วงบรรจุกระป๋อง รอจนกว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องจะหยุดนิ่งแล้วจึงบันทึกผลค่าที่ได้ ทำการวัด 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย

วิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร
(Total dietary fiber)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบตามวิธี Enzymatic-Gravimetric Method (AOAC, 2005)

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5-1 กรัม (ความละเอียด 0.0001 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ทำ 4 ซ้ำ และทำแบลงค์ 2 ใบ น้ำหนักของตัวอย่างไม่ควรแตกต่างกันมากกว่า 20 มิลลิลิตร เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ (ตรวจสอบพีเอช 6.0±0.2 ถ้าจำเป็น)

2. Σ-amylase (heat-stable) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร วาง Magnetic sterring bar ลงในบีกเกอร์ ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยล์ และวางลงไปในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส (โดยวางบีกเกอร์ให้ตรงกับตำแหน่งของ Magnetic stirrer) นาน 30 นาที โดยกวนอย่างช้าๆ

3. ยกบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.275 นอร์มอล 10 มิลลิลิตร ตรวจสอบพีเอชเท่ากับ 7.5±0.2 เติมเอนไซม์ Protease ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยล์ให้ความร้อนในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยกวนอย่างต่อเนื่อง

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.325 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร ตรวจสอบพีเอชให้เท่ากับ 4.0-4.6 เติม Amyloglucosidase 150 ไมโครลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยล์ และให้ความร้อนในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที กวนอย่างต่อเนื่อง

5. ยกบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำตกตะกอน Dietary fiber ด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 250 มิลลิลิตรที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (วัดปริมาตรก่อนให้ความร้อน) ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

6. กรองตะกอนด้วย Fritted crucible ที่มี Celite (ที่ทราบน้ำหนัก Fritted crucible ที่ แน่นอน) ทา Celite ให้เปียกด้วยเอทานอลร้อยละ 78 ก่อนกรอง

7. หลังจากกรองตะกอนแล้ว ให้ล้างตะกอนด้วยเอทานอลร้อยละ 78 ล้าง 3 ครั้งๆ ละ 20 มิลลิลิตร เอทานอลร้อยละ 95 ล้าง 2 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร และอะซิโตน 2 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร

8. นำ Fritted crucible มาอบข้ามคืนในตู้อบความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (ความละเอียด 0.0001 กรัม)

9. นำตะกอนที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้า (วิเคราะห์แบลงค์และตัวอย่าง อย่างละ 2 ซ้ำ)

10. วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยนำตะกอนที่ได้ถ่ายลงในหลอดกลั่น (Distillation vessel) เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียมซัลเฟต-ซีลีเนียม) จำนวน 2 เม็ดและเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 15 มิลลิลิตร

11. นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยสารจนกระทั่งได้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หยดเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด

12. นำหลอดกลั่นใส่ในเครื่องกลั่นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 จนมีความเป็นด่างจนเกินพอ (สารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง)

13. ในขวดรูปชมพู่ที่รองรับสารที่กลั่นได้ใส่สารบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 จานวน 25 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ผสม (เมทิลเรด และเมทิลีนบลู) 4 หยด ทำการกลั่น และเก็บสารละลายที่กลั่นได้ให้ได้ปริมาตรประมาณ 200 มิลลิลิตร

14. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเทา)

15. วิเคราะห์หาปริมาณเถ้า โดยเผา Fritted crucible ที่ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ในเตาเผาจนกว่าอุณหภูมิลดลง ≤250 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นอย่างน้อย 45 นาที และชั่งน้ำหนัก

