ผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้ง

EFFECT OF GLYCEROL AND SALT ON QUALITY OF INTERMEDIATE MOISTURE SNAKESKIN GOURAMI FISH

นางสาวศิริวิมล บุญทน
นางสาวสุทธินันท์ ตั้นชีวะวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF GLYCEROL AND SALT ON QUALITY OF INTERMEDIATE MOISTURE SNAKESKIN GOURAMI FISH

Miss Siriwimon Boonton
Miss Sutthinan Tanchewawong

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF FOOD ENGINEERING
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้ง

นักศึกษาผู้ทำโครงงาน

นางสาว ศิริวิมล บุญทน รหัสนักศึกษา 52011196

นางสาว สุทธินันท์ ตั้นชีวะวงศ์ รหัสนักศึกษา 52011308

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	ผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้ง
ผู้จัดทำ	นางสาว ศิริวิมล บุญทน
	นางสาว สุทธินันท์ ตั้นชีวะวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนารูปแบบกระบวนการผลิตปลาสลิดกึ่งแห้ง โดยการหมักปลาสลิดร่วมกับน้ำหมักประกอบด้วยเกลือ กลีเซอรอลและน้ำ หมักที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำปลามาล้างให้สะอาดและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าปลาสลิดที่หมักด้วยอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) ได้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำที่สุด นอกจากปลาสลิดกึ่งแห้งจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตต่ำที่สุดแล้วยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Effect of glycerol and salt on quality of intermediate moisture snakeskin gourami fish	
Author	Miss Siriwimon Boonton	Student ID. 52011196
	Miss Sutthinan Tanchewawong	Student ID. 52011308
Advisor	Asst.Prof.Dr. Pimpen Pornchalermpong	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Food Engineering	
Academic Year	2012	

Abstract

The objective of this research was to develop a prototype process for intermediate moisture Snakeskin gourami fish. The fish were cured in solution of salt, glycerol and water at 0 degree Celcius for 48 hours. After curing, the fish were washed and dried in tray dryer at temperature of 50 degree Celcius for 4 hours. The fish cured in the solution at ratio of fish : salt: glyceraol : water ; 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 had the lowest water activity. These fish also had the lowest water activity after drying and had acceptable sensorial quality.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้คำปรึกษาแนะนำการใช้เครื่องมือการทดลอง ให้ยืมอุปกรณ์ทดลองรวมทั้งสถานที่ในการการวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท พิชญ์สินี ฟู้ดส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนตัวอย่างปลาสลิด และงบประมาณในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณอำนาจ คูตะคุ (พี่แมน) คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ (พี่นุ้ย) และเจ้าหน้าที่ธุรการสาขาวิศวกรรมอาหาร ที่ช่วยแนะนำการใช้เครื่องมือ การยืมเครื่องมือต่างๆรวมถึงการขอใช้ห้องทำงานวิจัยและคอยให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณดวงดาว โหมดวัฒนะ (พี่ดาว) คุณดวงมณี อัครสินวิโรจน์ (พี่ก๊ิฟ) คุณวราภรณ์ เหลืองละมัย (พี่แพน) คุณรชยา ธารากุลทิพย์ (พี่เปิ้ล) พี่ๆทีมงานฟู้ดเน็ตเวิร์กโซลูชั่นที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการทดลอง ตลอดจนเป็นกำลังใจมาตลอด

ขอบคุณเพื่อนๆนักศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารทุกคน ที่คอยช่วยเหลือให้ข้อมูล คำแนะนำกำลังใจและอยู่เป็นเพื่อนกันตลอดเวลาในระหว่างการทดลอง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

นักศึกษาผู้จัดทำโครงงาน

นางสาวศิริวิมล บุญทน

นางสาวสุทธินันท์ ตั้นชีวะวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
ปกในภาษาไทย	I
ปกในภาษาอังกฤษ	II
หน้าอนุมัติ	III
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
2.1 ปลาสลิด	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไป	3
2.1.2 แหล่งที่อยู่อาศัย	3
2.1.3 การแปรรูปปลาสลิด	4
2.2 การหมักเกลือ	5
2.2.1 วัตถุประสงค์ของการหมักเกลือ	5
2.2.2 กรรมวิธีการหมักเกลือ	6
2.2.3 เกลือ	6
2.3 อาหารความชื้นปานกลาง	8
2.3.1 ความหมายและลักษณะของอาหารความชื้นปานกลาง	9
2.3.2 การเสื่อมเสียของอาหารความชื้นปานกลางและการควบคุม	10
2.3.3 สารฮิวเมกแตนท์	11
2.3.4 ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารฮิวเมกแตนท์ในอาหารความชื้นปานกลาง	12
2.4 การทำแห้ง	13
2.4.1 วัตถุประสงค์ของการทำแห้ง	13
2.4.2 การทำแห้งด้วยลมร้อน	14
2.4.3 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการทดลอง
3.1 ศึกษาการผลิตปลาสลิดกึ่งแห้ง 15
3.1.1 การเตรียมปลา 15
3.1.2 การหมักเกลือและน้ำแข็ง 17
3.1.3 การแช่ในน้ำเกลือ 18
3.1.4 การทำแห้งและการจัดจำหน่าย 19
3.2 การตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด 20
3.2.1 ปลาสลิดตัวอย่าง 20
3.2.2 การตรวจสอบคุณภาพ 20
3.2.2.1 ความชื้น 20
3.2.2.2 วอเตอร์แอกติวิตี้ 21
3.2.2.3 วัดค่าสี 21
3.2.2.4 เนื้อสัมผัส 22
3.3 การศึกษาผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้ง 23
3.3.1 ตัวอย่างปลาสลิด 23
3.3.2 การเตรียมน้ำหมัก 23
3.3.3 การหมักปลา 24
3.3.4 การเปลี่ยนแปลงต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระหว่างการหมัก 24
3.3.5 การอบแห้ง 25
3.3.6 การตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดหลังการอบแห้ง 27
3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 28
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่ขายในท้องตลาด 28
4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตีระหว่างการหมัก 30
4.3 การศึกษาผลของการกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้ง 31
4.2.1 การศึกษาผลของการกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้งก่อนการอบแห้ง 31
4.2.2 การศึกษาผลของการกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้งหลังการอบแห้ง 31
4.2.2.1 ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี 32
4.2.2.2 ค่าสี 33
4.2.2.3 เนื้อสัมผัส 34
4.2.2.4 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส 36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 40
เอกสารอ้างอิง 41
ภาคผนวก 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่า a_w ของสารละลายเกลือ	8
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมต่อปลา 1 กิโลกรัม	22
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่ขายในท้องตลาด	29
ตารางที่ 4.2 ผลของระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรสต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตีของปลาสลิด	30
ตารางที่ 4.3 ค่าความชื้น(%wb) และค่าวอเตอร์แอคติวิตีปลาสลิดหลังการอบแห้ง	32
ตารางที่ 4.4 ค่าสีหนังปลา	34
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส	34
ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของปลาสลิด	3
รูปที่ 2.2 วิธีการแปรรูปปลาหอมหรือปลาจืด	4
รูปที่ 2.3 วิธีการแปรรูปปลาน้ำหรือปลาเกลือ	5
รูปที่ 2.4 การเรียงโมเลกุลของน้ำและเกลือแกงในสภาพสารละลาย	7
รูปที่ 2.5 ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหาร	9
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของ water activity กับคุณภาพลความปลอดภัยอาหาร	10
รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างกลีเซอรอล	12
รูปที่ 3.1 เครื่องปั่นเกล็ดปลาสลิด	15
รูปที่ 3.2 ปลาสลิดหลังการปั่นเกล็ด	16
รูปที่ 3.3 การตัดแต่งปลาสลิด	16
รูปที่ 3.4 ปลาสลิดที่ตัดแต่งแล้ว	17
รูปที่ 3.5 การคลุกเกลือ	17
รูปที่ 3.6 การหมักปลาในถังน้ำแข็ง	18
รูปที่ 3.7 ถังหมักปลาสลิด	18
รูปที่ 3.8 ปลาวงตากแห้ง	19
รูปที่ 3.9 ปลาสลิดแดดเดียวพร้อมจำหน่าย	19
รูปที่ 3.10 การจำหน่ายปลาสลิดหน้าร้าน	20
รูปที่ 3.11 การหั่นตัวอย่างเนื้อปลาและบรรจุในตลับพลาสติก	21
รูปที่ 3.12 การวัดสีเนื้อปลาสลิด	21
รูปที่ 3.13 การวัดเนื้อสัมผัสของปลาสลิดกึ่งแห้ง	22
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสของปลาสลิดกึ่งแห้ง	22
รูปที่ 3.15 ชั่งน้ำหนักเกลือและกลีเซอรอล	23
รูปที่ 3.16 เก็บน้ำหมักปลาสลิดในถังน้ำแข็ง	24
รูปที่ 3.17 การล้างและสะเด็ดน้ำปลาสลิด	24
รูปที่ 3.18 ปลาสลิดหลังปิดผนึก	25
รูปที่ 3.19 การตัดแบ่งปลาสลิดเพื่อวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี	25
รูปที่ 3.20 อบปลาสลิด	26
รูปที่ 3.21 พักปลาจนเท่าอุณหภูมิห้อง	26
รูปที่ 3.22 บรรจุแบบสูญญากาศ	27
รูปที่ 3.23 การบั้งและทอดปลาสลิด	28
รูปที่ 3.24 การแบ่งปลาและจัดชุดชิม	28
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตีปลาสลิดที่ระยะเวลาหมักต่างๆ	30
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตีปลาสลิดก่อนการอบแห้ง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 4.3 ปลาสลิดหลังการอบแห้ง 31
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นของปลาสลิดหลังการอบแห้ง 33
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตีของปลาสลิดหลังการอบแห้ง 33
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความแข็งของปลาสลิดหลังการอบแห้ง 35
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความแน่นเนื้อของปลาสลิดหลังการอบแห้ง 35
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความเหนียวของปลาสลิดหลังการอบแห้ง 36
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยด้านสี 37
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่น 37
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ 38
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส 38
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวม 39
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยของปลาสลิดกึ่งแห้ง 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปลาสลิดเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในปี 2538 มีผลผลิต 16,000 ตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 22,000 ตัน ในปี 2542 โดยมีอัตราการเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 4.71 ต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่ปลาสลิดจะมีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่ามากกว่าการบริโภคสด (วชิรปราณี, 2556) จากการสำรวจพบว่าปี 2553 ปลาสลิดสดถูกนำมาแปรรูปโดยการทำเค็มและตากแห้งมากที่สุดเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่นๆคิดเป็นร้อยละ 35.17 ของการบริโภคปลาสลิด (สถิติการประมงแห่งประเทศไทย, 2556)

การผลิตปลาสลิดแดดเดียว ได้จากการนำปลาสลิดสดมาตัดแต่ง แล้วหมักเกลือ เพื่อให้เกิดรสเค็ม หลังจากนั้นนำมาตากแดด โดยจะไม่ตากให้แห้งสนิท เพื่อรักษาเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ คือ ไม่แห้ง แข็ง จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่าปลาสลิดแดดเดียว ที่จำหน่ายในท้องตลาดมีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่สูงกว่า 0.95 ทำให้เสื่อมเสียได้ง่าย มีอายุการเก็บไม่เกิน 3 วันที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ทำให้ช่องทางการจัดจำหน่ายค่อนข้างแคบ ทั้งที่มีศักยภาพสูง เพราะเป็นอาหารซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคอย่างกว้างขวาง

การปรับค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของปลาสลิดแดดเดียวให้ลดต่ำลง เพื่อให้ปลาสลิดอยู่ในกลุ่มอาหารความชื้นปานกลาง (Intermediate moisture food เรียกย่อว่า IMF) เป็นแนวทางสำคัญ เพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ช่วยขยายช่องทางการจัดจำหน่าย และทำให้ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค การลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของปลาสลิดด้วยการเพิ่มปริมาณเกลือ ทำให้ได้ปลาที่มีรสเค็มจัด ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เพราะการบริโภคอาหารที่มีรสเค็มจัดเป็นสาเหตุของโรค หัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคไต

