

วิจัยหอดสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง

Determination of Optimum Thermal Process for Canned Air Bladder



T096754

นางสาวกาญจนาวดี ปรีตะนันท์

นางสาวกิติวรรณ ธิเบษณรงค์

รฟ.

ก427ก

2537

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 96754

วัน,เดือน,ปี 4 Jun 68

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2537



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

### เรื่อง

การหากระบวนการมาเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง

Determination of Optimum Thermal Process for Canned Air Bladder

### โดย

นางสาวกาญจนาวดี ปรีตะนนท์

นางสาวกิตติวรรณ ชีเบษณรงค์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ACC, NO .....  
Date Received 6 ส.ค. 2537  
Call No.....

..... 23 มี.ค. 37  
(ดร. รุ่งแสง พงศ์วิจิตรโกวิท)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( รุ่งแสง พงศ์วิจิตรโกวิท )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 28 เดือน 10 พ.ศ. 37

.....

.....

2526

กาญจนาวดี ปรีตะนนท์ และ กิติวรรณ ชิเบษณรงค์ : การหากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง (DETERMINATION OF OPTIMUM THERMAL PROCESS FOR CANNED AIR BLADDER). ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : ดร.รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 65 หน้า

### บทคัดย่อ

กระเพาะปลาเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างมากโดยเฉพาะกระเพาะปลาตากแห้ง การบรรจุกระป๋องเป็นวิธีหนึ่ง ที่ช่วยร่นระยะเวลาในการต้มกระเพาะปลาตากแห้ง เพื่อให้เนื้อนุ่ม และสามารถนำมาใช้ได้ทันที จึงได้ทดลองศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง จากการใช้กรดซิตริก 0 และ 0.5% ในน้ำเกลือ 1 และ 2% พบว่าน้ำเกลือ 1% อย่างเดียว จะให้ลักษณะปรากฏและกลิ่นรสที่ดี เมื่อหาตำแหน่งที่ได้รับความร้อนซ้ำที่สุด 3 จุดคือ ตำแหน่งกึ่งกลางกระป๋อง (5.8 ซม.) 3.8 ซม. และ 1 ซม. จากด้านล่างของกระป๋อง พบว่าตำแหน่ง 3.8 ซม. จากด้านล่างของกระเพาะปลากระป๋องจะเป็นจุดที่ได้รับความร้อนซ้ำที่สุด ส่วนเวลาของการฆ่าเชื้อกระเพาะปลาบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 20 25 และ 30 นาที เมื่อกำหนด  $F_0$  เท่ากับ 5 พบว่าเวลาในการฆ่าเชื้อ 20 นาทีได้ค่า  $F_0$  น้อยกว่า 5 ส่วนการฆ่าเชื้อที่ 25 และ 30 นาทีให้ค่า  $F_0$  มากกว่า 5 และไม่พบเชื้อ Clostridium spp. จากการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกระเพาะปลาต้มและกระเพาะปลาบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 25 นาที ทั้งในด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบรวม

กาญจนาวดี ปรีตะนนท์  
กิติวรรณ ชิเบษณรงค์

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต

๑๖ ๘/๑ ๕7

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วัน เดือน ปี

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำรายงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ดร.รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วราวุฒิ ครูสง และ อาจารย์ วรพิสัย อารีกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนวทางต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย จนเป็นผลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร - คณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนให้การวิจัยดำเนินไปด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ศิริจันทร์ ปฎิภาณปรีชาวุฒิ และเพื่อน ๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กาญจนาวดี ปรีตะนนท์

กิติวรรณ ธิเบษณรงค์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 กระเพาะลม	2
2.2 การใช้ประโยชน์จากกระเพาะลม	2
2.2.1 กระเพาะปลาตากแห้ง	3
2.2.2 ไอซิงกลาส (Isinglass)	3
2.3 คุณสมบัติทางโภชนาการ	4
2.4 ความเป็นกรดต่างของอาหาร	4
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	5
2.6 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์	5
2.7 การกำหนดค่า $F_0$	8
2.8 การแผ่กระจายความร้อน	9
2.9 ตำแหน่งของจุดที่ร้อนช้าที่สุด	9
2.10 ช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ	11
2.11 สุญญากาศ	13
2.12 การไล่อากาศ	14
2.13 การทำให้เย็น	16
3. สารเคมี อุปกรณ์และวิธีทดลอง	17
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	17
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	18

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีทดลอง	18
3.3.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดและเกลือที่เหมาะสม ในการผลิตกระแสไหลบรจุกระปอง	18
3.3.2 การแคลิเบรชัน (calibration)	19
3.3.3 ศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	19
3.3.3.1 หาตำแหน่งของจุดที่ร้อนซ้ำที่สุด	19
3.3.3.2 ศึกษาระยะเวลาของการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	20
3.3.3.3 การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์	20
3.3.4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการก่อนและหลังการแปรรูป	21
3.3.5 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	21
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	23
4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของกรดและเกลือที่เหมาะสม ในการผลิตกระแสไหลบรจุกระปอง	23
4.2 การแคลิเบรชันเทอร์โมคอปเปิลที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ	24
4.3 ผลการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	24
4.3.1 หาตำแหน่งของจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดของกระแสไหล บรจุกระปอง	24
4.3.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ	27
4.3.3 การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์	31
4.3.4 การตรวจคุณภาพของกระแสไหลบรจุกระปอง	32
4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกระแสไหล	33
4.5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	34
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	สรุปสัญลักษณ์และคำที่มีความหมายในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน
ภาคผนวก ข	วิธีการตรวจสอบทางจุลินทรีย์
ภาคผนวก ค	วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ
ภาคผนวก ง	ตัวอย่างแบบสอบถามการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส
ภาคผนวก จ	การคำนวณจำนวนกระป๋องที่ใช้ในหม้อนึ่งความดัน
ภาคผนวก ฉ	การประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภค
ประวัติผู้เขียน	65

ตารางที่	หน้า
2.1	4
2.2	7
2.3	8
2.4	12
3.1	19
4.1	23
	ความเข้มข้นของกรดและเกลือแตกต่างกัน
4.2	32
4.4	33
4.5	35
ตารางภาคผนวกที่	
1.	49

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุดในอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อน แบบการพาความร้อนและแบบการนำความร้อน	10
2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่อาหาร แบบการพาและแบบการนำในกระป๋อง 77x112.5 มม.	11
4.1 ผลการแคลิเบรชันเทอร์โมคอปเปิล	25
4.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อให้ความร้อน ณ ตำแหน่งต่างๆเพื่อ หาจุดที่ร้อนช้าที่สุด	26
4.3 ลีธัลเรท(Lethal rate)ของการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 20 นาที	28
4.4 ค่า $F_0$ ที่เวลาใดๆของการฆ่าเชื้อ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์ /ตร.นิ้ว เป็นเวลา 20 นาที	28
4.5 ลีธัลเรทของการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 25 นาที	29
4.6 ค่า $F_0$ ที่เวลาใดๆของการฆ่าเชื้อ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์ /ตร.นิ้ว เป็นเวลา 25 นาที	29
4.7 ลีธัลเรทของการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 30 นาที	30
4.8 ค่า $F_0$ ที่เวลาใดๆของการฆ่าเชื้อ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์ /ตร.นิ้ว เป็นเวลา 30 นาที	30
รูปภาพผนวกที่	
1. กระเพาะปลาแห้ง	62
2. กระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์ /ตร.นิ้ว เป็นเวลา 25 นาที	63
3. กระเพาะปลาบรรจุกระป๋องประกอบเป็นกระเพาะปลาน้ำแดง	64

## บทที่ 1

### บทนำ

โดยปกติแล้วกระเพาะปลา จะมีการจัดจำหน่ายในรูปของ กระเพาะปลาตากแห้ง หรือ กระเพาะปลาทอด เป็นต้น แต่สำหรับกระเพาะปลาทากแห้งนั้น ก่อนที่จะนำมาปรุงเป็นอาหารจะต้องแช่น้ำก่อนเป็นเวลาอย่างน้อย 10 ชม.ขึ้นไป เพื่อให้กระเพาะปลาพองตัว ซึ่งจะช่วยให้เสียเวลาในการปรุงอาหาร และก่อให้เกิดความไม่สะดวกอีกด้วย ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ คณะผู้วิจัย จึงได้แปรรูปกระเพาะปลาทากแห้ง ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องซึ่งจะก่อให้เกิดความสะดวกในการนำไปประกอบอาหาร อีกทั้งสามารถนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการมาเชื้อที่เหมาะสม ต่อการผลิต กระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

## บทที่ 2

### วารสารบริษัท

#### 2.1 กระจะพะละม

กระจะพะละมเป็นอวัยวะที่มีลักษณะเป็นถุงภายในกลาง ภายในบรรจุอากาศเต็ม มีรูปร่างต่าง ๆ กันไป แล้วแต่ชนิดของปลาอาจกลม ยาว หรือ รี ปลาบางชนิดจะมีกระจะพะละมเพียงตอนเดียว บางชนิดอาจมีหลายตอน หรือ ภายในแบ่งเป็นห้อง ๆ และมีความหนาบางต่างกันไป กระจะพะละมต้องอยู่ภายในช่องท้อง (abdominal cavity) ติดกับกระดูกสันหลัง ภายในของ กระจะพะละมมีก๊าซต่าง ๆ เช่นเดียวกับก๊าซที่พบอยู่ในอากาศ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และไนโตรเจน แต่จะมีสัดส่วนแตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่แล้วพบว่ามีก๊าซออกซิเจน เป็นจำนวนมาก แต่ในปลาบางชนิดพบว่าในกระจะพะละมมีก๊าซไนโตรเจนอยู่เกือบทั้งหมด ปริมาณ ออกซิเจนในกระจะพะละมของปลาทะเล โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะมีมากกว่าในปลาน้ำจืด

ประโยชน์ของกระจะพะละมมีหลายประการด้วยกัน สำหรับตัวปลาเองนั้นกระจะพะละม เป็นอวัยวะที่เปรียบเสมือนฟองช่วยในการทรงตัว โดยวิธีเพิ่มและลดอากาศในกระจะพะละม ทำให้ ปลาสามารถลอยตัวอยู่ได้ในระดับความลึกต่าง ๆ อีกทั้งยังทำหน้าที่ปรับความกดดันในตัวให้พอ เหมาะกับความกดดันของสิ่งแวดล้อม ปลาบางชนิดยังใช้กระจะพะละมสำหรับช่วยในการหายใจ การทำเสียง และการรับความรู้สึกอีกด้วย นอกจากนี้กระจะพะละมยังมีประโยชน์ต่อมนุษย์ในแง่ ต่าง ๆ เป็นต้นว่า ใช้เป็นอาหาร ใช้ประโยชน์ในการกลั่นกรองสุรา ทำวุ้น (jelly) ทำปูน ซีเมนต์ชนิดพิเศษ ทำกาวย และใช้ผสมเครื่องยาจีนรับประทานเป็นยาบำรุงกำลังได้อีกด้วย

#### 2.2 การใช้ประโยชน์จากกระจะพะละม

กระจะพะละมไม่เพียงแต่จะเป็นประโยชน์สำหรับปลาดังกล่าวมาแล้วเท่านั้น ยังมี ประโยชน์ต่อมนุษย์ในการนำมาประกอบอาหาร ทำผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า "isinglass" ซึ่งสามารถนำ มาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง

กระจะพะละมของปลาที่นำมาใช้รับประทานนั้นมีทั้งชนิดสดและตากแห้ง กระจะพะละม ของปลาที่นำมาประกอบอาหารนี้เรียกว่า " กระจะพะปลา " ทั้งๆ ที่ความจริงไม่ใช้กระจะพะ

อาหารของปลา

ผลิตภัณฑ์จากกระเพาะลมของปลา ได้แก่

2.2.1 กระเพาะปลาดุกแห้ง ปลาที่นิยมใช้กระเพาะลมมาทำเป็นกระเพาะปลาดุกแห้ง เช่น ปลาดุกปากเหลือง ปลาดุกเทา ปลาดุกขาว ปลาดุก ปลามังกร ปลาบึกเข่า และปลากดทะเล

2.2.1.1 วิธีการตากแห้งกระเพาะปลา

เมื่อได้ปลาสดมาแล้วก็ทำการควักไส้ พุง และกระเพาะลมออกมาชำระให้สะอาด ปราศจากเมือกและสิ่งสกปรกอื่น ๆ แล้วมาลวกน้ำร้อนหรือต้มในน้ำเดือด เพื่อให้กระเพาะลมสุกบ้างเล็กน้อย และตัดออกเป็นชิ้น ๆ ตามความยาวของกระเพาะลม ถ้ากระเพาะมีขนาดใหญ่ เช่น กระเพาะลมของปลารูทิว จะตัดได้ประมาณ 10-14 ชิ้นต่อกระเพาะลมหนึ่งอัน เมื่อตัดเป็นชิ้น ๆ แล้วเอาชิ้นกระเพาะลมนี้มาแผ่ลงตากในตะแกรงหรือปากไม้ผ่า โดยรูตื้นกระเพาะลมให้แบนติดกับภาชนะที่ใส่ตาก เพื่อป้องกันการหดตัวหรือม้วนเป็นก้อนในขณะที่ตากแห้งแล้ว น้ำตะแกรงที่มีชิ้นกระเพาะลมออกผึ่งแดดให้แห้ง เวลาที่จะใช้ตากขึ้นอยู่กับขนาดของกระเพาะลมของปลา และความชื้นของอากาศ ปริมาณแสงแดด เมื่อชิ้นกระเพาะลมแห้งดีแล้วก็เก็บใส่ปิ๊บ ปิดฝาอีกแน่นอย่าให้ลมเข้าได้ เพื่อกันความชื้น ชิ้นกระเพาะลมที่ตากแห้งแล้วนี้ใช้ทอดรับประทาน

