การผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

Production of Canned Mangosteen in Syrup

สิรินทร์ ขันตี

Sirin Khantee

เลขหมู่ TP441.M3Y สิน 2540 ค.2
Order Key 28965
Bib Key 137590
19 ก.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2540

ชื่อวิทยานิพนธ์	การผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง
ผู้เขียน	นางสาวสิรินทร์ ขันตี
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์)

.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์)

.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....กรรมการ
(ดร.ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง
ผู้เขียน	นางสาวสิรินทร์ ขันตี
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2540

หลักฐานคุณหญิงพจน์ ชวลาศัยพันธุ์
พระราชทานเมื่อวันที่ 19 ก.ค. 2543

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของชิ้นมังคุด โดยเปรียบเทียบการแช่ก่อนการบรรจุกระป๋องในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตที่ความเข้มข้นและเวลาต่างกัน พบว่าการแช่ชิ้นมังคุดกลีบเล็กในสารละลายแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 5 นาที และการแช่ชิ้นมังคุดกลีบใหญ่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อของชิ้นมังคุดให้มากขึ้น สำหรับสูตรน้ำเชื่อมที่เหมาะสม พบว่าน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 30 °บริกซ์ ผสมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 และกรดซิตริกร้อยละ 0.1 เป็นสูตรน้ำเชื่อมซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด นำชิ้นมังคุดซึ่งผ่านการแช่ในสารละลายปรับปรุงเนื้อสัมผัสมาบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307x409 เติมน้ำเชื่อมสูตรดังกล่าวแล้วนำไปต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ น้ำเดือด และน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ามังคุดที่ต้มในน้ำเดือดทั้งกลีบเล็กและกลีบใหญ่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยใช้เวลา 20 และ 23 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์มีค่า F (T=197.62 °F, Z= 15 °F) เป็น 1.23 และ 1.10 สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ

การศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Q_{10} พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเป็น 21.18 และ 104.88 สัปดาห์ สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 เดือน พบว่ามีสีเหลืองมากขึ้น คุณภาพทางเคมีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบรวมเปลี่ยนแปลงด้อยลง แต่ผู้บริโภคยังคงยอมรับในระดับชอบเล็กน้อย

Thesis Title	Production of Canned Mangosteen in Syrup
Author	Miss Sirin Khantee
Major Program	Food Technology
Academic Year	1997

Abstract

The effects of added calcium chloride or lactate salt at different concentrations and soaking times before canning on firmness of canned mangosteen were studied. The optimum condition for seedless mangosteen and mangosteen with seed was soaking in 0.75% calcium lactate solution with 0.5% citric acid for 5 min and soaking in 0.75% calcium chloride solution with 0.5% citric acid for 10 min, respectively. The highest acceptable packed syrup was sucrose syrup 30 $^{\circ}$Brix (cut out brix) with 0.2% calcium chloride and 0.1% citric acid. The treated mangosteen was packed in 307x409 enamel can, filled with syrup and then processed in retort 106 $^{\circ}$C or in boiling water or in water 92 $^{\circ}$C until cold point was reached 92 $^{\circ}$C for 1 min. Organoleptic evaluation of canned mangosteen by taste panel showed that the most acceptable products were obtained from canned mangosteen processed in boiling water for 20 and 23 min for seedlees mangosteen and mangosteen with seed, respectively. The F value (T= 197.62 $^{\circ}$F, Z= 15 $^{\circ}$F) of the products were 1.23 for seedlees mangosteen and 1.10 for mangosteen with seed.

Shelf life prediction by Q_{10} method indicated that product can be kept safety at ambient temperature for 21.18 and 104.88 weeks for seedless mangosteen and mangosteen with seed, respectively. The product was stored at ambient temmperature for 5 month. The color of canned mangosteen was slowly changed to yellow. Chemical properties were slightly decreased while organoleptic properties i.e. appearance, color and overall acceptability were inferior. However the quality of the product was still acceptable.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.ไพศาส วุฒิจำนงค์ และอาจารย์พิทยา อดุลยธรรม กรรมการที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง และขอขอบพระคุณ ดร.ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ "โครงการวิจัยและพัฒนาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปมังคุด" ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนตลอดจนเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัย คุณหทัยทิพย์ ชูวิจิตร และเจ้าหน้าที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย รวมทั้งนักศึกษาปริญญาโททุกท่านที่ช่วยเหลือในการทดสอบชิม

ขอขอบคุณบริษัทคาร์โนด์เมตัลบอกซ์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์กระป๋องเพื่อการวิจัย บริษัททรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่อำนวยความสะดวกสถานที่สำหรับการทดลอง

สุดท้ายผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่สนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญ และคุณสมคิด รัตนพันธ์ ที่ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีมาตลอด

สิรินทร์ ขันตี

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ.....(3)

Abstract.....(4)

กิตติกรรมประกาศ.....(5)

สารบาญ.....(6)

รายการตาราง.....(7)

รายการตารางผนวก.....(9)

รายการภาพ.....(10)

บทที่

1. บทนำ.....1

บทนำต้นเรื่อง.....1

ตรวจเอกสาร.....2

วัตถุประสงค์.....27

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ.....28

3. ผลและวิจารณ์.....37

4. สรุป.....78

เอกสารอ้างอิง.....80

ภาคผนวก.....89

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ.....89

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....95

ภาคผนวก ค การคำนวณค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง.....100

ภาคผนวก ง การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Q_{10}.....117

ประวัติผู้เขียน.....118

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1 องค์ประกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัมส่วนที่บริโภคได้....3

2 แบคทีเรียสำคัญที่พบในอาหารกระป๋องและค่าความทนทานต่อความร้อน....22

3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลไม้กระป๋องชนิดต่างๆ ที่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409....23

4 ดัชนีที่ใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษา และค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องชนิดต่างๆ....26

5 ชุดการทดลองผลของแคลเซียมคลอไรด์ เวลาที่ใช้แช่ในสารละลายผสม และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส....31

6 ชุดการทดลองผลของแคลเซียมแลคเตต เวลาที่ใช้แช่ในสารละลายผสม และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส....32

7 ชุดการทดลองพัฒนาสูตรน้ำเชื่อม....34

8 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของมังคุดที่ใช้ในงานวิจัย....38

9 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อ ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมังคุดกระป๋องกลีบเล็ก....39

10 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อ ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมังคุดกระป๋องกลีบใหญ่....40

11 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อ ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมังคุดกระป๋องกลีบเล็ก....48

12 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อ ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมังคุดกระป๋องกลีบใหญ่....49

13 รายละเอียดการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตต ต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก และกลีบใหญ่....54

14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง ที่ผ่านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในสภาวะต่างๆ....56

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

15 อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตต ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่.....58

16 อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตต ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่.....60

17 เวลาในการฆ่าเชื้อและค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในสภาวะต่างกันจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที.....64

18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน.....68

19 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง.....69

20 คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง.....71

21 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน.....76

22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน.....77

รายการตารางผนวก

ตารางผนวกที่ หน้า

1 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที 101

2 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที 102

3 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที 104

4 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที 106

5 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที 108

5 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที 112

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	6
2	โครงสร้างโมเลกุลของเพคตินซึ่งกลุ่มคาร์บอกซิลบางส่วนถูกแทนที่ด้วยกลุ่มเมทธอกซิล	9
3	ผลของความร้อนต่อความแน่นเนื้อของแครอทบรรจุกระป๋อง	10
4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงเฉือนและพีเอชของเนื้อเยื่อมันฝรั่ง	11
5	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช ปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ และค่าแรงเฉือนของเนื้อเยื่อมันฝรั่ง	12
6	การเกิดพันธะไขว้ระหว่างแคลเซียมอิออนและคาร์บอกซิลิกอิออน	13
7	อิทธิพลของพีเอชและแคลเซียมต่อความแน่นเนื้อของแครอทก่อนและหลังการแปรรูป	15
8	ผลของแคลเซียมและน้ำตาลซูโครสต่อความแน่นเนื้อของถั่วบรรจุกระป๋อง	16
9	ขั้นตอนในการพิจารณาตัดสินกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	20
10	ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก	44
11	ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่	44
12	ผลของเวลาการแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก	45
13	ผลของเวลาการแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่	45
14	ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก	46
15	ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่	46

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

16 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก....50

17 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่....50

18 ผลของเวลาการแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก....52

19 ผลของเวลาการแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่....52

20 ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผสของมังคุดกลีบเล็ก....53

21 ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผสของมังคุดกลีบใหญ่....53

22 Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที....65

23 Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือด จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที....66

24 Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที....67

25 ลักษณะผลิตภัณฑ์มังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง....70

26 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กในระยะ 6 สัปดาห์....74

27 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมังคุดกระป๋องกลีบใหญ่ในระยะ 8 สัปดาห์....74

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

มังคุดเป็นผลไม้เขตร้อนที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคสูงชนิดหนึ่ง เพราะมีลักษณะและสีสันสวยงาม มีรสหวานอมเปรี้ยว กลิ่นหอมชวนรับประทานจนได้รับการขนานนามว่า "ราชินีแห่งผลไม้" (Queen of Fruit) นอกจากการบริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศในรูปของผลสดและแช่เยือกแข็ง โดยมีตลาดที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ยุโรป ไต้หวัน ฮ่องกง และญี่ปุ่น การส่งออกในรูปผลสดประสบปัญหาอายุการเก็บรักษาสั้น และวัตถุดิบด้อยคุณภาพ ส่วนการส่งออกมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งผลต้องคัดเลือกผลที่มีคุณภาพดีได้มาตรฐานอุตสาหกรรม คือ น้ำหนักผลไม่ต่ำกว่า 80 กรัมต่อผล ผิวสะอาดสีม่วงอมแดงตามธรรมชาติ เนื้อภายในมีสีขาวนวล ไม่มีอาการเนื้อช้ำ เนื้อแก้วหรือยางซึม มังคุดที่ผลิตได้ในปัจจุบัน พบว่ามีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานประมาณร้อยละ 45-50 คือ มีขนาดผลเล็ก ผิวกร้าน เปลือกแข็ง เนื้อภายในผลช้ำและเป็นเนื้อแก้ว (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ, 2530) จึงควรนำเนื้อมังคุดส่วนที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า

เทคโนโลยีการแปรรูปอาหารบรรจุในภาชนะปิดสนิทและฆ่าเชื้อด้วยความร้อนได้รับการพัฒนามายาวนานโดยเฉพาะอาหารบรรจุกระป๋อง ข้อดีของอาหารบรรจุกระป๋อง คือ มีอายุการเก็บรักษานานแต่ละครั้งสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก และขนส่งสะดวก ผลไม้กระป๋องที่ผลิตจากประเทศไทยเป็นที่ชื่นชอบของชาวต่างประเทศ สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ผลไม้กระป๋องที่ส่งออกในปัจจุบัน ได้แก่ สับปะรดกระป๋อง ลิ้นจี่กระป๋อง ลำใยกระป๋อง และเงาะกระป๋อง เป็นต้น การผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องซึ่งมีความเป็นไปได้ในระดับอุตสาหกรรมจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องออกสู่ตลาด

งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งหมายที่จะพัฒนากรรมวิธีการผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์เนื้อมังคุด ลดปริมาณของเสีย และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการใช้ความร้อนในการแปรรูปผลไม้ทำให้ผลไม้สูญเสียกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสตามธรรมชาติ สิ่งสำคัญที่ต้องมุ่งเน้นในการพัฒนาการผลิตผลไม้กระป๋อง คือ การปรับปรุงรักษากลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของผลไม้ให้มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับ

ตรวจเอกสาร

1. มังคุด

1.1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมังคุด

มังคุด (mangosteen) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae ลักษณะลำต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ทรงต้นกลมใบหนาทึบสีเขียวแก่ ต้นโตเต็มที่สูง 10-25 เมตร เจริญเติบโตช้า อายุ 7-10 ปี ระยะเวลาการให้ผลขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลักษณะผลมังคุดเป็นผลแบบเบอรี่ ผลทรงกลมแป้นเปลือกหนา ผลอ่อนเปลือกมีสีเขียว มียางสีเหลือง เมื่อสุกจัดเปลือกกลายเป็นสีม่วงดำ เนื้อภายในสีขาวนวล กลิ่นหอมชวนรับประทาน รสหวานอมเปรี้ยว แบ่งเป็นกลีบประมาณ 4-7 กลีบ มีเมล็ดที่เจริญสมบูรณ์ 1-3 เมล็ดต่อผล (หลวงบุเรศบำรงการ, 2518 ; ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532 ; กวิศร์ วานิชกุล, 2536 ; Martin, 1980)

ถิ่นกำเนิดมังคุดอยู่ในมาลายู เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นมีฝนตกชุก ปลูกกันแพร่หลายในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย การปลูกมังคุดเชิงการค้าในประเทศไทยพบมากในพื้นที่ภาคตะวันออกและภาคใต้ มังคุดที่ปลูกกันในปัจจุบันมีอยู่เพียงสายพันธุ์เดียว คือ พันธุ์พื้นเมือง และไม่มีการกลายพันธุ์ โดยทั่วไปมังคุดออกผลปีละครั้ง เนื่องจากความแตกต่างของภูมิอากาศและพื้นที่ปลูก ทำให้ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวมังคุดแตกต่างกัน โดยมังคุดทางภาคตะวันออกจะเก็บผลได้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม และทางภาคใต้เก็บผลได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ตุลาคม จึงทำให้มีช่วงการจำหน่ายมังคุดยาวนานถึง 6 เดือน (ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532 ; กวิศร์ วานิชกุล, 2536)

1.2 ประโยชน์ของมังคุด

การบริโภคและจำหน่ายมังคุดในรูปผลสดมีตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ นอกจากนี้มีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้แก่ มังคุดแช่เยือกแข็ง มังคุดกระป๋อง และมังคุดกวน (ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532) เนื้อและเมล็ดสามารถนำมาเชื่อมด้วยน้ำตาลสำหรับราดหน้าไอศครีมหรือเชอร์เบต เนื่องจากเมล็ดจะให้กลิ่นหอมของถั่ว (nutty flavor) (Ochase, *et al.*, 1961) ส่วนเปลือกของมังคุดมีสารแอนโธไซยานินส์ในปริมาณสูงจัดเป็นแหล่งสีธรรมชาติที่มีราคาถูก สามารถนำมาผลิตเชิงการค้าได้ (วรรณา ตุลยธัญ และคณะ, 2532) นอกจากนี้เปลือกมังคุดยังมีคุณสมบัติเป็นสมุนไพรบรรเทาอาการท้องเสียหรือบิด (ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532) และสามารถสกัดสารกันหืนธรรมชาติ (natural antioxidant) ซึ่งมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับ BHA ได้จากเปลือกมังคุด (Yoshikawa, *et al.*, 1994)

1.3 คุณค่าทางอาหารของมังคุด

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในปริมาณสูง โดยมากอยู่ในรูปของน้ำตาล มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 19.8 องศาบริกซ์ น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.3 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 17.5 โดยมีน้ำตาลหลักคือ ฟรุกโตส กลูโครส และซูโครส องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศ (Martin, 1980 ; Cornel, 1983)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัมส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (แคลอรี่)	76.0
ความชื้น (กรัม)	79.2
โปรตีน (กรัม)	0.5
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	18.4
เยื่อใย (กรัม)	1.7
เถ้า (กรัม)	0.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	11.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	17.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.9
ไทอะมิน (มิลิกรัม)	0.09
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.06
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.1
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	2.0*

ที่มา : Horticultural Crop Promotion Division (1993)

* ที่มา : Intengen และคณะ (1968)

1.4 การเก็บเกี่ยวมังคุด

ระยะหลังจากติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลมังคุดได้ใช้เวลา 11-12 สัปดาห์ เมื่อผลแก่จะเกิดจุดประสีม่วงแดงกระจายอยู่บนผิวเปลือก ซึ่งเรียกว่าเริ่มเป็นสายเลือด จากนั้นสีม่วงแดงจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนผลสุกเต็มที่สีของเปลือกมังคุดจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ ระยะเวลาที่มังคุดเริ่มเปลี่ยนสีจนสุกเต็มที่ใช้เวลา 7 วัน สำหรับการเก็บเกี่ยวจะเริ่มเก็บได้ตั้งแต่เปลือกเริ่มเปลี่ยนสี โดยมังคุดเปลี่ยนสีแล้ว 2 วัน จะเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อการค้า (ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532)

วิธีการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อคุณภาพของผลมังคุด หากวิธีการเก็บเกี่ยวและเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมจะทำให้กระทบกระแทก เปลือกช้ำแข็งบิไม่ออก ส่วนเปลือกด้านในจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงและลามถึงเนื้ออย่างรวดเร็ว การเก็บเกี่ยวมังคุดมีหลายวิธี โดยต้องระวังไม่ให้ผลตกลงมากระแทก

1. ใช้แรงงานคนปีนขึ้นไปเก็บใส่ถุงหรือตะกร้า วิธีนี้จะมีการสูญเสียน้อย แต่สิ้นเปลืองเวลาและแรงงานสูง

2. การเก็บเกี่ยวโดยใช้ตะกร้อ (แบบถุงกาแฟมีเขี้ยว) ซึ่งออกแบบโดยคุณนิวัฒน์ พันชั่ว แห่งสวนลุงสน จังหวัดระยอง มีอัตราการเก็บเกี่ยว 360 ผลต่อชั่วโมง ความสูญเสีย 9.52 %

3. ใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุด กวศ. 4 ซึ่งออกแบบโดยกองวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร มีอัตราการเก็บเกี่ยว 501 ผลต่อชั่วโมง ความสูญเสีย 0 % เนื่องจากไม่มีผลหล่นนอกอุปกรณ์ (กองส่งเสริมพืชสวน, 2534)

1.5 มาตรฐานเพื่อการส่งออกมังคุดสู่ตลาดต่างประเทศ

1. การจำหน่ายในรูปผลสด มังคุดสดต้องมีผิวสะอาด ปราศจากร่องรอยการทำลายของแมลง ขนาดของผลประมาณ 70-100 กรัม ต้องเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระยะสายเลือด บรรจุกล่อง ขนส่งทางเครื่องบิน ตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ ยุโรป สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง

2. การจำหน่ายในรูปผลแช่เยือกแข็ง ต้องใช้มังคุดผลขนาดผลประมาณ 90 กรัมขึ้นไป ลักษณะผิวผลสะอาด ปราศจากร่องรอยการทำลายของแมลงและโรค ตลาดที่สำคัญสำหรับมังคุดแช่เยือกแข็ง ได้แก่ ญี่ปุ่น

3. การจำหน่ายในรูปมังคุดกระป๋องซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ มีปริมาณการส่งออกน้อย มังคุดที่นำมาผลิตมีขนาดเล็ก น้ำหนักประมาณ 40 กรัมต่อผล บรรจุในน้ำเชื่อมเข้มข้น 18-22 องศาบริกซ์ ตลาดที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรปและ ไต้หวัน (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ, 2530 ; กรมการค้าภายใน, 2530)

มังคุดที่ผลิตได้ในปัจจุบันมีขนาดผลเล็ก ผิวกร้านและมีร่องรอยการทำลายของแมลง เช่น เพลี้ยไฟ ไรแดง กลีบเลี้ยงมีแมลง เช่น มดดำ หรือ เพลี้ยแป้งอาศัยอยู่ นอกจากนี้ปัญหาที่พบมาก ได้แก่ เปลือกแข็ง ผิวผลแตก ยางไหลภายในผล หรือ มียางซึมอยู่บริเวณกลีบและไส้กลาง ยางไหลที่ผิว ผลบุบ เนื้อแก้ว เนื้อภายในผลช้ำ และการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อรา ทำให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีมีเพียงร้อยละ 55 (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ, 2530 ; กรมการค้าภายใน, 2530)

2. ผลไม้กระป๋อง

กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องอาศัยหลักการให้ความร้อนกับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม จนสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค รวมถึงเอนไซม์ต่างๆ ในอาหารได้ อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วนี้ไม่ปะปนด้วยจุลินทรีย์จากภายนอกจึงสามารถถนอมรักษาไว้ได้ (Lopez, 1981)

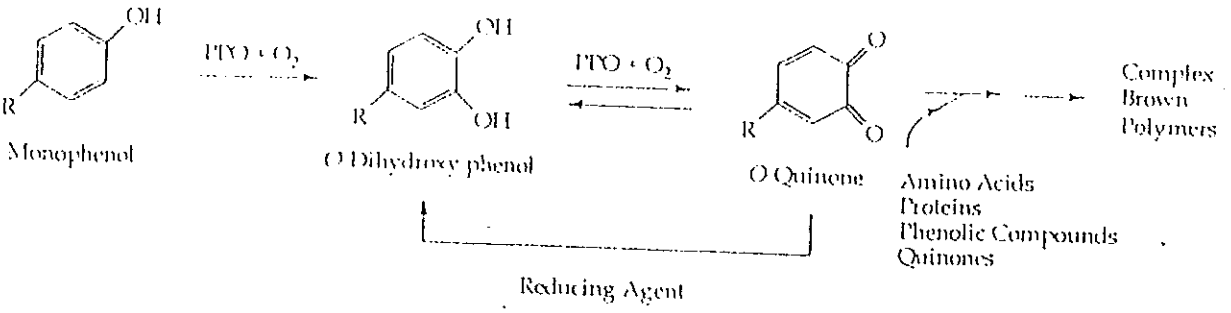
การผลิตผลไม้กระป๋องประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

2.1 การเตรียมวัตถุดิบก่อนการบรรจุกระป๋อง

ผลไม้ที่นำมาบรรจุกระป๋อง มักเก็บเกี่ยวในระยะที่แก่ถึงแก่จัด ซึ่งเป็นระยะที่มีสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสดี การเตรียมวัตถุดิบให้เหมาะสมก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปต่อไป ได้แก่ การล้างทำความสะอาด การคัดขนาด การปอกเปลือก เจาะแกน ตัดแต่งเป็นชิ้นตามที่ต้องการ ซึ่งแตกต่างตามวัตถุประสงค์และชนิดวัตถุดิบ

1. การป้องกันและยับยั้งปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

เมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้ถูกทำลายในระหว่างกระบวนการแปรรูป สารประกอบโมโนฟีนอล ในสภาวะที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส (Polyphenol oxidase : PPO) และออกซิเจน ถูกออกซิไดซ์กลายเป็นสารออโธคิวโนน และสารออโธคิวโนนทำปฏิกริยากับสารประกอบ ฟีนอลิก กรดอะมิโน และสารประกอบอื่นกลายเป็นสารประกอบสีน้ำตาล (Vamos-Viggyazo, 1981 ; McEvily, *et al.*, 1992) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ที่มา : McEvily และคณะ (1992)

Langdon (1987) รายงานว่าในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ต้องประกอบด้วยออกซิเจน เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส อนุมูลทองแดง และสารตั้งต้น ได้แก่ สารฟีนอล ดังนั้นการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจึงอาจทำได้โดยการขัดขวางการรวมตัวของสารเหล่านี้ ซึ่งอาจทำได้โดยการแช่ผักผลไม้ที่ตัดแต่งแล้วในน้ำ น้ำเชื่อม หรือ น้ำเกลือ ทันที เพื่อป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจน การใช้ความร้อนในการลวกเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส แต่มีผลทำให้ผลไม้สูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติ และเนื้อสัมผัสนิ่ม ดังนั้นวัตถุเจือปนอาหารจึงถูกนำมาใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล วัตถุเจือปนอาหารที่นิยมใช้ ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ สารจับอนุมูลโลหะเพื่อจับอนุมูลทองแดงซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อพืชตามธรรมชาติ สารประกอบที่เป็นตัวรีดิวซ์ซึ่งรีดิวซ์สารออโธคิวโนนกลายเป็นสารไดไฮดรอกซีฟีนอลิก (ภาพที่ 1) และสารประกอบกลุ่มคิวโนน เช่น ซีสเตอีน (Sapers, 1993)

สารประกอบซัลเฟอร์เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่ใช้ในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟท์ โซเดียมไบซัลไฟท์ โพแตสเซียมไบซัลไฟท์ และโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลสูงโดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และขัดขวางการรวมตัวของสารสีน้ำตาล (Sayavedra-Soto and Montgomery, 1986 ; Taylor, *et al.*, 1986) แต่ซัลไฟท์มีผลเสียต่อสุขภาพเนื่องจากก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ FDA

(1988) จึงประกาศห้ามใช้ในผักผลไม้สด อาหารที่มีการเติมสารประกอบซัลไฟท์และอนุพันธ์ในปริมาณ 10 พีพีเอ็มขึ้นไป ต้องระบุบนฉลากบอกปริมาณซัลไฟท์ที่มีอยู่

สารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ ได้แก่ กรดอินทรีย์ เป็นวัตถุเจือปนอาหารอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล กรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก และกรดแอสคอร์บิก นอกจากนี้กรดยังเป็นตัวจับอนุมูลโลหะ และทำให้พีเอชของสารละลายลดลงจนไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่ง Langdon (1987) รายงานว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์อยู่ในช่วง 5-7 และที่พีเอชต่ำกว่า 3.0 เอนไซม์หยุดกิจกรรมโดยสิ้นเชิง สอดคล้องกับการทดลองของ Zemel และคณะ (1990) ซึ่งพบว่าการลดพีเอชของน้ำแอปเปิ้ลให้ต่ำกว่า 3.0 มีผลหยุดชะงักกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ภายใน 0.75 ชั่วโมง เวลาที่ใช้ในการหยุดชะงักการทำงานของเอนไซม์จะแปรผันตามพีเอชที่ต่ำลง แต่การลดพีเอชของน้ำแอปเปิ้ลถึง 2.0 จะมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจากมีรสขมที่ชัดเจน

กรดแอสคอร์บิกเป็นสารรีดิวซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ แต่การเติมกรดแอสคอร์บิกต้องใช้ในปริมาณที่มากพอจึงจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยอาจเติมลงในน้ำเชื่อมหรือแช่ผลไม้ลงในสารละลายกรดก่อนนำไปแปรรูป นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกมีความสามารถในการช่วยจับออกซิเจน จึงมีประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทที่ยังมีอากาศหลงเหลืออยู่บ้าง จากการทดลองของ Cort (1974) พบว่าในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องต้องใช้กรดแอสคอร์บิกถึง 7 กรัม เพื่อไปจับแต่ละมิลลิลิตรของอากาศที่หลงเหลืออยู่ในช่องว่างเหนือระดับอาหารภายในกระป๋อง อย่างไรก็ตามปริมาณกรดที่ต้องใช้นั้นแปรผันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความเป็นกรดด่างของอาหาร และอุณหภูมิ

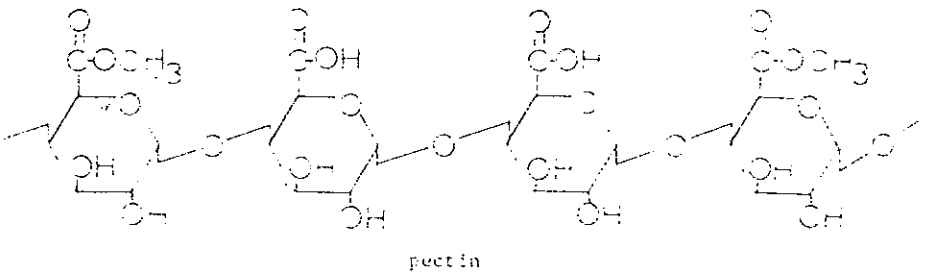
กรดแอสคอร์บิกมีราคาสูงและมีความคงตัวต่ำจึงมีการทดลองใช้สารอนุพันธ์ของกรดแอสคอร์บิก เช่น กรดอีริกธอบิก (erythorbic acid) โดย Sapers และ Ziolkowski (1987) ทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้กรดแอสคอร์บิกและกรดอีริกธอบิก พบว่ากรดแอสคอร์บิกมีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลได้ดีกว่ากรดอีริกธอบิก แต่ในน้ำแอปเปิ้ลกรดอีริกธอบิกมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดีเช่นเดียวกับการใช้กรดแอสคอร์บิก Sapers และคณะ (1989) รายงานว่าการใช้กรดแอสคอร์บิก-2-ฟอสเฟต (ascorbic-2-phosphates) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ตัวหนึ่งของกรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ล Sapers และ Miller (1992) พบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2.5 ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก-2-ฟอสเฟตร้อยละ 1.9 และกรดแอสคอร์บิกไตรโพลีฟอสเฟต (ascorbic tripolyphosphate) ร้อยละ 1.5 สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้มีการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดอินทรีย์ชนิดอื่น เช่น กรดซิตริก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารจับอนุมูลทองแดงที่จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และการใช้ร่วมกับเกลือแคลเซียม โดยเฉพาะแคลเซียมคลอไรด์สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้แต่มีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ (Vamos-Viggyago, 1981) จากการศึกษาของ Langdon (1987) ซึ่งทดลองแช่ชิ้นมันฝรั่งในสารละลายผสมของกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกเป็นเวลา 1 นาที เพื่อทดแทนการใช้สารประกอบซัลไฟท์ พบว่าสามารถควบคุมปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาล และรักษาสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสได้ดีเช่นเดียวกับการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ Borenstein (1987) รายงานว่าการแช่แอปเปิ้ล ผักกาดหอม กระหล่ำปลี และ มันฝรั่ง ในสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2-3 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.1-0.3 เป็นเวลา 3 นาที สามารถป้องกันเกิดสีน้ำตาลได้ และนอกจากนี้ยังพบว่าการแช่ชิ้นแอปเปิ้ลในสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.5 กรดซิตริกร้อยละ 0.5 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.0 และ แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ สำหรับการศึกษาการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อมังคุด ชื่นใจ ศรีพงศ์พันธุ์กุล (2533) ได้ทำการศึกษาในมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งผล พบว่าการแช่มังคุดในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 และกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 1 นาที สามารถยับยั้งการเปลี่ยนสีและรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุดได้ดี