จากการสำรวจเบื้องต้น ผู้ประกอบการที่รับซื้อรวบรวมปลาสลิดแดดเดียวจากผู้ผลิตเพื่อจัดจำหน่ายให้กับห้างสรรพสินค้า จะใช้วิธีนำเอาปลาสลิดมาอบแห้งต่ออีก ประมาณ 3-6 ชั่วโมง เพื่อลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ แล้วจึงนำมาบรรจุในถุงสุญญากาศ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บไม่เกิน 10 วันในแผนกแช่เย็นที่ห้างสรรพสินค้า อย่างไรก็ตามการอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำหนัก สิ้นเปลืองพลังงาน ส่งผลต่อต้นทุน และยังทำให้ปลาสลิดมีเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็ง

การนำสารฮิวเมกแตนท์ มาใช้เพื่อช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของปลาสลิดกึ่งแห้ง เป็นแนวทางที่น่าสนใจ เนื่องจากสารกลุ่มนี้จะลดวอเตอร์แอคทิวิตี้โดยไม่สูญเสีย เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำ และความชื้นในอาหาร มีงานวิจัยที่ได้ใช้สารฮิวเมกแตนท์ ในปลาริวกึ่งแห้ง โดยนำกลีเซอรอลใส่ร่วมกับส่วนประกอบน้ำหมัก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพโดยรวมดีขึ้น อีกทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ 0.787 (จิตรา, 2540) นอกจากนี้ปัทมกร (2546) ศึกษาผลของสารฮิวแมกแตนท์ต่อการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้และคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่าการใช้กลีเซอรอล ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นและคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด การใช้สารกลีเซอรอลจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพ รวมไปถึงเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้กลีเซอรอลร่วมกับการหมักเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้ง โดยเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ปลาที่ใช้ในการทดลองเป็นปลาขนาดใหญ่ประมาณ 6-9 ตัวต่อกิโลกรัม

1.3.2 เวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง อุณหภูมิการหมักไม่เกิน 0 องศาเซลเซียส

1.3.3 อบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบผลของการใช้กลีเซอรอลร่วมกับการหมักเกลือ ต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้ง โดยเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสลิดกึ่งแห้งในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

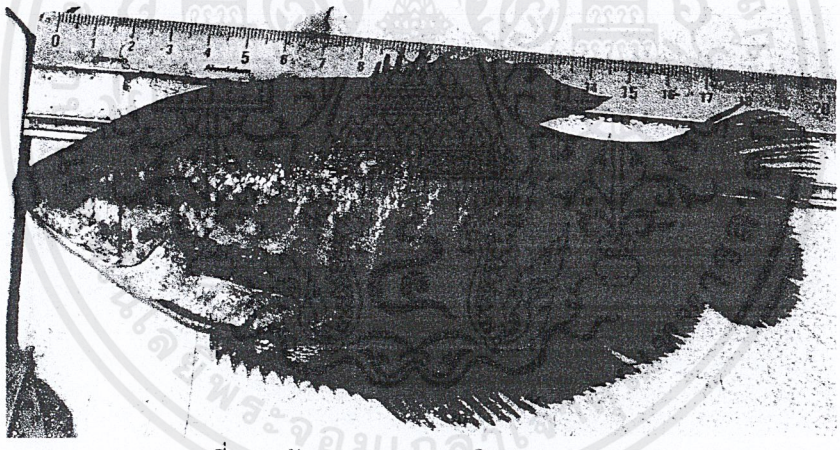
ตรวจเอกสาร

2.1 ปลาสลิด

ปลาสลิด (*Trichopodus pectoralis*) เป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของไทย นิยมแปรรูปเป็นปลาแห้งหรือปลาเค็มที่รู้จักกันดี โดยเกษตรกรจะเลี้ยงในบ่อดิน โดยฟันหญ้าให้เป็นปุ๋ยและเกิดแพลงก์ตอนเพื่อเป็นอาหารปลา โดยพื้นที่เลี้ยงปลาสลิดที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ อำเภอบางบ่อและอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ที่เรียกว่า "ปลาสลิดบางบ่อ" นอกจากนี้ยังมีอีกแหล่งหนึ่งที่เคยมีชื่อในอดีต คือที่ ตำบลดอนกำยาน อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี แต่ปัจจุบันพื้นที่เลี้ยงที่ใหญ่ที่สุดอยู่ที่ อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร (นิรนาม1, 2555)

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ปลาสลิดมีลักษณะรูปร่างคล้ายปลากระดี่หม้อแต่ขนาดใหญ่กว่า มีลำตัวแบนข้าง มีครีบท้องยาวครีบเดียว สีของลำตัวค่อนข้างเทาออกเขียว หรือมีสีคล้ำเป็นพื้นและมีริ้วดำพาดขวางตามลำตัวจากหัวถึงโคนหาง มีเกล็ดบนเส้นข้างตัวประมาณ 42 - 47 เกล็ด ปากเล็กยืดหดได้ เมื่อโตเต็มวัยจะมีความยาวได้ถึง 20 เซนติเมตร ลักษณะทั่วไป ดังรูปที่ 1 (ปรียชยา, 2555)



รูปที่ 2.1 ลักษณะของปลาสลิด (Bochr, 2011)

2.1.2 แหล่งที่อยู่อาศัย

ปลาสลิด หรือปลาใบไม้เป็นปลาน้ำจืดที่พบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย นิยมเลี้ยงกันมากในแถบบริเวณภาคกลางและนิยมเลี้ยงในนาข้าวเป็นส่วนมาก ในต่างประเทศพบได้ในประเทศกัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ปลาสลิดเป็นปลาชอบอยู่ในน้ำนิ่ง เช่น ตามหนองและบึง อาศัยอยู่ตามบริเวณที่มีพืชน้ำและสาหร่าย ใช้เป็นที่พักอาศัยกำบังตัว และก่อหวอดวางไข่ ปลาชนิดนี้โตเร็วในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอาหารจำพวกพืช ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และไรแดงขนาดเล็ก เป็นต้น จึงสามารถนำมาเลี้ยงในบ่อและในนาข้าวได้เป็นอย่างดี (ปรียชยา, 2555)

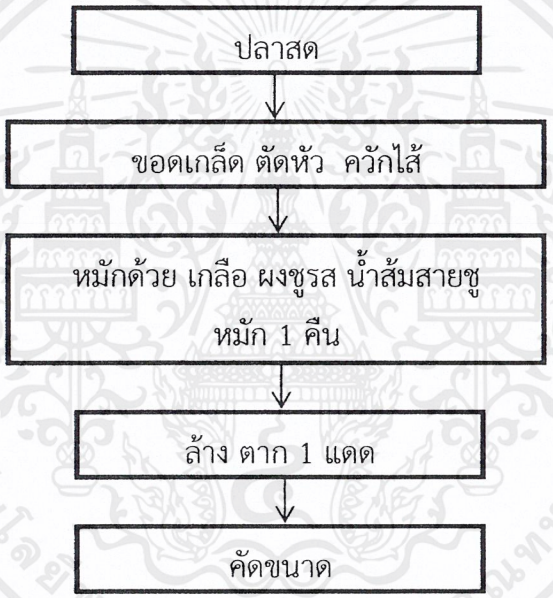
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การแปรรูปปลาสลิด

จากการสำรวจการแปรรูปปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการโดยวชิรปราณี (2556) ได้แบ่งการแปรรูปปลาสลิดที่นิยมโดยทั่วไปเป็น 2 แบบ คือ

1. ปลาหอม หรือปลาจืด

การแปรรูปแบบนี้มีในจังหวัดสมุทรปราการแต่ไม่มากเท่าใดนัก คือประมาณร้อยละ 20 ของการแปรรูปปลาสลิดทั้งหมดในจังหวัดสมุทรปราการ โดยผู้แปรรูปซื้อปลาสลิดสดจากเกษตรกรผู้เลี้ยงหรือซื้อจากผู้รวบรวมอีกทอดหนึ่ง (ซื้อแบบเหมา) หลังจากนั้นจะมาจ้างขอด เกล็ด ตัดหัว ควักไส้ นำมาแช่เกลือในอัตราส่วนเกลือ 7 กิโลกรัมต่อปลาสด 1 หาบ นอกจากนั้นบางรายจะใส่น้ำส้มสายชูเพื่อให้ผิวสวย ตึง ประมาณ 2 ขวดต่อปลา 5 หาบ ดองทิ้งไว้หนึ่งคืน วันรุ่งขึ้นจึงนำไปล้างตาก ในการแปรรูปประเภทนี้มีสัดส่วนการใช้ปลาคือปลาสด 1 ตัน จะได้ปลาหอม ประมาณ 375 ถึง 400 กิโลกรัม



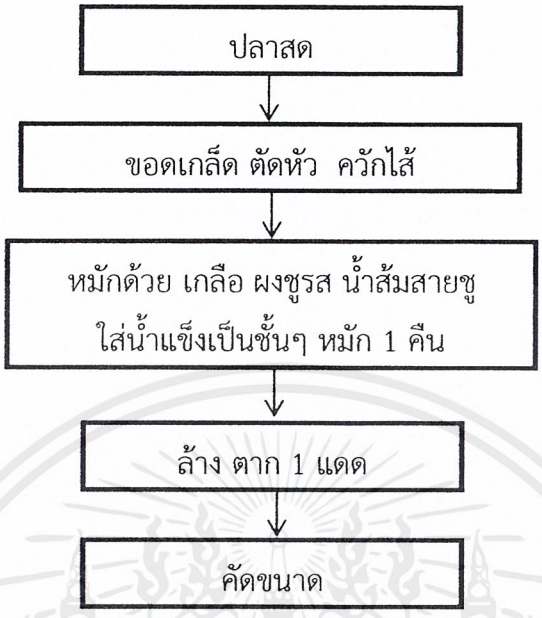
รูปที่ 2.2 วิธีการแปรรูปปลาหอมหรือปลาจืด

2. ปลาน้ำหรือปลาเกลือ

การแปรรูปแบบนี้เป็นที่นิยมผลิตกันมากในจังหวัดสมุทรปราการ หรือประมาณร้อยละ 80 ของการแปรรูปทั้งหมด โดยผู้แปรรูปซื้อปลาสดจากผู้เลี้ยงหรือผู้รวบรวมเช่นเดียวกับประเภทแรก การแปรรูปเริ่มจากการจ้างขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ ซึ่งเหลือน้ำหนักปลาประมาณร้อยละ 70 ของปลาสด หลังจากนั้นหมักเกลือ โดยใช้เกลือ 1 กิโลกรัมต่อปลาที่ตัดหัวควักไส้แล้ว 10 กิโลกรัม หรือใช้เกลือ 7 กิโลกรัมต่อปลาสด 100 กิโลกรัม โดยใช้น้ำแข็ง 0.5 ลูก ต่อปลาสด 100 กิโลกรัม ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างจากประเภทแรก หมักค้างไว้ 1 คืน หลังจากนั้นนำมาล้าง ตาก ในการแปรรูปประเภทนี้มีสัดส่วนการใช้ปลาคือปลาสด 1 ตัน จะได้ปลาน้ำหรือปลาเกลือ 480 - 500 กิโลกรัม



รูปที่ 2.3 วิธีการแปรรูปปลาน้ำหรือปลาเกลือ

2.2 การหมักเกลือ

การหมักเกลือ (salt curing) หรือ curing อาจเรียกว่า salting เป็นวิธีการถนอมอาหารที่ทำกันมานาน โดยการหมักด้วยเกลือแกง (sodium chloride) และอาจร่วมกับการใช้เกลือโซเดียมและโปแตสเซียมไนไตรท์หรือไนเตรท มักใช้เพื่อการถนอมอาหารประเภทเนื้อสัตว์ สัตว์น้ำรวมทั้ง ผักบางชนิด เช่น แฮม น้ำปลา กะปิ ปูเค็ม กุ้งจ่อม ปลาซัลมอลรมควัน (พิมพ์เพ็ญ, 2555)