2.2.2 Isinglass เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก กระเพาะลมของปลากระดูกแข็งที่ล้างสะอาดแล้วตากแห้งจัดเป็นรูปต่าง ๆ กัน เป็นสินค้าที่แพร่หลายทั่วโลกชนิดที่มีคุณภาพดีที่สุดในที่นิยมกันมากที่สุด ได้แก่ isinglass ของรัสเซีย ซึ่งทำจากกระเพาะลมของปลาดุก หรือปลาเมียน (*Sciaena dussumieri*) และปลาตะเพียน

Isinglass ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้ในการกรองเหล้าองุ่นและเบียร์ เนื่องจาก isinglass ไม่ละลายในน้ำเย็นและแอลกอฮอล์แต่จะจมน้ำและพองตัว มีกลิ่นคาวเล็กน้อย เป็นเส้นใยอันละเอียดรวมกันเป็นร่างแหที่มีช่องตาถี่ จะช่วยกันกรองเอาสารที่ไม่ละลายและทำให้เหล้าพุ่งออกไป นอกจากนี้ยังใช้ในการทำวุ้น ทำขนมหวาน ทำยูนพลาสติก ทำยูนจีเมนต์ชนิดพิเศษ ซึ่งสามารถกันน้ำได้ ทำกาวและผสมเครื่องยาจีนใช้เป็นยาบำรุงกำลังได้อีกด้วย

### 2.3 คุณสมบัติทางโภชนาการ

กระเพาะลมของปลา หรือที่โดยทั่ว ๆ ไปนิยมเรียก "กระเพาะปลา" นั้น เชื่อกันว่ามี คุณค่าทางอาหารมาก สามารถเป็นยาชูกำลังสำหรับผู้ที่ยังฟื้นไข้ ตามภัตตาคารจีนขายเป็นอาหารจานหนึ่ง ๆ แพงมาก จนฤดูหนาวบรรดาชาวจีนที่มีฐานะดีชอบรับประทานกัน เนื่องจากเป็นอาหารที่ทำให้ความอบอุ่น และยาชูกำลัง โดยถือกันว่ากระเพาะปลาจวดปากเหลืองเป็นชนิดที่ดีที่สุด การที่กระเพาะปลามีคุณค่าทางอาหารมาก เพราะมีปริมาณโปรตีนสูง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และทุกส่วนสามารถใช้เป็นอาหารได้ทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการต่อน้ำหนัก 100 กรัมของกระเพาะปลา

ความชื้น	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
23.4566	0.5342	64.0474	7.4729	4.4911

ที่มา: สมาน (2506)

### 2.4 ความเป็นกรดต่างของอาหาร (pH)

pH เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้อในอาหาร ทั้งนี้เพราะ pH มีผลโดยตรง ต่อกระบวนการให้ความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ บกดีจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มี ความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม อาหารถูกแบ่งตามสภาพความเป็นกรดต่าง เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.4.1 อาหารที่มีสภาพเป็นกรด มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 เช่น ส้ม มะนาว สับปะรด เป็นต้น ความเป็นกรดทำให้จุลินทรีย์ (โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างสปอร์) ไม่เจริญเติบโต และมีความทนทานต่อความร้อนได้น้อยจึงถูกทำลายได้ง่าย ให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดปกติ (100° c)

2.4.2 อาหารที่มีสภาพเป็นกรดต่ำ มีค่า pH สูงกว่า 4.6 เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ผัก ข้าวโพด สำหรับอาหารกระป๋อง สภาพไร้อากาศในกระป๋องเหมาะที่ Clostridium botulinum จะเจริญเติบโตและสร้างสารพิษ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสปอร์ทนความร้อนสูง

## 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

1 คุณสมบัติในการทนทานต่อความร้อนของสปอร์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร การทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารต้องพิจารณาจากระดับอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการ นอกจากนี้ยังต้องศึกษาถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

2 อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร เวลาที่ช้าจะทำให้จุดที่ร้อนช้าที่สุดนานาจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

## 2.6 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

1 ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ความร้อนในการทำลายยีสต์และราจะง่ายกว่าแบคทีเรีย และสปอร์ของแบคทีเรียทนความร้อนได้ดีกว่าเซลล์ธรรมดา (Vegetative cell)

ระยะเวลาที่เข้าในการฆ่าเชื้อขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมากกว่าที่กำหนดไว้ อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ในกระบวนการฆ่าเชื้อก็ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด ก่อให้เกิดปัญหาอาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (Under Process)

2 อายุของจุลินทรีย์ ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จะมีผลต่อการทนทานความร้อน จุลินทรีย์มีความต้านทานต่อความร้อนได้สูงสุดในระยะสแตชันนารีเฟส (Stationary phase) รองลงมาคือช่วงแลกเฟส (Lag phase) ซึ่งเป็นช่วงพักตัวก่อนเริ่มการเจริญเติบโต ส่วนช่วงลอการิทึมเฟส (Logarithmic phase) จุลินทรีย์ไม่ทนความร้อน

3 อุณหภูมิ จุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพที่อุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Optimum temperature) ดังนั้นอุณหภูมิที่อาหารถูกทิ้งไว้ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์

4 ลักษณะของอาหาร จุลินทรีย์สามารถทนความร้อนได้มากขึ้น เมื่อปริมาณน้ำในอาหารลดลง (Water activity) สารประกอบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร เช่น ปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ (เกลือของแคลเซียมและแมกนีเซียม)รวมทั้งเกลือแกงและน้ำตาลที่เติม ซึ่งจะมีผลช่วยเพิ่มความต้านทานของจุลินทรีย์

5 ความเป็นกรดต่างของอาหาร (pH)มีผลโดยตรงต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปกติจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพที่มีพีเอชเหมาะสม(optimum pH)

ความทนทานความร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความทนทานต่อความร้อน (ค่า D,Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง

Bacterial groups	Approximate range of heat resistance	
	D	Z
Low-acid and semi-acid foods (pH above 4.5)		
Thermophiles (spores)	D250	
Flat-sour group ( <i>B. stearothermophilus</i> )	4.0 - 5.0	14 - 22
Gaseous-spoilage group		
( <i>C. thermosaccharolyticum</i> )	3.0 - 4.0	16 - 22
Sulfide stinkers ( <i>C. nigrificans</i> )	2.0 - 3.0	16 - 22
Mesophiles (spores)		
Putrefactive anaerobes		
<i>C. botulinum</i> (types A and E)	0.10 - 0.20	14 - 18
<i>C. sporogenes</i> group (including P.A. 2679)	0.10 - 1.5	14 - 18
Acid foods (pH 4.0 - 4.5)		
Thermophiles (spores)		
<i>B. coagulans</i> (facultatively mesophilic)	0.01 - 0.07	14 - 18
Mesophiles (spores)	D212	
<i>B. polymyxa</i> and <i>B. macerans</i>	0.10 - 0.50	12 - 16
Butyric anaerobes ( <i>C. pasteurianum</i> )	0.10 - 0.50	12 - 16
High-acid foods (pH 4.00 and below)		
Mesophilic non spore bearing bacteria	D150	
<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., and yeasts and molds	0.50 - 1.00	8 - 10

ที่มา: Stumbo (1973)

## 2.7 การกำหนดค่า $F_0$

การกำหนดค่า  $F_0$  ขึ้นอยู่กับการทดลอง เนื่องจากจะต้องมีปัจจัยอื่นๆ เกี่ยวข้องด้วยฉะนั้นจึงมีควรรคำนวณค่าความปลอดภัย (Safety factors) เข้าไปด้วยในการออกแบบกระบวนการแปรรูปในช่วงการหาค่าการส่งผ่านความร้อน Pflug และ Odlaug (1978) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 เพื่อให้ค่า  $F_0$  ที่ใช้สูงกว่าค่า 12D ซึ่งเป็นอัตราการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ Clostridium botulinum ในอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความแปรปรวนในกระบวนการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความปลอดภัยในการให้ความร้อนในสภาวะต่างๆ

Heating conditions	Factors of safety (s)
Nonagitated heating systems in saturated steam	
Pure conduction	1.0
Pure convection	1.0
Combination of convection and conduction	2.0
Nonagitated heating systems in water or steam-air mixture	
Pure conduction	1.5
Pure convection	1.5
Combination of convection and conduction	3.0
Container agitated during heating in steam, Water, or steam-air mixture	
Pure conduction	2.0
Induced convection	3.0

ที่มา: Pfulg (1987)

## 2.8 การแผ่กระจายของความร้อน (Heat Penetration)

อัตราความเร็วที่ปริมาณความร้อนแผ่กระจายไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุด (cold point) ของอาหารกระป๋องขึ้นกับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิด ซึ่งเกิดขึ้นไม่เท่ากัน ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต้องนานเพียงพอที่ความร้อนจะแผ่กระจายไปยังจุดที่ได้รับความร้อนที่ช้าที่สุดของอาหารกระป๋องและมีผลต่อการฆ่าเชื้อ ณ จุดนั้นด้วยเพื่อให้การฆ่าเชื้อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นขนาดของกระป๋องจึงมีผลต่อการฆ่าเชื้อ เพราะว่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องขนาดใหญ่จะใช้เวลานานกว่ากระป๋องขนาดเล็ก

## 2.9 ตำแหน่งของจุดที่ร้อนช้าที่สุด

1 อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction) อาหารที่อยู่ติดกับผนังกระป๋องที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ โดยจุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่บริเวณกึ่งกลางของกระป๋องที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนี้จึงได้รับความร้อนช้าและส่วนมากจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูง

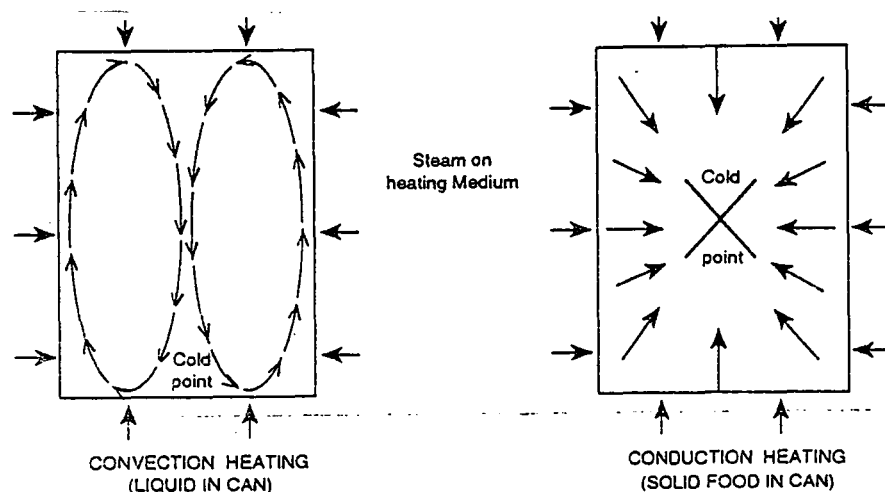
2 อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Convection) ถ้าเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ โดยสาเหตุมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นตัวกลาง (อาหารเหลว) โมเลกุลของอาหารเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน ขณะที่โมเลกุลที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนลงมาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนของอาหารเหลวภายในกระป๋อง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อโดยวางเรียงในแนวตั้งจะอยู่ที่ประมาณ 3/4 นิ้ว จากด้านล่างกระป๋องสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก และสำหรับกระป๋องขนาดใหญ่จะอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่งจากด้านล่างกระป๋อง (ทิพพร, 2536) ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนี้จะได้รับความร้อนเร็วกว่าการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน ดังรูปที่

2.2

ถ้าเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) จะมีแรงภายนอกมาบังคับให้โมเลกุลของอาหารเหลวเคลื่อนที่ เกิดการผสมของของเหลวภายในกระป๋องทำให้การ

ถ่ายเทความร้อนเป็นไป得更เร็วขึ้น จึงมักจะไม่มีพบจุดที่ร้อนช้าที่สุดหรือถ้ามีก็จะอยู่ที่กึ่งกลางกระป๋อง

3 อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม เช่น อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืดประกอบอยู่ด้วย ซึ่งในช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นแบบการพาและเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนมีความข้นหนืดมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจึงเปลี่ยนเป็นแบบการนำ กราฟการให้ความร้อนจึงมีลักษณะเส้นหัก (Broken heating curve) จุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางระหว่างจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพา และแบบการพา (ทิพาพร, 2536)



รูปที่ 2.1 แสดงจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุด (Cold point) ในอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพา (convection) และแบบการนำ (conduction)

ที่มา Stumbo (1973)



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่อาหารแบบการพา และแบบการนำในกระป๋อง 77 x 112.5 มม.

ที่มา Stumbo (1973)

2.10 ช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ (Headspace).