2. การรักษาเนื้อสัมผัสของผลไม้

การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของผลไม้เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสารเพคติน ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน พบในส่วนมิดเดลลาเมลลาและผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อพืช องค์ประกอบหลักประกอบด้วย (1→4)-α-D-galac- turonopyranosyl unit ซึ่งคาร์บอนตัวที่หกในโครงสร้างโมเลกุลถูกออกซิไดส์เป็นกลุ่มคาร์บอกซิล

ผลไม้ที่ยังอ่อนหรือห่ามจะพบสารเพคตินในรูปของโปรโตเพคติน (protopectin) โปรโตเพคตินเป็นสารต้นกำเนิดของเพคตินชนิดต่างๆ โปรโตเพคตินมีคุณสมบัติที่สำคัญคือไม่ละลายน้ำ จึงทำให้ผลไม้มีความแน่นเนื้อสูง เนื้อสัมผัสแข็งกรอบ ในโครงสร้างโมเลกุลของโปรโตเพคติน พบว่ากลุ่มคาร์บอกซิลบางส่วนถูกแทนที่ด้วยกลุ่มเมทธอกซิล (CH_3O) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างโมเลกุลของเพคตินซึ่งกลุ่มคาร์บอกซิลบางส่วนถูกแทนที่ด้วยกลุ่มเมทธอกซิล

ที่มา : Whistler และ Daniel (1990)

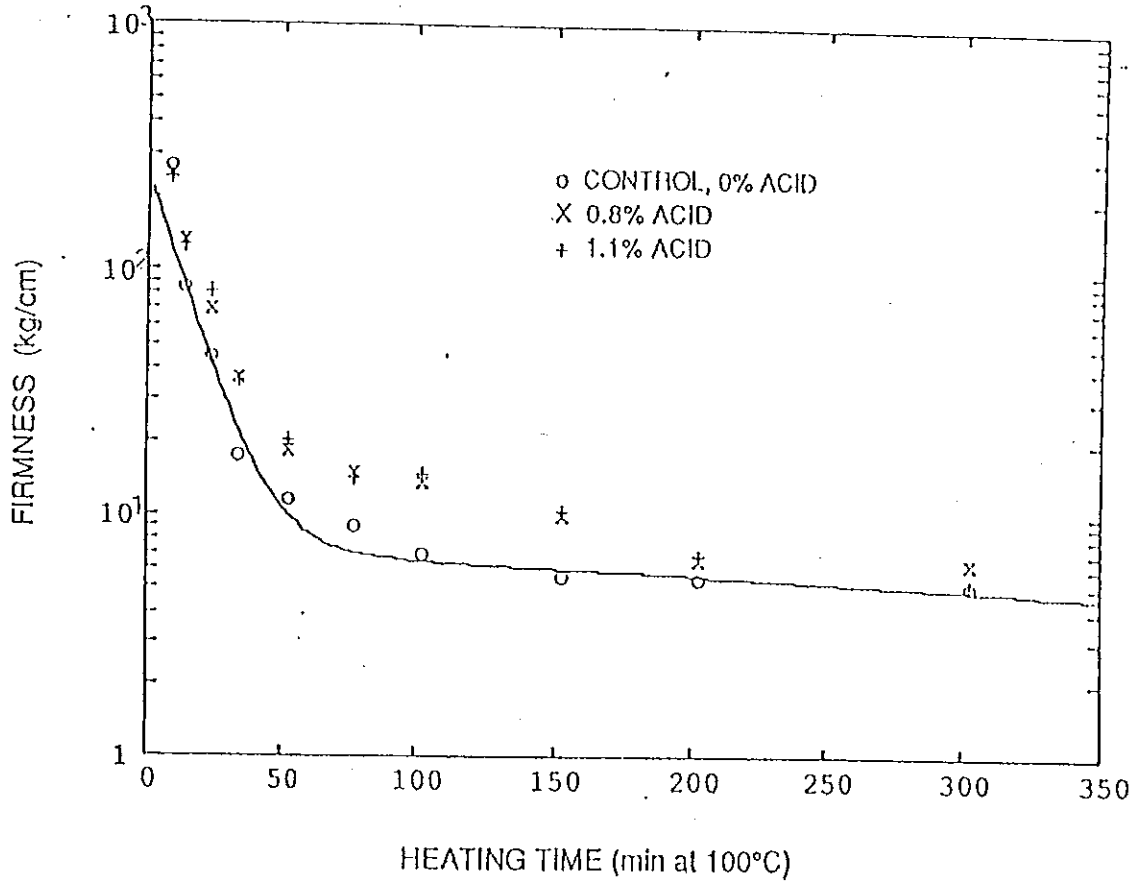
จากภาพที่ 2 กลุ่มคาร์บอกซิลในโมเลกุลของเพคตินถูกแทนที่ด้วยกลุ่มเมทธอกซิล ซึ่งปริมาณของกลุ่มเมทธอกซิลใช้เป็นตัววัด degree of esterification (DE) และบอกถึงจำนวนของกลุ่มคาร์บอกซิลที่ถูกแทนที่ โดยการคำนวณเป็นร้อยละของจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกแทนที่ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมด

โปรโตเพคตินถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์โปรโตเพคติเนส (protopectinase) เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เรส (pectinmethyesterase) และโพลีกาแลคทูโรเนส (polygalacturonase) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้มีการทำงานที่แตกต่างและต่อเนื่องกัน โดยเอนไซม์โปรโตเพคติเนสย่อยสลายโปรโตเพคตินเป็นกรดเพคตินิกซึ่งสามารถละลายน้ำได้ เรียกกรดเพคตินิกที่ละลายน้ำได้ว่าเพคตินกลุ่มเมทธอกซิลต่ำ เอนไซม์เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เรสสามารถกำจัดกลุ่มเมทธอกซิลออกจากโมเลกุลของกรดเพคตินิกกลายเป็นกรดเพคติก ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นกรดโพลีกาแลคทูโรนิกและไม่มีกลุ่มเมทธอกซิลอยู่ในโมเลกุล จากนั้นเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรนิกไฮโดรไลซ์กรดเพคติกกลายเป็นโมเลกุลย่อยของกรดกาแลคทูโรนิก การทำงานของเอนไซม์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในระยะผลไม้เริ่มสุกทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้เปลี่ยนแปลง ความแน่นเนื้อลดลงตามระยะเวลาการสุก (Whistler and Daniel, 1990)

เมื่อผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน พบว่าความแต่งของเซลล์และอากาศภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ลดลง สารเพคตินในผนังเซลล์ถูกย่อยสลายส่งผลให้ผนังเซลล์อ่อนตัวลง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในเซลล์ลดลง เซลล์แยกออกจากกัน ความแน่นเนื้อจึงลดลง (Aguiler and Stanley, 1990)

Kanujoso และ Luh (1967) ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของพืชกระป๋องว่า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรโตเพคตินเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ โดยปริมาณโปรโตเพคตินในผลพืชหลังจากการฆ่าเชื้อลดลง และปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ในน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้น

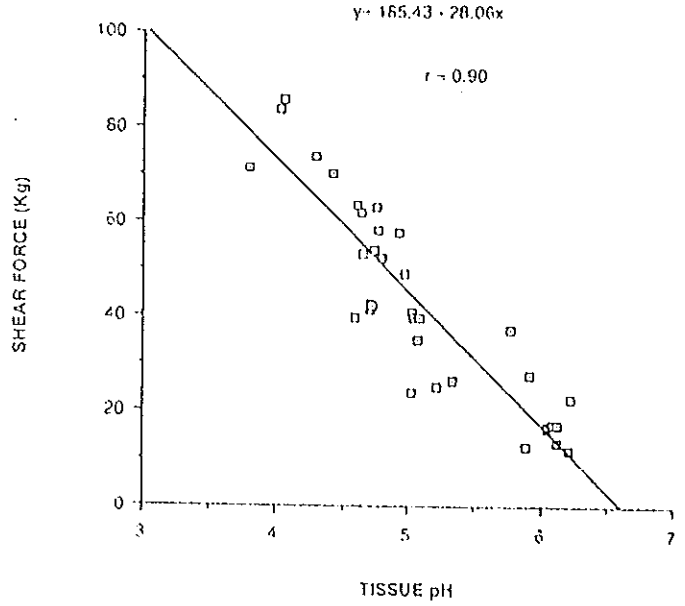
Heil และ McCarthy (1989) ศึกษาอิทธิพลของความร้อนและความเป็นกรดต่อความแน่นเนื้อของแครอทในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง สรุปว่าเมื่อเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น ความแน่นเนื้อของแครอทลดลง (ภาพที่ 3) และเมื่อความเป็นกรดของน้ำเกลือสูงขึ้น ทำให้ความแน่นเนื้อของแครอทเพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 3 ผลของความร้อนต่อความแน่นเนื้อของแครอทบรรจุกระป๋อง

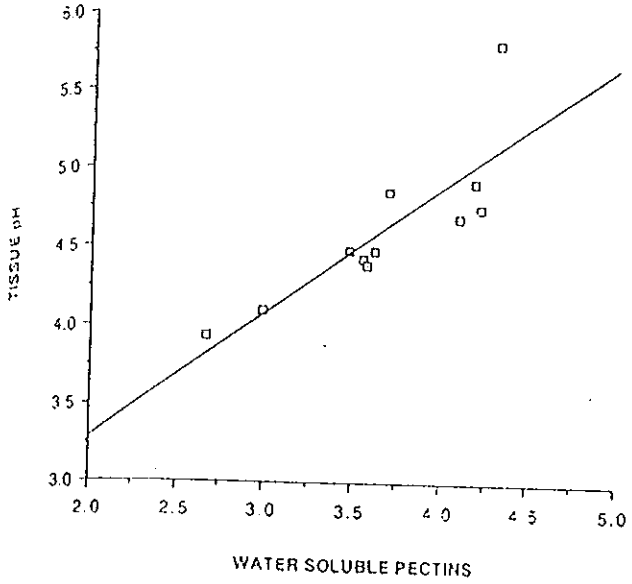
ที่มา : Heil และ McCarthy (1989)

Walter และคณะ (1992) ทดลองลดพีเอชของมันฝรั่งก่อนการลวก พบว่าเมื่อมันฝรั่งมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ความแน่นเนื้อสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ดังภาพที่ 4 และเสนอว่ามันฝรั่งที่มีความแน่นเนื้อสูงมีปริมาณสารเพคตินที่ละลายได้น้อย สอดคล้องกับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนของมิเดลลาเมลลาของเนื้อเยื่อมันฝรั่งที่แช่ในสารละลายพีเอชต่ำถูกทำลายน้อยกว่าเมื่อแช่ในสารละลายพีเอชสูง ปริมาณสารเพคตินที่ละลายน้ำลดลงเมื่อพีเอชลดลง (ภาพที่ 5 ก) และความแน่นเนื้อของมันฝรั่งสูงขึ้นเมื่อปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ลดลง (ภาพที่ 5 ข) ทั้งนี้เนื่องจากพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เลสอยู่ในช่วง 7.5-8.0 (Hudson and Buescher, 1986) ดังนั้นการลดพีเอชจึงเป็นการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ และลดปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ การลดพีเอชอาจทำได้โดยการแช่ในกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก เป็นต้น

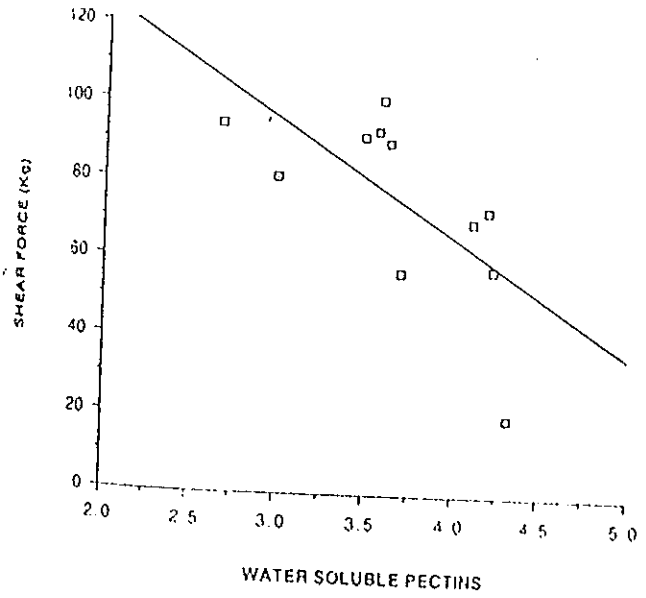


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงเฉือนและพีเอชของเนื้อเยื่อมันฝรั่ง

ที่มา : Walter และคณะ (1992)



(ก)

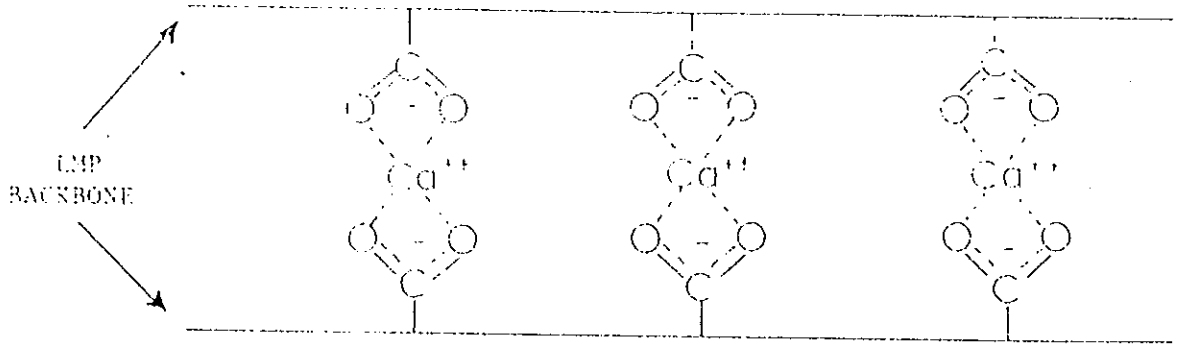


(ข)

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชและปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ (ก) และค่าแรงเฉือนของเนื้อเยื่อมันฝรั่งและปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ (ข)

ที่มา : Walter และคณะ (1992)

Hudson และ Buescher (1986) พบว่าการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณกลุ่มเมทธอกซิลในโมเลกุลเพคติน เมื่อกลุ่มเมทธอกซิลถูกแยกออกไปทำให้กลุ่มคาร์บอกซิลมีความอิสระมากขึ้น อิออนประเภทไดวาเลนซ์ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม สามารถเข้ามาทำปฏิกริยาเกิดพันธะไขว้กับกลุ่มคาร์บอกซิลอิสระในโมเลกุลเพคตินกลุ่มเมทธอกซิลต่ำ (ภาพที่ 6) กลายเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตตซึ่งไม่ละลายน้ำ ทำให้โครงสร้างเซลล์แข็งแรงและความแน่นเนื้อสูงขึ้น (Baranowski, 1990 ; Whister and Daniel, 1990) นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมอิออนขัดขวางการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เรสได้โดยตรง



ภาพที่ 6 การเกิดพันธะไขว้ระหว่างแคลเซียมอิออนและคาร์บอกซิลิกอิออน
ที่มา : Whistler และ Daniel (1990)

การใช้เกลือแคลเซียมสามารถทำได้โดยการแช่ในขั้นตอนหลังการปอกเปลือก หั่น หรือลวกก่อนการบรรจุกระป๋อง หรือเติมลงในน้ำเชื่อมโดยตรง เกลือแคลเซียมที่นิยมใช้ ได้แก่ แคลเซียมกลูโคเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมซัลเฟต โมโนแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมซิเตรต และแคลเซียมแลคเตต ซึ่งเกลือเหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป แคลเซียมคลอไรด์ให้รสเฝื่อนขมหลังจากรับประทาน ละลายน้ำได้ง่ายและลดความเป็นกรดด่าง แคลเซียมแลคเตตละลายน้ำได้ค่อนข้างช้า และเพิ่มความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ (Camire, *et al.*, 1994)

Saldana และ Meyer (1981) เปรียบเทียบการใช้แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมแลคเตตในพริกหวานบรรจุกระป๋อง พบว่าความแน่นเนื้อของพริกหวานที่แช่ในเกลือแคลเซียมเพิ่มเป็นสองเท่าของชุดควบคุม แต่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้ค่าพีเอชของพริกหวานสูงขึ้น จึงไม่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมความเป็นกรด นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดการตกตะกอนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่งผลต่อลักษณะปรากฏของพริกหวาน

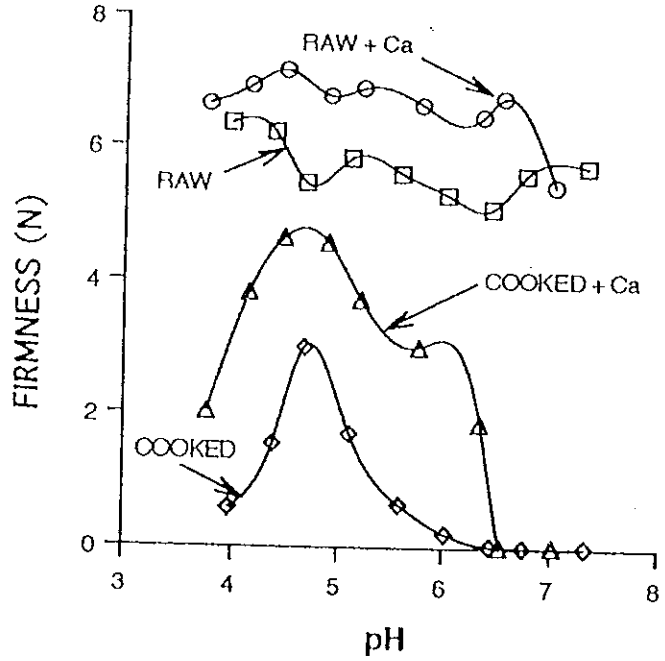
DeMan (1976) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เรสอยู่ในช่วง 60-65 °ซ ดังนั้นการลวกผักผลไม้ก่อนการบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิต่ำจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพของอิออนแคลเซียมในการจับกับกลุ่มคาร์บอกซิลทำให้พันธะมีความแข็งแรงมากขึ้น

Javeri และคณะ (1991) ทำการทดลองลวกผลพีชในน้ำเดือดนาน 3 นาที และแช่ในสารผสมของเอนไซม์เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เรสและแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายใต้ความดันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนการบรรจุกระป๋องพบว่า ความแน่นเนื้อของพีชเพิ่มขึ้น

Stanley และคณะ (1995) ทดลองลวกถั่วและแครอทที่อุณหภูมิ 65 °ซ เพื่อกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทธิลเอสเทอร์เรส จากนั้นแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ซึ่งปรับพีเอชด้วยกรดซิตริกก่อนการบรรจุกระป๋อง พบว่าความแน่นเนื้อของชุดการทดลองที่มีการลดพีเอชร่วมกับการใช้แคลเซียมสูงกว่าชุดควบคุม (ภาพที่ 7) และจากภาพตัดขวางของเซลล์ พบว่าที่พีเอชต่ำเซลล์พาเรนไคมาจับกันอย่างเหนียวแน่น ในขณะที่พีเอชสูงเซลล์แยกออกจากกัน จากภาพที่ 7 เห็นได้ว่าความแน่นเนื้อสูงที่สุดที่พีเอชช่วง 4.5-5.5 เมื่อพีเอชต่ำกว่า 4.5 ความแน่นเนื้อลดลงอาจเนื่องจากกรดไฮโดรไลซ์เพคติน และที่พีเอชสูงกว่า 5.5 เกิดปฏิกริยา β-elimination ทำให้เพคตินถูกย่อยสลาย (Van Buren, *et al.*, 1990)

Drake และ Spayed (1983) รายงานว่าการแช่แอปเปิ้ลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อและลดการสูญเสียวิตามินซี สอดคล้องกับ French และคณะ (1989) ซึ่งพบว่าการแช่แอพริคอท และชิ้นแอปเปิ้ลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ภายใต้สภาวะความดันก่อนการบรรจุกระป๋อง สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อของผลไม้ทั้งสองชนิด

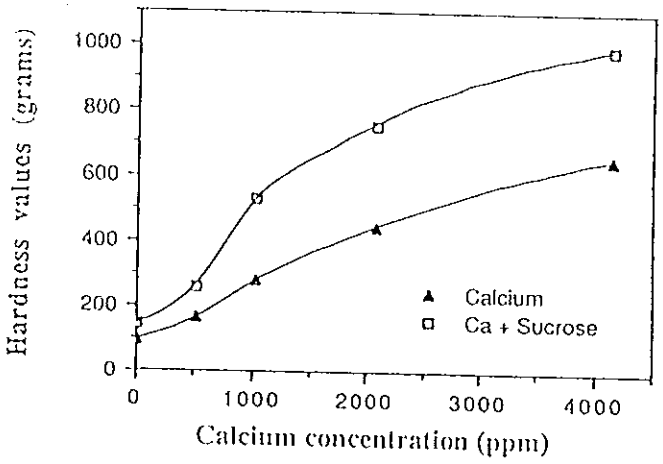
Drake และ Fridlund (1986) เปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแอปเปิ้ลโดยการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 เป็นเวลา 3 นาที และการแช่ในสารละลายความเข้มข้นระดับเดียวกันเป็นเวลา 8 นาที ภายใต้ความดัน 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่าการแช่ภายใต้ความดันสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อและลดการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลได้ดีกว่าวิธีการแช่แบบธรรมดา



ภาพที่ 7 อิทธิพลของพีเอชและแคลเซียมต่อความแน่นเนื้อของแครอทก่อนและหลังการแปรรูป
ที่มา : Stanley และคณะ (1995)

Morris และคณะ (1985) พบว่าการจุ่มสตรอเบอรี่แบบชิ้นผ่าซีกและทั้งผลในสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.5 หรือ สารละลายผสมของแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.5 และกรดซิตริกร้อยละ 1 นาน 1 นาที ก่อนการบรรจุกระป๋อง ทำให้ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่หลังการแปรรูปเพิ่มขึ้น โดยสตรอเบอรี่แบบชิ้นมีความแน่นเนื้อสูงกว่าแบบทั้งผล สอดคล้องกับการทดลองของ Main และคณะ (1986) ซึ่งศึกษาการแช่สตรอเบอรี่แบบชิ้นและทั้งผลก่อนการบรรจุกระป๋องในสารละลายแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 - 2.0 นาน 10 นาที

He และคณะ (1989) ทดลองแช่ถั่วในสารละลายน้ำตาลซูโครสร่วมกับแคลเซียมอะซิเตท สรุปว่าแคลเซียมและน้ำตาลจะมีอิทธิพลส่งเสริมซึ่งกันและกันในการเพิ่มความแข็งของถั่ว (ภาพที่ 8) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลซูโครสทำให้แคลเซียมและเพคตินจับกันด้วยพันธะที่แข็งแรงขึ้น ซึ่งความแข็งแรงของพันธะระหว่างเพคตินกลุ่มเมทธอกซิลต่ำและอิออนของแคลเซียมเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตรงกับปริมาณน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 8 ผลของแคลเซียมและน้ำตาลซูโครสต่อความแน่นเนื้อของถั่วบรรจุกระป๋อง

ที่มา : He และคณะ (1989)

Baker (1993) พัฒนากรรมวิธีการผลิตเกรฟฟรุ๊ตบรรจุกระป๋องโดยเปรียบเทียบการบรรจุในน้ำเชื่อมกับในน้ำเกรฟรุ๊ตร่วมกับการเติมแคลเซียมแลคเตต พบว่าการบรรจุในน้ำเชื่อมและเติมแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.5 ทำให้เกรฟฟรุ๊ตมีความแน่นเนื้อสูงขึ้น

Camire และคณะ (1994) เปรียบเทียบการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตในบลูเบอรี่บรรจุกระป๋อง พบว่าการเติมแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้น 1200-1800 พีพีเอ็มช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของบลูเบอรี่ได้ดีกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์

Izumi และ Watada (1994) ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแครอทหั่นฝอย สรุปว่าการจุ่มแครอทในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 หรือ 1.0 เนื้อสัมผัสและสีของแครอทดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2.2 การบรรจุ

ผลไม้กระป๋องส่วนใหญ่บรรจุในน้ำเชื่อมความเข้มข้นสูงกว่าปริมาณน้ำตาลที่วัดได้จากผลไม้ ระหว่างการต้มฆ่าเชื้อและการเก็บรักษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมจะลดลง แต่ปริมาณน้ำตาลในผลไม้เพิ่มขึ้นจนกระทั่งสมดุลกันทั้งกระป๋อง ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่เติมลงไปเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสุดท้าย (cut out brix) ได้จากปริมาณน้ำตาลในผลไม้

ในน้ำเชื่อมมักเติมกรดอินทรีย์โดยเฉพาะกรดซิตริก เพื่อแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และปรับความเป็นกรดด่างให้ต่ำลง เนื่องจากการใช้ความร้อนสูงเพื่อทำลายจุลินทรีย์มีผลต่อกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของผลไม้ การใช้กรดช่วยลดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลงและช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์จุลินทรีย์บางส่วนที่อาจหลงเหลืออยู่ทำให้ไม่สามารถเจริญได้ เป็นการรักษากลิ่นรสเนื้อสัมผัสและยืดอายุการเก็บรักษา การเลือกใช้กรดขึ้นอยู่กับชนิดของกรดที่มีมากในผลไม้ เอกศักดิ์ ฐาปนะดิลก และสุขใจ คงคุณากร (2537) ศึกษาการผลิตลำใยในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง รายงานว่า การเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 และแคลเซียมคอลไรด์ร้อยละ 0.1 ในน้ำเชื่อมความเข้มข้น 25 องศาบริกซ์ ช่วยปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

การบรรจุต้องคำนึงถึงการควบคุมน้ำหนักสุทธิ และสัดส่วนระหว่างของแข็งและของเหลวในแต่ละกระป๋องให้คงที่ โดยทั่วไปมักบรรจุให้ได้น้ำหนักสุทธิประมาณร้อยละ 90 ของความจุกระป๋อง และช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ในกระป๋อง (head space) ต้องเหมาะสมซึ่งหากน้อยหรือมากเกินไปจะมีผลต่อการไล่อากาศและกระบวนการฆ่าเชื้อต่อไป (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

บรรจุภัณฑ์สำหรับผลไม้กระป๋อง

ผลไม้โดยทั่วไปมีค่าพีเอชระหว่าง 3.0-4.5 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เป็นกระป๋องประเภท 3 ชิ้น ได้แก่

1. กระป๋องเคลือบดีบุก (Plain can)

โลหะที่ใช้ทำกระป๋องเคลือบดีบุกคือ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกซึ่งทำจากแผ่นเหล็กดำที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ ผ่านการรีดเย็นจนเป็นแผ่นบางๆ มีความหนาตั้งแต่ 0.15-0.5 มม. มีคุณสมบัติขึ้นรูปง่ายแข็งแรง ทนทาน แผ่นเหล็กดำขึ้นสนิมง่ายจึงต้องใช้ดีบุกเคลือบผิวเหล็กไว้ทั้ง 2 ด้าน แผ่นเหล็กที่นำมาเคลือบดีบุกต้องมีขนาดที่แน่นอนเหมาะสมกับขนาดของกระป๋องที่ผลิต ก่อนการเคลือบแผ่นเหล็กดำซึ่งอยู่ในลักษณะม้วนถูกคลี่ออกทำความสะอาดและผ่านเข้าไปในสารละลายด่างและกรด ดีบุกที่ใช้เคลือบแผ่นเหล็กต้องมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.75 วิธีการเคลือบดีบุกมี 2 วิธี คือ วิธีการจุ่มร้อนโดยการจุ่มแผ่นเหล็กลงในดีบุกหลอมเหลว ปริมาณดีบุกที่เคลือบเท่ากันทั้งสองด้าน และวิธีการเคลือบโดยใช้ไฟฟ้า สามารถเคลือบให้ดีบุกทั้งสองด้านเท่ากันหรือไม่ก็ได้ กระป๋องจากวิธีการ

เคลือบโดยใช้ไฟฟ้ามีความหนาของดีบุกน้อยกว่าแต่สม่ำเสมอกว่าวิธีจุ่มร้อน คุณสมบัติของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530)

Mahadeviah และคณะ (1976) ทดลองบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นในกระป๋องเคลือบดีบุกที่ผ่านวิธีการผลิตโดยวิธีจุ่มร้อนและวิธีเคลือบด้วยไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 °ซ 12 เดือน โดยวิเคราะห์ประมาณดีบุกที่ละลายทุก 3 เดือน พบว่าน้ำมะม่วงที่บรรจุในกระป๋องที่เคลือบด้วยไฟฟ้ามีปริมาณดีบุกที่ละลายออกมามากกว่ากระป๋องกระป๋องที่เคลือบโดยวิธีจุ่มร้อน