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการหมักเกลือ

การหมักเกลือ จะเกิดการออสโมซีสเนื่องจากความเข้มข้นที่แตกต่างกันระหว่างเกลือที่ใช้หมักและภายในชิ้นอาหารที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ทำให้น้ำในวัตถุดิบจะเคลื่อนออกมาภายนอก ในขณะที่เกลือส่วนผสมหรือเครื่องปรุง เคลื่อนที่เข้าไปในวัตถุดิบมีผลทำให้อาหารมีความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ลดลง เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหารและจุลินทรีย์ก่อโรค รวมทั้งปรสิตซึ่งเป็นอันตรายในอาหาร ทำให้เกิดความปลอดภัย อาหารมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นนอกจากนี้การหมักเกลือ ยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ อาหารมี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่แตกต่าง ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ

การใช้เกลือในรูปสารละลายที่ความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 4 จะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้เกือบทุกชนิด แต่ยังมีแบคทีเรียที่ทนเกลือ (halophilic bacteria) บางชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหร ยังเจริญเติบโตได้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เกลือเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดอย่างสมบูรณ์ ต้องการความเข้มข้น ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 17 แต่อาจทำให้อาหารมีรสเค็มจัดเกินไป ดังนั้นการหมักเกลือจึงอาจใช้ร่วมกับการถนอมอาหารวิธีอื่น เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การพาสเจอไรซ์ การใช้วัตถุกันเสีย การทำแห้ง การหมัก การรมควัน เป็นต้น

2.2.2 กรรมวิธีการหมักเกลือ

การหมักเกลือเป็นกรรมวิธีที่ต้องการระยะเวลา ให้เกิดการ ออสโมซีส ของเกลือเข้าไปในชิ้นของอาหาร และน้ำในอาหารเคลื่อนที่ออกมา ทำให้ความเข้มข้นของเกลือในชิ้นอาหารเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการ

สามารถแบ่งกรรมวิธีการหมักเกลือได้ดังนี้

1. การหมักแห้ง (dry curing) เป็นการใช้เกลือ และส่วนผสมอื่น เช่น เครื่องเทศ น้ำตาลผสมกันในรูปผงแห้ง แล้วทาส่วนผสมที่ผิวนอกหรือคลุกให้ทั่ววัตถุดิบ โดยทั่วไปปริมาณของเกลือที่ใช้จะประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักวัตถุดิบ

2. การหมักด้วยน้ำเกลือ หรือการหมักดอง (wet curing, wet immersion brining, pickle curing) เป็นการหมักโดยการเตรียมเกลือให้อยู่ในรูปของสารละลาย หรือ น้ำเกลือก่อน ซึ่งน้ำเกลือมีความเข้มข้นของเกลือระหว่าง 15-25 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำวัตถุดิบที่ต้องการหมัก มาแช่ โดยให้น้ำเกลือท่วมวัตถุดิบ หากให้เครื่องเทศเป็นส่วนผสมด้วย อาจห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วแช่ไว้ในน้ำเกลือ นอกจากนี้การหมักเกลืออาจใช้เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ (vacuum tumbler) ซึ่งในสภาพสุญญากาศ ในภาชนะปิด เพื่อเร่งให้การหมักเกิดเร็วขึ้น

3. การฉีดน้ำเกลือ โดยวิธีฉีดน้ำเกลือเป็นการเตรียมส่วนผสมในรูปน้ำเกลือหรือน้ำปรุงจากนั้นจึงฉีดเข้าไปในเนื้อที่ต้องการหมัก เพื่อช่วยให้น้ำเกลือเข้าไปในชิ้นอาหารได้สม่ำเสมอและรวดเร็ว นิยมใช้ในกรณีที่ชิ้นอาหารมีขนาดใหญ่ มีหนังซึ่งเกลือซึมผ่านได้ยาก เช่น แฮม เบคอน การฉีดน้ำเกลือจะต้องฉีดน้ำเกลือเข้าไปในเนื้อให้ทั่ว ให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเนื้อ เช่น การทำแฮมจะฉีดน้ำเกลือให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่าง 25-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักก่อนฉีด การฉีดน้ำเกลืออาจฉีดเข้ากล้ามเนื้อหรือฉีดเข้าเส้นเลือด

ในอุตสาหกรรมทั่วไปมักหมักเกลือที่อุณหภูมิประมาณ 3±1 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมินี้จะต่ำพอที่จะหยุดยั้งการเจริญของแบคทีเรียจนกระทั่งเกลือสามารถซึมเข้าทั่วก้อนเนื้อ แต่จุลินทรีย์ประเภท nitrate reducing organism ยังสามารถเจริญเพื่อจะรีดิวซ์ไนเตรทได้ อุณหภูมิในตู้เย็นที่ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส จะยับยั้งปฏิกิริยาการหมักเกลือ และอุณหภูมิสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียเจริญได้

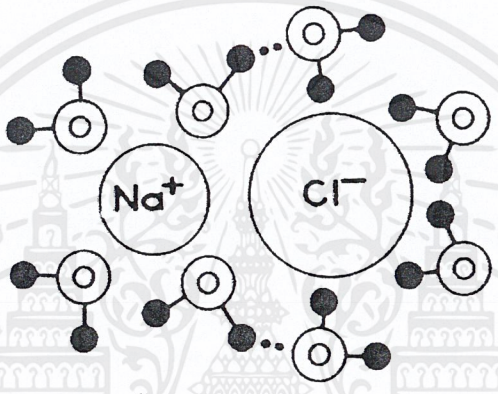
2.2.3 เกลือ

เกลือแกง (Sodium chloride) เป็นสารประกอบเคมีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีสูตรเคมี NaCl ได้นำมาเติมลงในอาหารเพียงเล็กน้อยในรูปของสารปรุงรสนานมาแล้ว แต่ถ้าจะใช้เพื่อการถนอมอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องใช้ในปริมาณสูง จะสูงเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เกลือสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

1. ช่วยลดค่า a_w ของอาหารนั้นจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้
2. ช่วยลดการละลายของออกซิเจน
3. ขัดขวางการทำงานของ proteolytic enzyme ภายในเซลล์จุลินทรีย์
4. เพิ่มความดันออสโมติค (osmotic pressure) เป็นผลให้เซลล์จุลินทรีย์เกิดการพลาสโมไลซีส (plasmolysis)
5. เกลือจะแตกตัวให้อนุมูลโซเดียมและคลอไรด์ ถ้าความข้นพอจะสามารถขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะอนุมูลคลอไรด์



รูปที่ 2.4 การเรียงโมเลกุลของน้ำและเกลือแกงในสภาพสารละลาย (ปัทมกร, 2546)

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่าเกลือที่ความเข้มข้นต่ำจะมีผลทางกระตุ้นจุลินทรีย์ ในขณะที่ความเข้มข้นสูง เกลือจะยับยั้งจุลินทรีย์ ช่วงความเข้มข้นดังกล่าวจะแตกต่างกันสำหรับจุลินทรีย์แต่ละชนิด เช่น เชื้อ *Pseudomonas sp.* ไม่สามารถเจริญได้ที่น้ำเกลือเข้มข้นกว่า 5% ในขณะที่ *Micrococcus* จะยังสามารถเจริญได้

Jensen (1954) ได้สรุปว่าเกลือเป็นสารทำลายแบคทีเรีย และยังได้แนะนำให้ใช้อัตราส่วนของเกลือต่อความชื้น หรือความเข้มข้นของน้ำเกลือในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เป็นเครื่องวัดการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของเกลือที่ดีที่สุด

Kramlich และคณะ (1973) กล่าวว่าเกลือเป็นสารพื้นฐานในส่วนผสมที่ใช้หมักเนื้อ เกลือจะไปทำให้เกิดการดึงน้ำออก ทำให้ความดันออสโมติกเปลี่ยน ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และจำกัดจำนวนแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียด้วย

Jensen (1954) ได้สรุปผลของระดับเกลือที่มีต่อการเจริญของจุลินทรีย์ไว้ว่าแบคทีเรียชนิดไม่ต้องการอากาศจะหยุดการเจริญทันทีที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 5% ในขณะที่ระดับความเข้มข้นนี้จะมีผลน้อยมากต่อแบคทีเรียชนิดต้องการอากาศ ชนิดแฟคัลเตตีฟและชนิดไมโครคอคคัส การเจริญของแบคทีเรียส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งที่ระดับความเข้มข้น 10% แม้ว่าจะมีแบคทีเรียบางพันธุ์ที่ทนต่อเกลือ สามารถเจริญได้ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือถึงร้อยละ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของเกลือมีลักษณะเหมือนกับผลของการอบแห้ง คือ เกลือจะทำให้ค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ (a_w) ของระบบลดลง ดังนั้นจึงทำให้สภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญ แต่เนื่องจากค่า a_w ของสารละลายเกลืออิ่มตัว จะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.75 และในขณะที่มีจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งที่สามารถเจริญได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่านี้ ฉะนั้นจึงไม่เป็นที่แน่ใจว่าอาหารที่มีเกลืออยู่จะไม่ติดเชื้อจุลินทรีย์อีกถ้าใช้เกลือเพียงอย่างเดียว ค่า a_w ของสารละลายเกลือแสดงในตารางที่ 2.1

ประสิทธิผลการเป็นสารกันบูดของเกลือ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ทั้งภายในและภายนอก เช่น ประสิทธิผลการทำลายของเกลือจะลดลงที่อุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณเกลือที่ต้องการใช้เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย และยีสต์แต่ละชนิดจะลดลง

ตารางที่ 2.1 ค่า a_w ของสารละลายเกลือ (ไพบูลย์, 2532)

ค่า a_w	ปริมาณเกลือในสารละลาย กรัมของเกลือต่อน้ำ 100 กรัม
0.995	0.88
0.99	1.75
0.98	3.57
0.96	7.01
0.95	8.82
0.94	10.34
0.92	13.50
0.90	16.54
0.88	19.40
0.86	22.21
0.85	23.55
0.84	24.19
0.82	27.29
0.80	30.10
0.78	32.55
0.76	35.06
0.75	36.06

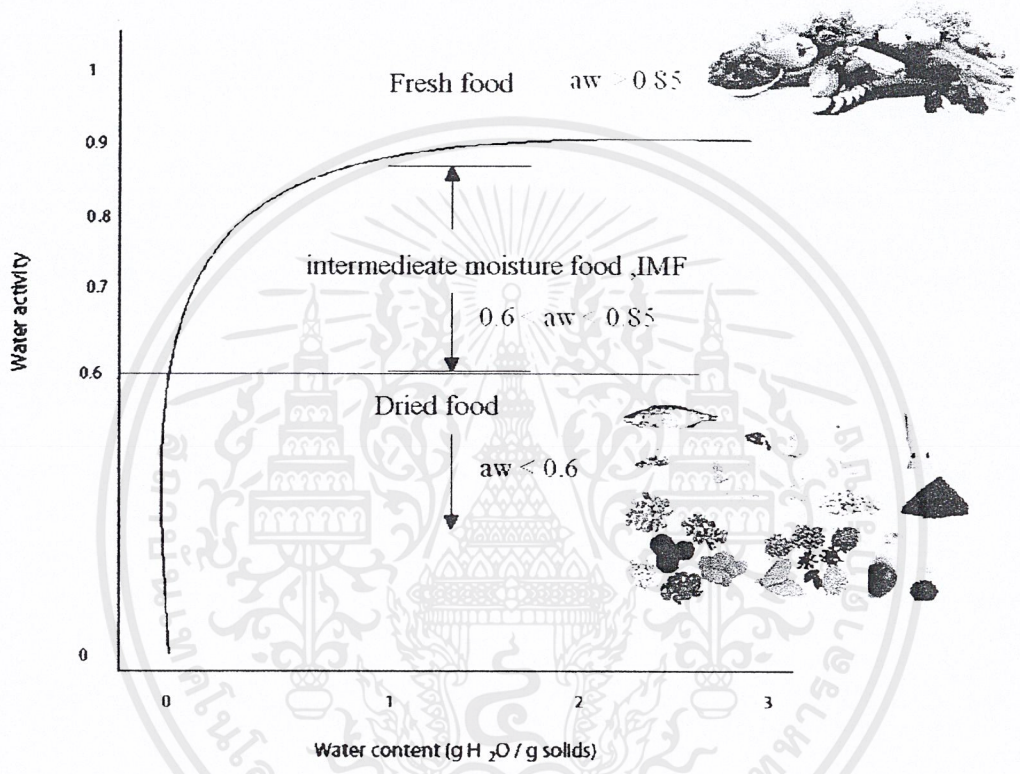
2.3 อาหารความชื้นปานกลาง

อาหารความชื้นปานกลาง มีปริมาณความชื้นประมาณ 15-55% โดยน้ำหนัก มีค่า a_w ระหว่าง 0.60-0.85 ตัวอย่างของอาหารความชื้นปานกลางหรืออาหารกึ่งแห้ง ได้แก่ เค้กผลไม้ เบคอน ไส้กรอกแห้ง ผลไม้แห้ง ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง เช่น มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง นมข้นหวาน แยม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ความหมายและลักษณะของอาหารความชื้นปานกลาง