ส่วนของช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ มีความสำคัญต่อการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ แรงดันที่เกิดขึ้นภายในเนื่องจาก

- 1 อาหารภายในภาชนะขยายตัว
- 2 ความดันไอของน้ำภายในภาชนะเพิ่มขึ้น
- 3 อากาศและก๊าซอื่นในช่องว่างภายในภาชนะบรรจุขยายตัว

อาหารกระป๋อง เมื่อผ่านการให้ความร้อนจะทำให้เกิดแรงดันภายในมากแรงดันภายในเหล่านี้จะถูกควบคุม โดยการขยายตัวของกระป๋องและการโป่งพองของฝากระป๋องซึ่งรีดลอนไว้ ดังนั้นจึงต้องเหลือช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุไว้ส่วนหนึ่ง เพื่อรองรับการขยายตัวของอาหารและก๊าซภายในภาชนะบรรจุ และช่องว่างนี้ยังช่วยในการถ่ายเทความร้อน ในกรณีที่มีการพลิกกลับใบมาของภาชนะบรรจุในระหว่างการให้ความร้อน

ในการบรรจุและการปิดผนึกมีตัวแปรที่ต้องควบคุม 3 ประการ คือ

1 ชนิดและปริมาณของก๊าซในช่องว่างเหนืออาหารที่บรรจุ โดยปกติมักจะเป็นอากาศ ในบางกรณีอาจมีการบรรจุก๊าซเฉื่อยแทน

2 ปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหาร โดยทั่วไปจะต้องควบคุมปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุมีค่าไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรภาชนะบรรจุ (Heid และ Joslyn, 1963) การวัดช่องว่างภายในภาชนะบรรจุสามารถทำได้ 2 วิธี คือการวัดระยะทางจากขอบบนของส่วนโคงหรือตะเข็บจนถึงผลิตภัณฑ์ (gross headspace, GHS) และการวัดระยะจริงจากฝากระป๋องถึงผลิตภัณฑ์ (net headspace) ค่าสูงสุดของ GHS สำหรับกระป๋องแต่ละขนาดแสดงดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 GHS สูงสุดสำหรับกระป๋องโลหะแต่ละขนาด

ขนาด	ชื่อกระป๋อง	GHS สูงสุด (นิ้ว)
211 x 400	เบอร์ 1 (ปิดมิด)	18/32
303 x 406	เบอร์ 303	19/32
307 x 306	เบอร์ 2 (สูญญากาศ)	16/32
307 x 409	เบอร์ 2	19/32
401 x 411	เบอร์ 2 1/2	20/32
603 x 700	เบอร์ 10	27/32

ที่มา: Heid และ Joslyn(1963)

ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารน้อยเกินไป อันเนื่องมาจากการบรรจุอาหารที่มากเกินไป เวลาในการฆ่าเชื้อที่คำนวณไว้

อาจไม่เพียงพอ เนื่องจากอัตราการส่งผ่านของความร้อนลดลงและมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายใน ทำให้้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ค่า  $F_0$  ของกระบวนการจะลดลง ถ้ามีปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารมากเกินไป จะทำให้พื้นที่หน้าสัมผัสของอาหารต่ำกว่ามาตรฐาน อากาศภายในภาชนะบรรจุที่มากเกินไปจะทำให้อาหารซึ่งเก็บภายในภาชนะบรรจุเกิดการเสื่อมเสีย และภาชนะบรรจุอาจเกิดการกัดกร่อน

3 สภาวะความดันภายในช่องว่างเหนืออาหาร ความดันในช่องว่างเหนืออาหารจะต้องต่ำกว่าความดันของบรรยากาศภายนอก หรือเรียกว่าเป็น "สุญญากาศ" ซึ่งจะต้องมีการไล่อากาศออกจากบริเวณของช่องว่างนี้

## 2.11 สุญญากาศ (Vacuum)

สุญญากาศภายในภาชนะบรรจุ คือผลต่างของความดันภายในภาชนะบรรจุกับความดันของบรรยากาศภายนอก ดังนั้นถ้าความดันภายในภาชนะบรรจุเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก ค่าสุญญากาศจะเป็นศูนย์ ถ้าสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุมีค่า 30 นิ้ว แสดงว่าสามารถไล่อากาศหรือก๊าซอื่นๆ ออกจากภาชนะบรรจุได้หมด Heid และ Joslyn(1963)

ในกระบวนการบรรจุกระป๋อง จำเป็นต้องทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุ เนื่องจากเหตุผลหลายประการ คือ

1 เพื่อให้ฝากระป๋องรั่วเข้าเข้าด้านในตลอดช่วงอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าอาหารภายในยังคงมีสภาพดี เนื่องจากการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดเนื่องจากจุลินทรีย์จะ เกิดก๊าซขึ้นภายในและดันฝาภาชนะบรรจุให้โป่งพองออก

2 ช่วยลดปริมาณออกซิเจนภายในบรรจุ เป็นการช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ภายใน เช่น การเปลี่ยนแปลงสีของอาหารบางชนิด ปฏิกริยาของการเกิดออกซิเดชัน (oxidation)

3 ลดแรงดันภายในภาชนะบรรจุ ในระหว่างการให้ความร้อนเพื่อการฆ่าเชื้อทำให้ส่วนของฝาภาชนะบรรจุไม่เกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปร่าง หรือไม่เกิดการรั่วที่ตะเข็บ

ระดับสุญญากาศที่น้อยเกินไป จะทำให้กระป๋องหรือภาชนะบรรจุมีลักษณะบวม เนื่องจากแรงดันภายในของก๊าซที่ขยายตัว เมื่อได้รับความร้อนระหว่างฆ่าเชื้อจะดันฝาภาชนะให้โป่งออก ระดับสุญญากาศที่มากเกินไป จะทำให้ภาชนะบุบ กรณีนี้มักเกิดกับภาชนะบรรจุที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากพื้นที่ผิวในการรับแรงกดของบรรยากาศมาก

## 2.12 การไล่อากาศ (Exhausting)

สุญญากาศภายในภาชนะบรรจุเกิดจากการไล่อากาศบริเวณของช่องว่างเหนืออาหารก่อนทำการปิดผนึกภาชนะบรรจุ การไล่อากาศโดยทั่วไป มี 4 วิธี คือ

1 การบรรจุอาหารขณะร้อน (Hot filling) ใช้กับอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ และต้องผ่านการให้ความร้อนก่อนการบรรจุ การบรรจุอาหารที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดของน้ำจะทำให้เกิดความดันของไอน้ำประมาณ 1 บรรยากาศในส่วนของช่องว่างภายใน ดังนั้นถ้ารีบปิดผนึกและทำให้เย็น ไอน้ำจะควบแน่นและทำให้เกิดสุญญากาศได้ และเมื่อถูกทำให้เย็นจะเกิดการหดตัวของอาหาร นอกจากนี้การให้ความร้อนเบื้องต้น (preheat) แก่อาหารจะช่วยลดระยะเวลาการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อลง

การไล่อากาศแบบนี้เหมาะกับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน โดยอุณหภูมิของอาหารขณะบรรจุ และปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะจะมีผลต่อสุญญากาศที่เกิดขึ้น การบรรจุที่อุณหภูมิสูงและมีช่องว่างเหนืออาหารน้อย จะทำให้เกิดสุญญากาศภายในภาชนะมากขึ้น

2 การใช้ความร้อน (Thermal exhausting) จะทำภายในภาชนะที่บรรจุอาหารแล้ว อาจเปิดฝาหรือปิดฝาบางส่วน ผ่านอ่างน้ำร้อน หรือห้องไอน้ำ (exhaust box) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ อาหารและภาชนะบรรจุจะถูกทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิ 80-95 °C แล้วรีบนำใบปิดฝาทันที วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิของอาหารได้อย่างรวดเร็ว สำหรับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนก็อาจใช้วิธีนี้ได้ แต่จะต้องให้ความร้อนเป็นเวลานานกว่าอุณหภูมิของอาหารจะสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนด วิธีนี้

มักใช้ควบคู่กับการบรรจุขณะร้อน

ในการให้ความร้อนสุญญากาศจะเกิดเนื่องจากอุณหภูมิอาหารขณะปิดฝา และปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหาร

3 การใช้วิธีกล (Mechanical exhausting) ทำโดยการปิดผนึกภาชนะที่บรรจุอาหารแล้วภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งเกิดจากเครื่องมือกล โดยไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนแก่อาหาร เหมาะสำหรับอาการที่ไม่ทนต่อความร้อนหรืออาหารแห้ง

วิธีนี้สามารถทำให้เกิดสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุสูง เนื่องจากสุญญากาศที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดเนื่องจากการหดตัวของอาหารหรือการควบแน่นของไอน้ำ ดังนั้นอุณหภูมิของอาหารขณะปิดฝาและปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารจะไม่มีผลต่อสุญญากาศที่เกิดขึ้น วิธีนี้ไม่เหมาะกับอาหารที่มีความหนืดสูง เพราะจะเก็บกักอากาศไว้ภายในเนื้ออาหารได้ง่าย

4 การฉีดไอน้ำเข้าไปในส่วนของช่องว่างเหนืออาหารที่บรรจุ ก่อนการปิดฝา (Steam flow closing) ทำโดยฉีดไอน้ำเข้าไปแทนที่อากาศ หลังจากฉีดได้ตามเวลาที่กำหนด ภาชนะซึ่งถูกทำให้ร้อนแล้วจะเลื่อนลงมาแทนที่พร้อมกับการปิดผนึกฝาโดยอัตโนมัติ หลังจากไอน้ำควบแน่นจะเกิดสุญญากาศขึ้นภายในช่องว่างเหนืออาหาร วิธีนี้ไม่สามารถไล่อากาศที่อยู่ภายในเนื้ออาหารได้ ใช้สำหรับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน สุญญากาศที่เกิดขึ้นภายในภาชนะบรรจุจะเกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ ซึ่งแทนที่อากาศในส่วนช่องว่างเหนืออาหาร ดังนั้นทั้งปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหารและอุณหภูมิอาหารขณะบรรจุ จะมีผลต่อสุญญากาศภายในกระป๋อง แต่ปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหารจะมีผลมากกว่าอุณหภูมิของอาหาร การเพิ่มปริมาตรของช่องว่างนี้จะทำให้สุญญากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าการเพิ่มอุณหภูมิขณะปิดฝา แต่ในการบรรจุจะต้องระวังไม่ให้มีฟองอากาศภายในเนื้ออาหาร และต้องควบคุมให้ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารอยู่ในช่วงที่กำหนด ความสูงของช่องว่างนี้ควรมีค่าประมาณ 10/32 นิ้ว ซึ่งจะทำให้เกิดสุญญากาศที่เหมาะสม

### 2.13 การทำให้เย็น(Cooling)

อาหารจะถูกทำให้เย็นทันทีหลังการให้ความร้อนเพื่อการฆ่าเชื้อ เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนมากเกินไป ทำให้อาหารมีสีคล้ำและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป การลดอุณหภูมิลงในอัตราที่ช้าเกินไปจะทำให้เกิดการเจริญของสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทนความร้อน มีผลให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย เพราะว่าจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงจะยังสามารถเจริญได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่ทนความร้อนสูงที่ทนต่อการฆ่าเชื้อได้โดยรวดเร็วสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 48.9 °C ถึง 71.1 °C กระจกควรทำให้เย็นอย่างรวดเร็วหลังการฆ่าเชื้อ Herson และ Hullah(1964)

การทำให้เย็นทำได้โดยพ่นน้ำเย็นลงบนกระป๋องหรือจุ่มกระป๋องลงในน้ำเย็นทันที การฉีดพ่นด้วยน้ำเย็นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเล็กน้อย เนื่องจากสามารถเกิดการระเหยของน้ำที่ผิวกระป๋องได้ทำให้ลดอุณหภูมิลงได้เร็วกว่า ซึ่งจะลดอุณหภูมิจนกระทั่งถึง 110 °F ไม่ควรลดอุณหภูมิของกระป๋องต่ำกว่านี้ เนื่องจากถ้าลดอุณหภูมิต่ำเกินไป หลังจากน้ำขึ้นจากน้ำกระป๋องจะเปียกเป็นเวลานาน ทำให้เกิดสนิมขึ้นได้

น้ำที่ใช้ในการทำให้เย็นจะต้องเป็นน้ำที่สะอาด เนื่องจากถ้าภาชนะบรรจุรั่ว จะเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหารทำให้เกิดอาหารเสื่อมเสีย

## บทที่ 3

### สารเคมี อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

- 1 กระจ่างพลาสติกแห้ง
- 2 เกลือ
- 3 กรดซิตริก (citric acid)

##### 3.1.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปรอท

- 1 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid)
- 2 กรดบอริก (Boric acid)
- 3 คอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ )
- 4 กรดไฮโดรคลอริก ((Hydrochloric acid)
- 5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 32%
- 6 สารละลายอินดิเคเตอร์ (mixed indicator)

##### 3.1.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไขมัน

- 1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

#### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)
- 2 เครื่องพ่นฝอยกระป๋อง (Seamer)
- 3 เทอร์โมคอปเปิล (Thermocouple) ชนิดทองแดง - คอนสแตนตัม (Copper-Constantum) และเครื่องวัดโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)
- 4 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ขนาด 0-200<sup>o</sup> ซ ชนิดปรอท
- 5 เตาแก๊ส
- 6 กระป๋องเบอร์ 2 (Plain can) ขนาด 307 x 409
- 7 หม้อนึ่งสำหรับใส่อากาศ
- 8 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Suntex รุ่น SP-701

- 9 เครื่องวัดสุญญากาศ (Vacuum guage)
- 10 ชุดวิเคราะห์โบรดิน (Buchi-Kjeldahl-systems) ของ Gerhardt
- 11 เครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm Automatic Extraction Unit) ของ Gerhardt
- 12 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnance) รุ่น CSF-1100
- 13 ตู้อบ (Hot air oven)
- 14 เครื่องชั่งละเอียด
- 15 เครื่องเคเตอร์ (Desicator)

### 3.3 วิธีการทดลอง

#### 3.3.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดและเกลือที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษปลาบรรจุกระป๋อง

- 1) ชั่งกระดาษปลาแห้ง 50 กรัม นำไปล้างน้ำ 2-3 ครั้ง วางผึ่งบนตะแกรง สะเด็ดน้ำให้แห้ง
- 2) ต้มสารละลายกรดและเกลือสำหรับบรรจุกระดาษปลา ให้เดือดโดยมีอัตราส่วนประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 3.1
- 3) บรรจุกระดาษปลา และสารละลายที่ร้อน ๆ ลงในกระป๋อง ใส่อากาศที่อุณหภูมิ 80° ซ เป็นเวลา 6 นาที ปิดผนึกกระป๋อง
- 4) นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121° ซ 15lb ปอนด์/ตร.นิ้วเป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมสารละลายสำหรับบรรจุกระเพาะปลา