กระป๋องเคลือบดีบุกเหมาะสำหรับบรรจุผลไม้ที่มีสีขาวหรือสีอ่อน เช่น สับปะรด ส้ม แอปเปิ้ล เงาะ ลำใย และลิ้นจี่ เนื่องจากดีบุกที่เคลือบละลาย (Detinning) ในปริมาณเล็กน้อยมีผลช่วยเพิ่มรสชาติผลิตภัณฑ์ และฟอกสีผลไม้ทำให้มีสีสดน่ารับประทาน แต่การบรรจุผลไม้บางชนิด เช่น สตรอเบอรี่ พบว่าทำให้สีซีดลงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (วารุณี วารัญญานนท์, 2536)

2. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (Lacquered can)

เมื่อกระป๋องเคลือบดีบุกมีข้อจำกัดจึงได้ผลิตกระป๋องเคลือบแลคเกอร์โดยเคลือบแลคเกอร์ทับแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก หรือเคลือบลงบนแผ่นเหล็กที่ไม่ผ่านการเคลือบดีบุก (Tin free steel) แลคเกอร์ผลิตได้จากเรซินตามธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้นทางเคมี เมื่อเคลือบผิวแผ่นเหล็กแล้วจะแห้งโดยการระเหยของตัวทำละลาย การเคลือบอาจเคลือบทั้งภายในและภายนอกกระป๋องหรือเฉพาะส่วน แลคเกอร์ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกริยาเคมีระหว่างกระป๋องกับผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้เกิดการกัดกร่อนของกระป๋อง นอกจากนี้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ยังมีความสวยงาม

กระป๋องเคลือบแลคเกอร์เหมาะสำหรับผลไม้ซึ่งมีแอนโธไซยานินในปริมาณสูง เช่น สตรอเบอรี่ องุ่น และผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง ผลไม้เหล่านี้หากบรรจุในกระป๋องเคลือบดีบุกแอนโธไซยานินทำปฏิกริยากับดีบุกเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยสีของผลไม้ซีดลง และความเป็นกรดจะกัดกร่อนทำให้ดีบุกละลายในปริมาณสูง ส่งผลให้อาหารสัมผัสกับแผ่นเหล็ก เกิดก๊าซไฮโดรเจนสะสมภายในกระป๋อง

Mahadeviah และคณะ (1969) ศึกษาผลของแลคเกอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่อการละลายของดีบุก โดยบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นในกระป๋อง 4 ชนิด คือ กระป๋องที่ไม่ได้เคลือบแลคเกอร์ กระป๋องที่เคลือบแลคเกอร์เฉพาะส่วนฝาและก้นกระป๋อง กระป๋องที่เคลือบแลคเกอร์เฉพาะตัวกระป๋อง และกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั่วทั้งกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 °ซ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าน้ำมะม่วงที่บรรจุในกระป๋องที่เคลือบแลคเกอร์ที่ตัวกระป๋องและเคลือบแลคเกอร์ทั่วทั้ง

กระป๋องมีปริมาณดีบุกที่ละลายต่ำกว่าน้ำมะม่วงในกระป๋องอีกสองชนิด แต่มีกลิ่นแลคเกอร์และรสขมเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมะม่วงที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั้งหมดเก็บที่อุณหภูมิ 37 °ซ สีของน้ำมะม่วงเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นน้ำตาลอ่อนและผลิตภัณฑ์มีกลิ่นของแลคเกอร์เมื่อเก็บรักษานานกว่า 3 เดือน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสีอาจเกิดจากปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์

Goodoy และ Rodrigeuez (1987) เปรียบเทียบการใช้กระป๋องเคลือบดีบุกและกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงของคาโรทีนอยด์ในมะม่วงบรรจุกระป๋อง พบว่าหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 14 เดือน ปริมาณเบต้าแคโรทีนในมะม่วงที่บรรจุในกระป๋องเคลือบดีบุกลดลงร้อยละ 50 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 24 เดือน ปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงร้อยละ 84 และส่งผลให้ปริมาณวิตามินเอในมะม่วงลดลง

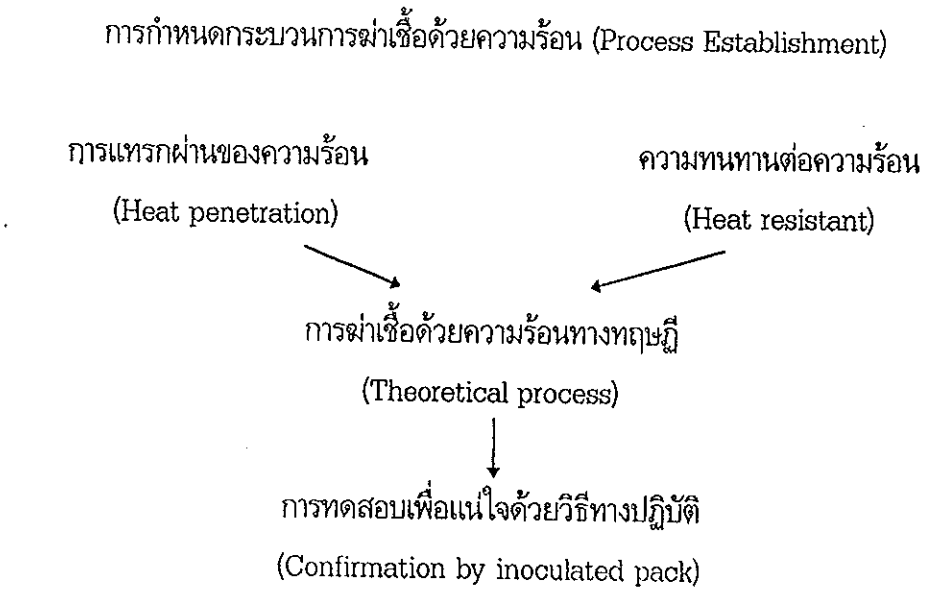
กนกทิพย์ สันตะบุตร (2532) ศึกษาผลของภาชนะบรรจุ พีเอช เวลา และอุณหภูมิในกระบวนการฆ่าเชื้อต่อการละลายของดีบุกและคุณภาพของสับปะรดกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณดีบุกและคุณภาพของสับปะรดกระป๋องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนพีเอช เวลา และอุณหภูมิในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลต่อปริมาณดีบุกและคุณภาพของสับปะรดกระป๋อง สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic ทั่วทั้งกระป๋องมีปริมาณดีบุกที่ละลายได้น้อยแต่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติด้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์เฉพาะที่ฝาและก้นกระป๋อง และกระป๋องที่ไม่ได้เคลือบแลคเกอร์ โดยสีของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ทั่วทั้งกระป๋องมีสีเหลืองออกน้ำตาล และมีกลิ่นและรสแปลกปลอมซึ่งอาจเป็นกลิ่นและรสจากสารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นและผลจากการละลายของแลคเกอร์

2.3 การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

หลักการที่สำคัญในกระบวนการผลิตอาหารบรรจุกระป๋อง คือ อาหารได้รับความร้อนเพียงพอที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และอาหารต้องบรรจุในภาชนะปิดสนิทเพื่อป้องกันการปนเปื้อนหลังผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว ในกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนจึงต้องทำให้อาหารเกิดสภาพปลอดเชื้อทางการค้า (commerial sterility) ซึ่งหมายถึงการทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหารไม่สามารถเจริญเติบโตภายใต้สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษาปกติ

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

ระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ อาหารภายในกระป๋องที่ใกล้ผิวของกระป๋องจะร้อนเร็วกว่าอาหารที่อยู่ใกล้จุดกึ่งกลางกระป๋อง ทำให้อาหารกระป๋องมีจุดร้อนช้าที่สุด ซึ่งถ้าอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าได้รับความร้อนเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์เป้าหมายแล้วจุดอื่นภายในกระป๋องก็ควรได้รับในปริมาณเพียงพอเช่นกัน ตำแหน่งของจุดร้อนช้าขึ้นอยู่กับลักษณะการถ่ายโอนความร้อนของอาหารโดยอาจเป็นการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการนำและการพาความร้อนร่วมกัน การพิจารณาตัดสินกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนในการพิจารณาตัดสินกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน
ที่มา : ทิพาพร อยู่วิทยา (2535)

จากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่สำคัญคือ การศึกษาอัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปจุดร้อนช้าที่สุดในอาหารหรือเวลาที่ทำให้จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ และการศึกษาระดับและปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่สำคัญ

สำหรับการศึกษาระดับและปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการทำลายจุลินทรีย์เป้าหมาย พบว่า ความเป็นกรดด่างของอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์ทนร้อนได้มากที่สุดเมื่อเจริญในสภาวะความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม ดังนั้น ค่าความเป็นกรดด่างของอาหารจึงมีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อนและความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อาหารถูกแบ่งตามสภาพความเป็นกรดด่างเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2535 ; รัศมี ศุภศรี, 2535 ; Rangana, 1977 ; Luh and Woodroof, 1986)

1. อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ มีค่าพีเอชมากกว่า 4.5 เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ผัก ข้าวโพด สภาวะไร้อากาศในกระป๋องเหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่สร้างสปอร์โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* ซึ่งเมื่อเจริญในอาหารจะผลิตสารพิษที่มีผลทำลายระบบประสาทและอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ และสปอร์สามารถทนต่อความร้อนสูงถึง 116-121 °ซ ดังนั้นการทำลายแบคทีเรียชนิดนี้จึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการฆ่าเชื้ออาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ

2. อาหารที่มีความเป็นกรด มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 3.7-4.5 ได้แก่ ผลไม้ ความเป็นกรดของอาหารทำให้ *C. botulinum* ไม่สามารถเจริญเติบโตหรือสร้างสปอร์ได้ และมีความทนทานต่อความร้อนน้อย ถูกทำลายได้ง่าย การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อจึงมุ่งทำลายยีสต์ รา และแบคทีเรียที่ทนกรดได้ โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดปกติให้จุดร้อนช้าที่สุดของกระป๋องมีอุณหภูมิ 85 °ซ เป็นเวลา 5 นาที หรือ 92 °ซ 1 นาที

3. อาหารที่มีความเป็นกรดสูง ได้แก่ แยม ซอสมะเขือเทศ และน้ำผลไม้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง เพียงแต่บรรจุอย่างสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไซส์ จุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ ยีสต์ และรา

การศึกษาความสามารถในการทนร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดทำให้สามารถคำนวณเวลา และสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อสำหรับการผลิตอาหารระดับอุตสาหกรรม ความสามารถในการทนร้อนของจุลินทรีย์ที่สำคัญในอาหารประเภทต่างๆ แสดงในตารางที่ 2 การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีสัญญลักษณ์เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ คือ ค่า D Z และ F ซึ่งตัวแปรเหล่านี้บอกให้ทราบถึงความทนต่อความร้อนของแบคทีเรีย

1. ค่า D (Decimal Reduction Time หรือ Death Rate Constant) หมายถึง ระยะเวลา (นาที) ที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลงร้อยละ 90 (1 log cycle) จากปริมาณเริ่มต้นที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์ที่มีค่า D สูง สามารถทนต่อความร้อนได้สูง

2. ค่า Z หมายถึง จำนวนอุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า (1 log cycle) มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์หรือองศาเซลเซียส

3. ค่า F (sterilizing value) หมายถึง จำนวนนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งเพื่อทำลายจุลินทรีย์ในสภาวะที่กำหนด ในการใช้ค่า F ต้องบอกอุณหภูมิที่ใช้และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป้าหมาย

ตารางที่ 2 แบคทีเรียสำคัญที่พบในอาหารกระป๋องและค่าความทนทานต่อความร้อน (ค่า D, Z)

Type of foods and bacterial groups	Approximate range of heat resistance	
	D value (min)	Z value ($^{\circ}$F)
Low-acid (pH>4.5)	D 250 $^{\circ}$F	
Thermophiles (spores)		
Flat-sour (*Bacillus stearothermophilus*)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilage (*C. thermosaccarolyticum*)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (*C. nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spores)		
C. botulinum (type A&B)	0.1-0.2	14-18
C. sporogenes (P.A. 3679)	1.0-1.5	14-18
Acid-foods (pH 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
B. coagulans (facultatively mesophilic)	0.01-0.07	14-18
Mesophilies (spores)	D 212 $^{\circ}$F	
B. polymyxa และ *B.macerans*	0.1-0.5	12-16
Butyric anaerobes (*C. pasteurianum*)	0.1-0.5	12-16
High-acid foods (pH<4.0)		
Mesophilic non-spore forming	D 150 $^{\circ}$F	
Lactobacillus spp., Leuconostoc spp.	0.5-1.0	8-10
Yeasts และ molds		

ที่มา : Stumbo (1973)

กระบวนการฆ่าเชื้อประกอบด้วยช่วงเวลาการไล่อากาศ (venting) เนื่องจากอากาศเป็นฉนวน ทำให้ความร้อนกระจายตัวไม่สม่ำเสมอมีผลลดประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (come-up time) เวลาฆ่าเชื้อ (process time) และเวลาที่ทำให้กระป๋องเย็นตัวลง (cooling) เพื่อลดอุณหภูมิอาหารภายในกระป๋องให้เย็นลงโดยเร็วเป็นการรักษาคุณภาพและสีของอาหารไม่ให้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนสะสม และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางประเภทที่เจริญได้ที่อุณหภูมิสูง ได้มีการศึกษาถึงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลไม้ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องชนิดต่างๆ ที่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลไม้กระป๋องชนิดต่างๆ ที่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409

ผลิตภัณฑ์	ชนิดของกระป๋อง	ความเข้มข้นน้ำเชื่อม (องศาบริกซ์)	เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ
แอปเปิ้ล	กระป๋องเคลือบดีบุก	light syrup	20 นาที ในน้ำเดือด 100 °ซ
แอพริคอท	กระป๋องเคลือบดีบุก	light/heavy syrup	ในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 90.6 °ซ
แบลคเบอรี่	กระป๋องเคลือบแลคเกอร์	light syrup	11-14 นาที ในน้ำเดือด หรือ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 85 °ซ
บูลเบอรี่	กระป๋องเคลือบแลคเกอร์	40 °บริกซ์	10-12 นาที ในน้ำเดือด หรือ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 88 °ซ
กลูสเบอรี่	กระป๋องเคลือบแลคเกอร์	heavy syrup	15-18 นาที ในน้ำเดือด
ราสเบอรี่	กระป๋องเคลือบแลคเกอร์	light syrup	10 นาที ในน้ำเดือด
		heavy syrup	15-16 นาที ในน้ำเดือด
สตรอเบอรี่	กระป๋องเคลือบแลคเกอร์	50 °บริกซ์	10 นาที ในน้ำเดือด
พีช	กระป๋องเคลือบดีบุก	light syrup	12-17 นาที ในน้ำเดือด
แพร์	กระป๋องเคลือบดีบุก	25 °บริกซ์	20-25 นาที ในน้ำเดือด
พลัม	กระป๋องเคลือบดีบุก	25 °บริกซ์	12-15 นาที ในน้ำเดือด

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ชนิดของกระป๋อง	ความเข้มข้นน้ำเชื่อม (องศาบริกซ์)	เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ
พรุน	กระป๋องเคลือบดีบุก	30 °บริกซ์	20 นาที ในน้ำเดือด
เกรฟฟรุ๊ต	กระป๋องเคลือบดีบุก	35-40 บริกซ์	10 นาที ในน้ำเดือด หรือ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 76.7 °ซ
ลิ้นจี่	กระป๋องเคลือบดีบุก	40 °บริกซ์	12 นาที ในน้ำเดือด
สับปะรด	กระป๋องเคลือบดีบุก	light syrup	12-16 นาที ในน้ำเดือด
มะม่วง	กระป๋องเคลือบดีบุก	30 °บริกซ์	15 นาที ในน้ำเดือด

ที่มา : Lopez (1981)

3. การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาผลไม้ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

3.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปตามลำดับดังนี้คือ กลิ่นรส สี เนื้อสัมผัสและสารอาหาร การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากปฏิกริยาทางเคมีของอาหารหรือปฏิกริยาระหว่างอาหารกับกระป๋อง โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีแนวโน้มยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ผลไม้กระป๋องโดยทั่วไปมีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 1 ปี (Labuza, 1982)

การเปลี่ยนแปลงสีอาจเกิดจากปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งมีสาเหตุจาก (Whistler and Daniel, 1990)

ก. ปฏิกริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการทำปฏิกริยาของหมู่อะมิโนในโปรตีนกับหมู่คาร์บอกนิลที่เป็นอิสระของน้ำตาล ทำให้เกิดสารประกอบชนิดต่างๆ เช่น ไฮดรอกซีเมทธิลเฟอร์ฟิวรอล (hydroxymethyfurfural) เฟอร์ฟิวรอล (furfural) และสารเหล่านี้เกิดปฏิกริยาต่อไปกลายเป็นสารสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (malanoidins)

ข. การออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิก ในสภาวะที่มีออกซิเจนหลงเหลือในกระป๋อง กรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งต่อมาถูกไฮโดรไลซ์เป็นสารประกอบพวก 2,3 diketo ascorbic acid, α-keto-gluonic acid และสลายตัวต่อเป็นสารประกอบเฟอร์ฟิวรอลซึ่งในสภาวะที่มีกรดจะรวมตัวกับอัลดีไฮด์ หรือ คีโตน หรือ กรดอะมิโน กลายเป็นสารประกอบสีน้ำตาล

ค. สารประกอบน้ำตาลและกรด การสลายตัวของน้ำตาลในสภาวะที่มีกรดทำให้เกิดสารพวก furfuraldehyde ซึ่งสารเหล่านี้รวมตัวกันเองหรือรวมกับสารประกอบไนโตรเจนเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาล

สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติโดยทำให้เกิดกลิ่นไหม้และรสขม นอกจากนี้การละลายของแลคเกอร์ที่เคลือบกระป๋องทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและรสขมเช่นกัน

สารอาหารที่มีความไวต่อความร้อนได้แก่ กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี และไทอามิน ซึ่งในการประเมินอายุการเก็บรักษามักใช้วิตามินซีเป็นดัชนีบ่งชี้ อย่างไรก็ตาม Labuza (1982) เสนอว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์มีความไวต่อความร้อนและเสื่อมเสียเร็วกว่าคุณภาพทางเคมี ดังนั้นคุณภาพด้านสี การยอมรับรวม จึงเป็นตัวแปรที่บ่งชี้ถึงการไม่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในระยะหนึ่ง ดังแสดงในตารางที่ 4

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิการเก็บรักษาโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความสัมพันธ์นี้สามารถอธิบายได้โดยสมการของ Hoff and Arrhenius ซึ่งกล่าวว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของการเพิ่มอุณหภูมิทุกๆ 10 °ซ ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกริยาเคมีของอาหารสามารถแสดงเป็นสัดส่วนระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิหนึ่งต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลง 10 °ซ หรือเรียกว่าค่า Q_{10} (Labuza, 1982)

ตารางที่ 4 ดัชนีที่ใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาและค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องชนิดต่างๆ

Product	Basis of shelf-life	Q_{10} (70-88 °F)
apple	overall quality	1.5
apricot	loss of 10% thiamin	3.0
	loss of 20% thiamin	1.5
	loss of 10% vitamin C	1.7
	loss of 20% vitamin C	3.1
	loss of 10% carotene	1.7
blackberry	overall quality	1.5
blueburry	overall quality	1.6
cherry	overall quality	1.7
fruit cocktail	overall quality	1.8
grapefruit	overall quality	1.7
	loss of 10% vitamin C	1.5
peach	loss of 20% vitamin C	1.6
	loss of 10% thiamin	4.7
	loss of 10% carotene	1.6
pineapple	loss of vitamin C	1.3
	overall quality	1.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก Labuza (1982)

3.2 การกัดกร่อนของภาชนะบรรจุ

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์การกัดกร่อนของกระป๋องเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยเกิดทั้งภายในภายนอกกระป๋อง การกัดกร่อนภายนอกกระป๋องมาจากการเกิดสนิมและดีบุกที่เคลือบผิวนอกหลุดออกมา การกัดกร่อนภายในกระป๋องเกิดจากความเป็นกรดของอาหาร ความไม่เหมาะสมของแลคเกอร์ที่ใช้และแลคเกอร์ที่เคลือบหลุดออกมา ปริมาณกำมะถัน ความเป็นสุญญากาศและปริมาณออกซิเจนภายในกระป๋อง อุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษา ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการกัดกร่อนและการละลายของดีบุกทำให้อาหารสัมผัสกับแผ่นเหล็กที่ใช้ทำกระป๋อง และดีบุกสามารถรวมตัวกับสารอื่นในอาหารเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนต่างๆ และระหว่างการกัดกร่อนทำให้เกิดการสะสมของก๊าซไฮโดรเจนทำให้กระป๋องบวมได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์เนื้อมังคุดส่วนที่มีคุณภาพไม่ครบตามมาตรฐาน

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. มังคุดสดจากตลาดอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีสีผิวอยู่ในระยะสีน้ำตาลอมแดงถึงสีม่วงอมแดง หรือ จัดอยู่ในระดับสีที่ 4-5 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529)
2. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
   - กรดซิตริก
   - แคลเซียมคลอไรด์
   - แคลเซียมแลคเตต
   - น้ำตาลซูโครส
3. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307x409

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมังคุดกระป๋อง
   1.1 แท่นผ่ามังคุด ออกแบบโดยพรชัย ศรีไพบูลย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ชื่นใจ ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2533)
   1.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)
   1.3 เครื่องปิดผนึกกระป๋อง
   1.4 เทอร์โมคอปเปิ้ลและเครื่องบันทึกอุณหภูมิรุ่น PRESICA 2001E
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์
   2.1 เครื่องชั่ง
   2.2 เครื่องวัดสี JUKI รุ่น JP 7100F
   2.3 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (hand refractometer) รุ่น ATAGO-N1
   2.4 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง รุ่น ACCUMENT MODEL 5

2.5 Spectrophotometer

2.6 ตู้บ่มที่ปรับอุณหภูมิได้

2.7 อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์

- คุณภาพทางเคมี
- คุณภาพทางจุลินทรีย์
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกมังคุดที่อยู่ในระยะผิวสีน้ำตาลอมแดงถึงสีม่วงอมแดง หรือจัดอยู่ในระดับสีที่ 4-5 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529) หลังจากล้างทำความสะอาด ผ่าเปลือกโดยใช้แท่นผ่า แกะเอาเนื้อมาตัดแต่งเศษเปลือกออกให้เรียบร้อย แยกกลีบมังคุดเป็นขนาดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ นำไปแช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.25 และกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 ที่อุณหภูมิ 4 °ซ นาน 1 นาที ตามวิธีของชื่นใจ ศรีพงษ์พันธุ์กุล (2533) เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมังคุด

1.2 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

นำชิ้นมังคุดที่แยกขนาดแล้ว มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และกายภาพ ดังนี้

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด (A.O.A.C., 1990) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand Refractometer

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ตามระบบ Hunter (L, a, b) โดยเครื่องวัดสี Juki ค่าความเป็นกรดด่าง โดยพีเอชมิเตอร์

2. การศึกษากระบวนการแปรรูปมังคุดบรรจุกระป๋อง

2.1 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของชิ้นมังคุด

ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่มีผลต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของชิ้นมังคุดบรรจุกระป๋อง ดังต่อไปนี้

2.1.1 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาดังนี้

- แคลเซียมคลอไรด์ มี 3 ระดับคือ ร้อยละ 0.5 0.75 และ 1.0 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.5
- เวลาที่ใช้แช่ในสารละลายผสม เป็น 5 และ 10 นาที
- สภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิน้ำเดือด โดยให้จุดร้อนช้าที่สุดมีอุณหภูมิ 85 °ซ นาน 5 นาที และ 92 °ซ นาน 1 นาที

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และจัดชุดทดลองแบบแฟกทอเรียล รวมมีชุดการทดลอง 12 ชุด และชุดควบคุมซึ่งไม่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมรวมเป็น 13 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 5 หลังจากแช่ในสารละลายผสมที่อุณหภูมิห้องแล้ววางให้สะเด็ดน้ำ บรรจุชิ้นเนื้อมังคุดลงในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307x409 ในปริมาณ 280 กรัมต่อกระป๋อง เติมน้ำเชื่อมที่ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายของมังคุดกระป๋องเป็น 20 °บริกซ์ เว้นช่องว่างเหนือกระป๋องเท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนด ทำให้เย็นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

หลังจากเก็บรักษา 1 วัน นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 13 คน จัดชุดทดลองโดยใช้แผนแบบบลอคไม่สมบูรณ์สมดุล (Balanced Incomplete Block Designs : BIB) (t=13, k=4, b=13, r=4, λ =1) (สุรพล อุปดิสสกุล, 2526) ประเมินคุณลักษณะโดยวิธีพรรณาเชิงปริมาณ (QDA) (Stone, *et al.*, 1974) ทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสฝาด เนื้อสัมผัส และความใสของน้ำเชื่อม วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L, a, b) ความเป็นกรดด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแคลเซียม (Rangana, 1977) และความข่นของน้ำเชื่อมโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) (สุรพล อุปดิสสกุล, 2526) เพื่อคัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสม

ตารางที่ 5 ชุดการทดลองผลของแคลเซียมคลอไรด์ เวลาที่ใช้แช่ในสารละลายผสม และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส

ชุดทดลอง	สภาวะการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด		เวลาที่แช่ในสารละลาย (นาที)	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	
	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า(°ซ)	เวลา (นาที)		แคลเซียมคลอไรด์	กรดซิตริก
1	85	5	5	0.5	0.5
2	85	5	5	0.75	0.5
3	85	5	5	1.0	0.5
4	85	5	10	0.5	0.5
5	85	5	10	0.75	0.5
6	85	5	10	1.0	0.5
7	92	1	5	0.5	0.5
8	92	1	5	0.75	0.5
9	92	1	5	1.0	0.5
10	92	1	10	0.5	0.5
11	92	1	10	0.75	0.5
12	92	1	10	1.0	0.5
13[a]	85	5	-	-	-

a = ชุดควบคุม

2.1.2 ผลของแคลเซียมแลคเตต เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาดังนี้

- แคลเซียมแลคเตต มี 3 ระดับคือ ร้อยละ 0.5 0.75 และ 1.0 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.5
- เวลาที่ใช้แช่ในสารละลายผสม เป็น 5 และ 10 นาที
- สภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิน้ำเดือด โดยให้จุดร้อนช้าที่สุดมีอุณหภูมิ 85 °ซ นาน 5 นาที และ 92 °ซ นาน 1 นาที

วางแผนการทดลองแบบ CRD และจัดชุดทดลองแบบแฟกทอเรียล รวมมีชุดการทดลอง 12 ชุด และชุดควบคุมซึ่งไม่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมรวมเป็น 13 ชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6 หลังจากแช่ในสารละลายผสมที่อุณหภูมิห้องแล้ววางให้สะเด็ดน้ำ นำไปเข้าสู่กระบวนการบรรจุกระป๋อง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมีและกายภาพ และวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 2.1.1

ตารางที่ 6 ชุดการทดลองผลของแคลเซียมแลคเตต เวลาที่ใช้แช่ในสารละลายผสม และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส

ชุดทดลอง	สภาวะการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด		เวลาที่แช่ในสารละลาย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	
	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า(°ซ)	เวลา (นาที)	(นาที)	แคลเซียมแลคเตต	กรดซิตริก
1	85	5	5	0.5	0.5
2	85	5	5	0.75	0.5
3	85	5	5	1.0	0.5
4	85	5	10	0.5	0.5
5	85	5	10	0.75	0.5
6	85	5	10	1.0	0.5
7	92	1	5	0.5	0.5
8	92	1	5	0.75	0.5
9	92	1	5	1.0	0.5
10	92	1	10	0.5	0.5
11	92	1	10	0.75	0.5
12	92	1	10	1.0	0.5
13[a]	85	5	-	-	-

a = ชุดควบคุม

2.1.3 การเปรียบเทียบการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตต

คัดเลือกชุดการทดลองที่ให้ผลดีที่สุดของแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตต จากข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่ (paired comparison test) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) เพื่อคัดเลือกสภาวะการปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม

2.2 การพัฒนาสูตรน้ำเชื่อม

ทำการทดลองเพื่อศึกษาสูตรน้ำเชื่อมที่เหมาะสม โดยมีปัจจัยที่ศึกษาดังนี้

- แคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0 0.1 และ 0.2)
- แคลเซียมแลคเตต (ร้อยละ 0 0.1 และ 0.2)
- ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 2 ระดับ (ความเข้มข้นสุดท้าย 20 และ 30 องศาบริกซ์) ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.1

วางแผนการทดลองแบบ CRD และจัดชุดทดลองแบบแฟกทอเรียลรวมมีชุดการทดลอง 9 ชุด ในแต่ละระดับของน้ำเชื่อม ดังแสดงในตารางที่ 7 บรรจุชิ้นเนื้อมังคุดซึ่งผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.1.3 ลงในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307x409 ในปริมาณ 280 กรัมต่อกระป๋อง เติมน้ำเชื่อมที่ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายของมังคุดกระป๋องเป็น 20 °บริกซ์ หรือ 30 °บริกซ์ เว้นช่องว่างเหนือกระป๋องเท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิและเวลาตามที่คัดเลือกได้ ทำให้เย็นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