สูตร

1. ปริมาณใยอาหาร (drain weight)

$$TDF_{dw} \text{ (ร้อยละ)} = \frac{[W_R - A_S - P_S - B] \times 100}{W_S}$$

เมื่อ W_R = น้ำหนักตะกอนของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

A_S = ปริมาณเถ้าของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

P_S = ปริมาณโปรตีนของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

W_S = น้ำหนักของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

2. ปริมาณใยอาหาร (wet weight)

$$TDF_{ww} \text{ (ร้อยละ)} = \frac{TDF_{dw} \times TS}{100}$$

เมื่อ TS =ปริมาณของแข็งได้จาก 100 - ความชื้น(ร้อยละ) - ไขมัน(ร้อยละ) - น้ำตาล(ร้อยละ)

TS =ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)

ภาคผนวก ช
ต้นทุนผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ราคาต้นทุนการผลิต

1. วัตถุดิบและสารเคมี

ตารางที่ ช.1 แสดงต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง (การบ่มมะม่วง)

วัตถุดิบและสารเคมี	ราคา/ต่อหน่วย	หน่วยที่ซื้อ	จำนวนเงิน(บาท)
มะม่วง	30 บาท/กิโลกรัม	30 กิโลกรัม	900
สารเอทิลีน	450 บาท/1000มิลลิลิตร	2000 มิลลิลิตร	900
โซเดียมไฮโปคลอไรด์	150 บาท/1000มิลลิลิตร	1000 มิลลิลิตร	150
		รวม	**1,950**

ตารางที่ ช.2 แสดงต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

วัตถุดิบและสารเคมี	ราคา/ต่อหน่วย	หน่วยที่ซื้อ	จำนวนเงิน (บาท)
มะม่วงที่บ่มเสร็จ	-	-	-
น้ำตาลทรายขาว	22 บาท/กิโลกรัม	5 กิโลกรัม	110
เกลือ	12 บาท/กิโลกรัม	1 กิโลกรัม	12
กรดซิตริก	120 บาท/500กรัม	500 กรัม	120
		รวม	**242**

2. บรรจุภัณฑ์

ตารางที่ ช.3 แสดงต้นทุนบรรจุภัณฑ์ในการผลิตมะม่วงบรรจุกระป๋อง

บรรจุภัณฑ์	ราคา/ต่อหน่วย	หน่วยที่ซื้อ	จำนวนเงิน (บาท)
กระป๋อง	4.5 บาท/1กระป๋อง	10 กระป๋อง	45
		รวม	**45**

3. ค่าเสื่อมสภาพเครื่องจักร/ค่าโสหุ้ย/ค่าสาธารณูปโภค

นำค่าวัตถุดิบและสารเคมี + ค่าบรรจุภัณฑ์ = 1,950 + 242 + 45 = 2,237 บาท

หักค่าเสื่อมสภาพเครื่องจักร/ค่าโสหุ้ย/ค่าสาธารณูปโภค 40% = $\frac{2,237 \times 40}{100}$ = 894.8

เพราะฉะนั้นต้นทุนทั้งหมด = ค่าวัตถุดิบและสารเคมี + ค่าบรรจุภัณฑ์ + ค่าโสหุ้ย

= $\frac{2,192 + 45 + 894.8}{10}$ = 313 บาทต่อ 1 กระป๋อง

จากข้อมูลแสดงว่าต้นทุนในการผลิตราคาสูงเพราะ ปริมาณในการผลิตต่อ1ครั้งมีปริมาณน้อย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีราคาสูงกว่าปกติ

ภาคผนวก ซ
บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง (ฉลาก)

ภาพที่ ซ.1 บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงบรรจุกระป๋อง

ภาคผนวก ฌ
มาตรฐานอาหารบรรจุกระป๋อง
(Codex Standard for Canned Mangos)

CODEX STANDARD FOR CANNED MANGOES
CODEX STAN 159-1987

1. DESCRIPTION

1.1 Product Definition

Canned mango is the product: (a) prepared from stemmed, peeled, fresh, sound, clean and mature fruit of commercial varieties conforming to the characteristics of the fruits of Mangifera indica L.; (b) which may or may not be packed with a suitable liquid packing medium, nutritive sweeteners and other seasoning or flavouring ingredients appropriate to the product; and (c) processed by heat, in an appropriate manner, before or after being sealed in a container, in order to preserve its essential composition and quality factors.