กระป๋อง	ปริมาณเกลือ % (w/w)	ปริมาณซัตริก % (w/w)
1	1	0
2	1	0.5
3	2	0
4	2	0.5

### 3.3.2 การแคลิเบรชัน(calibration)ของเทอร์โมคอปเปิล

เทอร์โมคอปเปิลที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์กระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง จะทำการแคลิเบรชันเพื่อให้อุณหภูมิที่วัดได้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยทำการวัดอุณหภูมิของน้ำเดือด น้ำเย็นที่มีน้ำแข็งอยู่และอุณหภูมิของน้ำ ที่อยู่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์มิเตอร์ชนิดปรอทและเทอร์โมคอปเปิล และจดบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป นำข้อมูลที่ได้เขียนกราฟแคลิเบรชัน(calibration curve) ระหว่างอุณหภูมิที่ได้จากการวัดด้วยเทอร์โมคอปเปิล และอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์มิเตอร์ จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ในรูปของสมการคณิตศาสตร์

### 3.3.3 ศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

#### 3.3.3.1 หาด้านหนึ่งของ Cold point

1) ใช้เทอร์โมคอปเปิล ขนาดที่เหมาะสมที่ใช้กับกระป๋องเบอร์ 2 เสียบลงไปทางด้านหนึ่ง กึ่งกลางกระป๋อง(5.8 ซม.) ด้านหนึ่ง 1 ซม. จากด้านล่างของ

กระป๋อง และตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างทั้ง 2 จุด (3.4 ซม. จากด้านล่างกระป๋อง) ซึ่งอยู่ตามแนวแกนกลางในแนวตั้งโดยทำเพียงกระป๋องละจุดและทำซ้ำที่จุดเดียวกัน 2 กระป๋อง

2) วางกระป๋องกระเพาะปลาที่มีเทอร์มอคอบเบิลเสียบอยู่ลงไปบนหม้อน้ำความดัน ต่อลาวจากเทอร์มอคอบเบิลเข้าเครื่องโพรเพนซิโอมิเตอร์ จดอุณหภูมิเริ่มต้นของกระป๋อง (Initial Temperature) ก่อนเริ่มให้ความร้อน

3) ปิดหม้อน้ำความดันและให้ความร้อน รอกจนอากาศภายในหม้อน้ำออกจนหมด แล้วจึงปิดวาล์วเพื่อเพิ่มความดัน จดบันทึกอุณหภูมิ ทุกๆ 1 นาที จนเมื่อหม้อน้ำความดันมีอุณหภูมิ ที่ 121 °ซ จับเวลา 20 นาที จากนั้น ทากให้เย็นทันที

4) สร้างกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของทั้ง 3 ตำแหน่ง เทียบกับเวลา

### 3.3.3.2 ศึกษาระยะเวลาที่ของการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

นำกระเพาะปลากระป๋อง มาทดลองหาเวลาของการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมโดยเสียบสายเทอร์มอคอบเบิล ำให้ปลายอยู่บริเวณที่จุดที่ร้อนซ้ำที่สุดซึ่งหาได้จาก 3.3.3.1 ใส่ลงในหม้อน้ำความดัน บันทึกอุณหภูมิ เริ่มต้นก่อนให้ความร้อน ทำตามวิธีในข้อ 3.3.3.1 บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เมื่ออุณหภูมิของหม้อน้ำความดันเป็น 121°ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว จึงเริ่มจับเวลาการฆ่าเชื้อ เป็น 20 25 และ 30 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วทากให้เย็นทันที คำนวณหา Lethal rate โดยใช้ General หรือ Graphical method ดังแสดงในภาคผนวก ก

### 3.3.3.3 การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ของกระเพาะปลากระป๋อง

- 1) การตรวจวิเคราะห์ Clostridium spp.
- 2) การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียประเภท มีโซฟิลิก

(Mesophilic)

ตามมาตรฐาน มอก (มอก.334 ,2523) ดังแสดงในภาคผนวก ข

14499

3.3.3.4 ตรวจสอบคุณภาพกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง

- 1) ลักษณะทางกายภาพ
  - น้ำหนักตัวรวม (Total weight)
  - น้ำหนักสุทธิ (Net weight)
  - ช่องว่างเหนืออาหาร (Headspace)
  - สุญญากาศ (Vacuum)
- 2) ลักษณะปรากฏ
  - เนื้อสัมผัส
  - สีเนื้อ
  - กลิ่น
- 3) ลักษณะทางเคมี
  - พีเอช (pH)

3.3.4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกระเพาะปลาทั้งก่อนและหลังการแปรรูปโดยการบรรจุกระป๋องและการต้ม (AOAC, 1990)

- 3.4.4.1 ปริมาณความชื้น (moisture content)
- 3.4.4.2 ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxtherm Automatic Extraction
- 3.4.4.3 ปริมาณโปรตีน โดยใช้เครื่อง Buchi-Kjeldahl-systems
- 3.4.4.4 ปริมาณเถ้า
- 3.4.4.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

Unit

รายละเอียดของการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก ค

3.3.5 การทดสอบทางค้ำประสาทสัมผัส

วิธี Hedonic scale เป็นการทดสอบเปรียบเทียบตัวอย่าง เพื่อตัดสินว่าตัวอย่างที่ชิมนั้นแตกต่างกันหรือไม่ โดยการเอาคุณลักษณะของสี กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัส

**กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า**  
**เจ้าพระยาพระราม**

เป็นเกณฑ์ตัดสินแล้วให้คะแนนและประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ออกมา กระเพาะปลาที่นำมาประเมินความชอบของผู้บริโภค เป็นกระเพาะปลาต้ม และกระเพาะปลารจูกระป๋อง ที่ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่หาได้จาก 3.3.3.2 โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระเพาะปลาแต่ละตัวอย่างมาปรุงเป็นกระเพาะปลาน้ำแดงก่อนนำไปทดสอบคุณภาพทางด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นและความชอบโดยรวม โดยให้ผู้ทดสอบเป็นจำนวน 10 คน ให้คะแนนแบบ Hedonic scale ซึ่งมีคะแนนสูงสุดเป็น 9 แล้วทำการวิเคราะห์ทางสถิติ (พอใจ, 2532)

## บทที่ 4

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของกรดและเกลือที่เหมาะสมการผลิตกระเพาะปลา  
บรรจุกระป๋อง

เมื่อทำการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋องโดยใส่กรดและเกลือที่มีความเข้มข้น  
แตกต่างกัน แล้วทำการตรวจสอบลักษณะปรากฏผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะปรากฏของกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง  
ที่ระดับความเข้มข้นของกรดและเกลือแตกต่างกัน

ปริมาณเกลือ	ปริมาณกรดซิตริก	ลักษณะปรากฏ
% (w/w)	% (w/w)	
1	0	เนื้อกระเพาะปลามีสีเหลืองอ่อน กลิ่นคาวตามธรรมชาติ สารละลายมีสีเหลืองใส มีรสเค็มเล็กน้อย
1	0.5	เนื้อกระเพาะปลามีสีขาว ไม่มีกลิ่นคาว สารละลายมีสีเหลืองใส กระป๋องมีการกักกร่อน
2	0	เนื้อกระเพาะปลามีสีเหลืองอ่อน กลิ่นคาวตามธรรมชาติ สารละลายมีสีเหลืองใส มีรสเค็มมาก
2	0.5	เนื้อกระเพาะปลามีสีขาว ไม่มีกลิ่นคาว สารละลายมีสีเหลืองใส กระป๋องมีการกักกร่อน

จากการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือ 1% เพียงอย่างเดียวให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื่องจากเพาะปลาที่มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นปกติตามธรรมชาติของอาหารทะเล มีรสเค็มเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังไม่มีพบการกักกรองของอาหารแต่ถ้ามีการใส่กรดซัลฟิวริกพบว่า เนื้อจะมีสีขาว ซีด เนื่องมาจากการฟอกสีของกรดซัลฟิวริก ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมต่อการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง คือ น้ำเกลือ 1%

#### 4.2 การแคลิเบรชัน (calibration) เทอร์โมคอปเปิลที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

เมื่อทำการจัดบันทึกอุณหภูมิของน้ำเดือด (100° ซ) และน้ำเย็นที่มีน้ำแข็งผสมอยู่ (0° ซ) และน้ำที่อุณหภูมิต่างๆโดยเปรียบค่าที่ได้จากเทอร์โมคอปเปิล ซึ่งแสดงผลออกมาทางเครื่องเพนทีโรมิเตอร์และที่อ่านได้จากเทอร์มิเตอร์ แล้วนำอุณหภูมิที่อ่านได้มาพลอตกราฟโดยให้แกน x เป็นอุณหภูมิที่ได้จากการวัดด้วยเทอร์โมคอปเปิล แกน y เป็นอุณหภูมิที่ได้จากการวัดด้วยเทอร์มิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อนำค่าทั้งสองมาหาความสัมพันธ์ในรูปของสมการเส้นตรง สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{เทอร์โมคอปเปิล เส้นที่ 1 สมการ } y = 1.0035x + 1.3010$$

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า ค่าของอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคอปเปิล มีความคลาดเคลื่อน คือ ต่ำกว่าอุณหภูมิที่แท้จริง ซึ่งถ้าหากไม่มีการหาค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องก่อนก็จะมีผลต่อการคำนวณในกระบวนการฆ่าเชื้อ และเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน

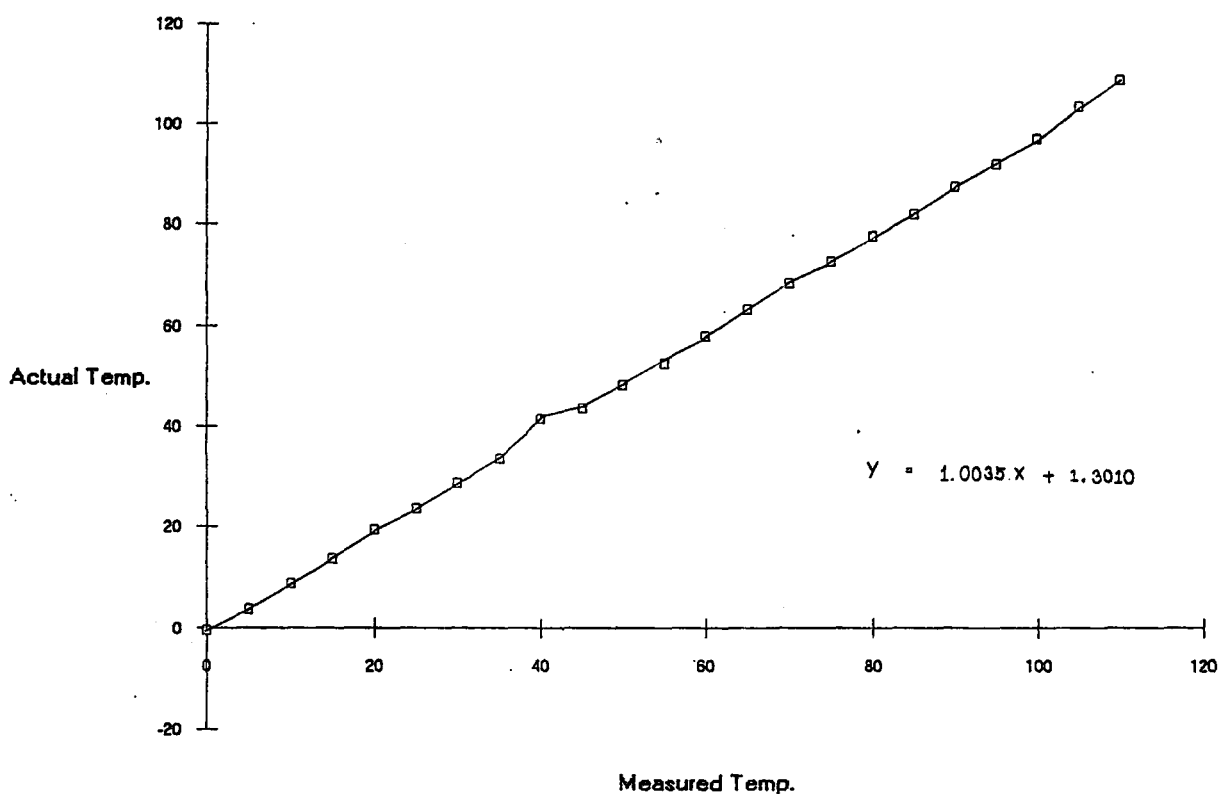
#### 4.3 ผลการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