หลังจากเก็บรักษา 1 วัน นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 18 คน จัดชุดการทดลองโดยใช้แผน BIB (t=9, k=4, b=18, r=8, λ =3) ประเมินคุณภาพโดยวิธี QDA ทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และรสชาติ ได้แก่ รสฝาด รสหวาน รสเปรี้ยว วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L, a, b) ความเป็นกรดด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแคลเซียม และความขุ่นของน้ำเชื่อมโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS เพื่อคัดเลือกสูตรน้ำเชื่อมที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 7 ชุดการทดลองการพัฒนาสูตรน้ำเชื่อม

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสุดท้ายของน้ำเชื่อม (°บริกซ์)	ปริมาณของสารเคมีในน้ำเชื่อม (ร้อยละ)		
		กรดซิตริก	แคลเซียมคลอไรด์	แคลเซียมแลคเตต
1	20	0.1	0	0
2	20	0.1	0	0.1
3	20	0.1	0	0.2
4	20	0.1	0.1	0
5	20	0.1	0.1	0.1
6	20	0.1	0.1	0.2
7	20	0.1	0.2	0
8	20	0.1	0.2	0.1
9	20	0.1	0.2	0.2

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสุดท้ายของน้ำเชื่อม (°บริกซ์)	ปริมาณของสารเคมีในน้ำเชื่อม (ร้อยละ)		
		กรดซิตริก	แคลเซียมคลอไรด์	แคลเซียมแลคเตต
1	30	0.1	0	0
2	30	0.1	0	0.1
3	30	0.1	0	0.2
4	30	0.1	0.1	0
5	30	0.1	0.1	0.1
6	30	0.1	0.1	0.2
7	30	0.1	0.2	0
8	30	0.1	0.2	0.1
9	30	0.1	0.2	0.2

2.3 การศึกษากระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน

ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ โดยเตรียมตัวอย่างภายใต้สภาวะที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1 และ 2.2 นำมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ 3 วิธี คือ ต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 92 °ซ ต้มในน้ำเดือด และในหม้อนึ่งฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 106 °ซ บันทึกอุณหภูมิและเวลาภายในกระป๋องโดยการเสียบเทอร์โมคอปเปิ้ลที่จุดร้อนช้าที่สุดของกระป๋อง ให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าเป็น 85 °ซ 5 นาที หรือ 92 °ซ 1 นาที เมื่อครบกำหนดจึงหยุดให้ความร้อนและทำให้เย็นทันที ข้อมูลที่ได้นำไปคำนวณหาค่า F (sterilizing value) โดยวิธี Equal time interval method (Stumbo, 1973) และตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 14 วัน สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายนอกของกระป๋อง ลักษณะทั่วไปของอาหาร (สี กลิ่นรส ความเป็นกรดด่าง) และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แฟลตซาวร์ จุลินทรีย์ที่ทนกรด ยีสต์และรา (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523)

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 3 วิธี มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้ นำมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ดังนี้

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด (A.O.A.C., 1990) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand Refractometer

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ตามระบบ Hunter (L, a, b) ค่าความเป็นกรดด่าง

- คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบ 10 คน ประเมินคุณภาพโดยวิธี ODA ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสมังคุดกระป๋อง กลิ่นรสผิดปกติ เนื้อสัมผัส ความใสของน้ำเชื่อม และความชอบรวม

4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่อุณหภูมิห้องและในตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยใช้อุณหภูมิ 40 °ซ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพในการประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Q_{10} (Labuza, 1982)

ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน และทุกๆ 1 เดือนเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้องในอีก 3 เดือนถัดไป ดังนี้คือ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (A.O.A.C., 1990) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L, a, b) ค่าความเป็นกรดด่าง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับข้อ 3

การคำนวณค่า Q_{10} สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_{10} = \frac{\text{rate at temperature (T + 10 °C)}}{\text{rate at temperature (T °C)}}$$

โดยที่ rate $= \frac{\text{amount loss at end point}}{\text{time}}$

เมื่อคำนวณหาค่า Q_{10} ได้จากสมการข้างต้น สามารถนำมาคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาปกติได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{shelf life at (T °C)} = Q_{10} \times \text{shelf life at (T + 10 °C)}$$

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของมังคุดที่ใช้ในงานวิจัย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก 1.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเนื้อมังคุดทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก 0.76 และ 0.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเนื้อมังคุด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 3.23 และ 3.24 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 17.65 และ 16.52 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 16.8 และ 16.4 °บริกซ์ และค่าพีเอช 3.05 และ 3.3 สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของรุจิรา กิจธารทอง (2534) มณฑาทิพย์ หิรัญสาลี (2536) นฤมล พงษ์พิริยะเดชะ (2539) Intengen และคณะ (1968) และ Department of Health, Nutrition Devision (1992) การที่องค์ประกอบทางเคมีของมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่มีปริมาณที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากผลมังคุดที่สุ่มตัวอย่างมาใช้ในการวิเคราะห์มีความแก่อ่อนไม่เท่ากัน

สำหรับคุณภาพด้านสีของเนื้อมังคุดจากการวัดค่าสีตามระบบ Hunter พบว่ามังคุดกลีบเล็กมีความสว่างของสี (ค่า L) และสีเหลือง (ค่า b) มากกว่ามังคุดกลีบใหญ่ แต่มีสีแดง (ค่า a) น้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากมังคุดกลีบใหญ่มีเมล็ดสีน้ำตาลแดงขนาดใหญ่เป็นส่วนประกอบ เมื่อทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีซึ่งใช้ระบบการหักเหของแสงจึงทำให้มีความสว่างน้อย และสีแดงสูงกว่ามังคุดกลีบเล็ก

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของมังคุดที่ใช้ในงานวิจัย

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*	
	มังคุดกลีบเล็ก	มังคุดกลีบใหญ่
ทางเคมี		
กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.76±0.01	0.63±0.01
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	1.25±0.00	1.25±0.00
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	3.23±0.43	3.24±0.32
น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	17.65±0.34	16.52±0.52
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	16.8±0.00	16.4±0.00
ทางกายภาพ		
ค่า L	68.50±0.65	55.63±0.27
ค่า a	0.42±0.29	0.87±0.77
ค่า b	10.92±0.33	6.60±1.00
ค่าพีเอช	3.05±0.15	3.30±0.10

หมายเหตุ : *จากการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์โดยน้ำหนักเปียก

2. การศึกษากระบวนการแปรรูปมังคุดบรรจุกระป๋อง

2.1 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของชิ้นมังคุด

2.1.1 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

ผลของแคลเซียมคลอไรด์ เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 9 และ 10 สำหรับค่าพีเอชของมังคุดกระป๋องกลีบเล็ก พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 2.8-3.0 และ 3.0-3.2 สำหรับมังคุดกลีบใหญ่ ซึ่งจัดว่ามังคุดกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง

ตารางที่ 9 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก

ปัจจัย	ระดับ	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมที่ OD 660 นาโนเมตร	ปริมาณแคลเซียม (มก./100 กรัมเนื้อ)
ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์	0 %	53.50 ns	-0.50 ns	9.89 ns	0.368 a	66.55 b
	0.5 %	54.66	-0.59	10.18	0.220 b	96.55 a
	0.75 %	53.82	-0.47	9.62	0.198 b	108.98 a
	1.0 %	52.39	-0.20	9.38	0.190 b	106.56 a
เวลาที่แช่ในสารละลายผสม	0 นาที	53.50 ns	-0.50 ns	9.89 ns	0.368 a	66.55 b
	5 นาที	53.78	-0.37	9.59	0.181 b	98.93 a
	10 นาที	53.46	-0.47	9.86	0.178 b	109.09 a
อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ	85 °ซ 5 นาที	53.97 ns	-0.57 ns	9.84 ns	0.229 a	99.53 b
	92 °ซ 1 นาที	53.27	-0.28	9.62	0.124 b	108.49 a

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a, b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มปัจจัยเดียวกันของตัวอย่างแต่ละขนาด

ตารางที่ 10 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่

ปัจจัย	ระดับ	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อม ที่ OD 660 นาโนเมตร	ปริมาณแคลเซียม (มก./100 กรัมเนื้อ)
ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์	0 %	50.75 ns	-0.37 ns	6.82 ns	0.170 a	71.29 b
	0.5 %	47.65	-0.48	5.32	0.133 b	72.59 b
	0.75 %	49.20	-0.54	5.32	0.113 b	87.65 a
	1.0 %	47.86	-0.21	5.43	0.118 b	82.19 a
เวลาที่แช่ในสารละลายผสม	0 นาที	50.75 ns	-0.37 ns	6.82 ns	0.170 a	71.29 b
	5 นาที	48.08	-0.34	5.56	0.122 b	78.65 a
	10 นาที	48.40	-0.33	5.15	0.121 b	82.97 a
อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ	85 °ซ 5 นาที	47.40 ns	-0.28 ns	5.66 ns	0.120 ns	79.58 ns
	92 °ซ 1 นาที	49.08	-0.39	5.05	0.122	82.04

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a, b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มปัจจัยเดียวกันของตัวอย่างแต่ละขนาด

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 9-10 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เวลาการแช่ในสารละลายผสม และสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อคุณภาพด้านสีของมังคุดกระป๋องทั้งกลีบเล็กและกลีบใหญ่ โดยค่า L, a และ b ของชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ผสมกรดซิตริกมีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แตกต่างจาก Camire และคณะ (1994) ซึ่งศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสบูลเบอรี่บรรจุกระป๋อง และพบว่าการแช่บูลเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดซิตริก มีผลทำให้ค่า L และ b ของผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าองค์ประกอบของสารให้สีในผลไม้ทั้งสองชนิดแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่เหลือในเนื้อมังคุด พบว่าในมังคุดกลีบเล็กชุดการทดลองที่มีการเติมแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p<0.05$) สำหรับมังคุดกลีบใหญ่ชุดการทดลองแคลเซียมความเข้มข้นร้อยละ 0.75 มีปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่สูงที่สุดโดยไม่แตกต่างจากชุดการทดลองแคลเซียมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เวลาการแช่เนื้อมังคุดในสารละลายผสม 5 และ 10 นาที ไม่ทำให้ปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่แตกต่างกันทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ สำหรับสภาวะการฆ่าเชื้อจนอุณหภูมิจุดร้อนช้าเป็น 92 °ซ 1 นาที มีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่สูงกว่า ($p<0.05$) ที่อุณหภูมิ 85 °ซ 5 นาที ในมังคุดกลีบเล็กแต่ไม่มีความแตกต่างกันในมังคุดกลีบใหญ่ การฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้นสามารถรักษาโครงสร้างแคลเซียมเพคติเนทในเซลล์พืชไม่ให้ถูกทำลายมากจึงส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมในเนื้อมังคุดเหลือมากกว่าการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ปริมาณแคลเซียมในมังคุดกลีบเล็กเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมมากกว่ามังคุดกลีบใหญ่อาจเนื่องจากมังคุดกลีบเล็กมีพื้นที่ในการดูดซึมสารได้ดีกว่า

ค่าความข่นของน้ำเชื่อมจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าการใช้แคลเซียมทำให้ค่าความข่นของน้ำเชื่อมลดลง ($p<0.05$) ทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ส่วนสภาวะการฆ่าเชื้อไม่มีผลต่อค่าความข่นของน้ำเชื่อมในมังคุดกลีบใหญ่ แต่ในมังคุดกลีบเล็ก พบว่าค่าความข่นของน้ำเชื่อมลดลง ($p<0.05$) ในชุดการทดลองที่ฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น ดังนั้นการแช่เนื้อมังคุดในสารละลายผสมของแคลเซียมและการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้นจึงช่วยลดค่าความข่นของน้ำเชื่อมลงได้

สำหรับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยวิธีพรรณาเชิงปริมาณจากผู้ทดสอบ 13 คน โดยใช้สเกล 10 ซม. มีรายละเอียดของคุณลักษณะดังนี้

ลักษณะปรากฏ 1 หมายถึง ยุ่ยน้อย 10 หมายถึง ยุ่ยมาก
สี 1 หมายถึง สีขาว 10 หมายถึง สีน้ำตาล
รสฝาด 1 หมายถึง น้อย 10 หมายถึง มาก
เนื้อสัมผัส 1 หมายถึง แน่นน้อย 10 หมายถึง แน่นมาก
ความใสของน้ำเชื่อม 1 หมายถึง ใสน้อย 10 หมายถึง ใสมาก
และความชอบรวม 1 หมายถึง ชอบน้อย 10 หมายถึง ชอบมาก

ในการวิจัยได้ทำการทดสอบคุณลักษณะหลายด้านดังรายละเอียดดังกล่าว แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความใสของน้ำเชื่อมเป็นคุณลักษณะที่สำคัญในการบ่งบอกถึงความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง และเป็นตัวแปรสำคัญในการคัดเลือกชุดการทดลอง จึงนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ และเขียนกราฟเพื่อดูอิทธิพลในปัจจัยที่ศึกษา คือ ความเข้มข้นของสารละลาย เวลาที่ใช้แช่ชิ้นมังคุดในสาระลาย และความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ได้ผลดังนี้

ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 0.75 และ 1.0 แสดงผลที่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความใสของน้ำเชื่อมในมังคุดกลีบเล็ก (ภาพที่ 10) และต่อลักษณะปรากฏ ความใสของน้ำเชื่อมในมังคุดกลีบใหญ่ (ภาพที่ 11) มังคุดกลีบเล็กมีความแน่นเนื้อสูงสุดเมื่อแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่เหลือในเนื้อมังคุด พบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 มีปริมาณแคลเซียมเหลืออยู่มากที่สุดซึ่งส่งผลให้ลักษณะปรากฏมีความยุ่ยน้อย และความใสของน้ำเชื่อมสูงกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 การที่คะแนนด้านเนื้อสัมผัสจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 อาจเนื่องจากรสเผื่อนของแคลเซียมมีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค และเนื่องจากที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ลักษณะปรากฏ ความแน่นเนื้อ และความใสของน้ำเชื่อมของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกับที่ร้อยละ 0.5 แต่รสเผื่อนของแคลเซียมสูงกว่า ดังนั้นความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพียงร้อยละ 0.5 จึงเพียงพอสำหรับมังคุดกลีบเล็ก

สำหรับมังคุดกลีบใหญ่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 มีผลทำให้เนื้อสัมผัสมีคะแนนสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และสังเกตพบว่ากลีบมังคุดมีความยุ่ยน้อยลง และความใสของน้ำเชื่อมมีค่าสูงขึ้น

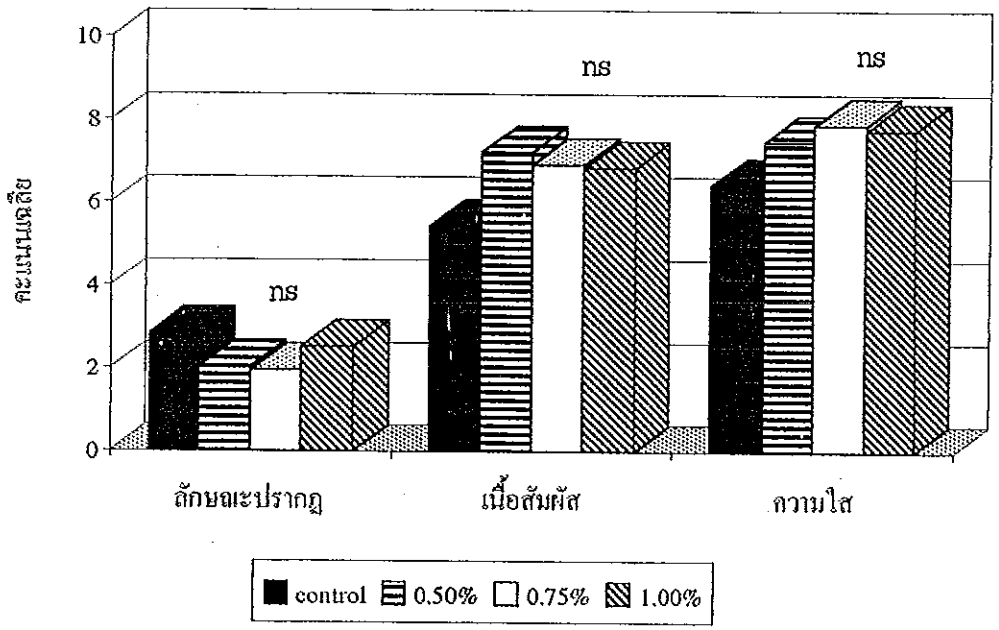
เวลาที่แช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

การแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในเวลาที่แตกต่างกัน (5 และ 10 นาที) ไม่มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ ความแน่นเนื้อ และความใสของน้ำเชื่อมของมังคุดกระป๋องทั้งกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ($p>0.05$) (ภาพที่ 12-13) แต่พบว่าการแช่ชิ้นมังคุดทั้งกลีบเล็กและกลีบใหญ่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 5-10 นาที สามารถช่วยปรับปรุงให้เนื้อสัมผัสของมังคุดดีขึ้น โดยเนื้อสัมผัสมีความแน่นมากขึ้น ลักษณะปรากฏยุ่ยน้อย และความขุ่นของน้ำเชื่อมลดลง อาจเนื่องจากปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ โดยพบว่าที่เวลาการแช่ 10 นาที มีปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ในเนื้อมังคุดมากกว่าที่ 5 นาที

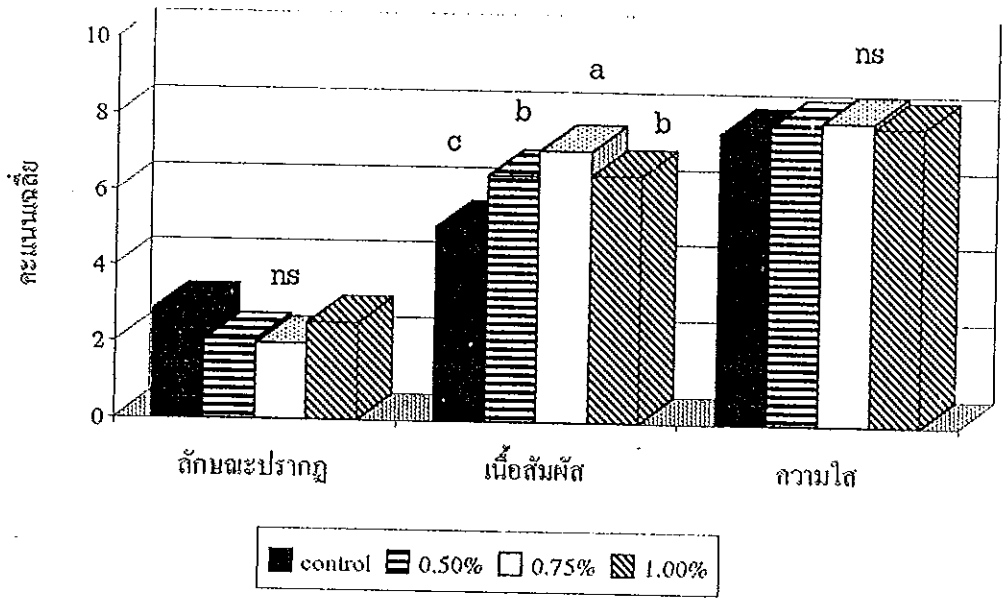
อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

การใช้อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ เวลา 1 นาที มีผลทำให้เนื้อสัมผัสและความใสของน้ำเชื่อมของมังคุดกลีบเล็กมีคะแนนสูงกว่าการใช้อุณหภูมิ 85 °ซ 5 นาที ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและเวลาสั้นมีผลต่อการย่อยสลายสารเพคตินในเนื้อเยื่อมังคุดได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูงเวลานาน จึงช่วยรักษาเนื้อสัมผัสให้แน่นขึ้น ลักษณะปรากฏมีความยุ่ยน้อยลง ส่งผลให้ความใสของความเชื่อมมากขึ้น สำหรับมังคุดกลีบใหญ่ พบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อทั้งสองอุณหภูมิให้ผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (ภาพที่ 14-15)

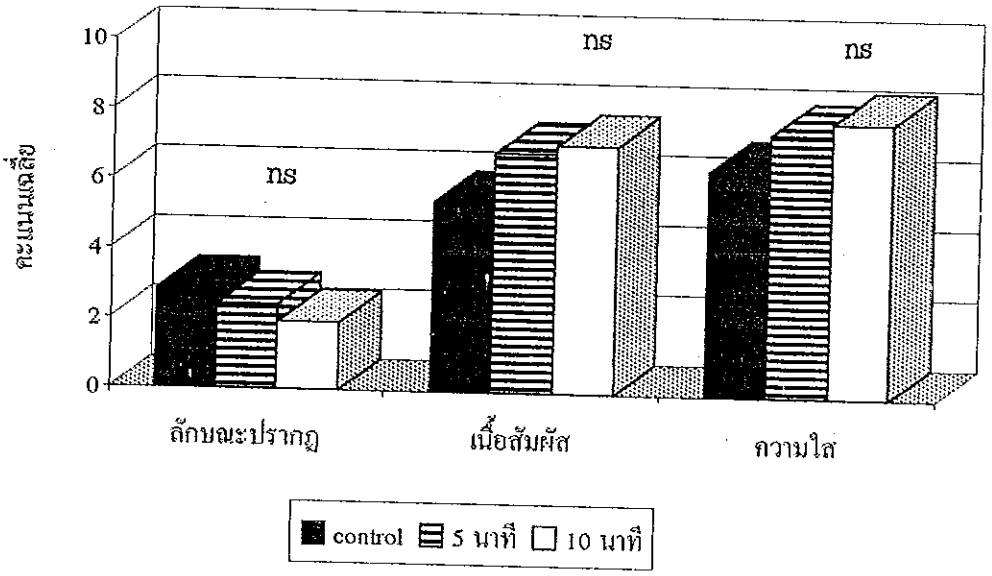
ดังนั้นสภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เลือกได้ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ เวลา 1 นาที สำหรับมังคุดกลีบเล็ก และการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 เป็นเวลา 10 นาที ฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที สำหรับมังคุดกลีบใหญ่



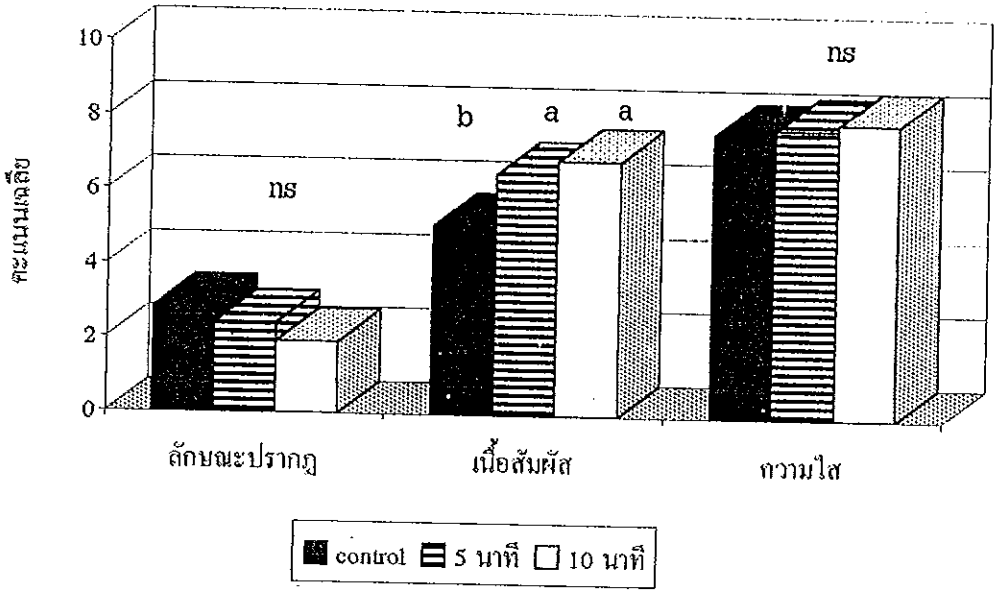
ภาพที่ 10 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก



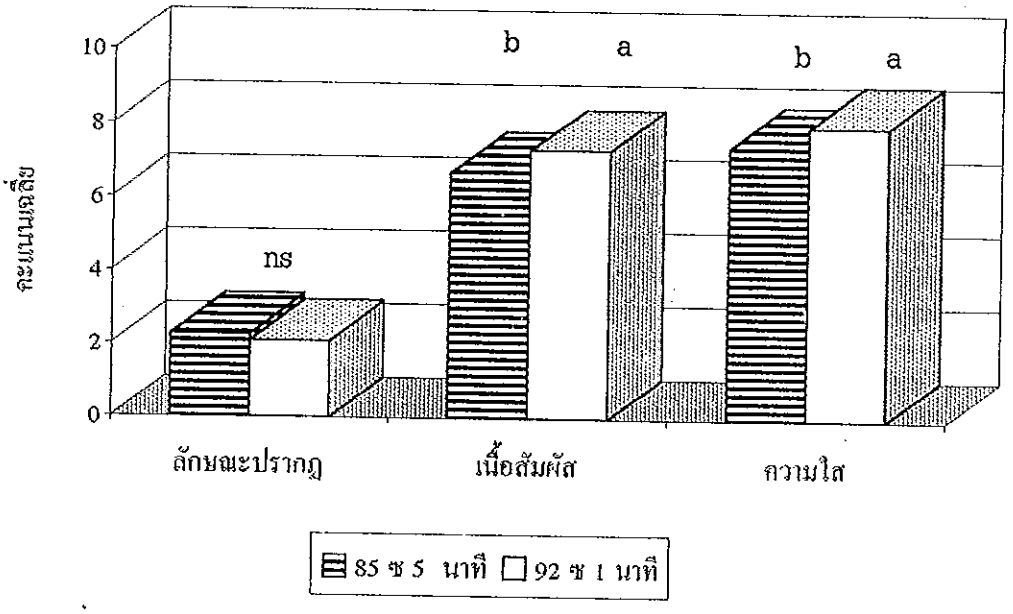
ภาพที่ 11 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่



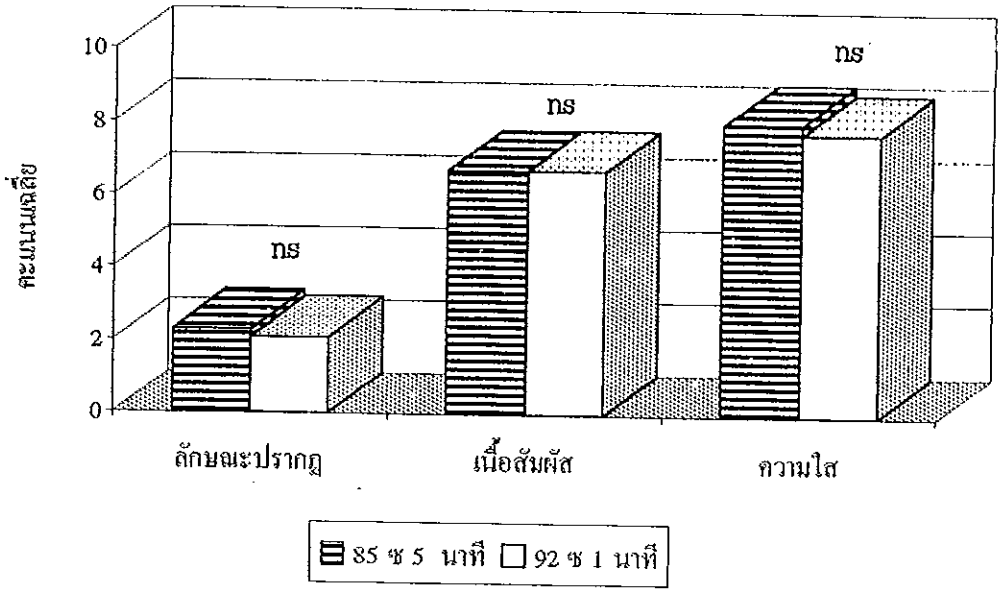
ภาพที่ 12 ผลของเวลาการแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องกลีบเล็ก



ภาพที่ 13 ผลของเวลาการแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องกลีบใหญ่



ภาพที่ 14 ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก



ภาพที่ 15 ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่

2.1.2 ผลของแคลเซียมแลคเตต เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

ผลของแคลเซียมแลคเตต เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลาย และสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 11-12 พบว่าค่าพีเอชของมังคุดกระป๋องที่ผ่านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม โดยค่าพีเอชของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กอยู่ระหว่าง 3.0 - 3.2 และ 3.3 - 3.7 สำหรับมังคุดกลีบใหญ่ และพบว่าการใช้แคลเซียมแลคเตตมีผลต่อความสว่างของสีในมังคุดกลีบใหญ่ โดยทำให้ความสว่างของสีของผลิตภัณฑ์ลดลง

เมื่อนำคะแนนทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ทางสถิติ สามารถสรุปอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 3 ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดังนี้

ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตต

ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตตที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของชิ้นมังคุดกระป๋องที่ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนแต่มีแนวโน้มดีกว่าชุดควบคุม โดยพบว่าชิ้นมังคุดกลีบเล็กที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ลักษณะปรากฏมีความยุ่ยน้อยกว่าที่ความเข้มข้นระดับอื่น และยังพบว่าความใสของน้ำเชื่อมสูงกว่าชุดการทดลองของแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 ($p<0.05$) (ภาพที่ 16) สอดคล้องกับค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมซึ่งค่าความขุ่นน้อยที่สุด ($p<0.05$) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 (ตารางที่ 11) สำหรับมังคุดกลีบใหญ่พบว่าเนื้อสัมผัสและความใสของน้ำเชื่อมของชุดการทดลองเติมแคลเซียมไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม ($p>0.05$) (ภาพที่ 17) สำหรับลักษณะปรากฏพบว่าความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ลักษณะปรากฏมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าชุดควบคุมอาจเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง เมื่อใช้แคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0.75 และ 0.1 พบว่าทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมลดลงจากชุดควบคุม ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณแคลเซียมที่เหลือในเนื้อมังคุดจากชุดการทดลองแคลเซียมความเข้มข้นระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ การใช้แคลเซียมความเข้มข้นร้อยละ 0.75 มีแนวโน้มที่ดีกว่าความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 0.5 และไม่มีความแตกต่างจากความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ดังนั้นจึงเลือกใช้แคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 11 ผลของสารละลายแคลเซียมแลคเตต เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก

ปัจจัย	ระดับ	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อม ที่ OD 660 นาโนเมตร	ปริมาณแคลเซียม (มก./100 กรัมเนื้อ)
ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตต	0 %	54.85 ns	-0.26 ns	10.17 ns	0.552 a	45.50 b
	0.5 %	55.02	-0.38	9.56	0.215 b	60.82 a
	0.75 %	53.95	-0.27	9.15	0.184 c	63.96 a
	1.0 %	54.75	-0.13	9.65	0.202 b	66.72 a
เวลาที่แช่ในสารละลายผสม	0 นาที	54.85 ns	-0.26 ns	10.17 ns	0.552 a	45.50 b
	5 นาที	54.56	-0.40	9.34	0.195 b	67.54 a
	10 นาที	54.59	-0.13	9.56	0.206 b	60.13 a
อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ	85 °ซ 5 นาที	54.64 ns	-0.18 ns	9.57 ns	0.197 ns	65.69 ns
	92 °ซ 1 นาที	54.51	-0.35	9.34	0.204	61.97

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

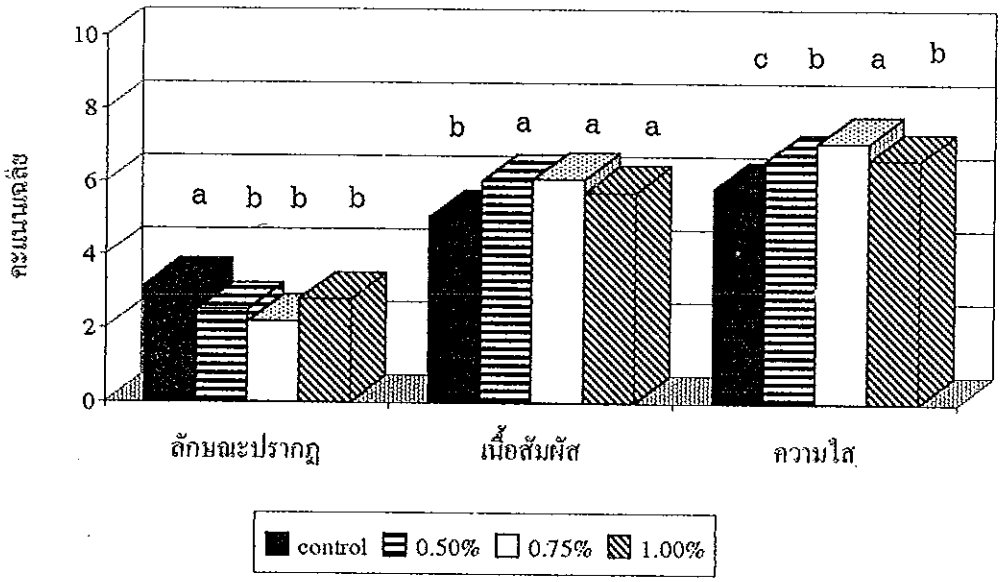
ตัวอักษร (a, b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มปัจจัยเดียวกันของตัวอย่างแต่ละขนาด

ตารางที่ 12 ผลของสารละลายแคลเซียมแลคเตต เวลาการแช่ และสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่

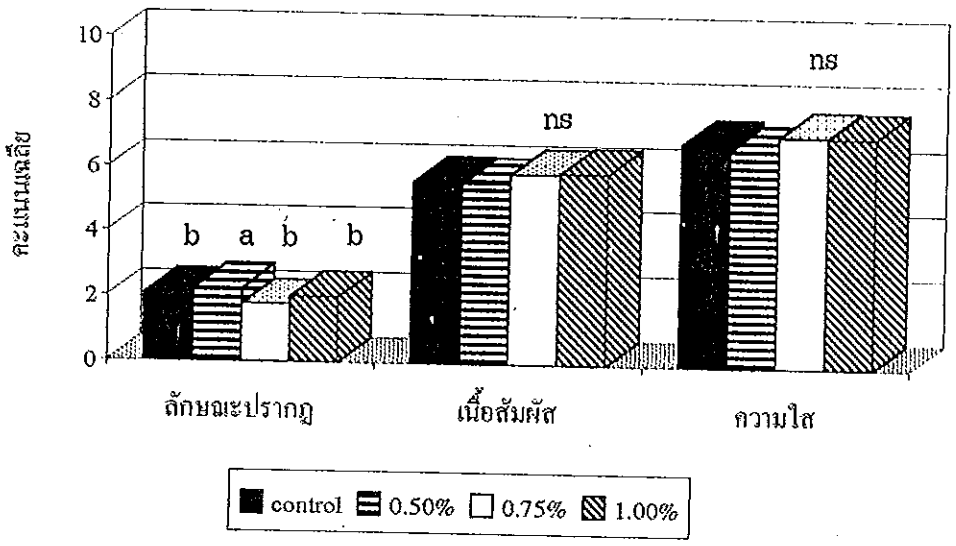
ปัจจัย	ระดับ	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมที่ OD 660 นาโนเมตร	ปริมาณแคลเซียม (มก./100 กรัมเนื้อ)
ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตต	0 %	51.41 ^{a}	0.41 ^{ns}	5.95 ^{ns}	0.173 ^{b}	34.40 ^{b}
	0.5 %	45.49 ^{b}	1.47	4.07	0.203 ^{a}	55.83 ^{a}
	0.75 %	48.19 ^{b}	0.60	4.41	0.127 ^{c}	54.00 ^{a}
	1.0 %	46.47 ^{b}	1.33	4.92	0.123 ^{c}	62.04 ^{a}
เวลาที่แช่ในสารละลายผสม	0 นาที	51.41 ^{a}	0.41 ^{ns}	5.95 ^{ns}	0.173 ^{a}	35.40 ^{b}
	5 นาที	47.72 ^{b}	0.87	5.09	0.155 ^{b}	60.40 ^{a}
	10 นาที	45.72 ^{b}	1.40	4.84	0.147 ^{b}	62.29 ^{a}
อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ	85 °ซ 5 นาที	46.53 ^{ns}	1.50 ^{ns}	4.41 ^{ns}	0.162 ^{a}	56.97 ^{ns}
	92 °ซ 1 นาที	46.91	0.77	4.52	0.140 ^{b}	57.59

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a, b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มปัจจัยเดียวกันของตัวอย่างแต่ละขนาด



ภาพที่ 16 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก



ภาพที่ 17 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่

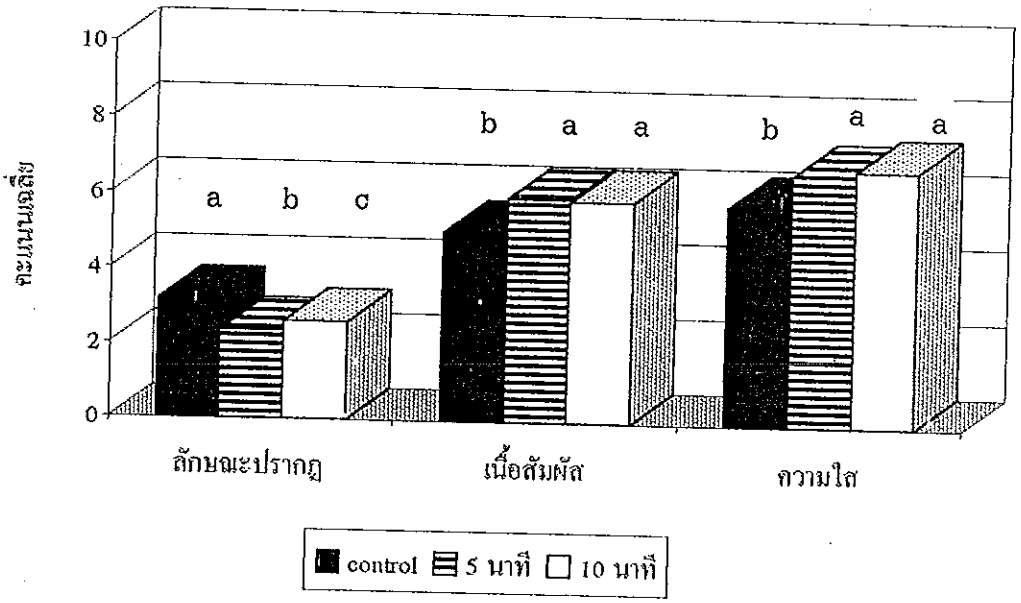
เวลาที่แช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมแลคเตต

การแช่ชิ้นมังคุดกลีบเล็กในสารละลายแคลเซียมแลคเตตที่เวลาต่างกัน (5 และ 10 นาที) พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของชิ้นมังคุดกลีบเล็กที่แช่ในสารละลายผสมเป็นเวลา 5 นาที มีความยุ่ยลดลงจากชุดควบคุม ($p<0.05$) คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความใสของน้ำเชื่อมของชุดการทดลอง 5 และ 10 นาทีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับค่าความขุ่นและปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ในเนื้อมังคุด (ตารางที่ 11) แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมอิออนอาจทำปฏิกริยาจับกับเพคตินในเนื้อเยื่อมังคุดได้อย่างสมดุลในเวลาเพียง 5 นาที การแช่ในเวลาที่นานขึ้นจึงไม่ก่อให้เกิดความแตกต่าง ดังนั้นเวลาการแช่ที่ 5 นาที จึงเพียงพอสำหรับการปรับปรุงเนื้อสัมผัสมังคุดกลีบเล็ก ส่วนในมังคุดกลีบใหญ่ พบว่าเมื่อแช่ชิ้นมังคุดในสารละลายแคลเซียมแลคเตตเป็นเวลา 10 นาที ลักษณะปรากฏมีความยุ่ยลดลง ($p<0.05$) คะแนนเนื้อสัมผัส ความใสของน้ำเชื่อม (ภาพที่ 18-19) ตลอดจนค่าความขุ่นของน้ำเชื่อม (ตารางที่ 12) มีแนวโน้มที่ดีกว่าการแช่ 5 นาที

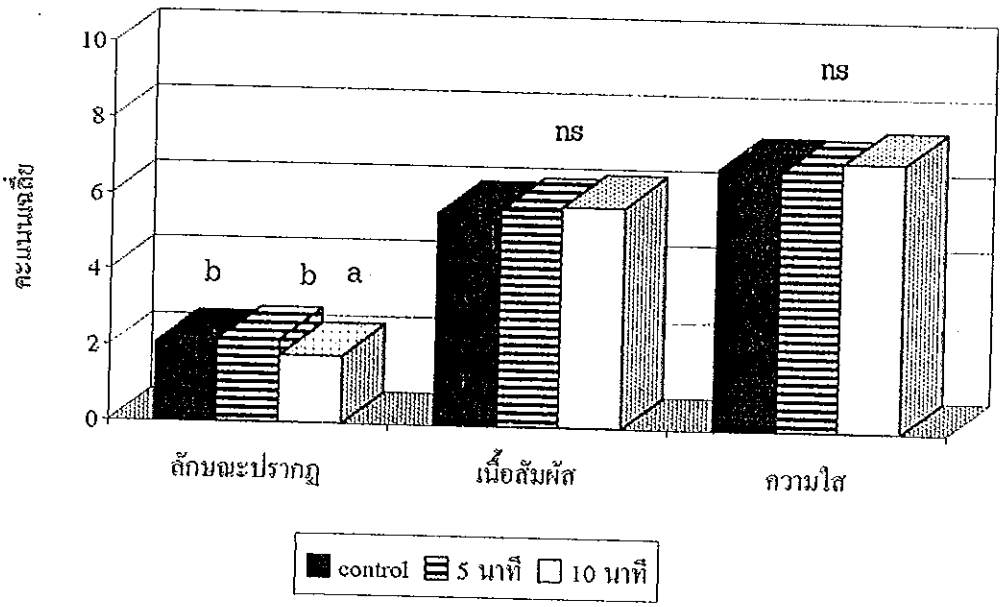
อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

สภาวะการฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที พบว่าช่วยรักษาความแน่นเนื้อในมังคุดกระป๋องกลีบเล็ก สำหรับในมังคุดกระป๋องกลีบใหญ่ สภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันแสดงผลที่ไม่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ($p>0.05$) แต่พบว่าค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมลดลง ($p<0.05$) เมื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (ตารางที่ 12)

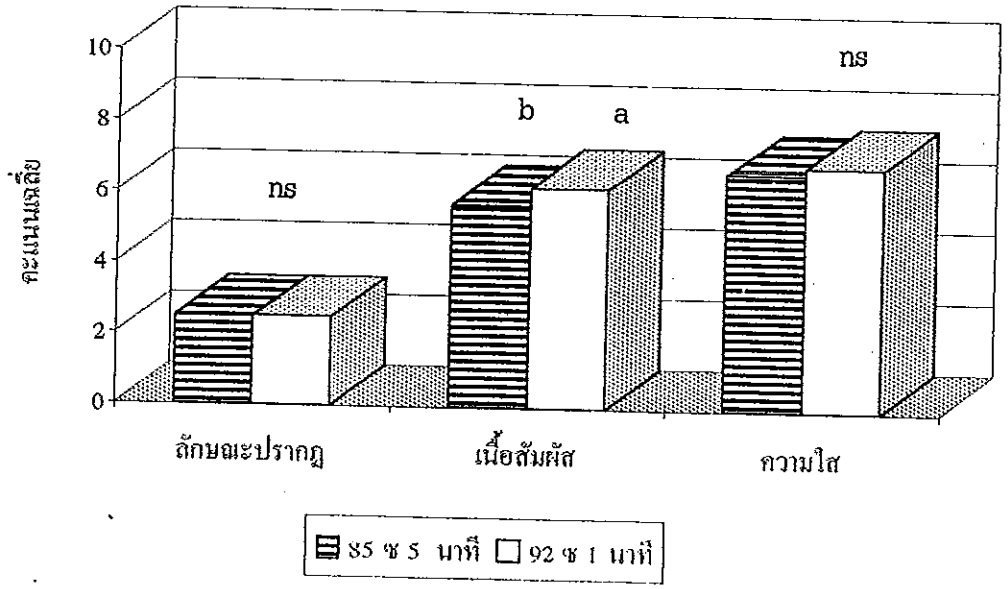
ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวแล้ว จึงได้เลือกสภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.75 เป็นเวลา 5 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที สำหรับมังคุดกลีบเล็ก และสภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.75 เป็นเวลา 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที สำหรับมังคุดกลีบใหญ่



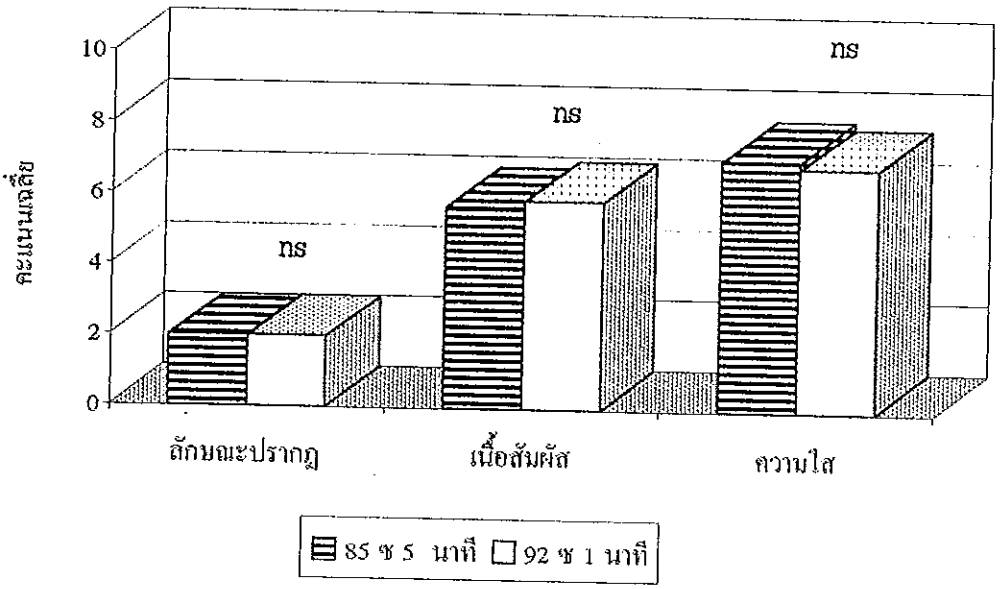
ภาพที่ 18 ผลของเวลาการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก



ภาพที่ 19 ผลของเวลาการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่



ภาพที่ 20 ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบเล็ก



ภาพที่ 21 ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกลีบใหญ่

2.1.3 การเปรียบเทียบการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตต

เมื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ได้จากข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 แล้วทำการเปรียบเทียบการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 13 เพื่อคัดเลือกสภาวะในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

ตารางที่ 13 รายละเอียดการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่

สภาวะการปรับปรุงเนื้อสัมผัส	ค่าพีเอช	ค่า			ความขุ่นของน้ำเชื่อม
		L	a	b	(ค่า OD ที่ 660 นาโนเมตร)
กลีบเล็ก					
แช่ในแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 นาน 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	3.0	58.72	-0.63	11.06	0.219
แช่ในแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.75 นาน 5 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	3.3	57.82	-0.52	11.21	0.193
กลีบใหญ่					
แช่ในแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 นาน 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	3.2	54.17	-0.19	7.25	0.195
แช่ในแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.75 นาน 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	3.5	54.78	-0.58	8.68	0.207

จากตารางที่ 13 พบว่ามังคุดกระป๋องที่มีชิ้นขนาดเดียวกันเมื่อแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีค่าพีเอชน้อยกว่าที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตต ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้สารละลายเป็นกรด ในขณะที่แคลเซียมแลคเตตเพิ่มความเป็นด่าง (Saldana and Meyer, 1981 ; Camire, *et al.*, 1994) ส่วนคุณภาพด้านสี ค่า L, a, b ของผลิตภัณฑ์ภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน

มังคุดกลีบใหญ่เมื่อแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าน้อยกว่าที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตต นอกจากนี้จากการสังเกตพบว่าลักษณะปรากฏมีความยุ่ยน้อยและน้ำเชื่อมใสกว่า จึงอาจสรุปได้ว่ามังคุดที่แช่ในสภาวะดังกล่าวมีความแน่นเนื้อสูงกว่าสภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตต สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบ 30 คน ดังแสดงในตารางที่ 14 ซึ่งพบว่าสภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงกว่าการใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตต ($p<0.05$) สำหรับมังคุดกลีบเล็กค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมจากชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตมีค่าน้อยกว่าในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าสภาวะการแช่ในสาระลายแคลเซียมแลคเตตผู้บริโภคให้การยอมรับสูงกว่า

ได้มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารให้ความแน่นเนื้อที่เหมาะสมในผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล (Drake and Spayed, 1983 ; Drake and Fridlund, 1986) เอพริคอท (French, *et al.*, 1989) มะม่วง (สินีนาถ เกียรติธนาพงษ์, 2532) แต่มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์มีรสเฝื่อนขม Camire และคณะ (1994) ทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสบูลเบอรี่บรรจุกระป๋อง พบว่าแคลเซียมแลคเตตเป็นสารให้ความแน่นเนื้อที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงเนื้อสัมผัสบูลเบอรี่ ส่วนแคลเซียมคลอไรด์ไม่เหมาะสมเนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ สอดคล้องกับ Main และคณะ (1986) และ Baker (1993) ซึ่งทำการทดลองในสตรอเบอรี่บรรจุกระป๋อง และเกรฟฟรุ๊ตบรรจุกระป๋อง ตามลำดับ และได้สรุปว่าแคลเซียมแลคเตตเป็นสารเพิ่มความแน่นเนื้อที่มีประสิทธิภาพในผลไม้ชิ้นเล็กซึ่งมีพื้นที่ในการดูดซับสารมาก Morris และคณะ (1986) ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของสตรอเบอรี่บรรจุกระป๋องโดยใช้แคลเซียมแลคเตต โดยเปรียบเทียบแบบทั้งผลและตัดแต่งเป็นชิ้นพบว่าสตรอเบอรี่ที่ตัดแต่งเป็นชิ้นสามารถดูดซับแคลเซียมได้ดีกว่าสตรอเบอรี่ทั้งผล ในการทดลองครั้งนี้เมื่อแช่ชิ้นมังคุดกลีบเล็กในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จึงมีผลทำให้เนื้อมังคุดมีรสเฝื่อนขมไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในสภาวะต่างๆ

สภาวะการปรับปรุงเนื้อสัมผัส	คะแนนการยอมรับ
กลีบเล็ก	
แช่ในแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 นาน 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	7
แช่ในแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.75 นาน 5 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	23*
กลีบใหญ่	
แช่ในแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 นาน 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	21*
แช่ในแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.75 นาน 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที	9

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในตัวอย่างชิ้นเนื้อมังคุดขนาดเดียวกัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสภาวะการปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมในมังคุดบรรจุกระป๋องคือ สภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0.75 เป็นเวลา 5 นาที ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที ในมังคุดกลีบเล็ก และสภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 เป็นเวลา 10 นาที ต้มฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที ในมังคุดกลีบใหญ่

2.2 การพัฒนาสูตรน้ำเชื่อม

เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้ว ได้ทำการศึกษาสูตรน้ำเชื่อมที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบน้ำเชื่อมความเข้มข้น 20 และ 30 °บริกซ์ ร่วมกับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 0.1 และ 0.2 และแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0 0.1 และ 0.2 เนื่องจากเนื้อมังคุดที่ผ่านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการแช่ในสารละลายแคลเซียม เมื่อผ่านการต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทำให้โครงสร้างของเพคตินถูกย่อยสลายไปบางส่วน ดังนั้นจึงต้องเติมสารเพิ่มความแน่นเนื้อเพื่อรักษาเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา

การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบพรรณาเชิงปริมาณ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ และวัดค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร และทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 15-16 และสามารถสรุปอิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตตได้ดังนี้

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม

เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 30 °บริกซ์ มีผลทำให้เนื้อมังคุดกลีบเล็กมีความสว่างของสี (ค่า L) น้อยกว่า และคะแนนด้านสีจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงกว่าที่ 20 °บริกซ์ ($p<0.05$) สำหรับมังคุดกลีบใหญ่ ค่า L ของชิ้นมังคุดในน้ำเชื่อมทั้งสองความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองความเข้มข้น 30 °บริกซ์ ค่า b สูงขึ้นเช่นเดียวกับคะแนนด้านสีจากการทดสอบประสาทสัมผัสมีคะแนนสูงคือ มีสีเหลืองขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นสูงทำให้มีโอกาสเกิดสารสีน้ำตาลจากปฏิกริยาแบบไม่ใช้เอนไซม์ได้มากขึ้น การเกิดสีน้ำตาลอาจเนื่องจากหมู่อัลดีไฮด์ในน้ำตาลอินเวอรส์ซึ่งย่อยสลายจากน้ำตาลซูโครสในสภาวะสารละลายเป็นกรดสูงกลายเป็น 5-hydroxy-methyl furfural และรวมตัวกับหมู่อะมิโนในเนื้อมังคุดเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาล (Monsalve-Gonzalez, *et al.*, 1993)

ความแน่นเนื้อของมังคุดกลีบเล็กจากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำเชื่อมเข้มข้น 30 °บริกซ์ มีผลทำให้เนื้อสัมผัสและความใสของน้ำเชื่อมมีคะแนนสูงกว่า ส่วนค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์น้อยกว่าที่ 20 °บริกซ์ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่ตกค้าง พบว่ามีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน การที่ความแน่นเนื้อของชิ้นมังคุดที่บรรจุในน้ำเชื่อมความเข้มข้นสูงมีคะแนนสูง อาจเนื่องจากผลของน้ำตาลซึ่งจัดเป็นสารเพิ่มความแน่นเนื้อชนิดหนึ่ง น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงสามารถแทรกซึมผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อของผลไม้ได้ดี และมีหมู่คาร์บอกซิล

ตารางที่ 15 อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตต ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่

ปัจจัย	ระดับ	ลักษณะปรากฏ	สี	รสฝาด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	ความใสของน้ำเชื่อม	ความชอบรวม
กลีบเล็ก									
น้ำเชื่อม	20 °บรกซ์	3.32 ns	2.66 b	2.42 a	5.18 b	3.63 a	5.62 b	6.75 b	6.21 b
	30 °บริกซ์	3.06	3.58 a	1.83 b	7.06 a	2.30 b	6.23 a	7.45 a	6.47 a
แคลเซียมคลอไรด์	ร้อยละ 0	3.27 ns	3.31 ns	2.17 ns	6.03 ns	2.91 ns	5.59 b	7.14 ns	6.28 ns
	ร้อยละ 0.1	3.20	2.96	2.16	6.09	3.01	6.10 a	7.10	6.37
	ร้อยละ 0.2	3.10	3.09	2.06	6.24	2.85	6.08 a	7.08	6.38
แคลเซียมแลคเตต	ร้อยละ 0	3.17 ns	3.03 ns	2.03 ns	6.16 ns	2.83 ns	5.94 ns	7.08 ns	6.36 ns
	ร้อยละ 0.1	3.22	3.17	2.10	6.19	2.88	5.93	7.11	6.40
	ร้อยละ 0.2	3.19	3.15	2.25	6.01	3.18	5.90	7.13	6.25

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ปัจจัย	ระดับ	ลักษณะปรากฏ	สี	รสฝาด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	ความใสของน้ำเชื่อม	ความชอบรวม
กลีบใหญ่									
น้ำเชื่อม	20 °บรกซ์	2.67 ^{b}	2.40 ^{b}	1.70 ^{ns}	5.88 ^{b}	2.91 ^{a}	5.79 ^{ns}	7.20 ^{a}	6.27 ^{ns}
	30 °บริกซ์	3.18 ^{a}	2.74 ^{a}	1.57	7.29 ^{a}	1.90 ^{b}	5.72	6.49 ^{b}	6.12
แคลเซียมคลอไรด์	ร้อยละ 0	2.81 ^{ns}	2.46 ^{ns}	1.64 ^{ns}	6.49 ^{ns}	2.39 ^{ns}	5.69 ^{ns}	6.36 ^{b}	6.30 ^{ns}
	ร้อยละ 0.1	2.91	2.49	1.61	6.62	2.48	5.79	6.87 ^{b}	6.31
	ร้อยละ 0.2	3.06	2.75	1.65	6.65	2.35	5.78	7.31 ^{a}	6.35
แคลเซียมแลคเตต	ร้อยละ 0	2.87 ^{ns}	2.34 ^{ns}	1.59 ^{ns}	6.61 ^{ns}	2.19 ^{ns}	5.80 ^{ns}	7.20 ^{a}	6.38 ^{ns}
	ร้อยละ 0.1	3.02	2.45	1.59	6.62	2.51	5.57	6.74 ^{b}	6.33
	ร้อยละ 0.2	2.89	2.92	1.73	6.52	2.52	5.89	6.59 ^{b}	6.30

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a, b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มปัจจัยเดียวกันของตัวอย่างแต่ละขนาด

ตารางที่ 16 อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตต ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่

ปัจจัย	ระดับ	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ความขุ่นของน้ำเชื่อม ที่ OD 660 นาโนเมตร	ปริมาณแคลเซียม (มก./100 กรัมตัวอย่าง)
กลีบเล็ก						
น้ำเชื่อม	20 °บริกซ์	55.60 ^{a}	1.41 ^{ns}	10.60 ^{ns}	0.334 ^{a}	67.55 ^{ns}
	30 °บริกซ์	54.06 ^{b}	1.22	10.99	0.206 ^{b}	61.45
แคลเซียมคลอไรด์	ร้อยละ 0	54.56 ^{ns}	1.68 ^{ns}	10.50 ^{ns}	0.361 ^{a}	51.83 ^{c}
	ร้อยละ 0.1	55.79	0.86	11.00	0.233 ^{b}	63.97 ^{b}
	ร้อยละ 0.2	55.15	1.40	10.89	0.216 ^{b}	77.63 ^{a}
แคลเซียมแลคเตต	ร้อยละ 0	55.23 ^{ns}	0.99 ^{ns}	10.89 ^{ns}	0.284 ^{ns}	52.30 ^{c}
	ร้อยละ 0.1	55.26	1.10	11.27	0.280	62.78 ^{b}
	ร้อยละ 0.2	54.01	1.06	10.22	0.246	75.88 ^{a}