อาหารความชื้นปานกลาง (intermediate moisture foods) อาจเรียกว่า อาหารกึ่งแห้ง ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2503 ได้มีการพูดถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w กับความคงตัวของอาหารอย่างกว้างขวาง จากความสัมพันธ์นี้เอง ทำให้เกิดการพัฒนาอาหารความชื้นปานกลางขึ้น ฉะนั้นอาหารความชื้นปานกลาง จึงหมายถึงอาหารที่สามารถบริโภคได้โดยไม่ต้องนำไปคืนตัว และมีความคงตัวโดยไม่ต้องนำไปเก็บในอุณหภูมิต่ำ หรือนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ได้แก่ เจลลี่ ผลไม้แห้ง น้ำเชื่อมและแยม เป็นต้น



รูปที่ 2.5 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของอาหาร (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2555)

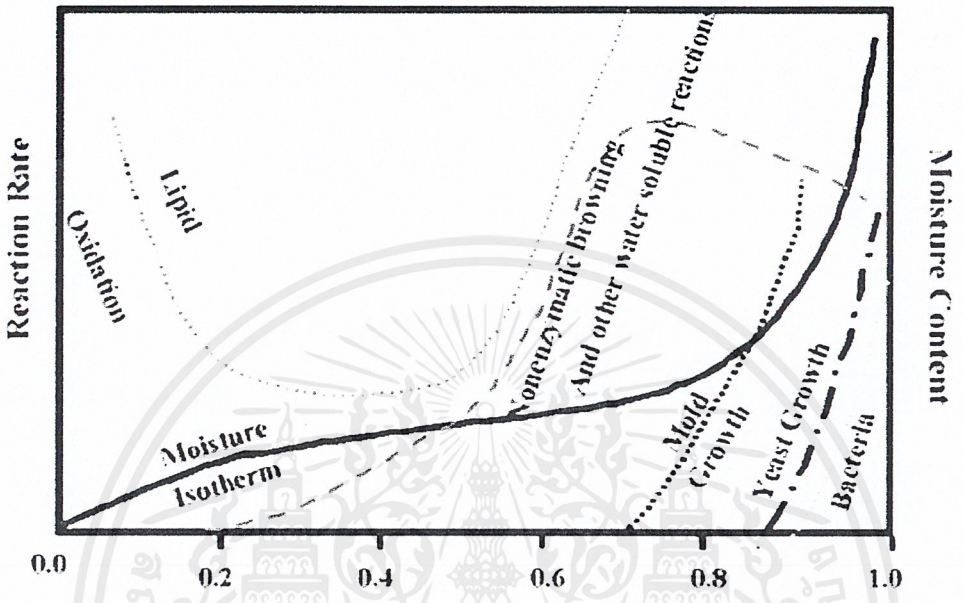
โดยทั่วไปอาหารประกอบด้วยความชื้นประมาณร้อยละ 20 - 50% โดยน้ำหนักและมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.95 - 1.0 จากคุณลักษณะดังกล่าว ปริมาณตัวถูกละลายที่มีอยู่ในอาหารจึงไม่สามารถชะลอปฏิกิริยาชีวเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ได้ การเจริญของจุลินทรีย์ที่ค่า a_w ต่ำนั้น สามารถป้องกันได้โดยการเติมสารเคมีบางชนิด เช่น การเติมซัลไฟต์ในผลไม้ การใช้วิธีพาสเจอร์ไรซ์ หรือการใช้อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ใกล้กับค่า a_w วิกฤตของอาหารนั้น ๆ ดังนั้นการใช้ค่า a_w แสดงความคงตัวของผลิตภัณฑ์อาหารความชื้นปานกลางจึงใช้ได้ดีกว่าการใช้ค่าความชื้น

อาหารความชื้นปานกลางได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ โดยอาศัยหลักการทำให้ค่า a_w ต่ำลง โดยการเติมตัวถูกละลาย เช่น กลีเซอรีน ซูโครส กลูโคส หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยการเติมสารทำลายจุลินทรีย์ เช่น โพรพิลีนไกลคอล และ/หรือกรดซอร์บิก สามารถทำให้ a_w มีค่าลดลงได้อีกโดยทำเป็นกึ่งแห้ง และกิจกรรมเอนไซม์สามารถป้องกันได้โดยใช้ความร้อน

2.3.2 การเสื่อมเสียของอาหารความชื้นปานกลางและการควบคุม



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของ water activity กับคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

(พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2555)

1. ออกซิเดชันของไขมัน จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมักเกิดช่วง a_w ของอาหารความชื้นปานกลาง ถ้าค่า a_w สูง มีอัตราออกซิเดชันของไขมันสูงจนสามารถวัดค่าได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่า a_w ต่ำ ปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำมันจะไม่เกิดขึ้น แม้ว่าจะมีน้ำเพียงพอก็ตาม นอกจากนี้การแตกตัวของน้ำมันที่ค่า a_w ต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะให้ผลลัพธ์สุดท้ายต่างกันด้วย

จากปรากฏการณ์เช่นนี้ วิธีควบคุมมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และความต้องการอายุการเก็บ วิธีการควบคุมอาจจะคลุมถึงการลดปริมาณไขมันในสูตรอาหาร และ/หรือการใช้ไขมันที่คงตัว การเติมวัตถุกันหืนหรือปรับค่าความชื้น

2. การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ ปฏิกิริยานี้มีลักษณะเช่นเดียวกับปฏิกิริยาการหืนของไขมัน ปฏิกิริยานี้มักเกิดที่ช่วงค่า a_w ของอาหารความชื้นปานกลาง เมื่ออาหารความชื้นปานกลางเกิดปฏิกิริยานี้แล้ว จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนจนเป็นสีดำในที่สุด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นไหม้ของน้ำตาล ทำให้มีกลิ่นรสไม่เป็นที่ต้องการ ทำให้โปรตีนสูญเสียการละลาย ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และลักษณะการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันปฏิกิริยานี้ไม่ง่ายเหมือนการป้องกันปฏิกิริยาการหืนในไขมัน การป้องกันมักใช้วิธีร่วมกับการใช้ซัลไฟต์ พยายามลดการใช้เครื่องปรุงแห้งที่มีกลุ่มของคาร์บอนิลหรืออะมิโนอยู่ หรือปรับระดับความชื้น

3. การเจริญของเชื้อแบคทีเรีย อาหารความชื้นปานกลางมักมีส่วนประกอบสำคัญคือเกลือหรือน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Staphylococcus aureus* ซึ่งสามารถสร้างสารพิษได้ที่ค่า a_w ต่ำสุด 0.85 (USFDA) นอกจากนี้อาจมีแบคทีเรียชนิดทนเกลือ ซึ่งสามารถเจริญได้ที่ค่า a_w 0.75 ฉะนั้นการควบคุมการเจริญของแบคทีเรียที่ดีที่สุดก็คือ การปรับค่า a_w ให้ต่ำกว่าค่าที่เชื้อแบคทีเรียสามารถเจริญได้ หรือให้ความร้อนอย่างเพียงพอที่จะทำลายเชื้อดังกล่าว หรือการใช้วิธีการบรรจุหีบห่อร่วมกับการใช้ความร้อน

4. การเจริญของเชื้อยีสต์ มีลักษณะคล้ายกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ทั้งนี้เพราะว่าการเจริญของเชื้อยีสต์จะชะงักที่ค่า aw ประมาณ 0.88 แต่บางครั้งก็พบเชื้อยีสต์สามารถเจริญได้ที่ค่า aw ต่ำถึง 0.60 การควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์ปฏิบัติเช่นเดียวกับการควบคุมการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนี้อาจเติมสารเคมีบางชนิดก็ได้

5. การเจริญของเชื้อรา การเสื่อมเสียของอาหารความชื้นปานกลางพบว่าส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา ทั้งนี้เพราะว่าเชื้อราหลายชนิดสามารถเจริญที่ความชื้นต่ำซึ่งสามารถเจริญได้ที่ค่า a_w 0.65 สำหรับวิธีการควบคุมนั้นมักจะเติมยากันเชื้อราในอาหารหรือในภาชนะบรรจุ

เนื่องจากการทำอาหารความชื้นปานกลางให้ได้ ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่ต้องการ ต้องผ่านกระบวนการอบแห้งเป็นเวลานานทำให้อาหารต้องสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้จำหน่าย หรือ การเติมเกลือหรือน้ำตาลมากจนเกินไปก็ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย จึงมีการพัฒนาอาหารกึ่งแห้งโดยการเติมสารจำพวกฮิวเมกแตนท์เข้าไปในระหว่างการหมักเพื่อลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีเบื้องต้นก่อนในระดับหนึ่งซึ่งช่วยให้ขั้นตอนการอบแห้งใช้เวลาอบสั้นลง และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะชุ่มฉ่ำ เนื้อนุ่ม

2.3.3 สารฮิวเมกแตนท์ (humectant)

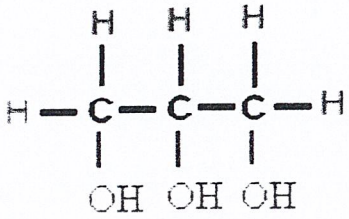
สารฮิวเมกเตนท์ เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารเพื่อรักษาความชื้น ทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ลดลง ตัวอย่างของสารฮิวเมกเตนท์ที่ใช้ในอาหารเพื่อรักษาความชื้น ได้แก่ กลีเซอรอล น้ำตาลฟรุกโตส น้ำตาลอัลกอฮอล์ เช่น ซอร์บิทอล รวมทั้งสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) เช่น เพกทิน กัม แอลจิเนต(พิมพ์เพ็ญ ,2556) ในที่นี้จะกล่าวถึงกลีเซอรอลเพียงอย่างเดียว

กลีเซอรอล

กลีเซอรอล (glycerol) หรือกลีเซอริน (glycerin) E-number E422 มีสูตรโมเลกุล คือ $C_3H_8O_3$ หรือ $CH_2OHCHOHCH_2OH$ มีน้ำหนักโมเลกุล 92.10 ความหนาแน่น 1.261 g/cm^3 มีคุณสมบัติเป็นของเหลวข้นหนืด ใส ไม่มีกลิ่น รสชาติหวานเล็กน้อย มีค่าความหวานสัมพัทธ์ 60 สามารถย่อยสลายให้พลังงานถึง 4.3 กิโลแคลอรีต่อกรัม รวมตัวกับน้ำได้ดี สามารถละลายได้ในน้ำ สารละลายกลีเซอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอลมีความเป็นกลาง สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ ไม่ละลายในคลอโรฟอร์ม อีเทอร์ และน้ำมันที่ระเหยได้ เป็นผลิตผลของพืชในธรรมชาติ มีความคงตัว ไม่ระเหย จุดหลอมเหลว 17.8 องศาเซลเซียส จุดเดือด 290 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล (Anonymous, 2012)