##### 4.3.1 หาค่าตำแหน่งของจุดที่ร้อนช้าที่สุด ของกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง

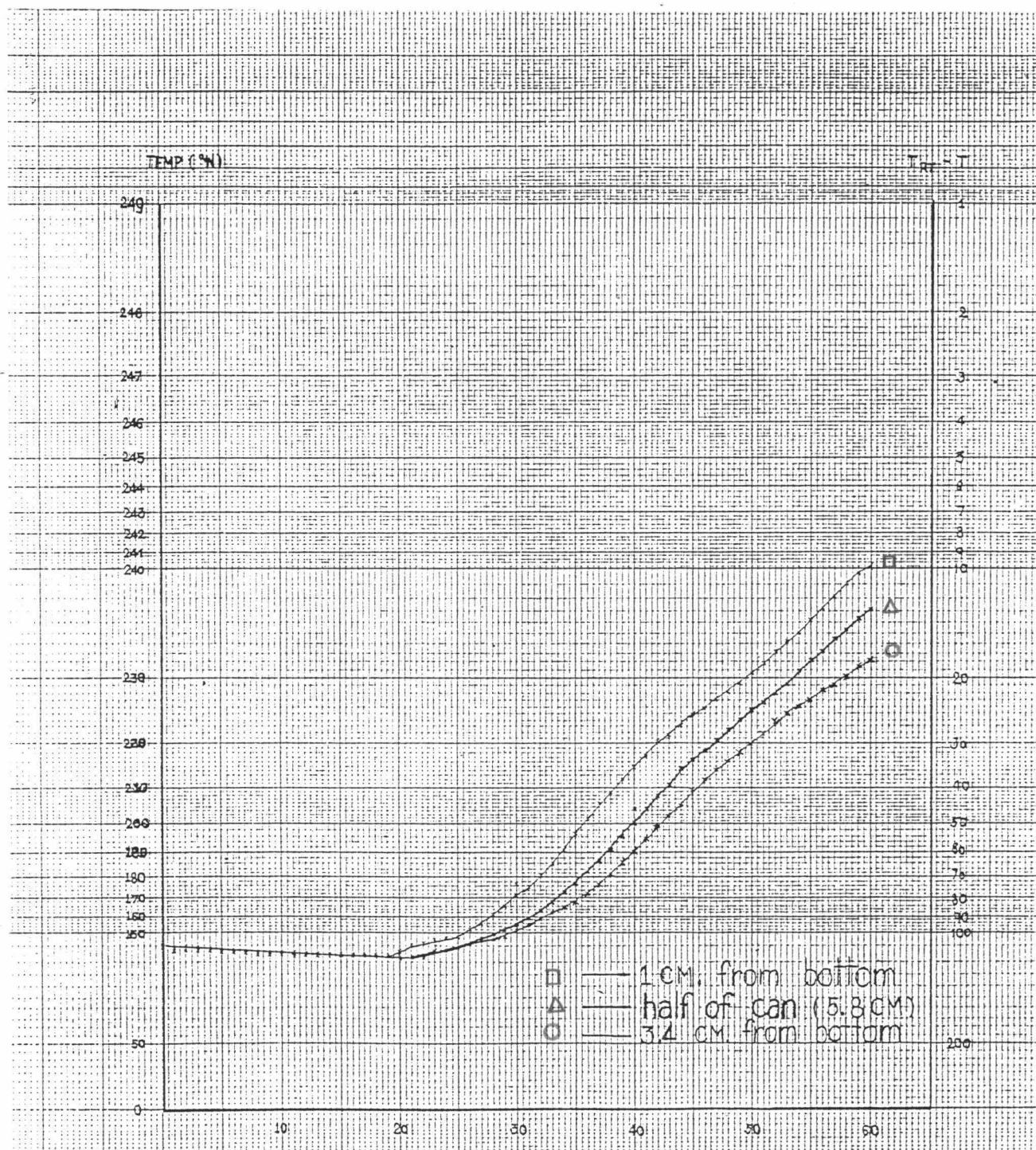
กระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง ในกระป๋องเบอร์ 2 (ขนาด 307x409) เสียบเทอร์โมคอปเปิลให้ปลายอยู่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ คือ ตำแหน่งกึ่งกลางกระป๋อง (5.8 ซม. จากด้านล่างของกระป๋อง) ตำแหน่ง 1 ซม. จากด้านล่างของกระป๋อง และตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างทั้ง 2 จุด (3.4 ซม. จากด้านล่างของกระป๋อง) ซึ่งอยู่แกนกลางแนวตั้ง เมื่อให้ความร้อนในหม้อนึ่งความดันแล้วอุณหภูมิภายในกระป๋อง ณ ตำแหน่งต่างๆเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำให้

ความร้อนถูกนำมาสร้างกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 พบว่าที่ตำแหน่ง 3.4 ซม. จากด้านล่างของ  
กระป๋องมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิช้าที่สุด

ที่ตำแหน่งที่ร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์กระเพาะปลา คือ 3.4 ซม. จากด้านล่างของ  
กระป๋องนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะการแผ่กระจายความร้อน จากการพาความร้อน



รูปที่ 4.1 การแคลิเบรชันของเทอร์โมคอปเปิลที่ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อให้ความร้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาจุด Cold point

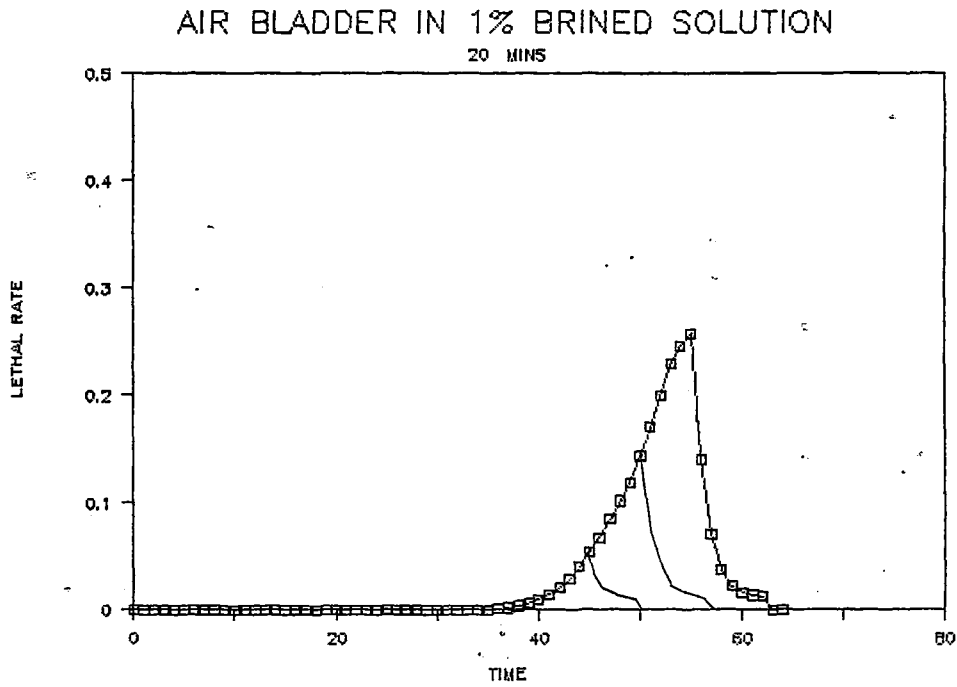
เป็นการนำความร้อน เนื่องจากคุณสมบัติของเนื้อเยื่อที่เป็นส่วนประกอบของกระเพาะปลา บริเวณชั้นนอก เป็นพังคิตเหนียวที่ เรียกว่า คอลลาเจน (collagen) เมื่อผ่านการให้ความร้อน คอลลาเจนในกระเพาะปลาจะถูกไฮโดรไลซ์ (Hydrolyzed) กลายเป็นวุ้น ซึ่งละลายเป็นเจลาติน เป็นผลให้กระเพาะปลาที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของการกระจายความร้อนจากการพาความร้อนเป็นการนำความร้อน

#### 4.3.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมการฆ่าเชื้อ

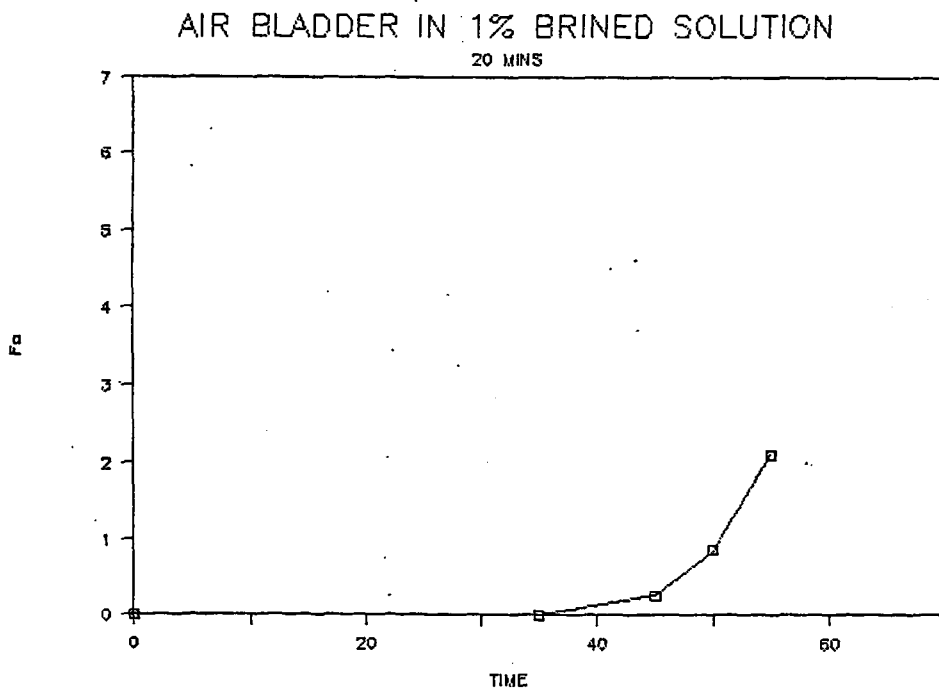
การฆ่าเชื้อเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะการบรรจุกระป๋อง

ในการทดลองนี้มวลของอาหารที่ฆ่าเชื้อมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ โดยการอาศัยข้อมูลและการคำนวณที่แสดงในภาคผนวก จ ซึ่งในการทดลองนี้จากขนาดของหม้อหนึ่ง ความดันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว ความสูง 12 นิ้ว จะใช้กระป๋องทั้งหมด 22 กระป๋องในการฆ่าเชื้อต่อครั้ง

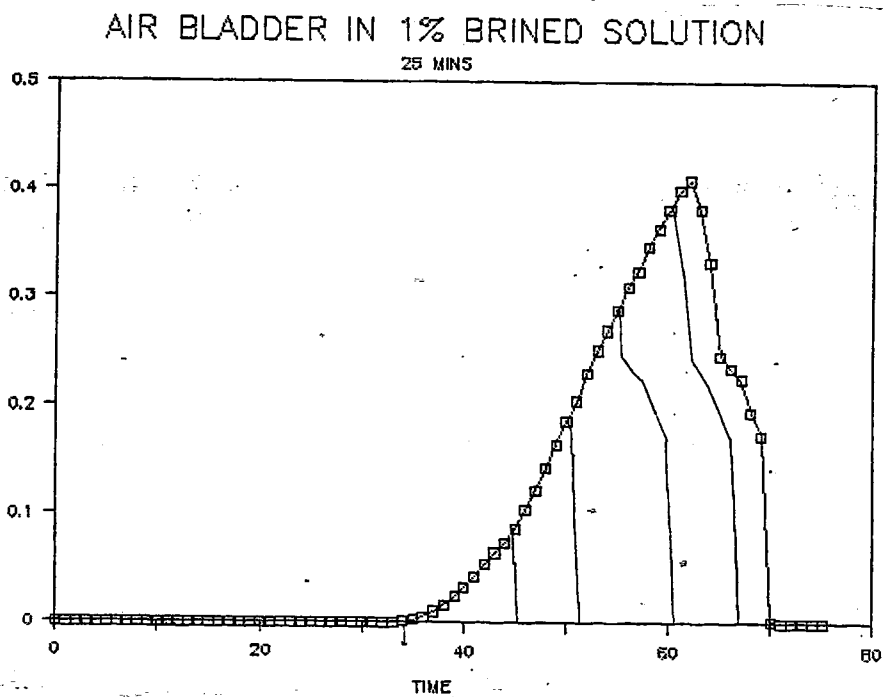
จากการทดลองหาระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนที่เหมาะสม โดยนำความร้อนเมื่อหม้อหนึ่งความดันมีอุณหภูมิที่  $121^{\circ}\text{C}$  แล้วเป็นเวลา 20 25 และ 30 นาที ผลการทดลองหาค่า Lethal rate และค่า  $F_0$  ดังแสดงในรูปที่ 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ พบว่าการฆ่าเชื้อที่ 20 นาทีนั้น ได้ค่า  $F_0 = 2.20$  ซึ่งน้อยกว่า  $F_0 = 5$  ที่ได้กำหนดไว้ แต่สำหรับการฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 25 และ 30 นาที พบว่าให้ค่า  $F_0$  มากกว่า 5 โดยค่า  $F_0$  ที่ได้จากเวลาการฆ่าเชื้อ 30 นาทีต่ำกว่า เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารต่ำกว่า ผลที่ได้จากการทดลองนี้จึงนำกระเพาะปลา ที่ให้ความร้อน  $121^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 25 และ 30 นาทีไปทดสอบทางด้านจุลินทรีย์



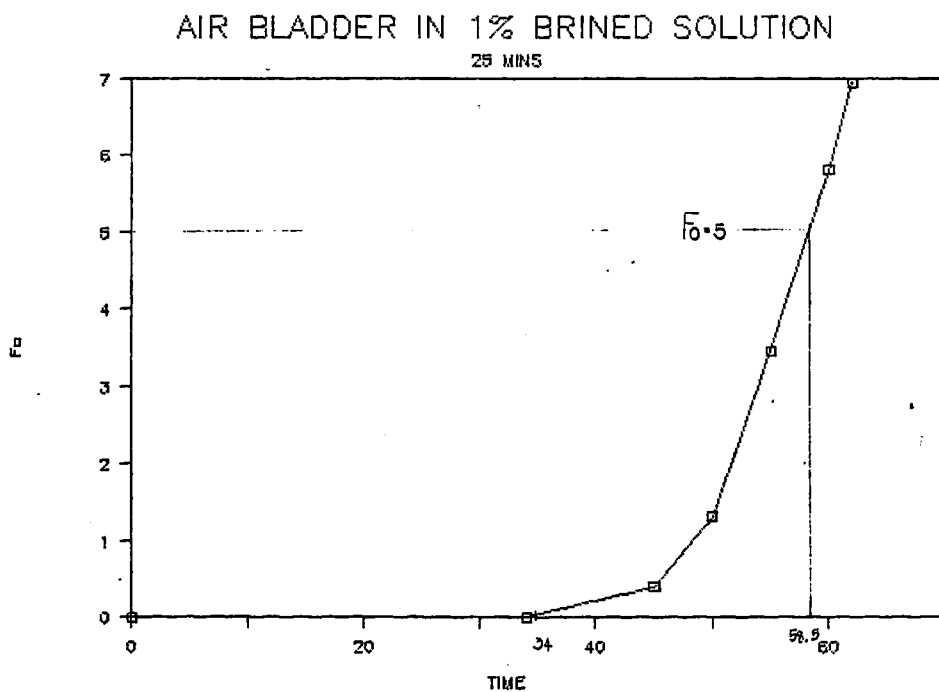
รูปที่ 4.3 Lethal rate ของการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121° ซ ความดัน 151b/นิ้ว<sup>2</sup> เป็นเวลา 20 นาที