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ปัจจัย	ระดับ	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ความขุ่นของน้ำเชื่อม ที่ OD 660 นาโนเมตร	ปริมาณแคลเซียม (มก./100 กรัมตัวอย่าง)
กลีบใหญ่						
น้ำเชื่อม	20 °บริกซ์	51.82 ns	0.34 a	6.49 b	0.176 b	82.43 a
	30 °บริกซ์	52.29	0.14 b	7.24 a	0.243 a	73.97 b
แคลเซียมคลอไรด์	ร้อยละ 0	51.69 ns	-0.04 ns	6.87 ns	0.232 a	67.35 b
	ร้อยละ 0.1	52.26	0.28	6.61	0.222 a	75.93 b
	ร้อยละ 0.2	52.21	0.07	7.11	0.175 b	91.33 a
แคลเซียมแลคเตต	ร้อยละ 0	51.33 ns	0.41 ns	6.84 ns	0.156 b	77.73 ns
	ร้อยละ 0.1	52.55	0.16	6.95	0.216 a	79.81
	ร้อยละ 0.2	51.28	0.05	6.81	0.257 a	77.08

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a, b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มปัจจัยเดียวกันของตัวอย่างแต่ละขนาด

อิสระมากสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารเพคตินในผนังเซลล์ได้มาก ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์แข็งแรงจึงทำให้ความแน่นเนื้อสูงขึ้น (Baranowski, 1990) สอดคล้องกับการทดลองของ He และคณะ (1989) ซึ่งสรุปว่าความแข็งแรงของพันธะอิออนในการฟอร์มตัวของแคลเซียมแพคเตตเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มสูง

สำหรับในมังคุดกลีบใหญ่ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมไม่มีผลต่อคะแนนเนื้อสัมผัส แต่น้ำเชื่อม 20 °บริกซ์ มีผลทำให้คะแนนลักษณะปรากฏมีความยุ่ยน้อยกว่า และความใสของน้ำเชื่อมสูงกว่าการใช้น้ำเชื่อม 30 °บริกซ์ ($p<0.05$) สอดคล้องกับค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งพบว่าที่ 20 °บริกซ์ มีค่าน้อยกว่า ($p<0.05$) และปริมาณแคลเซียมในชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 20 °บริกซ์ มีปริมาณสูงกว่าที่ 30 °บริกซ์ ($p<0.05$) การที่คุณลักษณะต่างๆ ของชุดการทดลองน้ำเชื่อมเข้มข้น 20 °บริกซ์ ดีกว่านั้นอาจเนื่องจากอิทธิพลของแคลเซียมที่มีอยู่ในเนื้อมังคุดมากกว่าอิทธิพลของน้ำเชื่อม

นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมมีผลต่อรสชาติ (รสฝาด รสหวาน รสเปรี้ยว) ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องทั้งกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ($p<0.05$) โดยน้ำเชื่อม 30 °บริกซ์ ให้รสหวานเข้มและบดบังรสเปรี้ยว อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับเนื่องจากความแน่นเนื้อสูงขึ้นเช่นกันและยังช่วยลดรสฝาดจากเกลือแคลเซียม และเนื่องจากน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 °บริกซ์ มีผลช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของมังคุดกลีบเล็กอย่างเด่นชัด ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 °บริกซ์ สำหรับมังคุดทั้งสองขนาดในการทดลองขั้นต่อไป

ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าชุดการทดลองที่มีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำเชื่อมมีผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมลดลง ($p<0.05$) ทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ ปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมที่เติมในน้ำเชื่อมสูงขึ้น และส่งผลดีต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสของมังคุดกลีบเล็กและคะแนนความใสของน้ำเชื่อมในมังคุดกลีบใหญ่ ($p<0.05$) โดยในมังคุดกลีบเล็กความเข้มข้นของแคลเซียมร้อยละ 0.1 และ 0.2 ส่งผลต่อความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน แต่ในมังคุดกลีบใหญ่แคลเซียมร้อยละ 0.2 ส่งผลต่อค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมและคะแนนความใสของน้ำเชื่อมอย่างเด่นชัด ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลอง

ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตต

การใช้แคลเซียมแลคเตตไม่มีผลในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ แต่ทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมในชุดการทดลองที่เติมสูงกว่าในชุดการทดลองที่ไม่เติม ($p<0.05$) ในมังคุดกลีบใหญ่ ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับค่าความใสของน้ำเชื่อมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมแลคเตตมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ค่อนข้างยาก เมื่อเติมลงในน้ำเชื่อมโดยตรงจึงอาจมีผลต่อความใสของน้ำเชื่อมได้ นอกจากนี้ในด้านการเพิ่มความแน่นเนื้อให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในชุดการทดลองที่มีการเติมแคลเซียมและชุดควบคุม ดังนั้นแคลเซียมแลคเตตจึงไม่ใช่สารเพิ่มความแน่นเนื้อที่เหมาะสมเมื่อใช้ในลักษณะการเติมลงในน้ำเชื่อมโดยตรง

จากผลการวิเคราะห์จึงสามารถคัดเลือกสูตรน้ำเชื่อมที่เหมาะสมได้ คือ น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นสุดท้าย (cut out brix) เป็น 30 °บริกซ์ ผสมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 และกรดซิตริกร้อยละ 0.1

2.3 การศึกษากระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน

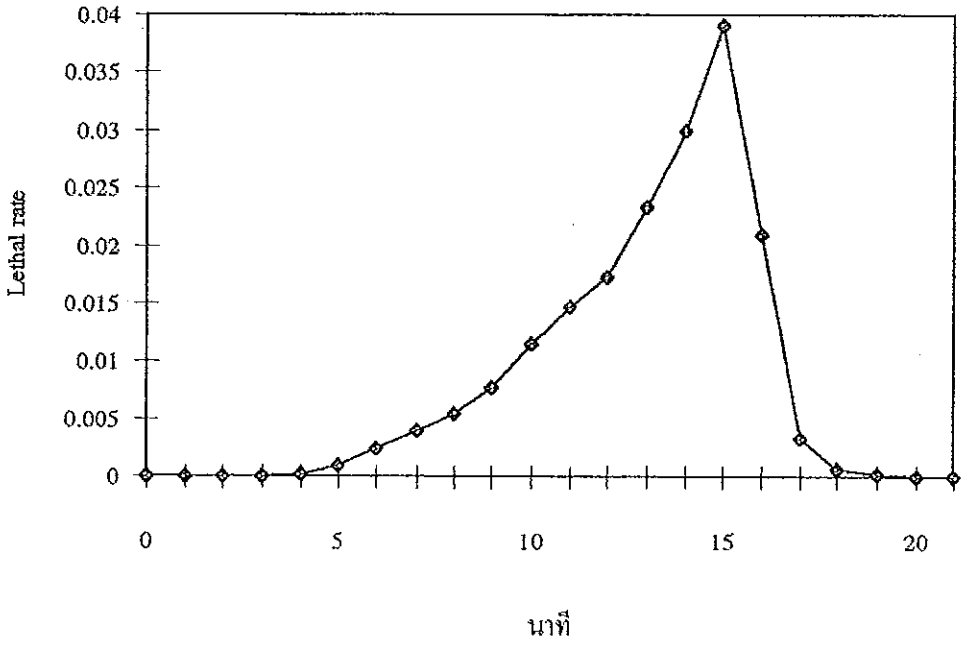
เวลาการฆ่าเชื้อและค่า F (แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ค) ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกันคือ ในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ ในน้ำเดือด และในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนอุณหภูมิกึ่งกลางกระป๋องเป็น 92 °ซ นาน 1 นาที แสดงในตารางที่ 17 และ Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่แสดงในภาพที่ 22-24 พบว่าค่า F ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในแต่ละกระบวนการแตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณด้วยวิธี Equal time interval method (Stumbo, 1973) เป็นการนำค่าอัตราการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ต่อนาทีมารวมกัน ดังนั้นค่า F ที่คำนวณได้จึงขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ยิ่งเวลาการฆ่าเชื้อนาน ค่า F ที่คำนวณได้สูงขึ้นเช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ *C. pasteurianum* เป็นจุลินทรีย์เป้าหมายในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เนื่องจากจุลินทรีย์ดังกล่าวมีคุณสมบัติในการทนต่อสภาวะที่เป็นกรดสูง และสามารถเจริญได้ที่ความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 3.8 สปอร์ทนความร้อนได้น้อย แต่หากใช้ความร้อนและเวลาในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอหรือสามารถอยู่รอดได้ และในสภาพที่มีน้ำตาลจุลินทรีย์สามารถสร้างกรดและก๊าซส่งผลให้กระป๋องบวมได้ นอกจากนี้เซลล์จุลินทรีย์ยังสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

ตารางที่ 17 เวลาการฆ่าเชื้อและค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในสภาวะที่แตกต่างกัน จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

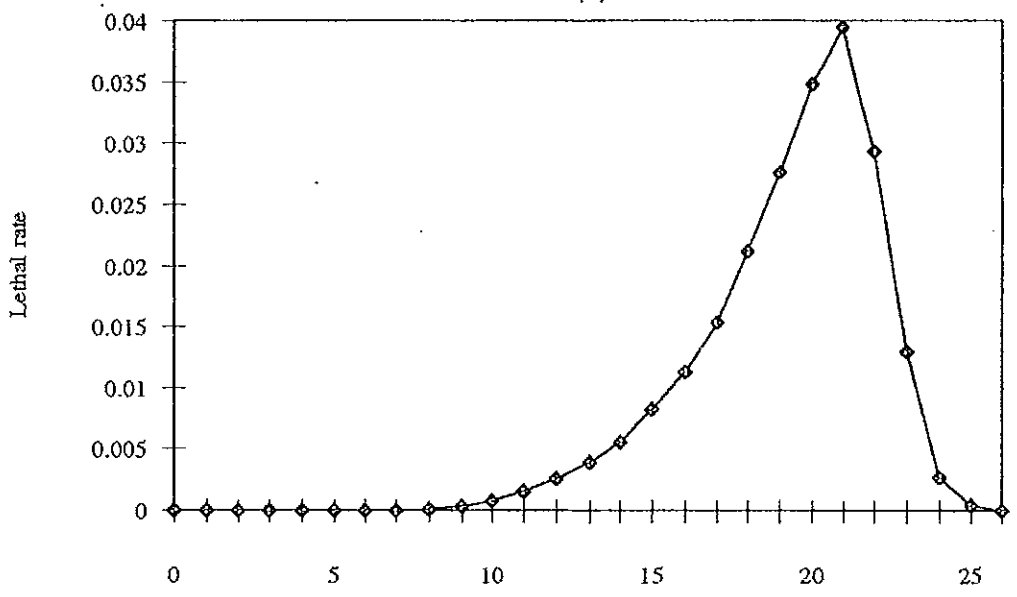
สภาวะการฆ่าเชื้อ	กลีบเล็ก		กลีบใหญ่	
	เวลาการฆ่าเชื้อ	ค่า F	เวลาการฆ่าเชื้อ	ค่า F
หม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ	8 นาที	0.18	13 นาที	0.22
น้ำเดือด	20 นาที	1.23	23 นาที	1.10
น้ำอุณหภูมิ 92 °ซ	75 นาที	26.28	97 นาที	34.00

หมายเหตุ : ค่า F คำนวณโดยใช้ Z = 15 °F (อ้างอิงถึงเชื้อ *C. pasteurianum*) (Stumbo, 1973)

National Canners Association (1968) รายงานว่าการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสภาวะความเป็นกรดสูง มีความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 3.9 สามารถใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่ค่า F (T=200 °F Z=15 °F) ของผลิตภัณฑ์มีค่า 0.1 ก็เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะปลอดเชื้อทางการค้า จากผลในตารางที่ 17 พบว่าเวลาการฆ่าเชื้อจนกระทั่งจุดร้อนช้าเป็น 92 °ซ นาน 1 นาที ทำให้ค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องมีค่าสูงกว่า 0.1 และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อจาก 3 สภาวะมาบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 14 วัน พบว่ากระป๋องไม่เกิดการบวม และจากการวิเคราะห์จุลินทรีย์ตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม แฟลตซาวร์ จุลินทรีย์ที่ทนกรดได้ ยีสต์และรา และจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณไม่เกินข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดสูง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) อย่างไรก็ตามการคำนวณค่า F โดยอ้างอิงถึง *C. pasteurianum* อาจยังไม่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องประกอบด้วยแบคทีเรียที่ทนกรด ยีสต์และราในหลายสกุล และยังขึ้นอยู่กับสุขาภิบาลของสถานที่ผลิตด้วย สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวเด่นในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องยังไม่ได้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ แต่ Lopez (1981) เสนอว่าการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องโดยทั่วไปโดยการพลาสเจอร์ไรซ์ให้อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าเป็น 85 °ซ นาน 5 นาที หรือ 92 °ซ นาน 1 นาที ก็เพียงพอที่จะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุเสื่อมเสียไม่ให้เจริญเติบโตได้

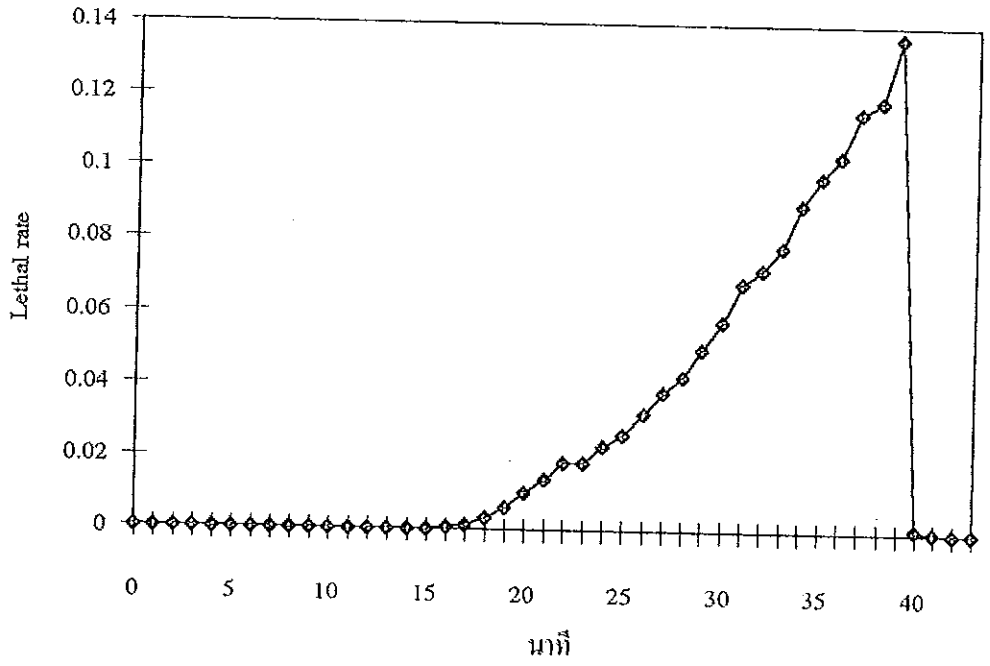


(ก)

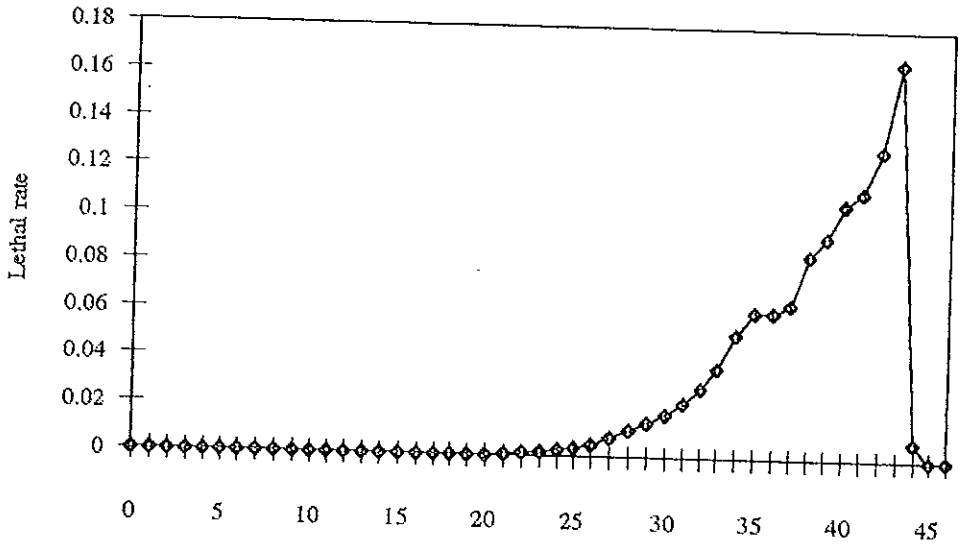


(ข)

ภาพที่ 22 Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก (ก) และกลีบใหญ่ (ข) บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน 106 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

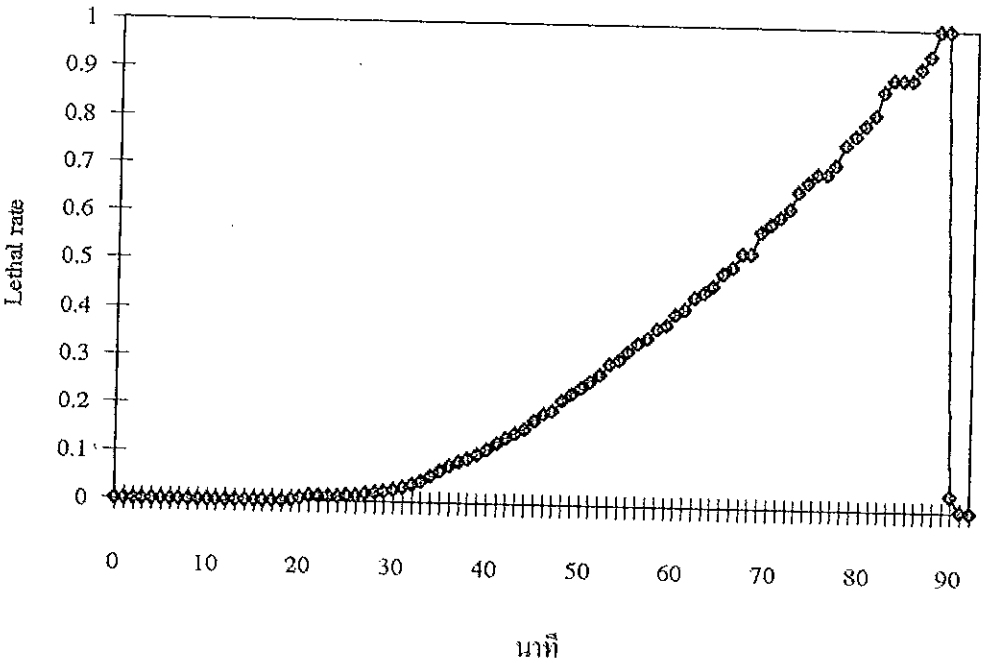


(ก)

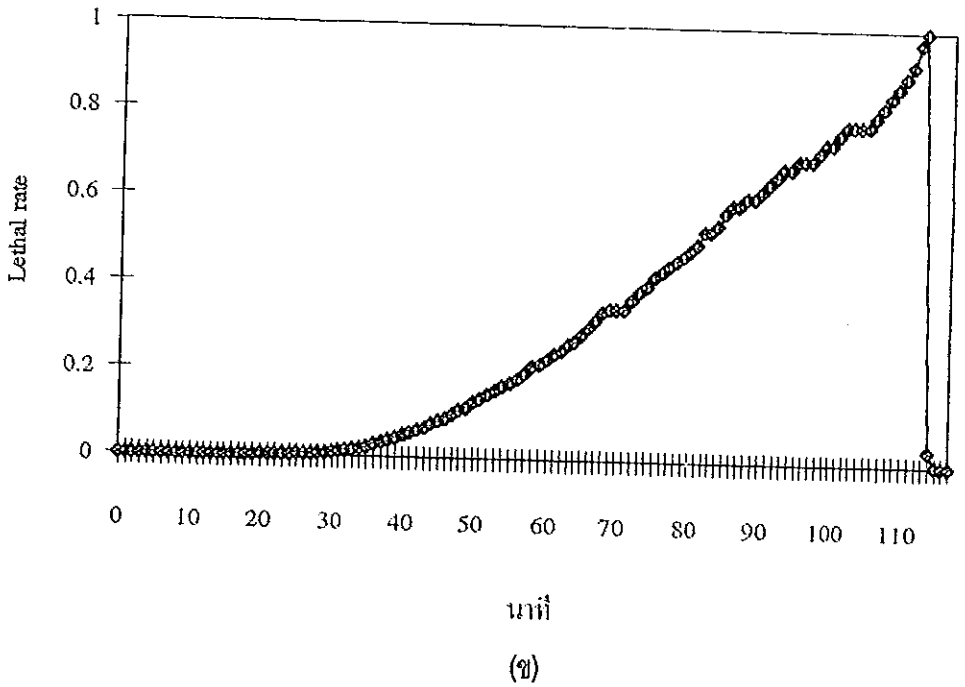


(ข)

ภาพที่ 23 Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก (ก) และกลีบใหญ่ (ข) บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดจนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที



(ก)



(ข)

ภาพที่ 24 Lethality curve ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก (ก) และกลีบใหญ่ (ก) บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 3 วิธี โดยวิธี Ranking จากผู้ทดสอบ 30 คน ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่ามังคุดกระป๋องทั้งกลีบเล็กและกลีบใหญ่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับมังคุดกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ สำหรับมังคุดกระป๋องที่ฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ ได้รับคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานมากจนทำให้เนื้อสัมผัสของมังคุดนิ่มเละ และสีของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลแดงมีผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันและในน้ำเดือดได้รับการยอมรับที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมสามารถเลือกทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันหรือในน้ำเดือดวิธีใดวิธีหนึ่งตามความเหมาะสมของเครื่องมืออุปกรณ์และต้นทุน สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิจัยในขั้นตอนต่อไปโดยเลือกทำการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเนื่องจากมีความเหมาะสมในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน

สภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ	คะแนนการยอมรับ	
	กลีบเล็ก	กลีบใหญ่
ในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ	66[a]	70[a]
น้ำเดือด	76[a]	74[a]
น้ำอุณหภูมิ 92 °ซ	38[b]	36[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a, b) ที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

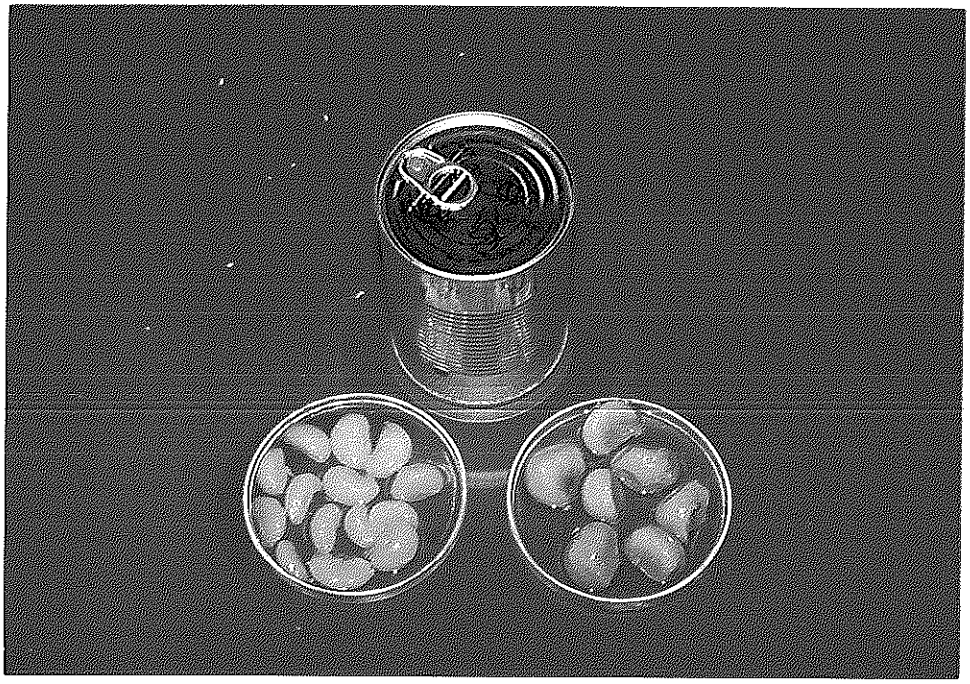
3. การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องโดยการปั่นตัวอย่างทั้งเนื้อและน้ำให้เข้ากันแล้วดึงตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าพีเอช ตามวิธีในภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 19 พบว่าผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องมีปริมาณกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก และค่าพีเอช ลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดสด (ตารางที่ 8) ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นสูง สำหรับคุณภาพทางกายภาพ พบว่าค่า L, a ของมังคุดกระป๋องลดลง และค่า b เพิ่มขึ้น อาจเป็นสาเหตุจากน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์และการให้ความร้อนทำให้เนื้อมังคุดมีสีเหลืองมากขึ้น ลักษณะผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่แสดงในภาพที่ 25

ตารางที่ 19 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*	
	กลีบเล็ก	กลีบใหญ่
ทางเคมี		
กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.43±0.00	0.39±0.01
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	1.10±0.06	0.92±0.06
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	22.75±0.37	17.34±0.00
น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	31.11±0.14	30.03±0.13
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	30.00±0.00	30.00±0.00
ทางกายภาพ		
ค่า L	57.84±0.02	53.44±0.13
ค่า a	-1.35±0.13	-1.05+0.01
ค่า b	14.11+0.15	6.94±0.05
ค่าพีเอช	3.0±0.00	3.3±0.00

หมายเหตุ : *จากการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์โดยน้ำหนักเปียก



ภาพที่ 25 ลักษณะผลิตภัณฑ์มังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณาเชิงปริมาณดังแสดงในตารางที่ 20 โดยใช้สเกล 10 ซม. โดย

ลักษณะปรากฏ 1 หมายถึง ยุ่ยน้อย 10 หมายถึง ยุ่ยมาก

สี 1 หมายถึง สีขาว 10 หมายถึง สีน้ำตาล

รสฝาด 1 หมายถึง น้อย 10 หมายถึง มาก

กลิ่นรสมังคุดกระป๋อง 1 หมายถึง กลิ่นรสน้อย 10 หมายถึงกลิ่นรสมาก

กลิ่นรสผิดปกติ 1 หมายถึง กลิ่นรสน้อย 10 หมายถึงกลิ่นรสมาก

เนื้อสัมผัส 1 หมายถึง แน่นน้อย 10 หมายถึง แน่นมาก

ความใสของน้ำเชื่อม 1 หมายถึง ใสน้อย 10 หมายถึง ใสมาก

และความชอบรวม 1 หมายถึง ชอบน้อย 10 หมายถึง ชอบมาก

พบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสและความใสของน้ำเชื่อมได้รับคะแนนสูง แสดงให้เห็นว่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้กลิ่นรสมังคุดกระป๋องมีคะแนนสูงในขณะที่กลิ่นรสผิดปกติมีคะแนนน้อยส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของมังคุดกลีบเล็กในทุกคุณลักษณะดีกว่ามังคุดกลีบใหญ่ เนื่องจากมังคุดกลีบเล็กมีความแน่นเนื้อสูงกว่า และลักษณปรากฏยุ่ยน้อยกว่า นอกจากนี้มังคุดกลีบใหญ่ยังมีเมล็ดจึงทำให้คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคลดน้อยลง

ตารางที่ 20 คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส* ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก	มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่
ลักษณะปรากฏ	1.33±0.56	1.80±0.58
สี	1.25±0.30	1.88±0.72
กลิ่นรสมังคุดกระป๋อง	7.16±0.70	5.98±0.61
กลิ่นรสผิดปกติ	0.57±0.28	0.63±0.21
เนื้อสัมผัส	7.68±0.95	6.33±1.15
ความใสของน้ำเชื่อม	7.72±0.59	6.78±0.51
ความชอบรวม	7.90±0.47	7.38±0.66