กลีเซอรอลมีหน้าที่ในอาหารคือเป็นสารดูดความชื้น ตัวทำละลาย สารที่ทำให้มีลักษณะความเป็นพลาสติก (plasticizer) และสารที่เพิ่มลักษณะความเป็นเนื้อของอาหาร (bodying agent) มีความสามารถในการดูดความชื้น ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อนุ่ม ช่วยในการคืนตัว กลีเซอรอลเป็นสารที่ได้รับรองว่าเป็น GRAS (Generally recognized as safe) โดยองค์การอาหารและยา (FAD) ว่าสามารถเติมไปในอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยไม่จำกัดปริมาณการใช้ แต่จะให้ใช้เท่าที่จำเป็นเป็นไปตาม GMP นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง ผลิตภัณฑ์เนื้อเจอร์กี นอกจากนี้กลีเซอรอลยังใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในผลิตภัณฑ์เนื้อ ไก่ และปลา เป็นวัตถุดิบสำหรับทำไส้เทียม (ศศิชล, 2544)

2.3.4 ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารฮิวเมกแตนท์ในอาหารความชื้นปานกลาง

Dymza และ Silverman (1979) ศึกษาการผลิตปลากึ่งแห้ง โดยการแช่เนื้อปลาขนาด 2.7 X 2.7 X 1.3 เซนติเมตร ในสารละลายกลีเซอรอล ร้อยละ 40 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 7 โซเดียมอะซีเตท ร้อยละ 10 น้ำกลั่น ร้อยละ 43 ในอัตราส่วนปลาต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 3 และให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.82 (ปิทมกร, 2546)

Paseua และคณะ (1994) ศึกษาการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ในผลิตภัณฑ์ปลาแมคเคอเรล โดยแช่ปลาแมคเคอเรลลงในสารละลายที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 540 กรัม น้ำ 380 กรัม โซเดียมคลอไรด์ 70 กรัม และโพแทสเซี่ยมซอร์เบท 7 กรัม ในอัตราส่วนของปลาต่อสารละลายเท่ากับ 0.59 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 2±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 10 15 20 และ 30 ชั่วโมง ร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 15 20 30 และ 40 นาที พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์เป็นระยะเวลา 20 นาที และระยะเวลาในการแช่ตัวอย่างลงในสารละลายดังกล่าวเป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมงมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.89 มีรสชาติหวานปานกลางและเนื้อสัมผัสมีลักษณะฉ่ำน้ำ (ปิทมกร, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิตรา (2540) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้ง โดยศึกษาสัดส่วนของน้ำตาล เกลือแกง และกลีเซอรอลในการหมักเนื้อปลาขนาดกว้าง 0.5 นิ้ว และยาว 3-4 นิ้ว พบว่าสูตรน้ำปรุงของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย เกลือแกง น้ำตาลทราย กลีเซอรอล ผงเฮียเลี่ยว และซีอิ๊วขาว ร้อยละ 6.25, 22.32,1.34, 0.45 และ 47.32 ตามลำดับ สัดส่วนดังกล่าวใช้เคล้ากับเนื้อปลาจำนวนหนึ่งกิโลกรัม สูตรที่เหมาะสมคือ ระยะเวลาในการหมัก 4 ชั่วโมง อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบคือ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพโดยรวมดีขึ้น อีกทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และได้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.787

ปัทมกร (2546) ศึกษาการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและคุณภาพ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง โดยนำปลาที่ผ่านการแล่มาหมักกับกลีเซอรอล น้ำตาลทราย เกลือ และผงชูรส ร้อยละ 4.525 7.4 1.2 และ 0.45 น้ำหนักโดยน้ำหนักปลา ตามลำดับ และอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.64 - 0.65 พบว่ามีผลให้ค่าความแข็ง ค่าแรงเฉือนและค่า L a b ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งลดลง และมีปริมาณความชื้นและคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด

2.4 การทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (dehydration)เป็นการแปรรูปอาหารโดยอาศัยหลักการไล่ความชื้น(moisture content) ออกจากอาหาร อาจเรียกว่า drying เนื่องจากปริมาณความชื้นในอาหารลดลง ด้วยการระเหยน้ำ การอบแห้ง (dehydration) การทอด (frying) หรือการระเหิด เพื่อช่วยยับยั้งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอาหารและลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาตร ทำให้สะดวกต่อการเก็บรักษา การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการทำแห้งอาหารวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก ในระหว่างการอบแห้งอาหารจะสัมผัสกับลมร้อน ลมร้อนจะถ่ายเทความร้อนไปยังอาหารและในขณะเดียวกัน ลมร้อนจะรับเอาความชื้นออกไปจากอาหาร สามารถดำเนินการได้ทั้งภายใต้ความดันบรรยากาศและสภาพสูญญากาศ

2.4.1 วัตถุประสงค์ของการทำแห้งอาหาร

1. ยืดอายุการเก็บรักษา การทำแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อ ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด เช่น รา ยีสต์ แบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ หรือชะลอปฏิกริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย

2. ทำให้อาหารปลอดภัย การ ลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการทำแห้ง ทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้น้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ก่อโรค รวมทั้งยับยั้ง การสร้างสารพิษของเชื้อรา (mycotoxin) เช่น Aflatoxin

3. เพื่อทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา ลดปริมาตร ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การบริโภค หรือการนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต่อเนื่องด้วยวิธีอื่น

4. สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ เป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การทำแห้งด้วยลมร้อน

วิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน (hot air drying) เป็นวิธีที่ถูกปรับปรุงขึ้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้แสงอาทิตย์ โดยการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งตามต้องการและมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้จะมีความสะอาดและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบเก่า การทำแห้งด้วยลมร้อนที่นิยมใช้กับเนื้อสัตว์ คือ การใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) และตู้อบแบบตู้ (cabinet dryer) โดยการตากผลิตภัณฑ์ในตู้ขนาดใหญ่ซึ่งมีลมร้อนเป่าผ่านจึงสามารถระเหยน้ำออกไปกับลมร้อนและปล่อยออกทางช่องระบายลมภายในตู้อบโดยใช้ อุณหภูมิในการอบประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส (ตรี, 2555)

2.4.3 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร

1. ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เนื่องจากความชื้นในอาหารลดลง โครงสร้างและสมบัติในการดูดน้ำของเซลล์เปลี่ยนไป อาจเกิดผิวแห้งแข็ง (hardening) ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2. กลิ่น-รส (flavour) สูญเสียสารหอมระเหย (volatile compound) บางชนิดไปในระหว่างการดึงน้ำออก รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาต่างๆภายในอาหาร เร่งการสูญเสียกลิ่น-รสในอาหารไป

3. สี (Color) เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหาร การสะท้อนแสงและสี การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุภายในอาหาร รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

4. คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional values) สูญเสียวิตามิน ที่ไม่ทนความร้อนเช่น vitamin C ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

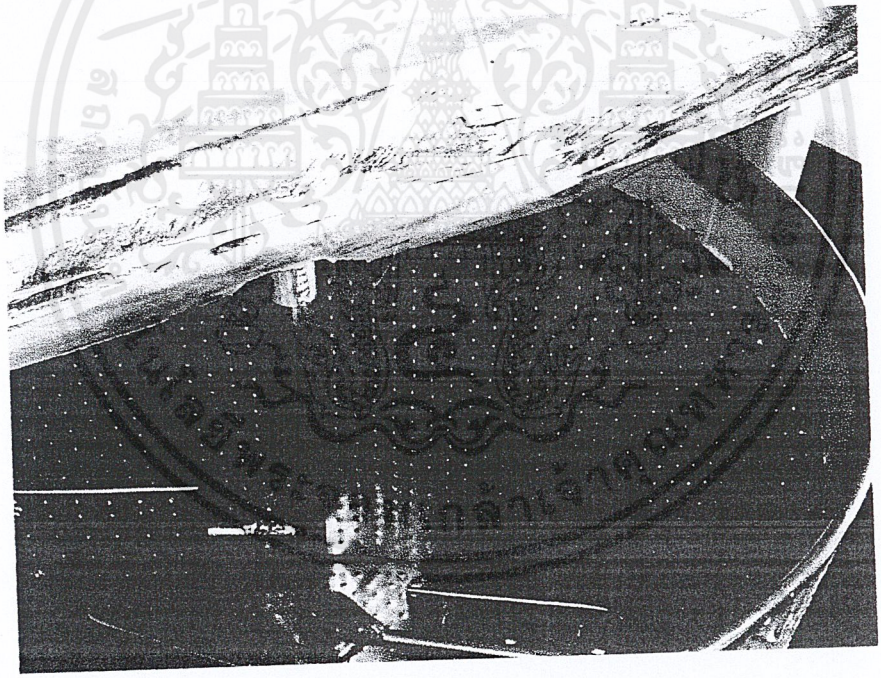
บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 ศึกษาการผลิตปลาสลิดกึ่งแห้ง

คณะวิจัยเดินทางโดยรถยนต์ศึกษากรรมวิธีการผลิตปลาสลิดกึ่งแห้ง ที่ร้านปลาสลิดแสนสมบูรณ์ อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าปลาสลิดที่เป็นวัตถุดิบหลักรับซื้อปลาสลิดทั้งตัวที่ยังไม่คัดขนาด มาจากอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร โดยปลาสดจะมาส่งถึงร้านในช่วงเช้า

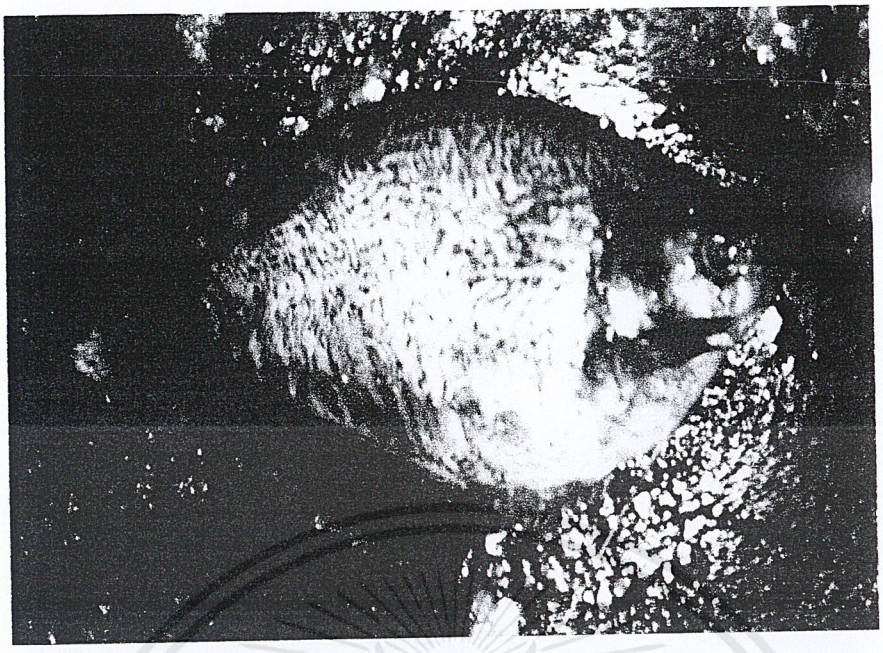
3.1.1 การเตรียมปลา

ขั้นตอนแรกของการเตรียม คือการกำจัดเกล็ดปลาออก ด้วยเครื่องปั่นเกล็ดปลา (รูปที่ 3.1) ปลาที่ผ่านเครื่องขอดเกล็ด อาจยังปั่นเกล็ดไม่หมด จะนำมาขอดเกร็ดด้วยช้อนคาวอีกครั้งโดยใช้คนงาน จากนั้นจึงนำมา ตัดหัว ควักไส้ ใข่ (ส่วนของหัว ไส้ ใช้เป็นอาหารปลาดุก) แล้วนำมาคัดขนาดด้วยคน โดยแยกเป็นสองขนาด คือขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ใส่ตะกร้า (รูปที่ 3.3) ขั้นตอนการเตรียมปลาจะเสร็จพร้อมหมักเกลือในช่วงบ่าย