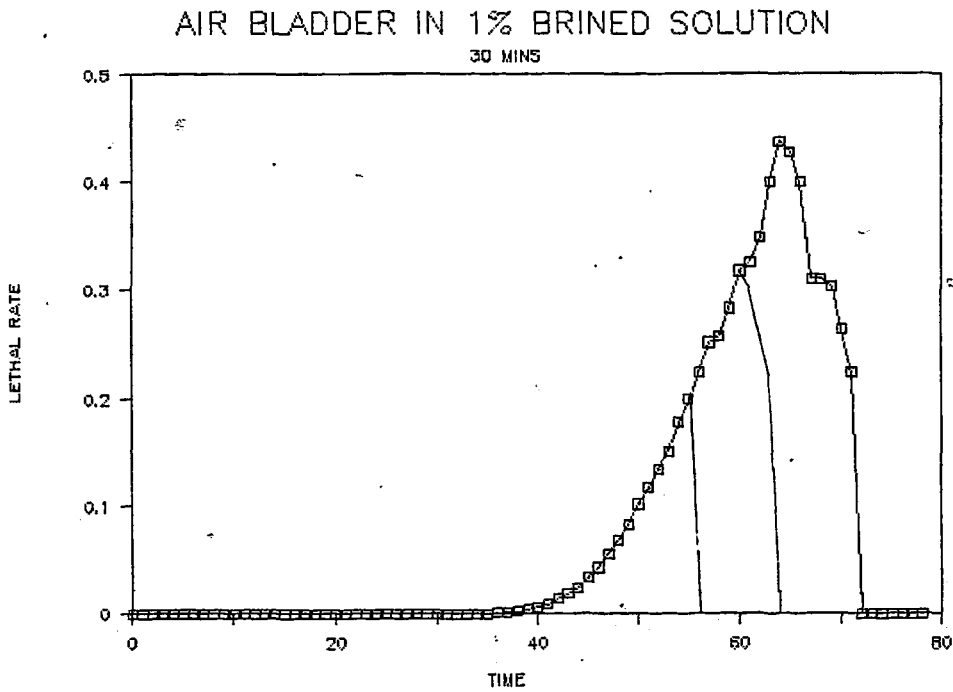
รูปที่ 4.4 ค่า  $F_0$  ที่เวลาใดๆของการฆ่าเชื้อที่ 121° ซ ความดัน 151b/นิ้ว<sup>2</sup> เป็นเวลา 20 นาที



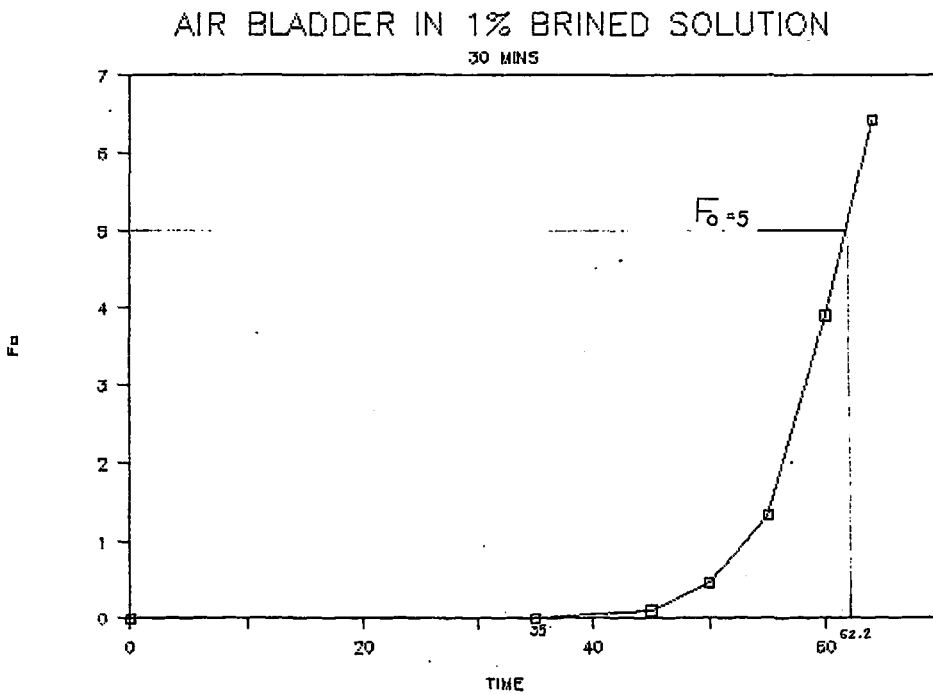
รูปที่ 4.5 Lethal rate ของการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121° ซ ความดัน 15lb/นิ้ว<sup>2</sup> เป็นเวลา 25 นาที



รูปที่ 4.6 ค่า F<sub>0</sub> ที่เวลาใดๆของการฆ่าเชื้อที่ 121° ซ ความดัน 15 lb/นิ้ว<sup>2</sup> เป็นเวลา 25 นาที



รูปที่ 4.7 Lethal rate ของการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121° ซ ความดัน 15 lb/นิ้ว<sup>2</sup> เป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 4.8 ค่า F<sub>0</sub> ที่เวลาใดๆของการฆ่าเชื้อที่ 121° ซ ความดัน 15 lb/นิ้ว<sup>2</sup> เป็นเวลา 30 นาที

### 4.3.3 การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกระเพาะปลาบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่หม้อนิ่งความดันเมื่ออุณหภูมิ 121° ซ เป็นเวลา 25 และ 30 นาที โดยได้ตรวจหาเชื้อ Clostridium spp. และ แพลตซาวร์ประเภทมีโรซฟิลิก ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการตรวจสอบทางจุลินทรีย์

เวลาของการฆ่าเชื้อที่ หม้อนิ่งความดันเมื่ออุณหภูมิ 121° ซ	<u>Clostridium</u> spp.	แพลตซาวร์ ชนิด มีโรซฟิลิก
20 นาที	ND	ND
25 นาที	-	-
30 นาที	-	-

หมายเหตุ ND = ไม่ได้ตรวจสอบเนื่องจากค่า  $F_0$  น้อยกว่า 5  
= ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

พบว่าไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ Clostridium spp. และแพลตซาวร์ประเภทมีโรซฟิลิก ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกใช้เวลาฆ่าเชื้อที่ 25 นาที สำหรับการทดสอบในขั้นต่อไป เนื่องจากที่เวลาในการฆ่าเชื้อนี้ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และสำหรับที่เวลาฆ่าเชื้อ 30 นาที ถึงแม้ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ลักษณะเนื้อที่ได้ของกระเพาะปลา ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 30 นาที เหี่ยวและแฉับ

#### 4.3.4 การตรวจคุณภาพของกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง

จากการตรวจคุณภาพของกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ หม้อนึ่งความดัน 121<sup>o</sup> c เป็นเวลา 25 นาที โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง  
( กระป๋องเบอร์ 2 ขนาด 307x409)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ
Head Space	1/8
Vacuum (in Hg)	11
Total Weight(g)	640
Net Weight(g)	564
Drain Weight(g)	132
pH	7.46
สีเนื้อ	เหลืองอ่อน
น้ำ	เหลือง ใส เหนียว
ความหนืดน้ำ (cps)	35.0
กลิ่น	กลิ่นคาวตามธรรมชาติ ของกระเพาะปลา
เนื้อสัมผัส	นุ่ม ไม้เละ
กระป๋อง	ปกติ

เมื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงในด้านเนื้อสัมผัส และสีของเนื้อกระเพาะปลา โดยเนื้อสัมผัสจะมีเนื้ออ่อนนุ่มมากขึ้น และสีของเนื้อจะอ่อนลงเป็นผลเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการแปรรูป สำหรับ กลิ่น รส ของผลิตภัณฑ์ จะมีกลิ่นคาวตามธรรมชาติของกระเพาะปลา ซึ่งกลิ่นนี้อาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคบางคน

#### 4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกระเพาะปลา

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ กระเพาะปลาดิบ กระเพาะปลาต้ม และกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง แสดงดังแสดงในตาราง 4.4 ซึ่งเป็นการแสดงองค์ประกอบทางเคมีของกระเพาะปลาทั้งก่อนการแปรรูป และหลังการแปรรูป

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของกระเพาะปลาก่อนและหลังการแปรรูป

	คุณค่าทางโภชนาการ				
	%โปรตีน	%ไขมัน	%เถ้า	%คาร์โบไฮเดรต	%ความชื้น
	(db)	(db)	(db)	(db)	(wb)
กระเพาะปลาดิบ	78.6139	2.2158	0.9533	18.2170	17.1749
กระเพาะปลาต้ม	80.6906	3.0478	0.3581	15.9034	50.2108
กระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง	75.7561	6.8478	0.5890	16.8061	79.2546

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า กระเพาะปลากระป๋องจะมีปริมาณโปรตีน เถ้า เปลี่ยนแปลงไปจากกระเพาะปลาดิบแต่ไม่มากนัก สำหรับปริมาณไขมันจะมีปริมาณ

เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณโปรตีนของกระเพาะปลากระป๋องที่ลดลงนั้นเนื่องมาจากโปรตีนสามารถละลายได้ดีในน้ำเกลือ แต่ปริมาณโปรตีนของกระเพาะปลาต้มพบว่า มีปริมาณมากกว่ากระเพาะปลาดิบนั้น เป็นไปไม่ได้เนื่องจากโปรตีนสามารถละลายได้ในน้ำ ดังนั้นผลที่ได้นี้น่าจะคาดเคลื่อนโดยมีสาเหตุมาจากเครื่องมือที่ใช้ทดสอบมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควรขณะที่ทำการทดลองสำหรับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นของ กระเพาะปลาต้มและกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง สอดคล้องกับการทดลองของ Bulan et al.(1985)

#### 4.5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดสอบของผู้ชิมจำนวน 10 ท่าน โดยพิจารณา สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อกระเพาะปลาต้มและกระเพาะปลากระป๋อง โดยผู้ชิมแต่ละคนจะแยกจากกัน ตรวจสอบและให้คะแนนโดยอิสระ ซึ่งผลที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ยแสดงไว้ดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนจากผู้ทดสอบชิมกระเพาะปลาต้มและกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง\*

ผลิตภัณฑ์	สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความชอบรวม
กระเพาะปลาต้ม	6.4a	5.4a	6.0a	6.2a
กระเพาะปลากระป๋อง	5.4a	6.4a	5.2a	5.2a

หมายเหตุ \* คะแนนของการทดสอบสูงสุดเป็น 9 และน้อยที่สุดเป็น 1

จากการทดสอบผู้บริโภครายเปรียบเทียบ ระหว่างกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง และกระเพาะปลาต้มที่นำมาปรุงอาหารเป็น กระเพาะปลาน้ำแดง พบว่าคุณภาพจากกระเพาะปลา

บรรจุกระป๋องไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และได้รับการยอมรับ  
พอสมควร ซึ่งผู้บริโภคจะชอบลักษณะเนื้อสัมผัสของกระเพาะปลากระป๋อง แต่ผู้บริโภคบางคนจะ  
ไม่ชอบกลิ่นคาวตามธรรมชาติของกระเพาะปลา

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง สามารถทำได้โดยนำกระเพาะปลาตากแห้ง น้ำหนัก 50 กรัม เติมน้ำเกลือ 1% บรรจุกระป๋องเบอร์ 2 ขนาด 307x409 จากนั้นเมื่อนำไปฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121<sup>o</sup> ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 25 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณโปรตีน 75.76% ไขมัน 6.85% เกลือ 0.59% โดยน้ำหนักแห้งและมีความชื้น 79.25 % เมื่อทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ ไม่พบการเจริญของเชื้อ Clostridium spp. และผลตรวจด้วยกระดาษ pH ปรากฏเป็นสีชมพู เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% จากกระเพาะปลาต้มทั้งทางด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบรวม

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1 การผลิตกระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง ควรมีการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมก่อนนำมาแปรรูป โดยขนาดของกระเพาะปลาควรมีความใกล้เคียงกัน ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป สีของเนื้อกระเพาะปลาควรมีความสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง

2 กระเพาะปลาบรรจุกระป๋องมีกลิ่นคาวตามธรรมชาติของสัตว์น้ำ ผู้บริโภคบางท่านอาจไม่ยอมรับกลิ่นคาวนี้ ดังนั้นก่อนที่จะนำมาปรุงเป็นอาหาร ควรล้างกระเพาะปลา ก่อนใช้ เครื่องเทศหรือเครื่องปรุงกลิ่นรส เพื่อดับกลิ่นคาวในการนำมาปรุงเป็นอาหาร

3 เนื่องจากลักษณะปรากฏของกระเพาะปลาเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนในการใส่อากาศและการฆ่าเชื้อ จึงเป็นสิ่งที่ต้องควบคุมและระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการให้ความร้อนมากเกินไป (overheat) ซึ่งจะก่อให้เกิดลักษณะของกระเพาะปลาเหี่ยว แพบติดกันกระป๋อง

4 ในการดำเนินการฆ่าเชื้อ ผู้ผลิตควรควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารมีความสม่ำเสมอ เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ห่วงรัชนี. 2535. กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง : กรุงเทพฯ. 797 หน้า.
- ทอง ภัครรัฐพันธุ์. 2524. การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 225 หน้า.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. 2535. สารานุกรมเกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. อาหาร 22(4): 39 - 50.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. 2535. สารานุกรมเกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. อาหาร 23(1): 46 - 52.
- ประไพสิริ สิริกาญจน. 2511. ลักษณะและหน้าที่ของกระเพาะลมในปลาพวกแคทฟิช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 85 หน้า.
- พอใจ ลีมีพันธุ์อุดม. 2532. สถิติและการควบคุมคุณภาพ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง: กรุงเทพฯ 114 หน้า.
- ไพฑูริย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2529. กรรมวิธีแปรรูปอาหาร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ: หาดใหญ่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 245 หน้า.
- มอก.334. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์อาหารทางชีววิทยา เล่ม 1 อาหารกระป๋อง. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม. 54 หน้า
- รัศมี สุภศรี. 2535. สารานุกรมเกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ. อาหาร 22(2): 41-48.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. โอ.เอส.พรินติ้ง เฮ้าส์: กรุงเทพฯ. 283 หน้า.
- วิวัฒน์ ปฐมรอยชิน. 2535. การใช้เครื่องฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง. อาหาร 22(3): 39-50.