1.2 Types of varieties

Any cultivated variety or type suitable for Canned Mangoes may be used in the preparation.

1.3 Styles

The product shall be prepared from peeled fruit for all the following styles:

1.3.1 **Halves** - cut into two approximately equal parts along the stone from stem to apex and the flesh separated from the skin.

1.3.2 **Slices** - Long, slender pieces cut lengthwise or crosswise.

1.3.3 **Pieces** - (or mixed pieces or irregular pieces) - pitted and comprising irregular shapes and sizes.

1.3.4 **Diced** - flesh cut into cube-like parts with a dimension of at least 12 mm on the longest side.

1.3.5 **Other Styles** - Any other presentation of the product shall be permitted provided that the product:

(a) is sufficiently distinctive from other forms of presentation laid down in this standard;

(b) meets all relevant requirements of this standard, including requirements relating to limitations on defects, drained weight, and any other requirements in this standard which are applicable to that style in the standard which most closely resembles the style or styles intended to be provided for under this provision.

(c) is adequately described on the label to avoid confusing or misleading the consumer.

1.4 Types of Pack

1.4.1 **Regular pack** - with liquid packing medium.

1.4.2 **Solid pack** - closely packed fruit prepared by packing without a liquid packing medium; a dry nutritive sweetener may be used.

2. ESSENTIAL COMPOSITION AND QUALITY FACTORS

2.1 Packing Media

2.1.1 Where a packing medium is used, it may consist of:

2.1.1.1 **Water** - in which water is the sole packing medium;

2.1.1.2 **Fruit Juice**[1] - in which mango juice - or any other compatible fruit juice is the sole packing medium;

2.1.1.3 **Mixed Fruit Juices**[1] - in which two or more compatible fruit juices which may include mango juice, are combined to form the packing medium;

2.1.1.4 **Water and Fruit Juice(s)** - in which water and mango juice, or water and any other single fruit juice or water and two or more fruit juices are combined in any proportion to form the packing medium.

2.1.2 Any of the foregoing packing media may have one or more of the following nutritive sweeteners as defined by the Codex Alimentarius Commission added: sucrose, invert sugar syrup, dextrose, dried glucose syrup, glucose syrup, fructose, fructose syrup, honey.

2.1.3 Dry nutritive sweeteners namely sucrose, invert sugar, dextrose and dried glucose syrup, may be added to solid packs without added liquid but with such slight amounts of steam, water or natural juice as occur in the normal canning of the product.

2.1.4 Classification of packing media when nutritive sweeteners are added

2.1.4.1 When nutritive sweeteners are added to fruit juice(s) the packing media shall be not less than 11°Brix and shall be classified on the basis of the cut-out strength as follows:

Lightly sweetened fruit juice(s) - Not less than 11°Brix

Heavily sweetened fruit juice(s) - Not less than 15°Brix

2.1.4.2 When nutritive sweeteners are added to water or water and fruit juice(s) or water and nectar the liquid media shall be classified on the basis of the cut-out strength as follows:

Slightly sweetened water)	- Not less than 10°Brix but less than 14°Brix
Water slightly sweetened)	
Extra light syrup)	
Light syrup	- Not less than 14°Brix but less than 18°Brix
Heavy syrup	- Not less than 18°Brix but less than 24°Brix
Extra heavy syrup	- Not less than 24°Brix but not more than 35°Brix

2.1.4.3 When nutritive sweeteners are added to water and fruit juice(s) and the minimum fruit juice content of the packing medium is not less than 40% m/m, the packing medium may be classified as a nectar provided the cut-out strength is not less than 20°Brix.

2.1.4.4 The cut-out strength for any packing medium shall be determined on average, but no container may have a Brix value lower than that of the next category below.

2.2 Other Ingredients

Nutritive sweeteners as defined by the Codex Alimentarius Commission.