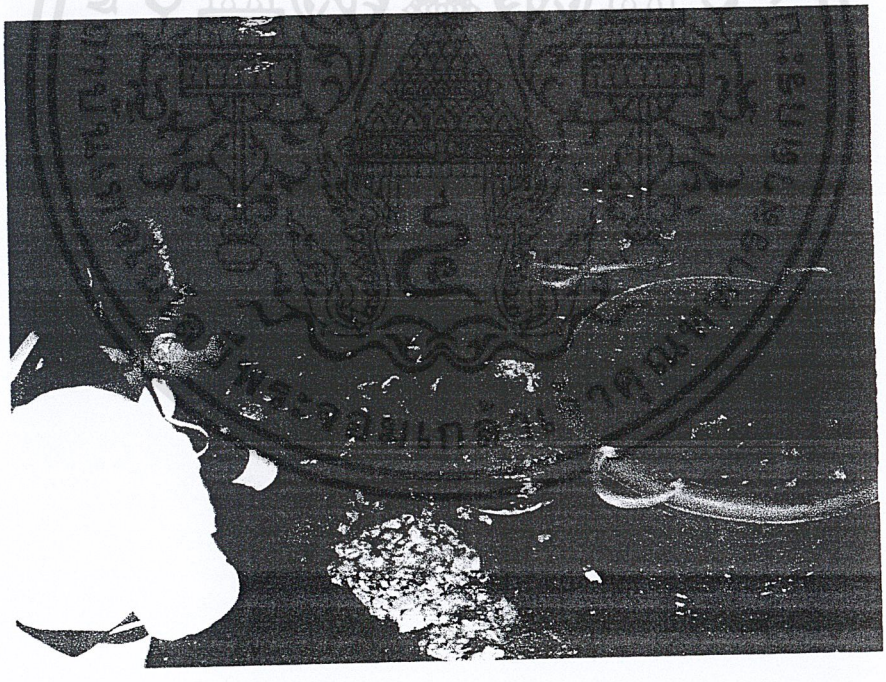


รูปที่ 3.1 เครื่องปั่นเกล็ดปลาสลิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ปลาสลิดหลังปั่นเกล็ด



รูปที่ 3.3 การตัดแต่งปลาสลิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 ปลาสลิดที่ตัดแต่งแล้ว

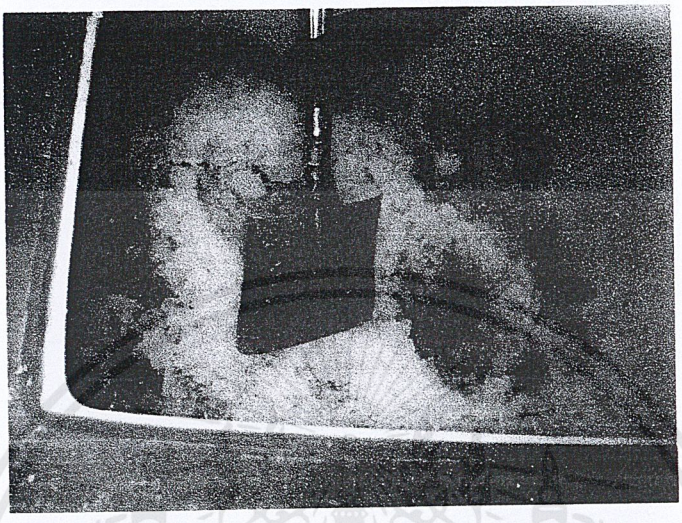
3.1.2 การหมักเกลือและน้ำแข็ง

นำปลาไปเข้าเครื่องคลุกเกลือ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.5 โดยใช้ อัตราส่วนปลา 1 ตะกร้า ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม ต่อเกลือสมุทรโม่ละเอียด 1 พลั่ว เครื่องคลุกมีความจุปลาได้ครั้งละ 200 กิโลกรัม (4 ตะกร้า) เมื่อพร้อมจะทำงานจะปิดฝาเครื่อง เครื่องจะหมุนให้ปลากับเกลือคลุกเคล้าจนเข้ากันดี

รูปที่ 3.5 การคลุกเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

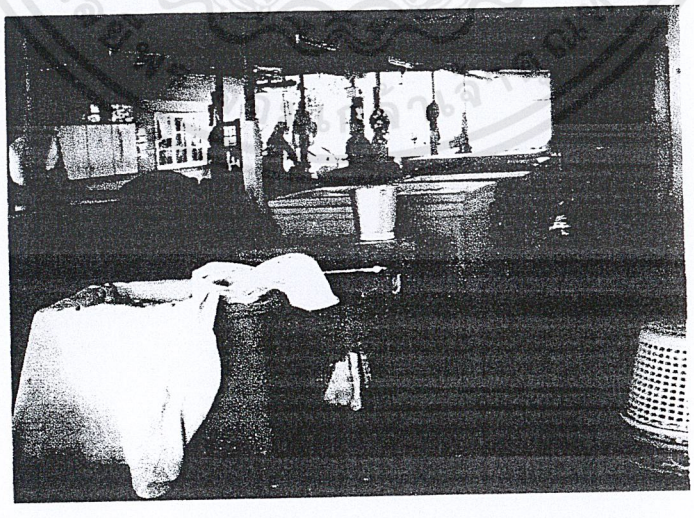
การหมักเกลือช่วงแรกใช้เวลา 48 ชั่วโมง ทำในถังน้ำแข็งที่สะอาด โดยบรรจุปลาสลิดที่คลุกเกลือแล้ว 1 ตะกร้า เกลี่ยผิวชั้นปลาให้เรียบสม่ำเสมอ แล้วใส่น้ำแข็งครึ่งตะกร้า เกลี่ยให้เรียบสม่ำเสมอ สลับชั้นปลาและน้ำแข็ง (ดังรูปที่ 3.6) ปิดถังหมักไว้ โดยระหว่างการหมักถ้าน้ำแข็งละลาย จะใส่น้ำแข็งเพิ่มเพื่อรักษาอุณหภูมิ



รูปที่ 3.6 การหมักปลาในถังน้ำแข็ง

3.1.3 การแช่ในน้ำเกลือ

หลังจากการหมักเกลือผ่านไป 48 ชั่วโมง ย้ายปลาออกมาใส่ในถังพลาสติกทรงกลม แช่น้ำผสมเกลือเจือจาง ที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 24 ชั่วโมง วัตถุประสงค์การแช่น้ำเกลือเพื่อให้ปลาดูดน้ำเข้าไปในตัวจนปลาตัวบวม หากต้องการทำปลาสลิดหอมซึ่งมีความเค็มน้อยกว่าปลาสลิดชนิดเค็ม น้ำเกลือที่ใช้จะเจือจางกว่าหลังการแช่น้ำเกลือ จึงนำไปล้างน้ำสะอาด



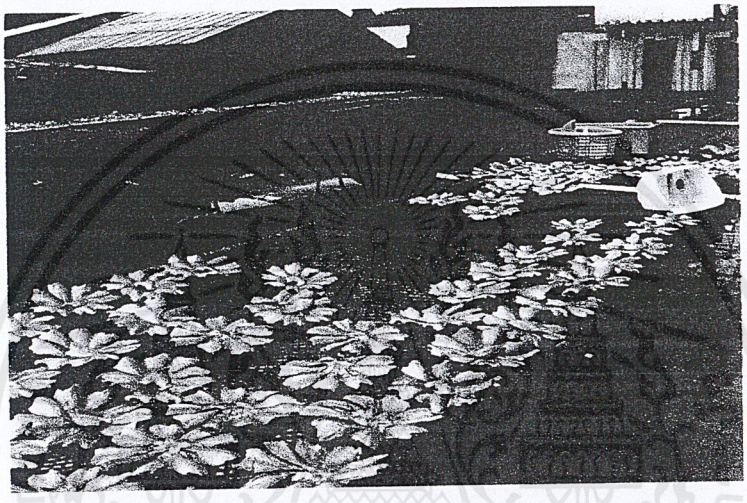
รูปที่ 3.7 ถังหมักปลาสลิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การทำแห้งและการจัดจำหน่าย

นำปลาที่ผ่านการแช่น้ำเกลือแล้ว มาทำแห้งด้วยการตากแดด ปลาสลิดขนาดใหญ่จะทำแห้งเป็นตัวเดี่ยว ปลาสลิดขนาดเล็กจะเอาไปทำปลาวง โดยตัวมาวางติดกันให้ด้านหางชนกับเป็นวงกลม (ดังรูปที่ 3.8) การทำแห้งใช้เวลาประมาณ 3-6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ปลาที่ตากแดดได้ที่ น้ำมันจากตัวปลาจะออกมา ทำให้ผิวปลามีลักษณะ เงา สวย ถ้าวันแรกปลาไม่แห้งก็เอาไปตากแดดอีกรอบ

เมื่อปลาสลิดแห้งได้ตามที่ต้องการ จะนำสแลนกันแดดมาคลุมไว้พร้อมจำหน่าย (ดังรูปที่ 3.9) จากนั้นจะมีแม่ค้ามาซื้อตามเวลาเช้าถึงเย็น หากจำหน่ายไม่หมดจะรวมใส่ถุงพลาสติก มัดถุงแช่น้ำแข็งไว้ เช้ามาก็เอามาจำหน่าย โดยนำมาตากแดดใหม่ ปลาที่ขายไม่ออกหลายวันแล้วผิวจะด้านไม่สวย



รูปที่ 3.8 ปลาวงตากแห้ง

รูปที่ 3.9 ปลาสลิดแดดเดียวพร้อมจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 การวางจำหน่ายปลาสลิดหน้าร้าน

3.2 การตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

3.2.1 ปลาสลิดตัวอย่าง

ปลาสลิดกึ่งแห้งจากร้านแสนสมบูรณ์ และร้านเจ๊มาลัย ได้รับอนุเคราะห์จากบริษัท พิชญ์สินี ฟู้ดส์ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ถุงละ 5 ตัว ใส่ในกล่องโฟมร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด ขนส่งมายัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้เวลาเดินทางประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที หลังได้รับตัวอย่าง เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสจนกว่าจะทำการทดลอง

3.2.2 การตรวจสอบคุณภาพ

ตรวจสอบคุณคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดดังนี้

3.2.2.1 ความชื้น

ปริมาณความชื้นตรวจสอบโดยวิธี A.O.A.C (1999) ด้วยการอบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก สุ่มตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวประมาณ 2-3 ตัว มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และชั่งน้ำหนักให้ได้ 3-5 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียม ซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น 10 นาที แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น ทำ 3 ซ้ำ ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก) คำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

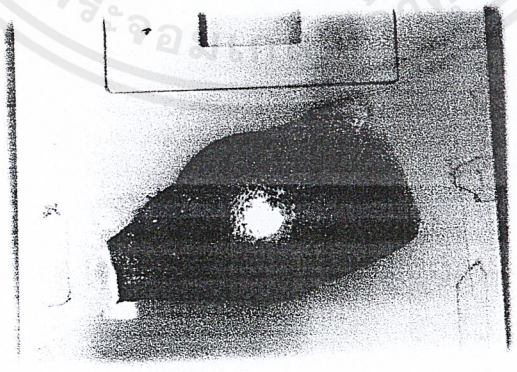
3.2.2.2 วอเตอร์แอคติวิตี้

ใช้ตัวอย่างปลาสลิดกึ่งแห้ง 3 ตัว มาเลาะก้าง ตัดหาง และครีบออก นำเฉพาะเนื้อมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ (ดังรูปที่3.11) รวมกันแล้วสุ่มตัวอย่างชิ้นปลาบรรจุลงตลับพลาสติกให้ได้ปริมาตรร้อยละ 50 ถึง 70 นำตลับตัวอย่างใส่ลงในเครื่องวอเตอร์แอกติวิตี้ (ยี่ห้อ AquaLab รุ่น AquaLab Series 3 ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัด 3 ซ้ำ

รูปที่ 3.11 การหั่นตัวอย่างเนื้อปลา และบรรจุในตลับพลาสติก

3.2.2.3 วัดค่าสี

ใช้ตัวอย่างปลาสลิดกึ่งแห้ง 3 ตัว มาตัดหาง ครีบ แล่เอาก้างออก ให้เหลือเฉพาะเนื้อ แบ่งเป็น 2 ซีก สุ่มตัวอย่างมาวัดสี 3 ชิ้น วัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (ยี่ห้อ Color รุ่น JC 801 ประเทศญี่ปุ่น) โดยใช้ระบบ C.I.E. L* a* b* วางตัวอย่างชิ้นปลา ไว้บนแผ่นใส เหนือเลนส์ (ดังรูปที่ 3.12) แล้วใช้ฝาครอบปิดตัวอย่าง เพื่อไม่ให้มีแสงรบกวนจากภายนอก วัดสีแบบสะท้อนแสง การวัดแต่ละชิ้นจะเลื่อนชิ้นตัวอย่างให้วัดทั่วเนื้อปลา 10 จุด ต่อ 1 ชิ้น วัดสีชิ้นปลาทั้ง 2 ด้าน