- สมาน ภูมิพล. 2506. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำบางชนิด. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 122 หน้า.
- อื่น มหาวังสวัสดิ์. 2484. กระเพาะปลา. กลีกร. 14(5): 624-630.
- Bulan, P., et.al. 1985. Processing Preservation of Canned Baby Clams.  
In: Saipin Maneepun (ed.), Asean: Thailand Food Technology  
Research and Development, pp. 54-59. Thailand: Institute of  
Food Research and Product Development.
- Gunther, A. 1880. An introduction to the study of fishes. Adam and  
Charles Blach., Edinburgh. 720 pp.
- Heid, J. L., and Joslyn, M. A. 1967. Fundamentals of Food Processing  
Operation. : The AVI Publ. Co., Westport Conn. 580 pp.
- Herson, A. C., and Hulland, E. D. 1964. Canned foods . 5th ed.  
Chemical Publ. Co., New York. 655 pp.
- Jackson, J.M. and Shinn, M. 1979. Fundamentals of Food Canning  
Technology. The AVI Publishing Co., Inc., Westport Conn. 720 pp.
- Joyce, A. N. 1985. Seafood Nutrition. Van Nostrand Reinhold., New York.  
280 pp.
- Kyle, H. M., 1926. The Biology of fishes. Sidgwick & Jackson Ltd.,  
London. 396 pp.
- Lopez, A., 1987. A Complete Course in Canning and Related Processes  
Food ,12th ed. The Canning Trade, Inc. Publishing Company.,  
Baltimore Maryland. 402 pp.
- Pflug, I. J., 1987. Factors Important in Determination the Heat  
Process Value,  $F_T$ , for Low-Acid Canned Foods. J. of Food  
Protection. 50(6): 528-533.

Pflug, I. J., and Odlaug, T. E. 1978. A review of Z and F values used to ensure the safety of low acid canned foods. Food Technology 32(6): 63-70.

Stumbo, C. R., 1965. Thermobacteriology in Food Processing., 2 nd., Academic Press Inc., London. 236 pp.

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สรุปสัญลักษณ์และค่าที่มีความหมายในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

1 ค่า D (Decimal Reduction Time หรือ Death Rate Constant) ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ถูกกำหนดให้แสดงในรูปของ "D" (D Value) ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ใช้น้ำในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลง 90% ของที่มีอยู่ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกันไป

2 ค่า Z (Z Value) คือ จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือ องศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT Curve ไป 1 log cycle หรือจำนวนอุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า

3. ค่า F (Sterilizing Value) คือจำนวนนาฬิกาที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จะต้องบอกอุณหภูมิที่ใช้ และบอกค่า Z ของจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลาย

<sup>10</sup>F<sub>121</sub> ใช้สัญลักษณ์แทนว่า F<sub>0</sub> คือจำนวนนาฬิกาที่อุณหภูมิ 121 °ซ ที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ซึ่งมีค่า Z = 10 °ซ ลงจำนวนหนึ่ง ค่า 10 ปกติจะเป็นของ *Cl. botulinum*

4. Lethal Rate คือ ค่า F<sub>0</sub> ต่อเวลาที่ มีประโยชน์ในการเปลี่ยนเวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆให้เป็นเวลาฆ่าเชื้อที่ 121°ซ

$$\text{Lethal Rate} = \frac{1}{\log^{-1} (CT - 121)} \cdot Z$$

เมื่อ CT คือ อุณหภูมิที่จุดที่ร้อนซ้ำที่สุด ณ ภาชนะบรรจุ

5. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (come-up-time) เป็นช่วงเวลาดังแต่เริ่มเปิดน้ำเข้า เครื่องฆ่าเชื้อผ่านกระบวนการใส่อากาศจนอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด

การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal Process Calculation)

1 จากการวัดอุณหภูมิทุกๆช่วงระยะเวลา นามาคำนวณค่า Lethal rate จากสูตร

$$\text{Lethal Rate} = \frac{1}{\log^{-1} (\frac{CT}{121})^Z}$$

2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ (Lethal rate curve) โดยนำ Lethal rate ไปพลอตกับเวลา แล้วหา  $F_0$  ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยนับพื้นที่ใต้กราฟที่เวลานั้นๆ จากนั้นจึงนำมาหารด้วย factor ที่ใช้ ได้จากการนับพื้นที่ในกราฟที่ให้ค่า = 1 unit sterilization area curve ซึ่งเป็นสัดส่วนกับประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของกระบวนการซึ่งแสดงในรูปของเวลาที่ 250 °พ หรือ 121 °ซ

3. นำค่า  $F_0$  มาพลอตกับเวลาเพื่อหาเวลาในการฆ่าเชื้อที่  $F_0$  เท่ากับ 5

## ภาคผนวก ข

### วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ของกระเพาะปลากระป๋อง (มอก.334)

#### 1 การตรวจวิเคราะห์ Clostridium spp.

1.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 ด้วยเครื่องตีปั่นรอยาใช้อาหาร 25 กรัม ต่อ สารละลายเจือจาง (diluent) 225 มิลลิลิตร

1.2 บีเบตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคูกมีทมีเดียม (cook meat medium) ทั้งหมด 3 หลอด

1.3 เดิมวัน 2 % เททับบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.4 นำหลอดทดลอง ปั่นที่อุณหภูมิ 35-37° ซ. เป็นเวลา 2-3 วัน ถ้ามีเชื้อ Clostridium spp. จะมีก๊าซเกิดขึ้น และดันวัน

#### 2 การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียประเภท มีโซฟิลิก (Mesophilic)

2.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 ด้วยเครื่องตีปั่นรอยาใช้อาหาร 25 กรัม ต่อ สารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร

2.2 บีเบตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ เดกซโตรสทริปตอน บรอมครีซอลเพอร์เฟิลบรอก (dextrose trytone bromcresol purple broth) ทั้งหมด 3 หลอด

2.3 นำหลอดทดลอง ปั่นที่อุณหภูมิ 35-35 °ซ. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ถ้ามี เชื้อพวกแบคทีเรีย จะทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งจะเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อ จากสีม่วงเป็น สีเหลือง

## อาหารเลี้ยงเชื้อ

### 1 คุณมีทมิเดียม (Cook meat medium)

1.1 อาหารสำเร็จรูปคุณมีทมิเดียม

1.2 น้ำกลั่น

ชั่งอาหารสำเร็จรูปคุณมีทมิเดียม 1.25 กรัม ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น  
หลอดละ 10 มล. ต้มให้เดือด 10 นาที ปิดด้วยจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยความดัน ที่ 121  
°ซ เป็นเวลา 15 นาที

### 2 เดกซ์โตรสทริป्टอนบรอมครีซอลเพอร์เพิลบรอก (Dextrose tryptone bromcresol purple broth)

2.1 ทริป्टอน (tryptone) 10 กรัม

2.2 เดกซ์โตรส (dextrose) 5 กรัม

2.3 บรอมครีซอลเพอร์เพิล (bromcresol purple) 0.04 กรัม

2.4 น้ำกลั่น 1000 มล.

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ น้ำกลั่น คนให้ละลาย แบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละประมาณ  
10 มล. ปิดจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ นาน 15 นาที

### 3 สารละลายเจือจาง (diluent)

3.1 สารละลายเปป्टอน 0.1%

ชั่งเปป्टอน 1 กรัม ใส่น้ำกลั่น 1000 มล. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ  
นาน 15 นาที

### ภาคผนวก ค

#### วิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกระเพาะปลาแห้งก่อนและหลังการแปรรูป โดยการบรรจุกระป๋องและการต้ม โดยวิธี AOAC (1990)

#### 1 ปริมาณความชื้น (moisture content) โดยวิธีอบด้วยความร้อน

1.1 นำตัวอย่างอลูมิเนียมที่สะอาดมาทำให้แห้งโดยเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลานานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น เมื่อเย็นดีแล้วชั่งน้ำหนักโดยละเอียด ทำซ้ำเช่นนี้อีกจนได้น้ำหนักคงที่

1.2 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่บดละเอียดประมาณ 3-6 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่เตรียมไว้ จดน้ำหนักที่แน่นอน

1.3 นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลานาน 16-18 ชั่วโมงเมื่อครบเวลาที่กำหนด ปิดฝาด้วยอลูมิเนียม นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนักทำซ้ำอีกจนได้น้ำหนักคงที่ของตัวอย่าง และถ้วยอลูมิเนียมรวมกัน

1.4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งเก็บไว้ เพื่อ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใส่}}$$

น้ำหนักตัวอย่างที่ใส่

#### 2 ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxtherm Automatic Extraction Unit

2.1 ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้วประมาณ 5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง นำไปใส่ในทิมเบิล (thimble) ปิดด้วยจุกสำลีแล้วใส่ลงในปีกเกอร์สำหรับใส่ตัวอย่าง

2.2 ใส่ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 130 มิลลิลิตร ประกอบเครื่องมือสกัดไขมัน เริ่มสกัดไขมัน เริ่มจับเวลาที่อุณหภูมิที่เข้าในการสกัด

2.3 เมื่อตัวทำละลายถูกความร้อนจะระเหยเป็นไอขึ้นไป พกกระทบความเป็น

ของเครื่องความแน่นก็จะกลับตัว เป็นของเหลวหยดลงสู่ภาชนะใส่ตัวอย่าง แล้วทวน้ำที่สกัดไขมัน  
ออกจากตัวอย่าง

2.4 เมื่อสกัดเสร็จแล้วให้ระเหยตัวทำละลายออก น้ำปิกลเกอร์ไปอบ จากนั้นนำ  
ไปเข้าหลอดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

2.5 คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักปิกลเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักปิกลเกอร์}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

### 3 ปริมาณโปรตีน โดยใช้เครื่อง Buchi-Kjeldahl-systems

3.1 ชั่งตัวอย่างกระเพาะปลาน้ำหนัก 1 กรัมใส่ลงในขวดย่อยที่มีลูกแก้ว 2-3 ลูก

3.2 เตรียมคตะลิสต์ ที่มีส่วนผสมของคอปเปอร์ซัลเฟต และโบตัสเซียมซัลเฟต  
ในอัตราส่วน 1:15

3.3 ใส่คตะลิสต์และกรดไฮดรคลอริกปริมาณ 15 มิลลิลิตร ลงในขวดสำหรับ  
ย่อย ประกอบชุดอุปกรณ์สำหรับย่อยโดยให้ความร้อนอ่อนๆก่อนแล้วจึงเพิ่มไฟให้แรงขึ้นย่อยจนกระทั่ง  
สารละลายที่ได้มีสีเขียวอมฟ้า จึงหยุดการย่อย รอให้สารละลายหมดควันและเป็น

3.4 นำสารละลายที่ได้มากลับ โดยเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มแล้วประมาณ 50 กรัม  
เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปปริมาณที่ทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนไปเป็นสีดํา ดำเนินการกลั่นทันที  
กาชแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระหว่างการกลั่นจะถูกจับ โดยกรดบอริกที่มีมีกรีอินดิเคเตอร์ผสมอยู่ ทำ  
การกลั่นจนสารละลายที่ได้เปลี่ยนเป็นสีเขียว

3.5 ใส่น้ำเตตราสารละลายที่ได้ด้วยกรดไฮดรคลอริก เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะ  
เปลี่ยนเป็นสีชมพูบันทึกปริมาณกรดไฮดรคลอริกที่ใส่

3.6 คำนวณเปอร์เซ็นต์โปรตีน

1 มิลลิลิตร 1.0 นอร์มอลกรดไฮดรคลอริกทำปฏิกิริยาพอดีกับ ไนโตรเจน

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก คือ	A	นอร์มอล
ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง	B	มิลลิลิตร
ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับน้ำกลั่น	C	มิลลิลิตร
น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้	D	กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปรอท} = \frac{14 \times A \times (B-C) \times 100 \times 6.25}{1000 \times D}$$

#### หมายเหตุ

ค่า 6.25 คือ คอนเวอร์ชันแฟกเตอร์ (Conversion factor) เป็นค่าคงที่ คิดคำนวณยึดหลักว่าปรอทมีในปรอทเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 16% ฉะนั้นในปรอทเจน 1 กรัม มาจากปรอทเจน เท่ากับ 100 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.25