* หมายถึง คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิม 10 คน

4. การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

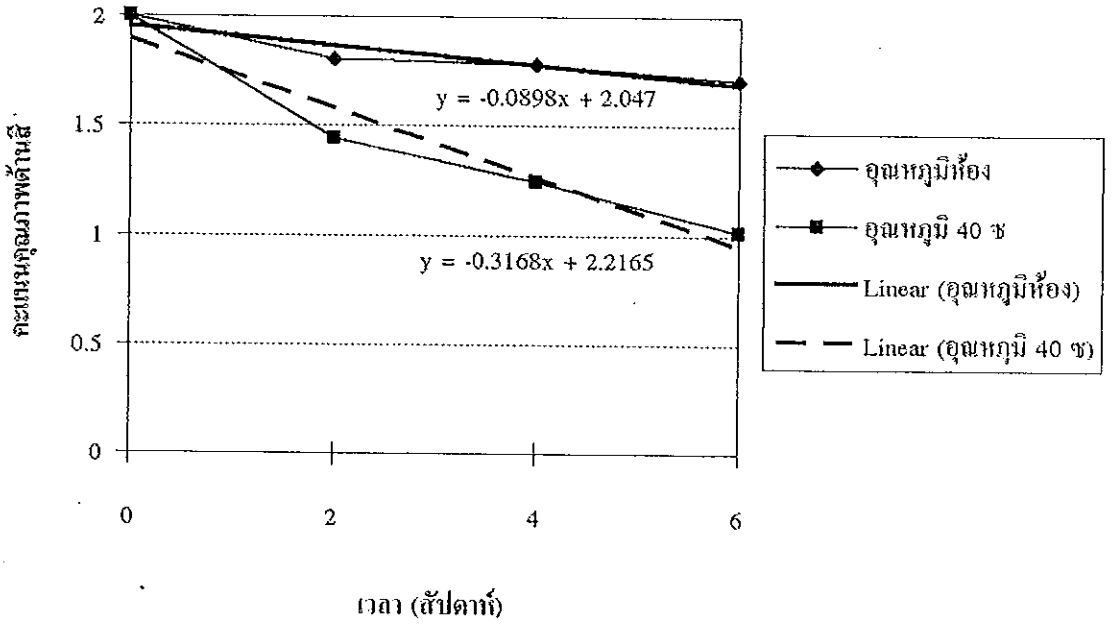
การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Q_{10} โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องและในตู้บ่มอุณหภูมิ 40 °ซ ทำการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุกๆ 2 สัปดาห์ พบว่าปัจจัยที่ชี้ให้เห็นถึงการที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับอย่างเด่นชัด คือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าสีของเนื้อมังคุดเปลี่ยนแปลงจากสีขาวไปเป็นสีน้ำตาลแดงอย่างรวดเร็ว และการเปลี่ยนแปลงด้านสีที่อุณหภูมิ 40 °ซ เกิดขึ้นรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิห้อง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีนี้ส่งผลให้ผู้บริโภคปฏิเสธที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์ ซึ่งเห็นได้จากคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับรวมลดลงในระดับต่ำกว่า 5 (คะแนน 10 หมายถึง ชอบมาก ถึง คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบเลย) ในขณะที่คะแนนของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องยังคงได้รับการยอมรับในระดับชอบเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 °ซ ผู้บริโภคให้การยอมรับ (คะแนนการยอมรับรวม $\geq$ 5) เพียง 6 และ 8 สัปดาห์ สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ อย่างไรก็ตามมีเพียงคุณภาพด้านสีเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านอื่นได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแน่นเนื้อ และความใสของน้ำเชื่อม และการยอมรับรวม ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมียังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย

Labuza (1982) กล่าวว่าปัจจัยคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กลิ่นรส สี และเนื้อสัมผัส เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ จึงควรนำปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาเป็นดัชนีบ่งบอกถึงจุดสิ้นสุดการยอมรับในการประเมินอายุการเก็บรักษา ในงานวิจัยครั้งนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเปลี่ยนแปลงรวดเร็วที่สุด จึงได้เลือกคุณภาพด้านสีมาเป็นปัจจัยหลักในการประเมินอายุการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องดังแสดงในภาพที่ 26-27

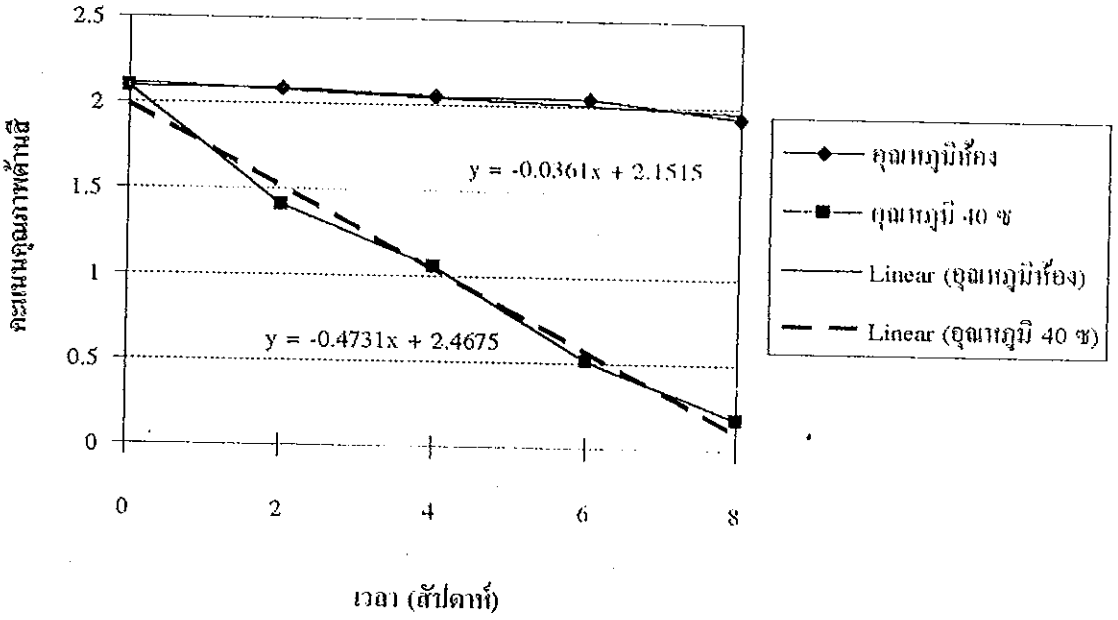
จากผลการวิเคราะห์ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ง พบว่าค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์มีค่า 3.53 และ 13.11 สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ โดยมีค่าแตกต่างจาก Labuza (1982) ซึ่งกล่าวว่าค่า Q_{10} จากการคำนวณด้วยค่าจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในช่วง 1.5-1.7 และค่า Q_{10} ที่มีค่าสูงจะบ่งบอกถึงความไวต่อความร้อนหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง

การเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์กลีบเล็กเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่ามังคุดกลีบใหญ่ โดยมังคุดกลีบเล็กมีอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 40 °ซ เพียง 6 สัปดาห์ ในขณะที่มังคุดกลีบใหญ่เป็น 8 สัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงด้านสีอาจเกิดจากการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นจากสาเหตุ 3 ประการ ได้แก่ 1) ปฏิกริยามิลลาร์ด เป็นปฏิกริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลกับหมู่อะมิโนของโปรตีน ซึ่งในการทดลองใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้นสูงและในเนื้อมังคุดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ แต่อย่างไรก็ตามปฏิกริยานี้เกิดได้ดีที่พีเอชเป็นด่าง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์มังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องมีความเป็นกรดสูง 2) ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยการออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิกในสภาวะไม่มีออกซิเจนและสารละลายมีความเป็นกรดสูงเกิดสารประกอบต่างๆ ซึ่งต่อมารวมตัวกับหมู่อะมิโนหรือไม่ก็ได้กลายเป็นสารสีน้ำตาล 3) ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลจากน้ำตาลรีดิวซ์ในผลไม้ โดยในสภาวะสารละลายเป็นกรดน้ำตาลรีดิวซ์สามารถทำปฏิกริยากับหมู่อะมิโนทำให้เกิดสารสีน้ำตาล (Monsalve-Gonzalez, *et al.*, 1993) การที่มังคุดกลีบเล็กเกิดสีน้ำตาลมากกว่ามังคุดกลีบใหญ่อาจเนื่องจากมังคุดกลีบเล็กมีองค์ประกอบทางเคมีคือ ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ความเป็นกรด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่ามังคุดกลีบใหญ่จึงมีโอกาสเกิดสารสีน้ำตาลได้มากกว่า นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลอาจเนื่องจากความร้อนที่ได้รับ มังคุดกลีบเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่ามังคุดกลีบใหญ่มีโอกาสได้รับความร้อนสูงกว่าจึงเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่าเช่นกัน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้านสีเป็นหลักจึงประมาณ 21.18 และ 104.88 สัปดาห์ ตามลำดับ (แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ง) สูงกว่าผลการประเมินอายุการเก็บรักษาเกร๊ฟฟรุตบรรจุกระป๋องซึ่งมีอายุการเก็บ 3 เดือน โดยใช้การเกิดสีน้ำตาลเป็นดัชนีในการประเมินเช่นกัน (Labaza, 1982)



ภาพที่ 26 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กในระยะ 6 สัปดาห์



ภาพที่ 27 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมังคุดกระป๋องกลีบใหญ่ในระยะ 8 สัปดาห์

5. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 เดือน และทำการประเมินคุณภาพทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสทุกๆ 1 เดือน เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย กรดแอสคอร์บิกมีค่าลดลง และค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นทั้งในมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ (ตารางที่ 21) สำหรับคุณภาพทางกายภาพ พบว่าความสว่างของสี (ค่า L) ลดลง ในขณะที่มีสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) เพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้น โดยการเปลี่ยนแปลงในมังคุดกลีบเล็กมากกว่ากลีบใหญ่ ทำให้ผลิตภัณฑ์มังคุดกลีบเล็กเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเร็วกว่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา 5 เดือน (ตารางที่ 22) พบว่าลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสมังคุดกระป๋อง กลิ่นรสผิดปกติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) คุณภาพด้านสีเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดสอดคล้องกับผลการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Q_{10} การเปลี่ยนแปลงด้านสีจากปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนต่างๆ ที่ให้กลิ่นรสผิดปกติจึงส่งผลต่อคะแนนการทดสอบด้านกลิ่นรส นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงด้านสีส่งผลให้คะแนนความชอบรวมลดลง ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 เดือน

ตารางที่ 21 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องระหว่างการ
เวลา 5 เดือน

เดือนที่	ค่าพีเอช	ค่า			ปริมาณกรดซิตริก	ปริมาณกรดแอสคอ
		L	a	b	(มก./100 กรัมเนื้อ)	(มก./100 กรัมเนื้
กลีบเล็ก						
0	3.0	57.84	-1.35	14.11	0.43	1.10
1	3.1	55.71	1.37	13.63	0.45	0.92
2	3.1	54.10	0.98	14.54	0.44	0.92
3	3.2	51.70	1.80	13.54	0.43	0.94
4	3.2	50.33	3.84	14.72	0.45	0.97
5	3.2	52.82	2.92	17.03	0.43	0.92
กลีบใหญ่						
0	3.3	53.44	-1.05	6.94	0.39	0.92
1	3.4	49.10	0.69	9.30	0.35	0.85
2	3.5	57.14	-0.28	10.08	0.34	0.74
3	3.7	53.15	0.11	11.31	0.35	0.70
4	3.7	54.58	0.73	11.21	0.37	0.77
5	3.8	55.69	0.52	12.13	0.35	0.64

ตารางที่ 22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน

เดือนที่	คุณภาพทางประสาทสัมผัส						
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรสมังคุดกระป๋อง	กลิ่นรสผิดปกติ	เนื้อสัมผัส	ความใสของน้ำเชื่อม	ความชอบรวม
กลีบเล็ก							
0	1.33^{a}	1.25^{a}	7.16^{a}	0.57^{ns}	7.68^{ns}	7.72^{ns}	7.90^{a}
1	2.9^{b}	5.53^{b}	6.07^{a}	0.55	6.68	6.88	7.10^{b}
2	3.47^{b}	5.12^{b}	4.63^{b}	1.30	6.33	6.48	6.17^{b}
3	3.83^{b}	7.28^{b}	4.50^{b}	1.97	5.57	6.80	5.33^{b}
4	3.40^{b}	6.93^{b}	3.50^{b}	1.68	5.52	7.68	5.60^{b}
5	3.62^{b}	7.42^{b}	2.83^{b}	2.07	6.40	6.23	4.62^{c}
กลีบใหญ่							
0	1.80^{a}	1.88^{a}	5.98^{a}	0.63^{a}	6.33^{ns}	6.78^{ns}	7.38^{a}
1	2.35^{a}	2.21^{a}	6.03^{a}	0.88^{a}	6.35	7.85	7.12^{a}
2	3.68^{b}	3.07^{b}	3.52^{b}	1.83^{b}	5.08	6.67	6.33^{a}
3	2.68^{b}	3.55^{b}	5.90^{b}	1.27^{b}	5.65	7.48	6.17^{b}
4	3.70^{b}	4.90^{b}	3.25^{b}	2.47^{b}	5.30	7.93	5.30^{b}
5	3.70^{b}	6.28^{c}	3.40^{b}	2.29^{b}	5.37	6.78	5.12^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a, b, c) ที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 4

สรุป

การศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสมังคุดบรรจุกระป๋องโดยใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตเป็นสารเพิ่มความแน่นเนื้อ พบว่าสภาวะการปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง ได้แก่ การแช่ก่อนการบรรจุในสารละลายแคลเซียมแลคเตตความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.5 นาน 5 นาที สำหรับมังคุดกลีบเล็ก และในแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.75 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.5 นาน 10 นาที สำหรับมังคุดกลีบใหญ่

การพัฒนาสูตรน้ำเชื่อมโดยศึกษาการใช้น้ำเชื่อม 2 ความเข้มข้น และเติมแคลเซียมลงในน้ำเชื่อมโดยตรงเพื่อช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าน้ำเชื่อมซึ่งมีความเข้มข้นสุดท้าย 30 °บริกซ์ ผสมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 และกรดซิตริกร้อยละ 0.1 เป็นสูตรน้ำเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กและกลีบใหญ่

การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยเปรียบเทียบการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ การต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดและน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที พบว่าการต้มฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ในน้ำเดือดเป็นสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้เวลา 20 นาที และ 23 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์มีค่า F (T=197.62 °F, Z=15 °F) เป็น 1.23 และ 1.10 สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 6 เดือน พบว่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองมากขึ้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบรวมเปลี่ยนแปลงด้อยลงสอดคล้องกับการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Q_{10} ซึ่งพบว่าคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องโดยใช้ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเป็นดัชนีเป็น 21.8 และ 104.88 สัปดาห์ สำหรับมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงด้านสีอาจเกิดจากปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์

ข้อเสนอแนะ

1. ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงด้านสี ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ หรืออาจเกิดจากบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม จึงควรศึกษาวิธีการป้องกันและรักษาสีของผลิตภัณฑ์

2. การศึกษาการประเมินอายุการเก็บโดยวิธี Q_{10} ควรจะศึกษาในส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย เนื่องจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสอาจให้ค่าที่ไม่แน่นอนทำให้ยากต่อการประเมิน

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2530. มังคุด. ฝ่ายวิเคราะห์ตลาด กองเศรษฐกิจการตลาด. 58 หน้า.

กองส่งเสริมพืชสวน. 2534. ปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้เพื่อการส่งออก. กองส่งเสริมวิชาการเกษตร. 62 หน้า.

กนกทิพย์ สันตะบุตร. 2532. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการละลายของดีบุกและคุณภาพของสับปะรดกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 192 หน้า.

เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ. 2530. การปรับปรุงคุณภาพมังคุด. ว. เคหการเกษตร. 11 : 72-75.

กวิศร์ วานิชกุล. 2536. 35 คำถามกับการปลูกมังคุด. ว. เกษตรก้าวหน้า. 8 : 1-29.

ชื่นใจ ศรีพงษ์พันธ์กุล. 2533. การศึกษาการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทวีศักดิ์ วัฒนกูล. 2532. มังคุด : ราชินีแห่งผลไม้. ว. ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. หน้า 28-51.

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2535. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ : การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. อาหาร. 23 : 46-53.

นฤมล พงษ์พิริยะเดชะ. 2539. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มังคุดกึ่งแห้งด้วยวิธีออสโมซิส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณฑาทิพย์ หิรัญสาลี. 2536. การศึกษาการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รุจิรา กิจธารทอง. 2534. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รัศมี ศุภศรี. 2535. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ. อาหาร. 22 : 43-48.

วารุณี วารัญญานนท์. 2536. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ : ภาชนะสำหรับบรรจุอาหาร. อาหาร. 23 : 284-290.

วรรณา ตุลยธัญ, สุวรรณา สุภิมารส, อรทัย สุขเจริญ และสุภาพรรณ ตุลยพิรุฬหศิลป์. 2532. การสกัดแอนโธไซยานินส์จากเปลือกมังคุด. อาหาร 19 : 25-32.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2529. ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. เอกสารเผยแพร่. ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สินีนาถ เกียรติธนาพงษ์. 2532. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นมะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. กระป๋องโลหะสำหรับบรรจุอาหาร. มอก 90 กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

_____. 2523. วิธีการวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่ม 1 : อาหารกระป๋อง. มอก 335 เล่ม 1-2523 กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

หลวงบุเรศบำรุงการ. 2518. การปลูกมังคุดและละมุดฝรั่ง. สำนักพิมพ์แพร่วิทยา. 80 หน้า.

เอกศักดิ์ ฐาปนะดิลก และสุขใจ คงคุณากุล. 2537. ลำไยเพื่อการอุตสาหกรรม. ว.เทคโนโลยี. 15 : 17-28.

Aquiler, J.M. and Stanley, D.W. 1990. Microstructural Principles of Food Processing and Engineering. London : Elsevier Applied Science.

A.O.A.C. 1990. Offcial Method of Analysis of the Assocition of Official Analytical Chemists 15 th ed. Virginia : The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Baker, R.A. 1993. Firmness of canned grapefruit sectioins improved with calcium lactate. J. Food Sci. 58 : 1107-1110.

Baranowski, E.S. 1990. Miscellaneous Food Additives. In Food Additives (ed. Branen, L.A., Davidson, M.P. and Salminen, S.) New York : Marcel Dekker Inc. pp. 511-540.

Borenstein, B. 1987. The role of ascorbic acid in foods. Food Technol. 41 : 98-99.

Camire, M.E., Ismail, S., Work, T.M., Bushway, A.A. and Halterman, W.A. 1994. Improvements in canned lowbush bluberry quality. J. Food Sci. 59 : 394-398.

Cornel, E.R. 1983. Promising Fruits of the Philippines. College of Agriculture, Univ. of Philippines. pp. 307-321.

Cort, W.M. 1974. Antioxidant activity of tocopherols, ascorbyl palmitate and ascorbic acid and their mode of action. J. Amer Oil Chem Soc. 51 : 321.

Deman, J.M. 1976. Rheology and Texture Food Quality. Connecticut : The AVI Publishing Co., Inc.

Drake, S.R., and Fridlund, P.R. 1986. Apple quality as influenced by method of $CaCl_2$ application. J. Food Quality. 9 : 121-128.

Drake, S.R. and Spayed, S.E. 1983. Influence of calcium treatment on golden delicious apple quality. J. Food Sci. 48 : 403-405.

FDA. 1988. Sulfiting agents in standardized foods ; labeling requirements. Food and Drug Admin., Fed. Reg. 53 : 51062-51065. cited by Sapers, G.M. 1993. Browning of food : Control by sulfites, antioxidant and other means. Food Technol. 46 : 75-84.

French, D.A., Kader, A.A. and Labavitch, J.M. 1989. Softening of canned apricots : A chelating hypothesis. J. Food Sci. 54 : 86.

Goodoy, H.T. and Rodriquez, A. 1987. Changes in individual carotenoids on processing and storage of mango (*Mangifera indica*) slices and puree. International J. Food Sci. and Technol. 22 : 451-460. อ้างโดย สินีนาถ เกียรติธนาพงษ์. 2532. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นมะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

He, F., Purcell, A.E., Huber, C.S. and Hess, H.M. 1989. Effects of calcium, sucrose and aging on the texture of canned great northern beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) J. Food Sci. 54 : 315-318.

Heil, J.R. and McCarthy, M.J. 1989. Influence of acidification on texture of canned carrots. J. Food Sci. 54 ; 1092-1093.

Horticultural Crop Promotion Division. 1993. Thai Fruit Product. Department of Agricultural Extentsion. pp 62.

Hudson, J.M. and Buescher, R.W. 1986. Relationship between degree of pectin methylation and tissue firmness of cucumber pickles. J. Food Sci. 51 : 138-140.

Intengen, C.L., et al. 1968. Food Composition Table Recommended for Use in the Philippines, Food Nut. Res. Handb. 1. Nat. Sci. Dev. Board., Manilla. cited by Cornel, E.R. 1983. Promising Fruits of the Philippines. College of Agriculture, Univ. of Philippines. pp. 307-321.

Izumi, H. and Watada, A.E. 1994. Calcium treatments effect storage quality of shreded carrots J. Food Sci. 59 : 106-109.

Javeri, H., Toledo, R. and Wicker, L. 1991. Vacuum infusion of citrus pectin-metylesterase and calcium effects on firmness of peaches. J. Food Sci. 56 : 739-742.

Kanujoso, B.W.T. and Luh, B.S. 1967. Texture, pectin, and syrup vicosity of canned cling peaches. Food Technol. 21 : 457.

Labuza, T.P. 1982. Shelf Life Dating of Foods. West port Connecticut : Food and Nutriyion Press.

Langdon, T.T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfitng agents. Food Technol. 54 : 64-67.

Lopez, A. 1981. A Complete Course in Canning and Related Process : Processing Procedures for Canned Food Products. 11 th ed. Baltimore : The Canning Trade, Inc. pp 63-81.

Luh, B.S. and Woodroof, J.G. 1986. Canning of fruits. In Commercial Fruit Processing (ed. Woodroof, J.G. and Luh, B.S) Westport, Connecticut : The AVI Publishing Co., Ltd. pp. 163-261.

Mahadeviah, M., Gowramma, R.V., Eipeson, W.E. and Ssatry, L.V.L. 1976. Influence of tinplate variables on the internal corrosion of tinplate containers with mango and orange products. J. Food Sci. Technol. 13 : 17-23. อ้างโดย กนกทิพย์ สันตะบุตร. 2532. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการละลายของดีบุกและคุณภาพของสับปะรดกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 192 หน้า.

Mahadeviah, M., Gowramma, R.V., Radhakrishnaiah Setty, G., Sastry, M.V., Ssatry, L.V.L. and Bhatnagar, H.C. 1969. Studies on variation in tinplate content in canned mango nectar during storage. J. Food Sci. Technol. 6 : 192-196. อ้างโดย กนกทิพย์ สันตะบุตร. 2532. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการละลายของดีบุกและคุณภาพของสับปะรดกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 192 หน้า.

Main, G.L., Morris, J.R. and Wehnut, E.J. 1986. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing. J. Food Sci. 51 : 391-394.

Martin, F. W. 1980. Durian and Mangosteen. In Tropical and Subtropical Fruits. (ed. Nagy, S. and Shaw, P.E.) Westport, Connecticut : The AVI Publishing Co., Ltd. pp. 407-411.

McEvily, A.J., Iyengar, R. and Otwell, W.S. 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 32 : 253-273.

Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-canovas, G.V. and Cavalieri, R.P. 1993. Mass transfer and texture changes during processing of apples by combined methods. J. Food Sci. 58 : 1118-1124.

Morris, J.R., Sistrunk, W.A., Sims, C.A. and Main, G.L. 1985. Effects of cultivar, postharvest storage, preproceesing dip treatments and style pack on the processing quality of strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 : 172-177.

National Canners Association. 1968. Laboratory Manual for Food Canners and Processors. Vol. 1. Westport : The AVI Publishing Co.

Ochase, J.J., Soule, M.J., Dijkman, M.J. and Wehberg, C. 1961. Tropical and Subtropical Agriculture. New York : MacMillan Co.

Rangana, S. 1977. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. Central Food Technological Research Institute Myscore. New Delhi : Tata McGraw Publishing Co, Ltd.

Saldana, G. and Meyer, R. 1981. Effects of added calcium on texture and texture quality of canned jalapeno peppers. J. Food Sci. 46 : 1518-1520.

Sapers, G.M., Hicks, K.B., Phillips, J.G., Garzarella, L.G., Pondish, D.L., Matulaitis, R.M., McCormack, T.J., Sondey, S.M., Seib, P.A. and El-Atawy, Y.S. 1989. Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. J. Food Sci. 54 : 997-1002.

Sapers, G.M. 1993. Browning of food : Control by sulfites, antioxidant and other means. Food Technol. 46 : 75-84.

Sapers, G.M. and Miller, R.L. 1992. Enzymatic browning control in potato with ascrobic acid -2-phosphates. J. Food Sci. 57 : 1132-1135.

Sapers, G.M. and Ziolkowski, M.A. 1987. Comparision of erythobic and ascrobic acid as inhibitors of enzymatic browning in apple. J. Food Sci. 52 : 1732-1733.

Sayavedra-Soto, L.A. and Montgomery, M.W. 1986. Inhibition of polyphenol oxidase by sulfite. J. Food Sci. 51 : 1531-1536.

Stanley, D.W., Bourne, M.C., Stone, A.P. and Wismer, W.V. 1995. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. J. Food Sci. 60 : 327-333.

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

Taylor, S.L., Higley, N.A. and Bush, R.K. 1986. Sulfite in food : Uses, analytical method, residues, fate, exposure assessment, metabolism, toxicity and hypersentivity. Adv. Food Res. 30 : 1-76.

Vamos-Viggyazo, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 15 : 49-127.

Van Buren, J.P., Kean, W.P., Gavitt, B.K. and Sajjaanantakul, T. 1990. Effects of salts and pH on heating-related softening of snap beans. J. Food Sci. 55 : 1312-1314.

Walter, W.M, Fleming, H.P. and McFeeters, R.F. 1992. Firmness control of sweet potato french fry-type product by tissue acidification. J. Food Sci. 57 : 138-142.

Whistler, R. and Daniel, J.R. 1990. Functions of Polysacharides in Foods. In Food Additives. (ed. Branen, L.A., Davidson, M.P. and Salmines, S.) New York : Marcel Dekker, Inc. pp 395-413.

Yoshikawa, M., Harada, E., Miki, A., Tsukamoto, K., Si Qian Liang, Yamahara, J. and Murakami, N. 1994. Antioxident constituents from the fruit hulls of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) originating in Vietnam. J. of the Pharmacentical Society of Japan. 114 : 129-133.

Zemel, G.P., Sims, C.A., Marshall, M.R. and Balaban, M. 1990. Low pH inactivation of polyphenol oxidase in apple juice. J. Food Sci. 55 : 562-563.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และกายภาพ

1. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

วิธีการ

ปั่นตัวอย่างมังคุดกระป๋องให้เข้ากันโดยใช้ blender และกรองด้วยผ้าขาวบาง นำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้วมาวัดด้วย Hand refractometer อ่านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในหน่วยองศาบริกซ์

2. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก โดยการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไดออกไซด์มาตรฐาน 0.1 N (A.O.A.C., 1990)

วิธีการ

ปั่นตัวอย่างมังคุดกระป๋องให้เข้ากันโดยใช้ blender แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ปิเปตส่วนที่กรองได้ 5 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 25 มล. และเติมฟีนอล์ฟทาลีน 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไตเตอร์} \times N \times n \times 100}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

n = มิลิอิควิวาเลนท์ของกรดซิตริก = 0.07

3. ปริมาณกรดแอสคอร์บิก โดยวิธี 2,6-dichlorophenol indolphenol visual titration method (A.O.A.C., 1990)

สารเคมีและการเตรียม

1. Metaphosphoric acid-acetic acid solution

ละลาย HPO_3 15 กรัม ด้วยการเขย่าใน 40 มล. HOAc + H_2O 200 มล. นำมาปรับปริมาตรเป็น 500 มล. กรองอย่างรวดเร็วและเก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชา (ถ้าทำช้า HPO_3 เปลี่ยนไปเป็น H_3PO_4 เก็บในตู้เย็นสารละลายคงอยู่ได้ 7-10 วัน)

2. Ascorbic acid saturated solution 1 mg/1ml

ชั่งกรดแอสคอร์บิกน้ำหนักแน่นอน 50 มก.ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มล. ปรับปริมาตรทันทีด้วย HPO_3 - HOAc ให้เป็น 50 มล.

3. Indophenol standard solution

ละลาย 2,6-dichloroindophenol Na salt ในน้ำกลั่น 50 มล. ซึ่งมี $NaHCO_3$ อยู่ 42 มก. เขย่าแรงๆ เมื่อละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 มล. กรองผ่านกระดาษกรองและเก็บในตู้เย็น ปรับมาตรฐานใหม่ทุกครั้งที่ใช้

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน 2 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. ซึ่งมี HPO_3 - HOAc 5 มล. ไตเตรทอย่างรวดเร็วด้วยสารละลาย indophenol จนกระทั่งเกิดสีชมพูนาน 15 วินาที อ่านปริมาตร indophenol ที่ใช้ (ทำ 3 ซ้ำ)

2. ไตเตรท blank โดยใส่ HPO_3 - HOAc 7 มล. และน้ำกลั่นเท่ากับปริมาตรที่ไตเตรทได้ในข้อ 1 ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. ไตเตรทกับ indophenol จนกระทั่งเกิดสีชมพูนาน 15 วินาที อ่านปริมาตร indophenol ที่ใช้ (ทำ 3 ซ้ำ)

3. ปั่นตัวอย่างมังคุดกระป๋องโดยใช้ blender และกรองด้วยผ้าขาวบาง ปิเปตน้ำมังคุดที่กรองได้มา 2 มล.ใส่ในขวดรูปชมพูขนาด 50 มล. ซึ่งมี HPO_3 - HOAc 5 มล. ไตเตรทอย่างรวดเร็วด้วยสารละลาย indophenol จนกระทั่งเกิดสีชมพูนาน 15 วินาที อ่านปริมาตร indophenol ที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{mg ascorbic acid / ml} = (X-B)(F/E)(V/Y)$$

โดยที่ X = มล.เฉลี่ยของตัวอย่างที่ไตเตรทได้

B = มล.เฉลี่ยของ blank ที่ไตเตรทได้

F = mg equivalent ascorbic acid

E = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้

V = ปริมาตรสารละลายทั้งหมดที่ใช้ไตเตรท

Y = ปริมาตรสารละลายที่ใช้ไตเตรทจริง

4. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซีและน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C., 1990)

สารเคมีและการเตรียม

1. สารละลายเฟลิง A

ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต เพนตาไฮเดรต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 69.28 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร กรองผ่านกระดาษเบอร์ 4

2. สารละลายเฟลิง B

ชั่งโปตัสเซียมโซเดียมทาเทรต เตตราไฮเดรต ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) 346 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

3. Methylene blue เข้มข้นร้อยละ 1

ละลาย methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มล.