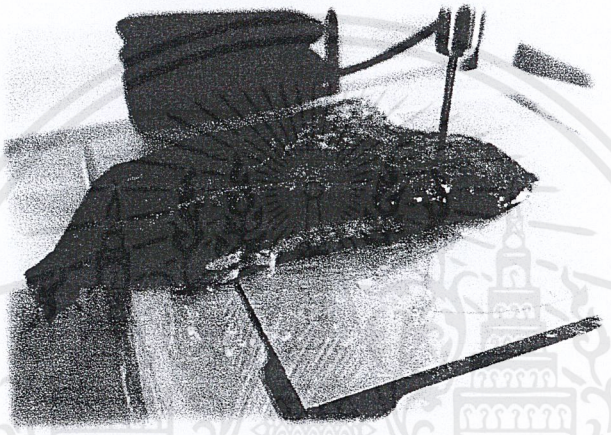


รูปที่ 3.12 การวัดสีเนื้อปลาสลิด

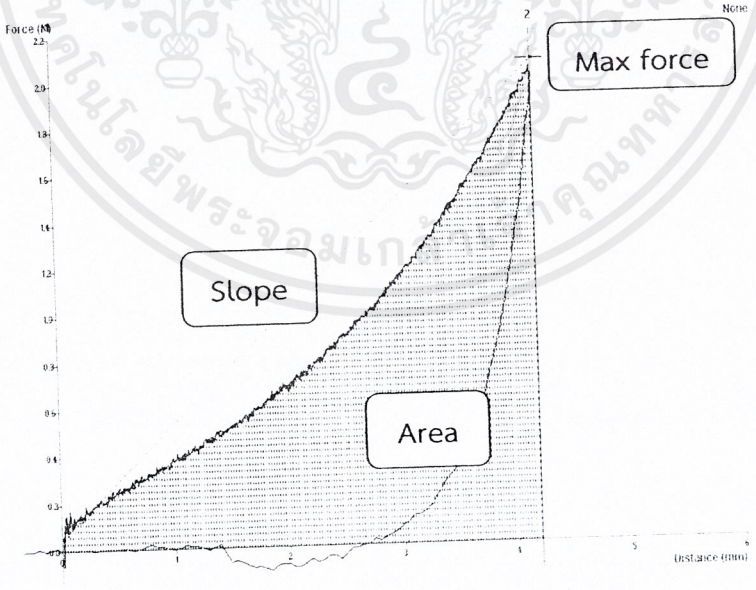
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 เนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างปลาสลิดกึ่งแห้งที่เตรียมเหมือนกับตัวอย่างที่ใช้เพื่อวัดสี มาวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT *plus* ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ความเร็วขณะวัด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที เจาะผ่านลงบนเนื้อปลาสลิด 50% Strain ทำ 3 ซ้ำ การวัดค่าเนื้อสัมผัสแสดงดังรูปที่ 3.13 วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรง กับระยะการเปลี่ยนรูป (force-deformation curve) ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.14 โดยวัดค่าแรงสูงสุดที่ใช้ เป็นค่า ความแข็ง (hardness) รายงานผลหน่วยเป็นนิวตัน ความชันของกราฟที่ได้แสดงถึงความแน่นเนื้อ (firmness) รายงานผลหน่วยเป็นนิวตันต่อมิลลิเมตร และความเหนียว (toughness) คือพื้นที่ใต้กราฟรายงานผลหน่วยเป็นนิวตัน·มิลลิเมตร



รูปที่ 3.13 การวัดเนื้อสัมผัสของปลาสลิดกึ่งแห้ง



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสของปลาสลิดกึ่งแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้ง

3.3.1 ตัวอย่างปลาสลิด

คัดปลาสลิดขนาดใหญ่ (จำนวนประมาณ 6 - 9 ตัวต่อกิโลกรัม) ที่ตัดแต่งแล้ว ล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาดใส่ถุงพลาสติก แล้วเก็บลงในกล่องโฟมร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด จากร้านปลาสลิดแสนสมบูรณ์ อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ขนส่งมายังคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้เวลาเดินทางประมาณ 1 ชั่วโมง

3.3.2 การเตรียมน้ำหมัก

ส่วนผสมของน้ำหมักประกอบด้วยกลีเซอรอล เกรดสำหรับอาหารเข้มข้นร้อยละ 99.5 (บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) เกลือสมุทร เม็ดหยาบที่นำมาบดเอียดก่อนใช้ และน้ำ ต่อปลา 1 กิโลกรัม ตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 3.1

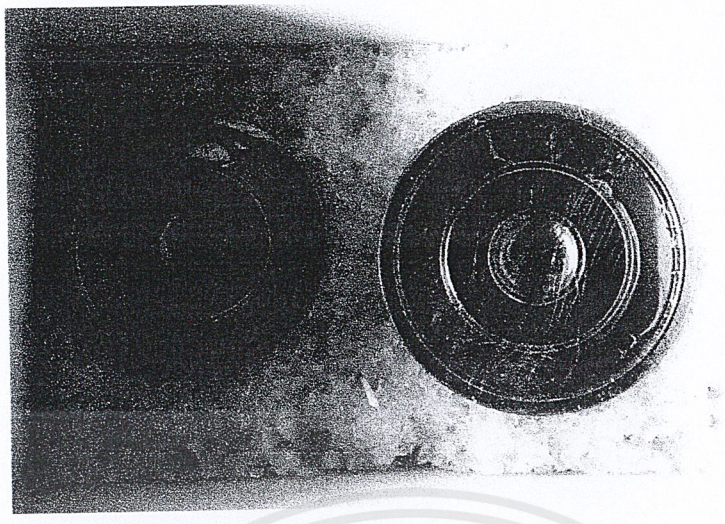
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมต่อปลา 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (กิโลกรัม)			
	ปลา	เกลือ	กลีเซอรอล	น้ำ
1	1	0.24	0.00	0.48
2	1	0.32	0.48	0.48
3	1	0.24	0.48	0.48
4	1	0.16	0.48	0.48

การเตรียมน้ำหมักโดยชั่งน้ำหนักเกลือ กลีเซอรอล (ดังรูปที่ 3.15) และน้ำ โดยคำนวณปริมาณที่ใช้ ต่อน้ำหนักปลาตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 เริ่มจากการผสมเกลือกับน้ำในภาชนะแสตนเลสที่จะใช้หมักคนจนเกลือละลายหมด แล้วจึงใส่กลีเซอรอลลงไป คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ในถังน้ำแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส (ดังรูปที่ 3.16)

รูปที่ 3.15 ชั่งน้ำหนักเกลือกับกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.16 เก็บน้ำหมักปลาสลิดในถังน้ำแข็ง

3.3.3 การหมักปลา

แบ่งปลาสลิดเป็น 4 ชุด ชุดละ 23 ตัว (น้ำหนักประมาณ 2.5 กิโลกรัม) นำมาใส่ในภาชนะ ซึ่งมีน้ำหมักเตรียมไว้ เพื่อไม่ให้ปลาลอยพ้นน้ำหมัก ได้ใช้ถุงน้ำมัดหนังยางกดทับตัวปลาไว้ เก็บปลาระหว่างการหมักไว้ในถังน้ำแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส

3.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ระหว่างการหมัก

สุ่มปลาที่ผ่านการหมักในเวลา 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง ออกมาครั้งละ 3 ตัวต่อ 1 ชุดการทดลอง ตามลำดับ ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่ง สะเด็ดน้ำ 10 นาที (ดังรูปที่ 3.17) บรรจุลงถุง Nylon/LLDPE ขนาด 9 นิ้ว x 14 นิ้ว หนา 80 ไมครอน ปิดผนึก (ดังรูป ที่ 3.18) เก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปตรวจสอบค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

รูปที่ 3.17 การล้างและสะเด็ดน้ำปลาสลิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 ปลาสลิดหลังปิดผนึก

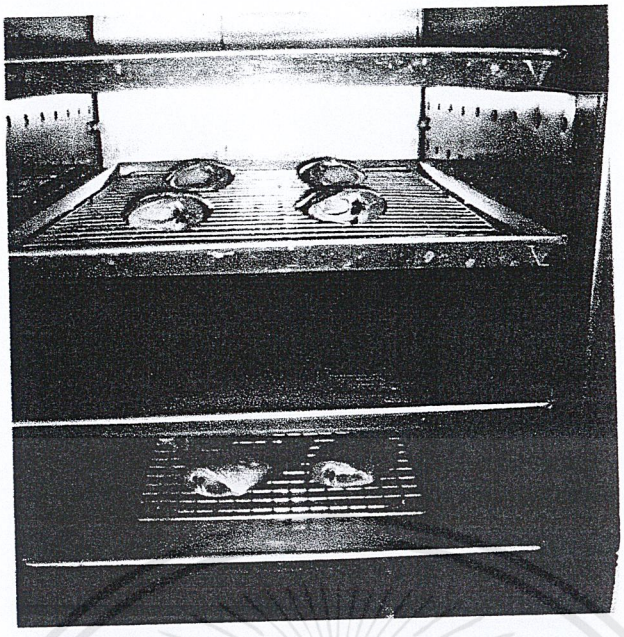
การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ได้แบ่งตัวอย่างปลาออกเป็น 3 ส่วน คือ หัว กลาง หาง (ดังรูปที่ 3.19) เลาะก้าง ตัดหาง และครีบออก นำเฉพาะเนื้อมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ วัดส่วนละ 3 ซ้ำ ดังวิธีที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.2.2.2

รูปที่ 3.19 การตัดแบ่งปลาสลิดเพื่อวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

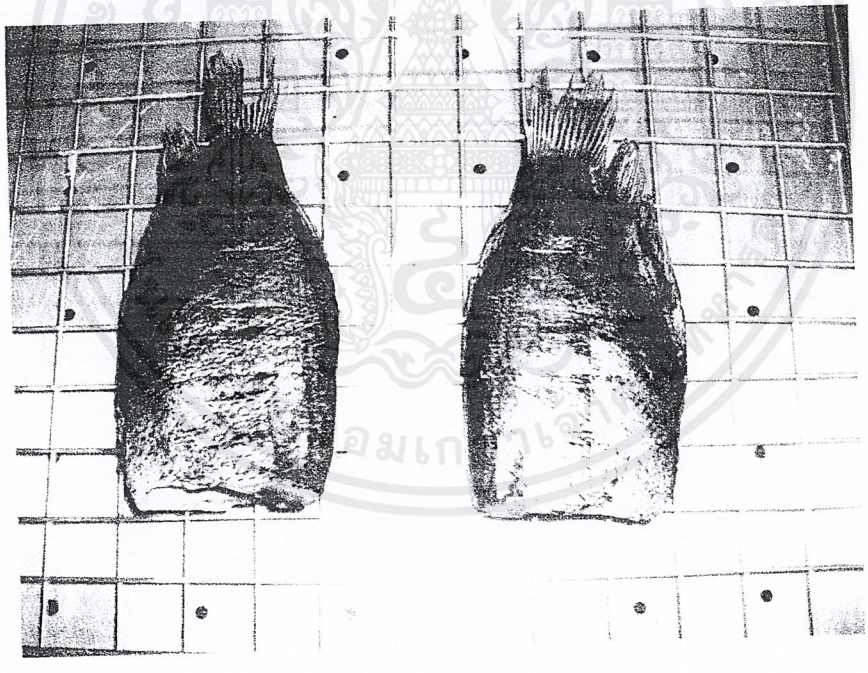
3.3.5 การอบแห้ง

นำตัวอย่างปลาสลิดเฉพาะที่หมักเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จำนวน 8 ตัว ต่อ 1 ชุดการทดลอง มาอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (ดังรูปที่ 3.20) ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง นำปลาออกจากตู้อบ พักไว้จนเท่าอุณหภูมิห้อง (ดังรูปที่ 3.21) บรรจุถุง Nylon/LLDPE ขนาด 9 นิ้ว x 14 นิ้ว หนา 80 ไมครอน ด้วยเครื่องบรรจุแบบสุญญากาศ (ดังรูปที่ 3.22) เก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