16

#### 4 ปริมาณเถ้า

4.1 ชั่งถ้วยกระเบื้องให้ได้น้ำหนักคงที่

4.2 ชั่งตัวอย่างที่บดเตรียมไว้ในถ้วยกระเบื้อง ให้ทราบน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน ประมาณ 5 กรัม เกลี่ยตัวอย่างออกอย่างสม่ำเสมอเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควันแล้วจึงนำไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500 - 550°C. เเผาจนได้เถ้าสีขาว

4.3 นำมาทำให้เย็นในรถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่ง ทำเช่นนี้ซ้ำอีกจนได้น้ำหนักคงที่แน่นอน

4.4 คำนวนเปอร์เซ็นต์เถ้า

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเผา} - \text{น้ำหนักหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

ใช้เปอร์เซ็นต์ของไขมัน โปรตีน และเถ้า แล้วนำไปหักออกจาก

100 ผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรต

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต} &= 100 - (\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} + \text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} \\ &+ \text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} ) \end{aligned}$$

## ภาคผนวก ง

## ตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ อายุ \_\_\_\_\_ เพศ \_\_\_\_\_ วันที่ทดสอบ \_\_\_\_\_

ตัวอย่าง กระเพาะปลาแห้ง

ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์กระเพาะปลาแห้งหรือไม่ เคย \_\_\_\_\_ ไม่เคย \_\_\_\_\_

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างพร้อมทั้งประเมินและเปรียบเทียบ รดยให้คะแนน (ตั้งแต่ 1-9) ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 6 = ชอบ          |
| 2 = ไม่ชอบมาก       | 7 = ชอบเล็กน้อย  |
| 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย  | 8 = ชอบมาก       |
| 4 = ไม่ชอบ          | 9 = ชอบมากที่สุด |
| 5 = เฉยๆ            |                  |

ตัวอย่าง	สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
276				
834				

หมายเหตุ สี = สีของเนื้อกระเพาะปลา

กลิ่น = กลิ่นของกระเพาะปลา

ข้อเสนอแนะ \_\_\_\_\_

ภาคผนวก จ

การคำนวณกระป๋องที่เข้าหม้อนิ่งความดัน (Jackson และ Shinn, 1979)

ปริมาณกระป๋องที่นำมาบรรจุในหม้อนิ่งความดันสามารถคำนวณได้จากเครื่องมาเชื้อมาตรฐาน (Standard Vertical retorts) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 นิ้ว ความสูง 72 นิ้ว และความสูง 96 นิ้ว

ปริมาณของกระป๋องขนาดต่างๆที่บรรจุได้ต่อหนึ่งหน่วยของหม้อนิ่งความดันมาตรฐาน แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณกระป๋องที่สามารถบรรจุได้ในหม้อนิ่งความดันมาตรฐาน

Can Size	Number of Cans Per Retort Vertical Retorts—Cans Scrambled		Can Size	Number of Cans Per Retort Vertical Retorts—Cans Stacked on End	
	Ap- proxi- mate No. Cans per Retort 3- Crate	Ap- proxi- mate No. Cans per Retort 4- Crate		Approximate No. Cans per Retort 3-Crate	Approximate No. Cans per Retort 4-Crate
12 oz. oblong	1,120	1,500	211 x 109	6,250	8,330
202 x 214	3,000	4,000	200	4,310	5,750
211 x 109	4,700	6,200	212	3,360	4,480
200	3,200	4,300	300	2,880	3,840
212	2,500	3,300	400-414	1,920	2,560
300	2,150	2,900	600	1,440	1,920
400	1,500	1,950	300 x 108	4,470	5,970
414	1,450	1,900	206	2,720	3,630
600	1,080	1,400	308	1,710	2,280
300 x 108	3,300	4,500	400-414	1,370	1,820
206	2,000	2,700	509	1,030	1,370
400-411	1,050	1,400	303 x 406	1,200	1,600
509	760	1,000	509	910	1,210
303 x 406	975	1,300	307 x 203	2,590	3,450
509	680	900	306	1,440	1,920
307 x 203	1,980	2,590	400-409	1,150	1,530
306	1,080	1,440	510	860	1,150
400	900	1,200	401 x 411	730	970
409	850	1,140	404 x 307	820	1,100
510	650	850	414	660	880
			700	330	440
			603 x 700 (standard crate)	190 (top crate 3 layers)	240 (top crate 3 layers)
				160 (cans on side)	160 (cans on side)
			603 x 700 (no. 10 crate)	240	320
				160 (cans on side)	160 (cans on side)

ที่มา: Jackson และ Shinn (1979)

การคำนวณปริมาตรของหม้อน้ำความดันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 นิ้วที่ความสูงต่างๆ

- ความสูง 72 นิ้ว (บรรจุได้ 3 ตะกร้า) มีปริมาตรการบรรจุเท่ากับ 99,751 ลบ.นิ้ว  
สามารถบรรจุกระป๋องขนาด 303 x 406 ได้จำนวน 1200 กระป๋อง (ตารางภาคผนวกที่ 1 )

- ความสูง 96 นิ้ว (บรรจุได้ 4 ตะกร้า) มีปริมาตรการบรรจุเท่ากับ 133,002 ลบ.นิ้ว  
สามารถบรรจุกระป๋องขนาด 303 x 406 ได้จำนวน 1600 กระป๋อง (ตารางภาคผนวกที่ 1 )

ปริมาตรของหม้อน้ำความดันที่ใช้ในการฆ่าเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว  
ความสูง 12 นิ้ว มีปริมาตรการบรรจุ เท่ากับ 1847.3 ลบ.นิ้ว

ดังนั้นปริมาณกระป๋องที่สามารถบรรจุได้เท่ากับ 22 กระป๋องโดยประมาณ ซึ่งสามารถ  
บรรจุได้เต็มพอดี

## ภาคผนวก จ

### การประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้วิธีทางสถิติ Randomized Complete Block Design (RCBD) ซึ่งเป็นแผนการทดลองรูปแบบหนึ่งของการวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับข้อมูลชนิด variable ที่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติและต้องการเปรียบเทียบ variation ระหว่างตัวอย่างหลายตัวอย่าง

รูปแบบของแบบสอบถาม ซึ่งมีหลักการให้คะแนนตามแบบ 9-point Hedonic Scale

Test

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 6 = ชอบเล็กน้อย  |
| 2 = ไม่ชอบมาก       | 7 = ชอบ          |
| 3 = ไม่ชอบ          | 8 = ชอบมาก       |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย  | 9 = ชอบมากที่สุด |
| 5 = เฉยๆ            |                  |

โดยให้ผู้ชิมทั้ง 10 คน ทำการประเมินและเปรียบเทียบตัวอย่างกระเพาะปลาต้ม (834) และกระเพาะปลากระป๋อง (276) ในด้านความแตกต่างของสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบโดยรวม ได้ผลดังนี้

รูปแบบการตีความทางสถิติ

ANOVA TABLE

SOV	SS	d.f.	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
Between treatment	SS <sub>b</sub>	k-1	$\frac{SS_b}{k-1}$	MS <sub>b</sub> /MS <sub>r</sub>		
Within treatment	SS <sub>w</sub>	n-1	$\frac{SS_r}{n-1}$	MS <sub>w</sub> /MS <sub>r</sub>		
Residual	SS <sub>r</sub>	d.f. <sub>r</sub>	$\frac{SS_r}{d.f._r}$			
Total	SS <sub>t</sub>	N-1				

ลักษณะสำคัญของ ANOVA TABLE

1  $SS_t = SS_b + SS_r + SS_w$

2 Total degree of freedom = between treatment degree of freedom + within treatment degree of freedom + residual degree of freedom

3  $SS_t = x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$

4  $SS_b = \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum x_k)^2}{n_k} + \frac{(\sum x)^2}{N}$

5  $SS_w = \frac{(\sum x_1)^2}{k_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{k_2} + \dots + \frac{(\sum x_n)^2}{k_n} + \frac{(\sum x)^2}{K}$

$$6 \quad SS_r = SS_t - SS_b - SS_w$$

การคำนวณ

1 หา Correction factor  $\frac{(\sum x)^2}{N}$  ก่อน

N

2 หา  $SS_t$  และ Total degree of freedom เพื่อใช้หาค่า  $SS_r$  และ residual degree of freedom

การประเมินความแตกต่างทางด้านสี

ผู้ทดสอบ	สี		
	276	834	รวม
1	4	5	9
2	5	7	12
3	2	6	8
4	4	7	11
5	7	8	15
6	6	6	12
7	6	7	13
8	6	6	12
9	7	5	12
10	7	7	14
	54	64	118

1 C.F. =  $118^2 / 20 = 696.2$

2  $SS_t = x^2 - C.F. = 734 - 696.2 = 37.8$

3  $SS_b = (54^2 + 64^2) - 696.2 = 5.0$

10 10

$$4 \quad SS_W = \frac{(9^2+12^2+8^2+11^2+15^2+12^2+13^2+12^2+12^2+14^2)}{2} - 696.2$$

$$= 19.8$$

$$5 \quad SS_T = 37.8 - 5.0 - 19.8 = 13.0$$

ANOVA TABLE

SOV	SS	d.f.	MS	F	F <sub>0.01</sub>
Between	5.0	1	5.0	3.47	10.56
Within	19.8	9	2.2	1.53	5.35
Residual	13.0	9	1.44		
Total	37.8	19			

$$F_{cal} < F_{0.01}$$

แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ความแตกต่างทางด้านเนื้อสัมผัส

ผู้ทดสอบ	เนื้อสัมผัส		
	276	834	รวม
1	4	6	10
2	5	6	11
3	6	2	8
4	7	6	13
5	8	6	14
6	6	7	13
7	6	7	13
8	7	4	11
9	8	6	14
10	7	4	11
	64	54	118

$$1 \text{ C.F.} = 118^2 / 20 = 696.2$$

$$2 \text{ SS}_t = x^2 - \text{C.F.} = 738 - 696.2 = 41.8$$

$$3 \text{ SS}_b = 701.2 - 696.2 = 5.0$$

$$4 \text{ SS}_w = 713.0 - 696.2 = 16.8$$

$$5 \text{ SS}_T = 41.8 - 5.0 - 16.8 = 20.0$$

ANOVA TABLE

SOV	SS	d.f.	MS	F	F <sub>0.01</sub>
Between	5.0	1	5.0	2.25	10.56
Within	16.8	9	1.87	0.84	5.35
Residual	20.0	9	2.22		
Total	41.8	19			

$$F_{cal} < F_{0.01}$$

แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

## ความแตกต่างทางด้านกลิ่น

ผู้ทดสอบ	กลิ่น		
	276	834	รวม
1	4	6	10
2	6	8	14
3	7	7	14
4	4	5	9
5	5	5	10
6	6	7	13
7	7	6	13
8	5	5	10
9	3	6	9
10	5	5	10
	52	60	112

$$1 \text{ C.F.} = 112^2 / 20 = 627.2$$

$$2 \text{ SS}_t = x^2 - \text{C.F.} = 656 - 627.2 = 28.8$$

$$3 \text{ SS}_b = 630.4 - 627.2 = 3.2$$

$$4 \text{ SS}_w = 646.0 - 627.2 = 18.8$$

$$5 \text{ SS}_r = 28.8 - 3.2 - 18.8 = 6.8$$

ANOVA TABLE

SOV	SS	d.f.	MS	F	F <sub>0.01</sub>
Between	3.2	1	3.2	4.21	10.56
Within	18.8	9	2.1	2.76	5.35
Residual	6.8	9	0.76		
Total	41.8	19			

$$F_{cal} < F_{0.01}$$

แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ความแตกต่างทางด้านความชอบรวม

ผู้ทดสอบ	ความชอบโดยรวม		
	276	834	รวม
1	4	6	10
2	4	7	11
3	3	7	10
4	4	5	9
5	8	7	15
6	6	8	14
7	6	7	13
8	6	5	11
9	4	6	10
10	7	4	11
	52	62	114

1 C.F. =  $114^2 / 20 = 649.8$

2  $SS_t = x^2 - C.F. = 692 - 649.8 = 42.2$

3  $SS_b = 654.8 - 649.8 = 5.0$

4  $SS_w = 667.0 - 649.8 = 17.2$

5  $SS_T = 42.2 - 5.0 - 17.2 = 20.0$

ANOVA TABLE

SOV	SS	d.f.	MS	F	F <sub>0.01</sub>
Between	5.0	1	5.0	2.25	10.56
Within	17.2	9	1.91	0.86	5.35
Residual	20.0	9	2.22		
Total	42.2	19			

$$F_{cal} < F_{0.01}$$

แสดงว่า: เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



รูปภาคผนวกที่ 1 : กระจพะปะปลาดกแห่ง



รูปภาพผนวกที่ 2 : กระเพาะปลาบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 25 นาที



รูปภาพผนวกที่ 3 : กระจเพาะปลาบรรจุกระจป้องกันประกอบเป็นกระจเพาะปลาน้ำแดง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวกาญจนาวดี ปรีตะนนท์  
ภูมิลำเนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร  
เกิดวันที่ 29 พฤษภาคม 2515  
สำเร็จการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียน เซนต์ฟรัง-  
ซิสซาเวียร์ คอนแวนต์ กรุงเทพฯ เมื่อปี พ.ศ. 2530  
สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียน เตรียมอุดมศึกษา  
กรุงเทพฯ เมื่อปี พ.ศ. 2533  
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรม-  
เกษตร)จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2537

ชื่อ นางสาวกิติวรรณ ชีเบษณรงค์  
ภูมิลำเนา จังหวัด กรุงเทพฯ  
เกิดวันที่ 29 พฤศจิกายน 2514  
สำเร็จการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลายจากโรงเรียน  
ศึกษานารี กรุงเทพฯ ปี พ.ศ. 2533  
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรม-  
เกษตร)จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2537