2.3 Quality Criteria

2.3.1 Colour

The colour of the product shall be characteristic of the type or variety of mango. Canned mangoes containing special ingredients shall be considered to be of characteristic colour when there is no abnormal discolouration of the respective ingredient used.

2.3.2 Flavour

Canned mangoes shall have a flavour and odour characteristic of the variety or type used for canning and shall be free from odours or flavours foreign to the product; and canned mangoes with special ingredients shall have the characteristic flavour of the mangoes and the other substances used.

2.3.3 Texture

The mangoes shall be reasonably fleshy and have little fibre. They may be variable in tenderness but shall neither be mushy nor excessively firm in liquid media packs, and shall not be excessively firm in solid packs.

2.3.4 Uniformity of Size

2.3.4.1 **Halves** - 90% by count of the units shall be reasonably uniform in size. Where a unit has broken within the container, the combined broken pieces are considered as a single unit.

2.3.4.2 **Other styles** - (There are no requirements for size uniformity).

2.3.5 Symmetry - Not more than 20% by count of units shall be sliced in a direction other than parallel to the crease (as stated above) and of these not more than half may have been sliced horizontally.

2.3.6 Definition of defects

(a) **Blemishes** - surface discolouration and spots arising from physical, pathological, insect or other agents that definitely contrast with the overall colour, and which may penetrate into the flesh. Examples include bruises, scab and dark discolouration.

(b) **Crushed or mashed** - means a unit which has been crushed to the extent that it has lost its normal shape (not due to ripeness) or has been severed into definite parts. Partially disintegrated halves are not counted as broken. All portions that collectively equal the size of a full size unit are considered one unit in applying the allowance herein.

(c) **Rind** - considered as a defect. It refers to rind adhering to the pulp of the mango or found loose in the container.

(d) **Pit (or stone) material** - considered a defect in all styles.

(e) **Harmless extraneous material** - means any vegetable substance (such as, but not limited to a leaf or portion thereof or a stem or portion thereof) that is harmless but which tends to detract from the appearance of the product.

(f) **Trim** - considered a defect only in halved and sliced canned mangoes in liquid media packs. The trimming must be excessive and includes serious gouges (whether due to physical trimming or other means) on the surface of the units which definitely detract from the appearance.

2.3.7 Allowances for defects

The product shall be reasonably free from defects such as extraneous material, pit (stone) material, rind and spotted slices or chunks. Certain common defects shall not be present in amounts greater than the following limitations:

Defects	Liquid media packs	Solid packs
Blemishes and trim	30% by count	3 units per 500 g
Crushed or mashed	5% by weight	not applicable
Rind	not more than 6 cm^2 aggregate area per 500 g	not more than 12 cm^2 aggregate area per 500 g
Pit or pit material (average)	1/8 stone or equivalent per 500 g	1/8 stone or equivalent per 500 g
Harmless extraneous Material	2 pieces per 500 g	3 pieces per 500 g

The weight of the product referred to in the above table is the drained weight (see Codex Alimentarius Volume 13).

2.4 Classification of "Defectives"

A container that fails to meet one or more of the applicable quality requirements as set out in sub-sections 2.3.1 to 2.3.7 (except for rinds and pit or pit material, which are based on averages), shall be considered a "defective".

2.5 Lot Acceptance

A lot shall be considered as meeting the applicable quality requirements referred to in subsection 2.4 when:

(a) for those requirements which are not based on averages, the number of "defectives" as defined in sub-section 2.4 does not exceed the acceptance number (c) of the appropriate sampling plan (AQL-6.5) in the Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Sampling Plans for Prepackaged Foods (1969) (CAC/RM 42-1969) (see Codex Alimentarius Volume 13) as amended, and

(b) the requirements which are based on sample average are complied with.

2.6 Organoleptic Characteristics

The product shall have the colour, odour and flavour characteristics corresponding to the varieties or types of mango used in the preparation of the product.