4. Neutral lead acetate solution เข้มข้นร้อยละ 10

ละลาย Neutral lead acetate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

5. Potassium oxalate solution เข้มข้นร้อยละ 10

ละลาย Potassium oxalate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

6. Standard dextrose solution

ชั่ง pure anhydrous dextrose ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

วิธีการ

1. การหาค่ามาตรฐานสารละลายเฟลิง

1.1 Preliminary method

- ปิเปตสารละลายเฟลิง A และ B มาอย่างละ 5 มล. ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
- ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตต์ 15 มล. เขย่าให้เข้ากันและต้มให้เดือดโดยเร็วนาน 15 วินาที
- เติม methylene blue 1-2 หยด (ถ้าไม่เกิดสีน้ำเงินแสดงว่า dextrose มากเกินไป) ไตเตรทจนสีน้ำเงินหายไป ขณะที่ไตเตรทภายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดและเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา
- อ่านปริมาตรของ dextrose ที่ใช้

1.2 Accurate method

- ปิเปตสารละลายเฟลิง A และ B มาอย่างละ 5 มล. ใส่ขวดรูปชมพูขนาด 250 มล.

- ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตต์ ลงในขวดรูปชมพูให้ปริมาตรน้อยกว่าจุดยุติประมาณ 1 มล.

- เขย่า ต้มให้เดือดโดยเร็วและสม่ำเสมอ 2 นาที

- เติม methy lene blue 1-2 หยด

- ไตเตรทโดยปล่อยครั้งละ 2-3 หยด ให้ถึงจุดยุติภายในเวลา 1 นาที (ขณะไตเตรทสารละลายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดตลอดเวลา และเขย่าให้เข้ากันเสมอ)

- อ่านปริมาตรของ dextrose ที่ใช้

- คำนวณค่า factor ของสารละลายเฟลิง จากสูตร

Factor = titer volume x g. dextrose ใน 1 มล.

2. การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

<u>การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์</u>

- ปั่นตัวอย่างมังคุดกระป๋องให้เข้ากันโดยใช้ blender และกรองด้วยผ้าขาวบาง ปิเปตสารละลายที่ได้ 20 มล. ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย ต้มใน water bath อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 1 ชั่วโมง

- เติมสาร neutral lead acetate เข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป 2 มล. เขย่าและทิ้งไว้ 10 นาที

- เติม potassium oxalate เข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป 0.9 มล.

- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 มล.

- กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 (แบ่งตัวอย่างที่กรองได้ส่วนหนึ่งไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด)

- นำไปไตเตรทตามวิธีในข้อ 1

- อ่านปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้

<u>การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด</u>

- ปิเปตตัวอย่างที่กรองได้จากข้อ 2.1 มา 20 มล. ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล.

- เติม HCl (1+1) ลงไป 5 มล.

- นำไปอุ่นใน water bath อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 15 นาที

- ปล่อยให้เย็น และทำให้เป็นกลางด้วย NaOH 1 นอร์มอล
- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มล.
- นำไปไตเตรทตามวิธีในข้อ 1

การคำนวณ

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ , น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ) = $\frac{\text{Factor x ปริมาณแจ๋วจาง x 100}}{\text{ไตเตอร์ x ปริมาตรตัวอย่าง}}$

5. ปริมาณแคลเซียม โดยการไตเตรทกับสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนทมาตรฐาน 0.01 N (Rangana, 1977)

สารเคมี

1. saturated ammonium oxalate solution
2. methyl red indicator ละลาย methy red 0.5 กรัม ในแอลกอฮอล์ 95%
3. dilute acetic acid (1:4)
4. dilute ammonium hydroxide (1:4)
5. dilute sulphuric acid (1:4) เติมกรด sulphuric เข้มข้นในน้ำกลั่นอย่างช้าๆ คนให้เข้ากัน ปล่อยให้เย็นและปรับปริมาตร
6. 0.1 N potassium permanganate ($KMnO_4$)
7. 0.01 N potassium permenganate ปิเปต 0.1 N $KMnO_4$ มา 10 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มล. เตรียมสารละลายใหม่ทุกครั้งที่ใช้

วิธีการ

1. ปั่นตัวอย่างมัคุดกระป๋องให้เข้ากันโดยใช้ blender ชั่งน้ำหนักแน่นอน 30 กรัม ใส่ถ้วยกระเบื้องเผาไฟโดยตรงให้หมดควัน แล้วเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็น
2. เติม 20% HCl 50 มล. อุ่นให้ร้อนบน water bath 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 44 ลงในบิกเกอร์ ล้างตะกอนบนกระดาษกรองด้วย HCl
3. เทสารละลายลงในขวดปรับปริมาตร 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ปิเปตมา 20 มล. ใส่ในบิกเกอร์ 250 มล.
4. เติม saturated ammonium oxalate 10 มล. หยด methyl red indicator 2 หยด

5. ปรับพีเอชของสารละลายให้เป็นด่างโดยเติม dilute ammonium hydroxic ทีละหยด แล้วปรับให้เป็นกรดโดยเติมกรดอะซิตริทีละหยด จนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน พีเอชของส ละลายเท่ากับ 5

6. นำสารละลายไปต้มให้เดือด ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 4 ชม. จากนั้นกรองผ่านกระด กรองเบอร์ 42 ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งตะกอนไม่มี oxalate

7. ใช้แท่งแก้งแทงกระดาษให้ทะลุ ละลายตะกอนด้วยน้ำร้อนใส่ในขวดรูปชมพู เติม H_2S 5 มล. ให้ความร้อนบน hot plate

8. ไตเตรทขณะร้อนด้วย 0.01 N $KMnO_4$ จนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน นำกระดาษกรองจ ข้อ 6 มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในสารละลาย ไตเตรทจนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพู

9. อ่านปริมาตรสารละลาย 0.1 N $KMnO_4$ ที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{mg Ca /100 g} = \frac{\text{titor x normality of } KMnO_4 \text{ x 20 x total volume of ash solution x 100}}{\text{ml of ash solution taken for estimate x wt. of the sample}}$$

6. ความเป็นกรดด่าง โดยพีเอชมิเตอร์

วิธีการ

มังคุดสด : นำตัวอย่างมาคั้นน้ำ กรองผ่านผ้าขาวบาง มังคุดกระป๋อง : ปั่นตัวอย่างให้เข้าก โดยใช้ blender กรองผ่านผ้าขาวบาง

วัดความเป็นกรดด่างโดยใช้พีเอชมิเตอร์ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐา พีเอช 4.0 และ 7.0

ภาคผนวก ข. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋อง

1. แบบทดสอบชิมการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของมังคุดกระป๋อง

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นของแต่ละปัจจัยพร้อมรหัสตัวอย่าง ตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ

สี

ยุ่ยน้อย ยุ่ยมาก

รสฝาด

ขาว น้ำตาล

เนื้อสัมผัส

น้อย มาก

ความใสของน้ำเชื่อม

แน่นน้อย แน่นมาก

ความชอบรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ.....

2. แบบทดสอบชิมการเปรียบเทียบรายคู่

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวา และโปรดทำเครื่องหมายกากบาทในช่องสี่เหลี่ยม เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่ท่านชอบที่สุด

กลีบเล็ก	รหัสตัวอย่าง	_____	_____
		☐	☐
กลีบใหญ่	รหัสตัวอย่าง	_____	_____
		☐	☐

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณมาก

3. แบบทดสอบชิมการพัฒนาสูตรน้ำเชื่อม

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นของแต่ละปัจจัยพร้อมรหัสตัวอย่าง ตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด
กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ _____

ยุ่ยน้อย ยุ่ยมาก

สี _____

ขาว น้ำตาลอ่อน

รสฝาด _____

น้อย มาก

รสหวาน _____

หวานน้อย หวานมาก

รสเปรี้ยว _____

เปรี้ยวน้อย เปรี้ยวมาก

เนื้อสัมผัส _____

แน่นน้อย แน่นมาก

ความใสของน้ำเชื่อม

_____

น้อย มาก

ความชอบรวม _____

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณมาก

4. แบบทดสอบชิมเรียงลำดับความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา และเรียงลำดับคะแนนความชอบ
ตัวอย่างที่เสนอให้
กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

กำหนดให้

3 = ชอบมากที่สุด
2 = ชอบปานกลาง
1 = ชอบน้อยที่สุด

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____
ลำดับคะแนนความชอบ	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ.....
.....

ขอบคุณมาก

5. แบบทดสอบชิมการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นของแต่ละปัจจัยพร้อมรหัสตัวอย่าง ตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ

ยุ่ยน้อย ยุ่ยมาก

สี

ขาว น้ำตาลอ่อน

กลิ่นรสผิดปกติ

น้อย มาก

กลิ่นรสมังคุดกระป๋อง

น้อย มาก

เนื้อสัมผัส

แน่นน้อย แน่นมาก

ความใสของน้ำเชื่อม

น้อย มาก

ความชอบรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ.....

ภาคผนวก ค การคำนวณค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง

การคำนวณค่า F โดยวิธี Equal Time Interval Method (Stumbo, 1973) เป็นการนำค่า lethal rate ที่อุณหภูมิต่างๆ คูณด้วย interval time และนำค่า lethal rate ทุกค่ามาบวกกัน

ค่า lethal rate สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$L = \frac{1}{\log^{-1}(RT - CT) / Z}$$

เมื่อ RT = อุณหภูมิของหม้อต้มฆ่าเชื้อ

CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของกระป๋อง

Z = Z value ของเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย ในที่นี้ค่า Z = 15 ($^{\circ}$F) โดยอ้างอิงถึง *Clostridium pasteurinum* (Stumbo, 1973)

ตารางผนวกที่ ค 1 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

	นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
		(°C)	(°F)		
	0	31.5	88.7	0	0
	1	33.75	92.75	0	0
	2	51.32	124.38	0	0
	3	65.43	149.78	0	0
	4	75.22	167.40	0.0002	0.0002
	5	80.85	177.53	0.0009	0.0009
RT=106	6	84.14	183.45	0.0024	0.0024
	7	85.96	186.73	0.0039	0.0039
	8	87.12	188.82	0.0054	0.0054
	9	88.39	191.10	0.0077	0.0077
	10	89.85	193.73	0.0115	0.0115
	11	90.72	195.30	0.0147	0.0147
	12	91.31	196.36	0.0173	0.0173
	13	92.40	198.32	0.0233	0.0233
	14	93.31	199.96	0.0300	0.0300
cooling	15	94.27	201.69	0.0391	0.0391
	16	92.01	197.62	0.0210	0.0210
	17	85.31	185.56	0.0033	0.0033
	18	79.25	174.65	0.0006	0.0006
	19	74.82	166.68	0.0001	0.0001
	20	72.16	161.89	0	0
	21	68.90	156.02	0	0
				รวม Lethal rate	0.1815

ตารางผนวกที่ ค 2 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 106 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

	นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
		(°C)	(°F)		
	0	33.03	91.45	0	0
	1	31.66	88.99	0	0
	2	38.98	102.16	0	0
	3	45.34	113.61	0	0
	4	50.59	123.06	0	0
	5	54.70	130.46	0	0
RT=106	6	59.97	139.95	0	0
	7	67.43	153.37	0	0
	8	73.12	163.62	0.0001	0.0001
	9	77.08	170.74	0.0003	0.0003
	10	80.18	176.32	0.0008	0.0008
	11	82.54	180.57	0.0015	0.0015
	12	84.45	184.01	0.0026	0.0026
	13	85.89	186.60	0.0039	0.0039
	14	87.23	189.01	0.0056	0.0056
	15	88.63	191.53	0.0082	0.0082
	16	89.78	193.60	0.011	0.011
	17	90.88	195.58	0.0153	0.0153
	18	92.05	197.69	0.0212	0.0212
	19	93.01	199.42	0.0276	0.0276
cooling	20	93.85	200.93	0.0348	0.0348
	21	94.30	201.74	0.0394	0.0394

ตารางผนวกที่ ค 2 (ต่อ)

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
22	93.23	199.81	0.0294	0.0294
23	90.26	194.47	0.0123	0.0123
24	84.62	184.32	0.0027	0.0027
25	78.20	172.76	0.0005	0.0005
26	72.43	162.37	0	0
			รวม Lethal rate	0.2182

ตารางผนวกที่ ค 3 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือด จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
0	34.10	93.38	0	0
1	34.40	93.92	0	0
2	34.70	94.46	0	0
3	34.90	94.82	0	0
4	35.60	96.08	0	0
5	39.10	102.38	0	0
6	40.30	104.54	0	0
7	42.90	109.22	0	0
8	45.60	114.08	0	0
9	48.20	118.76	0	0
10	50.90	123.62	0	0
11	53.70	128.66	0	0
12	56.20	133.16	0	0
13	59.60	139.28	0	0
14	62.60	144.68	0	0
15	65.90	150.62	0	0
16	72.40	162.32	0.0005	0.0005
17	75.50	167.90	0.0011	0.0011
RT=100 18	79.30	174.74	0.0033	0.0033
19	81.60	178.88	0.0062	0.0062
20	83.40	182.12	0.0102	0.0102
21	84.60	184.28	0.0142	0.0142

ตารางผนวกที่ ค 3 (ต่อ)

	นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
		(°C)	(°F)		
	22	85.60	186.08	0.0187	0.0187
	23	85.60	186.08	0.0187	0.0187
	24	86.40	187.52	0.0233	0.0233
	25	86.90	188.42	0.0268	0.0268
	26	87.60	189.68	0.0325	0.0325
	27	88.20	190.76	0.0384	0.0384
	28	88.60	191.48	0.0429	0.0429
	29	89.20	192.56	0.0506	0.0506
	30	89.70	193.46	0.5801	0.5801
	31	90.30	194.54	0.0685	0.0685
	32	90.5	194.90	0.0724	0.0724
	33	90.80	195.44	0.0787	0.0787
	34	91.30	196.34	0.0904	0.0904
	35	91.60	196.88	0.0982	0.0982
	36	91.80	197.24	0.0104	0.0104
	37	92.20	197.96	0.0116	0.0116
	38	92.30	198.14	0.1191	0.1191
cooling	39	92.80	199.04	0.1368	0.1368
	40	75.20	167.36	0.0011	0.0011
	41	68.20	154.76	0.0002	0.0002
	42	60.70	141.26	0	0
	43	58.30	136.94	0	0
				รวม Lethal rate	1.2304

ตารางผนวกที่ ค 4 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือด จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
0	34.10	93.38	0	0
1	34.10	93.38	0	0
2	34.20	93.56	0	0
3	34.40	93.92	0	0
4	35.40	95.72	0	0
5	36.10	96.98	0	0
6	37.00	98.60	0	0
7	37.90	100.22	0	0
8	39.10	102.38	0	0
9	40.20	104.36	0	0
10	41.40	106.52	0	0
11	43.30	109.94	0	0
12	45.20	113.36	0	0
13	47.10	116.78	0	0
14	49.40	120.92	0	0
15	51.30	124.34	0	0
16	54.40	129.92	0	0
17	55.30	131.54	0	0
18	55.70	132.26	0	0
RT=100 19	59.90	139.82	0	0
20	67.30	153.14	0.0001	0.0001
21	72.90	163.22	0.0006	0.0006

ตารางผนวกที่ ค 4 (ต่อ)

	นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
		(°C)	(°F)		
	22	75.70	168.26	0.0012	0.0012
	23	77.40	171.32	0.0019	0.0019
	24	78.7	173.66	0.0028	0.0028
	25	79.50	175.10	0.0035	0.0035
	26	80.60	177.08	0.0047	0.0047
	27	82.60	180.68	0.0082	0.0082
	28	83.80	182.84	0.0114	0.0114
	29	84.60	184.28	0.0142	0.0142
	30	85.40	185.72	0.0177	0.0177
	31	86.30	187.34	0.0227	0.0227
	32	87.20	188.96	0.0291	0.0291
	33	88.1	190.58	0.0373	0.0373
	34	89.30	192.74	0.0520	0.0520
	35	89.90	193.82	0.0614	0.0614
	36	89.90	193.82	0.0614	0.0614
	37	90.1	194.18	0.0649	0.0649
	38	91.1	195.98	0.0855	0.0855
	39	91.4	196.52	0.0929	0.0929
	40	91.9	197.42	0.1066	0.1066
	41	92.2	197.96	0.1120	0.1120
	42	92.60	198.68	0.1294	0.1294
cooling	43	93.50	200.30	0.1659	0.1659
	44	82.40	180.32	0.0008	0.0008
	45	68.30	154.94	0.0002	0.0002
				รวม Lethal rate	1.0953

ตารางผนวกที่ ค 5 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กบรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
0	25.20	77.36	0	0
1	26.70	80.06	0	0
2	27.50	81.50	0	0
3	29.10	84.38	0	0
4	30.20	86.36	0	0
5	31.80	89.24	0	0
6	34.80	94.64	0	0
7	36.60	97.88	0	0
8	39.60	103.28	0	0
9	43.90	111.02	0	0
10	49.10	120.38	0	0
11	52.10	125.78	0	0
12	54.40	129.92	0	0
13	57.90	136.22	0	0
RT=92 14	59.30	138.74	0.0001	0.0001
15	61.00	141.80	0.0002	0.0002
16	63.10	145.58	0.0003	0.0003
17	63.70	146.66	0.0004	0.0004
18	65.50	149.90	0.0006	0.0006
19	70.60	159.08	0.0026	0.0026
20	73.60	164.48	0.0060	0.0060
21	75.50	167.90	0.0102	0.0102

ตารางผนวกที่ ค 5 (ต่อ)

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
22	75.80	168.44	0.0111	0.0111
23	75.80	168.44	0.0111	0.0111
24	75.90	168.62	0.0114	0.0114
25	76.30	169.34	0.0127	0.0127
26	76.70	170.06	0.0142	0.0142
27	77.40	171.32	0.0172	0.0172
28	77.90	172.22	0.0198	0.0198
29	78.40	173.12	0.0227	0.0227
30	79.00	174.20	0.0268	0.0268
31	79.60	175.28	0.0316	0.0316
32	80.30	176.54	0.0384	0.0384
33	80.80	177.44	0.0441	0.0441
34	81.60	178.88	0.0550	0.0550
35	82.30	180.14	0.0667	0.0667
36	82.80	181.04	0.0766	0.0766
37	83.20	181.76	0.0855	0.0855
38	83.50	182.30	0.0929	0.0929
39	83.80	182.84	0.1009	0.1009
40	84.20	183.56	0.1127	0.1127
41	84.60	184.28	0.1259	0.1259
42	84.90	184.82	0.1368	0.1368
43	85.20	185.36	0.1486	0.1486
44	85.40	185.72	0.1570	0.1570
45	85.80	186.44	0.1754	0.1754

ตารางผนวกที่ ค 5 (ต่อ)

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
46	86.10	186.98	0.1905	0.1905
47	86.20	187.16	0.1959	0.1959
48	86.60	187.88	0.2188	0.2188
49	86.8	188.24	0.2312	0.2312
50	87.00	188.60	0.2443	0.2443
51	87.20	188.96	0.2582	0.2582
52	87.40	189.32	0.2729	0.2729
53	87.70	189.86	0.2965	0.2965
54	87.80	190.04	0.3048	0.3048
55	88.00	190.40	0.3221	0.3221
56	88.20	190.76	0.3404	0.3404
57	88.30	190.94	0.3499	0.3499
58	88.50	191.30	0.3698	0.3698
59	88.60	191.48	0.3802	0.3802
60	88.80	191.84	0.4018	0.4018
61	88.90	192.02	0.4130	0.4130
62	89.10	192.38	0.4365	0.4365
63	89.20	192.56	0.4487	0.4487
64	89.30	192.74	0.4613	0.4613
65	89.50	193.10	0.4875	0.4875
66	89.60	193.28	0.5012	0.5012
67	89.80	193.64	0.5297	0.5297
68	89.80	193.64	0.5297	0.5297
69	90.10	194.18	0.5754	0.5754

ตารางผนวกที่ ค 5 (ต่อ)

	นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
		(^{o}C)	(^{o}F)		
	70	90.20	194.36	0.5916	0.5916
	71	90.30	194.54	0.6081	0.6081
	72	90.40	194.72	0.6252	0.6252
	73	90.60	195.08	0.6607	0.6607
	74	90.70	195.26	0.6792	0.6792
	75	90.80	195.44	0.6982	0.6982
	76	90.80	195.44	0.6982	0.6982
	77	90.90	195.62	0.7178	0.7178
	78	91.10	195.98	0.7586	0.7586
	79	91.20	196.16	0.7798	0.7798
	80	91.30	196.34	0.8017	0.8017
	81	91.40	196.52	0.8241	0.8241
	82	91.60	196.88	0.8710	0.8710
	83	91.70	197.06	0.8954	0.8954
	84	91.70	197.06	0.8954	0.8954
	85	91.70	197.06	0.8954	0.8954
	86	91.80	197.24	0.9205	0.9205
	87	91.90	197.42	0.9462	0.9462
	88	92.10	197.78	1.0000	1.0000
	89	92.10	197.78	1.0000	1.0000
cooling	90	80.10	176.18	0.0363	0.0363
	91	69.90	157.82	0.0022	0.0022
	92	59.30	138.74	0.0001	0.0001
				รวม Lethal rate	26.2815

ตารางผนวกที่ ค 6 ค่า Lethal rate และค่า F ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบใหญ่บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ต้มฆ่าเชื้อในน้ำอุณหภูมิ 92 °ซ จนกระทั่งจุดร้อนช้ามีอุณหภูมิ 92 °ซ 1 นาที

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
0	24.70	76.46	0	0
1	24.80	76.64	0	0
2	25.30	77.54	0	0
3	26.70	80.06	0	0
4	28.70	83.66	0	0
5	33.80	92.84	0	0
6	34.40	93.92	0	0
7	39.40	102.92	0	0
8	42.20	107.96	0	0
9	43.80	110.84	0	0
10	44.80	112.64	0	0
11	46.10	114.98	0	0
12	47.90	118.22	0	0
13	51.70	125.06	0	0
14	54.10	129.38	0	0
15	56.20	133.16	0	0
RT=92 16	58.50	137.30	0	0
17	60.90	141.62	0.0002	0.0002
18	64.20	147.56	0.0005	0.0005
19	66.40	151.52	0.0008	0.0008
20	69.90	157.82	0.0022	0.0022
21	71.20	160.16	0.0031	0.0031

ตารางผนวกที่ ค 6 (ต่อ)

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
22	71.10	159.98	0.0030	0.0030
23	71.20	160.16	0.0031	0.0031
24	71.40	160.52	0.0033	0.0033
25	72.00	161.60	0.0039	0.0039
26	72.50	162.50	0.0045	0.0045
27	73.30	163.94	0.0056	0.0056
28	73.90	165.02	0.0066	0.0066
29	74.70	166.46	0.0082	0.0082
30	75.70	168.26	0.0108	0.0108
31	76.30	169.34	0.0127	0.0127
32	76.90	170.42	0.0150	0.0150
33	77.30	171.14	0.0168	0.0168
34	77.90	172.22	0.0198	0.0198
35	78.30	172.94	0.0221	0.0221
36	79.20	174.56	0.0283	0.0283
37	79.80	175.64	0.0334	0.0334
38	80.30	176.54	0.0384	0.0384
39	80.90	177.62	0.0453	0.0453
40	81.30	178.34	0.0506	0.0506
41	81.70	179.06	0.0565	0.0565
42	82.10	179.78	0.0631	0.0631
43	82.40	180.32	0.0686	0.0686
44	82.90	181.22	0.0787	0.0787
45	83.20	181.76	0.0855	0.0855

ตารางผนวกที่ ค 6 (ต่อ)

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
46	83.40	182.12	0.0904	0.0904
47	83.80	182.84	0.1009	0.1009
48	84.10	183.38	0.1097	0.1097
49	84.30	183.74	0.1159	0.1159
50	84.70	184.46	0.1294	0.1294
51	84.90	184.82	0.1368	0.1368
52	85.20	185.36	0.1486	0.1486
53	85.40	185.72	0.1570	0.1570
54	85.60	186.08	0.1660	0.1660
55	85.80	186.44	0.1754	0.1754
56	86.00	186.80	0.1853	0.1853
57	86.20	187.16	0.1959	0.1959
58	86.50	187.70	0.2128	0.2128
59	86.60	187.88	0.2188	0.2188
60	86.80	188.24	0.2312	0.2312
61	87.00	188.60	0.2443	0.2443
62	87.10	188.78	0.2512	0.2512
63	87.30	189.14	0.2655	0.2655
64	87.40	189.32	0.2729	0.2729
65	87.60	189.68	0.2884	0.2884
66	87.80	190.04	0.3048	0.3048
67	88.00	190.40	0.3221	0.3221
68	88.20	190.76	0.3404	0.3404
69	88.30	190.94	0.3500	0.3500

ตารางผนวกที่ ค 6 (ต่อ)

นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
	(°C)	(°F)		
70	88.30	190.94	0.3500	0.3500
71	88.30	190.94	0.3500	0.3500
72	88.50	191.30	0.3698	0.3698
73	88.70	191.66	0.3908	0.3908
74	88.80	191.84	0.4018	0.4018
75	89.00	192.20	0.4246	0.4246
76	89.10	192.38	0.4365	0.4365
77	89.20	192.56	0.4487	0.4487
78	89.30	192.74	0.4613	0.4613
79	89.40	192.92	0.4742	0.4742
80	89.50	193.10	0.4875	0.4875
81	89.60	193.28	0.5012	0.5012
82	89.80	193.64	0.5297	0.5297
83	89.80	193.64	0.5297	0.5297
84	89.90	193.82	0.5445	0.5445
85	90.10	194.18	0.5754	0.5754
86	90.20	194.36	0.5916	0.5916
87	90.20	194.36	0.5916	0.5916
88	90.30	194.54	0.6081	0.6081
89	90.30	194.54	0.6081	0.6081
90	90.40	194.72	0.6252	0.6252
91	90.50	194.90	0.6427	0.6427
92	90.60	195.08	0.6607	0.6607
93	90.70	195.26	0.6792	0.6792

ตารางผนวกที่ ค 6 (ต่อ)

	นาทีที่	อุณหภูมิที่จุดร้อนช้า		Lethal rate	Lethal rate x interval time
		(^{o}C)	(^{o}F)		
	94	90.70	195.26	0.6792	0.6792
	95	90.80	195.44	0.6982	0.6982
	96	90.80	195.44	0.6982	0.6982
	97	90.80	195.44	0.6982	0.6982
	98	90.90	195.62	0.7178	0.7178
	99	91.00	195.80	0.7379	0.7379
	100	91.00	195.80	0.7379	0.7379
	101	91.10	195.98	0.7586	0.7586
	102	91.20	196.16	0.7798	0.7798
	103	91.20	196.16	0.7798	0.7798
	104	91.20	196.16	0.7798	0.7798
	105	91.20	196.16	0.7798	0.7798
	106	91.30	196.34	0.8017	0.8017
	107	91.40	196.52	0.8241	0.8241
	108	91.50	196.70	0.8472	0.8472
	109	91.60	196.88	0.8710	0.8710
	110	91.70	197.06	0.8954	0.8954
	111	91.80	197.24	0.9205	0.9205
	112	92.00	197.60	0.9728	0.9728
	113	92.10	197.78	1.0000	1.0000
cooling	114	80.10	176.18	0.0361	0.0361
	115	69.90	157.82	0.0022	0.0022
	116	59.30	138.74	0.0001	0.0001
	117	54.60	130.28	0	0
				รวม Lethal rate	34.0032

ภาคผนวก ง การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Q_{10} (Labuza, 1982)

ตัวอย่างการคำนวณค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็ก

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องกลีบเล็กในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	0	2	4	6
อุณหภูมิห้อง	1.25	4.55	5.53	4.68
อุณหภูมิ 40 °ซ	1.25	7.57	8.47	9.10

นำคะแนนที่ได้มาคำนวณโดยใช้สมการ

$$\ln (10-y) = A + B (t)$$

เมื่อ y หมายถึง คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดย 1 = สีขาว และ 10 = สีน้ำตาล และทำการปฏิเสธผลิตภัณฑ์

จากนั้นนำคะแนนที่การคำนวณมาเขียนกราฟดังแสดงในภาพที่ 31 และสามารถนำค่าความชันของกราฟมาคำนวณค่า Q_{10} ได้ดังนี้

สูตรการคำนวณ Q_{10}

$$Q_{10} = \frac{\text{rate at temperature (T+10)}}{\text{rate at temperature (T)}}$$

$$Q_{10} = 0.3168 / 0.0898 = 3.53$$

คำนวณอายุการเก็บรักษาของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กที่อุณหภูมิการเก็บรักษาปกติได้จาก

$$\text{shelf life at temperature (T)} = Q_{10} \times \text{shelf life at temperature (T+10)}$$

$$\text{shelf life at temperature (T)} = 3.53 \times 6 = 21.18$$

ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของมังคุดกระป๋องกลีบเล็กเป็น 21.18 สัปดาห์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสิรินทร์ ขันตี
วัน เดือน ปีเกิด	31 กรกฎาคม 2514

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2536