3. FOOD ADDITIVES

3.1 Colour	Maximum level in the finished product
beta-carotene	100 mg/kg
3.2 Acidifying agent	
Citric acid	Limited by GMP
3.3 Antioxidant	
Ascorbic acid	200 mg/kg
3.4 Firming Agents	
3.4.1 Calcium chloride	350 mg/kg, calculated as Ca in the finished product
3.4.2 Pectins	Limited by GMP

4. CONTAMINANTS

Lead(Pb)	1 mg/kg
Tin (Sn)	250 mg/kg calculated as Sn

5. HYGIENE

5.1 It is recommended that the product covered by the provisions of this standard be prepared and handled in accordance with the appropriate sections of the Recommended International Code of Practice - General Principles of Food Hygiene (CAC/RCP 1-1969, Rev. 2 (1985) Codex Alimentarius Volume 1), and other Codes of Practice recommended by the Codex Alimentarius Commission which are relevant to this product.

5.2 To the extent possible in Good Manufacturing Practice, the product shall be free from objectionable matter.

5.3 When tested by appropriate methods of sampling and examination, the product:

- shall be free from microorganisms in amounts which may represent a hazard to health;
- shall be free from parasites which may represent a hazard to health; and
- shall not contain any substance originating from microorganisms in amounts which may represent a hazard to health.

6. WEIGHTS AND MEASURES

6.1 Fill of Container

6.1.1 Minimum Fill

The container shall be well filled with mangoes and the product (including packing medium) shall occupy not less than 90% of the water capacity of the container. The water capacity of the container is the volume of distilled water at 20oC which the sealed container will hold when completely filled.

6.1.2 Classification of "Defectives"

A container that fails to meet the requirement for minimum fill (90% container capacity) of sub-section 6.1.1 shall be considered a "defective".

6.1.3 Lot Acceptance

A lot will be considered as meeting the requirements of sub-section 6.1.1 when the number of "defectives" as defined in sub-section 6.1.2 does not exceed the acceptance number (c) of the appropriate Sampling Plans (AQL-6.5) in the Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Sampling Plans for Pre-packaged Foods (1969) (CAC/RM 42-1969), (see Codex Alimentarius Volume 13) as amended.

6.2 Minimum Drained Weight

6.2.1 The drained weight of the product shall be not less than 55% of the distilled water at 20°C which the sealed container will hold when completely filled.

6.2.2 The requirements for minimum drained weight shall be deemed to be complied with when the average drained weight of all containers examined is not less than the minimum required, provided that there is no unreasonable shortage in individual containers.

7. LABELLING

In addition to the requirements of the Codex General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods (CODEX STAN 1-1985 (Rev. 1-1991) Codex Alimentarius Volume 1)1 the following specific provisions apply:

7.1 The Name of the Food

7.1.1 The name of the food to be declared on the label shall be "Mangoes".

7.1.2 The style, as appropriate, shall be declared as part of the name or in close proximity to the name:

"Halves", "Slices", "Diced", "Pieces" or "Mixed Pieces" or "Irregular Pieces".

If the product is produced in accordance with the other styles provision (sub-section 1.3.5), the label shall contain in close proximity to the name of the

product such additional words or phrases that will avoid misleading or confusing the consumer.

7.1.3 The packing medium shall be declared as part of the name, or in close proximity to the name, as appropriate.

7.1.3.1 When the packing medium is composed of water, the packing medium shall be declared as:

"In water" or "Packed in water".

7.1.3.2 When the packing medium is composed of a single fruit juice, the packing medium shall be declared as:

"In juice" or "In Mango juice" where mango juice has been used; or

"In (name of fruit) juice" for all other fruit juices.

7.1.3.3 When the packing medium is composed of two or more fruit juices, which may include mango juice, it shall be declared as:

"In (name of fruits) juice"; or

"In fruit juices"; or

"In mixed fruit juices".

7.1.3.4 When nutritive sweeteners are added to mango juice, the packing medium shall be declared as:

"Lightly sweetened juice"; or

"Lightly sweetened mango juice"; or

"Heavily sweetened juice"; or

"Heavily sweetened mango juice"

as may be appropriate.

7.1.3.5 When nutritive sweeteners are added to a single fruit juice (not including mango juice) or mixtures of two or more fruit juices (which may include mango juice), the packing medium shall be declared as:

"Lightly sweetened (name of fruit) juice"; or

"Lightly sweetened (name of fruits) juices"; or

"Lightly sweetened fruit juices"; or

"Lightly sweetened mixed fruit juices"

as may be appropriate, or the same for

"Heavily sweetened" juice(s).

7.1.3.6 When nutritive sweeteners are added to water, or water and a single fruit juice (including mango juice) or water and two or more fruit juices, the packing medium shall be declared as:

"Slightly sweetened water"
"Water slightly sweetened"
"Extra light syrup"
"Light syrup"
"Heavy syrup"
"Extra heavy syrup".

7.1.3.7 When nutritive sweeteners, water and fruit juice(s) are combined to form a nectar, the packing medium shall be declared as:

"In nectar" or "In mango nectar"

where the juice component is solely mango, or

"In (name of fruit) nectar"
"In (name of fruits) nectar"
"In fruit nectars" or
"In mixed fruit nectars"

for all other cases as may be appropriate.

7.1.3.8 When the packing medium contains water and mango juice or water and one or more fruit juice(s), the packing medium shall be designated to indicate the preponderance of water or such fruit juice as may be the case, for example:

"Mango juice and water"
"Water and (mango) juice"
"(name of fruit(s) juice(s)) and water"; or
"Water and (name of fruit(s) juice(s))".

7.1.3.9 The fruit juice component of any packing medium shall not be declared in the name of the food if it comprises less than 10% m/m of the total packing medium but it shall be declared in the list of ingredients.

7.1.3.10 When the name of the fruits in a mixed fruit juice or mixed fruit nectar is listed individually in the packing medium, they shall be declared in descending order of proportion.

7.1.3.11 When the packing medium contains no added sweetening agents, the term "no added sugar" or other words of similar import may be used in association with, or in close proximity to the name of the food.

7.2 Instructions for Use

In accordance with the General Standard.

7.3 Additional Mandatory Requirements

7.3.1 Quantative Labelling of Ingredients

In accordance with the General Standard.

7.3.2 Irradiated Foods

In accordance with the General Standard.

7.4 Exemptions from Mandatory Labelling Requirements

In accordance with the General Standard.

7.5 Labelling of Non-Retail Containers

In addition to the requirements of the General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods (CODEX STAN 1-1985 (Rev. 1-1991) Codex Alimentarius Volume 1) the following specific provision applies:

7.5.1 Information on labelling as specified above shall be given either on the container or in accompanying documents, except that the name of the product, lot identification, and the name and address of the manufacturer or packer shall appear on the container.

7.5.2 Lot identification, and the name and address of the manufacturer or packer may be replaced by an identification mark, provided that such a mark is clearly identifiable with the accompanying documents.

7.5.3 Outer containers holding prepackaged foods in small units (see the General Standard) shall be fully labelled.

8. METHODS OF ANALYSIS AND SAMPLING

See Codex Alimentarius Volume 13.

ประวัติผู้ศึกษา

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวดาวส่อง สุขแจ่ม

วัน เดือน ปีที่เกิด 3 มิถุนายน 2536

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่163 หมู่บ้านธารารมณ์ ซอยรามคำแหง 43/1
ถนนรามคำแหง เขต/แขวงวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเทพลีลา	2547
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพลีลา	2550
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเทพลีลา	2553

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวนันท์ธนัตถ์ มณีจันสุข
วัน เดือน ปีที่เกิด 31 มกราคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่484/5 หมู่ 4 ซอยประชาอุทิศ 17
แยก 6-1 ถนนประชาอุทิศ แขวง/เขตราษฎร์บรูณะ กทม. 10140

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลเวียงเชียงรุ้ง	2547
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเวียงเชียงรุ้งวิทยาคม	2550
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเวียงเชียงรุ้งวิทยาคม	2553