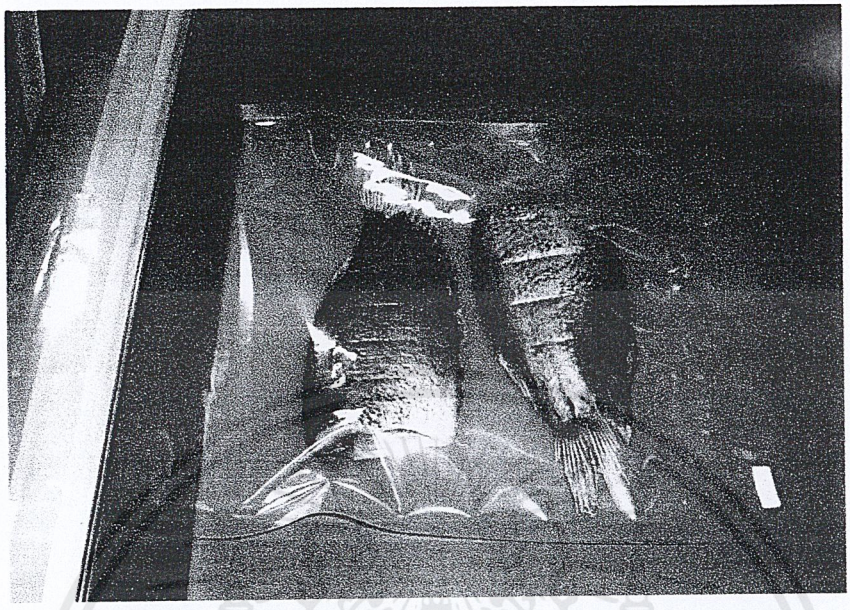


รูปที่ 3.20 อบปลาสลิด



รูปที่ 3.21 พักปลาจนเท่าอุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 บรรจุแบบสุญญากาศ

3.3.6 การตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดหลังการอบแห้ง

ปลาสลิดหลังการอบแห้งนำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.3.6.1 ปริมาณความชื้น ดังวิธีการในข้อ 3.2.2.1

3.3.6.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ดังวิธีการในข้อ 3.3.4

3.3.6.3 ค่าสี ดังวิธีการในข้อ 3.2.2.3

3.3.6.4 เนื้อสัมผัส ดังแสดงในข้อ 3.2.2.4

3.3.6.5 ทดสอบการยอมรับ ด้วยวิธี 9 point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบรวม 25 คน ทดสอบปลาสลิดกึ่งแห้งหลังทำให้สุก โดยให้คะแนนตัวอย่างด้าน กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของแต่ละชุดการทดลอง ใช้ปลา 3 ตัวต่อ 1 ชุดการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างปลาเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส เริ่มจากนำปลามาบั้งและทอด (ดังรูปที่ 3.23) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 การบั้งและทอดปลาสลิด

แล้วนำมาตัดแบ่งด้วยมีด เป็น 10 ส่วน และจัดชุดชิมให้ทดสอบส่วนเดียวกันทั้ง 4 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดชิม (ดังรูปที่ 3.24)

รูปที่ 3.24 การแบ่งปลา และจัดชุดชิม

3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี LSD (Fisher's Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่ขายในท้องตลาด

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพปลาสลิดกึ่งแห้งที่ขายในท้องตลาด

ร้าน		แสนสมบูรณ์	เจ๊มาลัย
ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)		70.48±2.31	74.62±4.57
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี		0.953±0.003	0.958±0.003
การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส	ความแข็ง (นิวตัน)	1.89±0.43	1.59±0.51
	ความแน่นเนื้อ (นิวตันต่อมิลลิเมตร)	0.57±0.16	0.45±0.11
	ความเหนียว (นิวตัน•มิลลิเมตร)	2.18±0.41	1.84±0.83
สีหนังปลา	L*	44.70±1.31	47.44±3.39
	a*	0.03±0.62	-0.13±0.67
	b*	2.36±3.10	1.88±1.19
สีเนื้อปลา	L*	46.50±2.54	54.97±1.82
	a*	3.25±2.57	-0.54±2.21
	b*	15.14±1.15	14.69±1.74

จากตารางที่ 4.1 ปลาสลิดกึ่งแห้งที่ขายในท้องตลาดมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่า 0.95 จัดเป็นประเภทอาหารสดเป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียส่วนใหญ่ ยีสต์บางชนิด แบคทีเรียก่อโรค (pathogen) ได้แก่ *Staphylococcus aureus* และราบางชนิด สามารถเจริญเติบโตได้ (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2556)

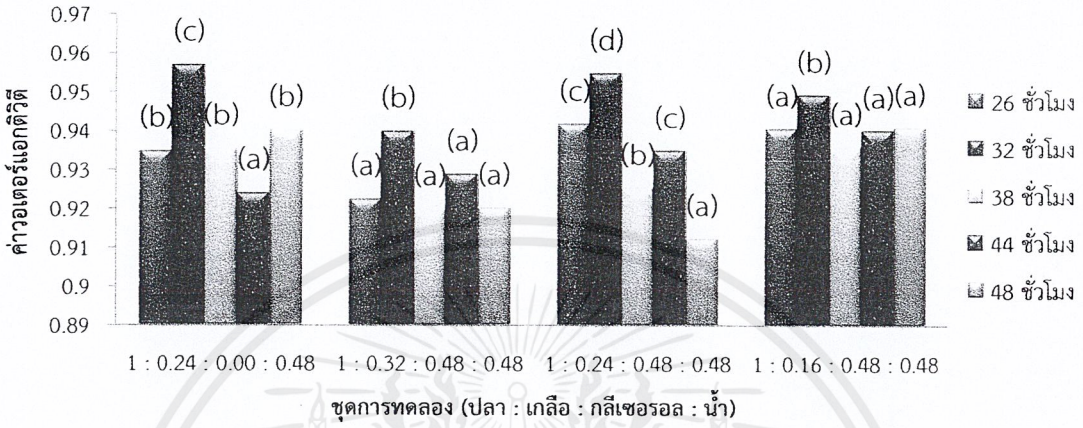
ปลาสลิดร้านแสนสมบูรณ์ สีหนังปลามีความสว่าง (ค่า L) ปานกลาง มีค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นบวก แสดงว่าหนังปลาสลิดมีสีออกแดงและเหลือง สีเนื้อปลามีความสว่าง (ค่า L) ปานกลาง มีค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นบวก แสดงว่าเนื้อปลาสลิดมีสีออกแดงและเหลือง

ปลาสลิดร้านเจ๊มาลัย สีหนังมีความสว่าง (ค่า L) ปานกลาง มีค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) เป็นลบ และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นบวก แสดงว่าหนังปลาสลิดมีสีออกเขียวและเหลือง สีเนื้อปลามีความสว่าง (ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L) ปานกลาง มีค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) เป็นลบ และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นบวก แสดงว่าเนื้อปลาสลิดมีสีออกเทาและเหลือง

4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระหว่างการหมัก



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ปลาสลิดที่ระยะเวลาหมักต่างๆ

จากรูปที่ 4.1 พบว่าปลาสลิดที่หมัก ในน้ำหมักอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ปลาสลิดมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี เท่ากับ 0.91 ซ่ำต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำหมักสูตรอื่น และ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับปลาที่ผ่านการหมักเกลือ 26 ชั่วโมง ขณะที่การหมักในน้ำหมักอัตราส่วนอื่น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ของปลาที่หมักเกลือ 26 ชั่วโมงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับปลาที่หมักเกลือ 48 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าการหมักเกลือควรใช้เวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการออสโมซีสของน้ำหมักกระทั่งเข้าสู่สมดุล

ตารางที่ 4.2 ผลของระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรสต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของปลาสลิด

ระยะเวลาในการหมัก (ชั่วโมง)	อัตราส่วน (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ)			
	1 : 0.24 : 0.00 : 0.48	1 : 0.32 : 0.48 : 0.48	1 : 0.24 : 0.48 : 0.48	1 : 0.16 : 0.48 : 0.48
26	0.935±0.018b	0.922±0.018a	0.942±0.017c	0.940±0.017a
32	0.957±0.009c	0.940±0.016b	0.955±0.013d	0.949±0.013b
38	0.935±0.016b	0.920±0.021a	0.925±0.018b	0.936±0.016a
44	0.924±0.006a	0.929±0.02a	0.935±0.016c	0.940±0.014a
48	0.940±0.007b	0.920±0.014a	0.912±0.019a	0.941±0.016a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

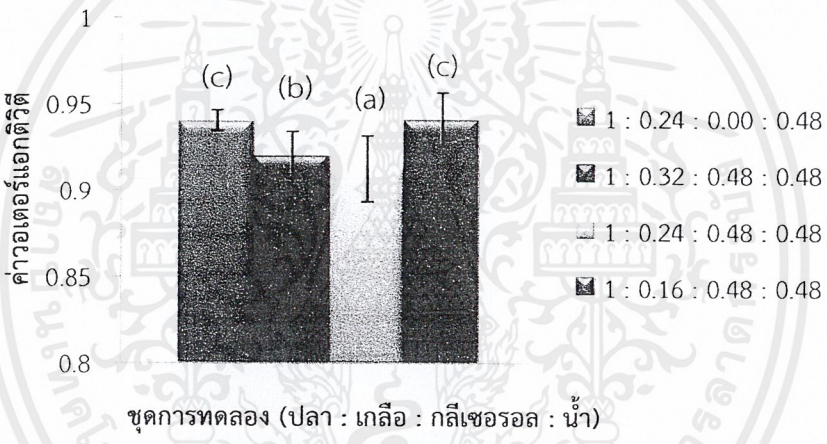
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษรพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.3 การศึกษาผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพของปลาสลิดกึ่งแห้ง

4.3.1 การศึกษาผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพปลาสลิดก่อนการอบแห้ง

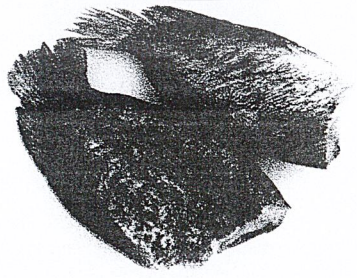
หลังหมักครบ 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างปลาสลิด 3 ตัวต่อ 1 ชุดการทดลอง มาวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ จากรูปที่ 4.2 พบว่าชุดที่เติมกลีเซอรอลที่อัตรา 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่าชุดที่ไม่เติมกลีเซอรอล (1 : 0.24 : 0.00 : 0.48) ที่ใส่เกลือในอัตราส่วนเท่ากัน

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของชุดอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.00 : 0.48 กับชุดอัตราส่วน 1 : 0.16 : 0.48 : 0.48 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากกลีเซอรอลสามารถลดปริมาณการใช้เกลือในปลาสลิดได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเค็มลดลง แต่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากขึ้น



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตีปลาสลิดก่อนการอบแห้ง

4.3.2 การศึกษาผลของกลีเซอรอลและเกลือต่อคุณภาพปลาสลิดหลังการอบแห้ง



รูปที่ 4.3 ปลาสลิดหลังการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.1 ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี

จากตารางที่ 4.3 พบว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมกลีเซอรอล มีค่าความชื้นมากสุดและมีค่าแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เติมกลีเซอรอล

ตารางที่ 4.3 ค่าความชื้น (%wb) และค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ปลาสลิดหลังการอบแห้ง

อัตราส่วน (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ)	ค่าความชื้น (%wb)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี
1 : 0.24 : 0.00 : 0.48	52.52±1.89b	0.893±0.037b
1 : 0.32 : 0.48 : 0.48	42.42±4.41a	0.881±0.037b
1 : 0.24 : 0.48 : 0.48	36.81±3.70a	0.850±0.038a
1 : 0.16 : 0.48 : 0.48	42.54±4.76a	0.890±0.039b

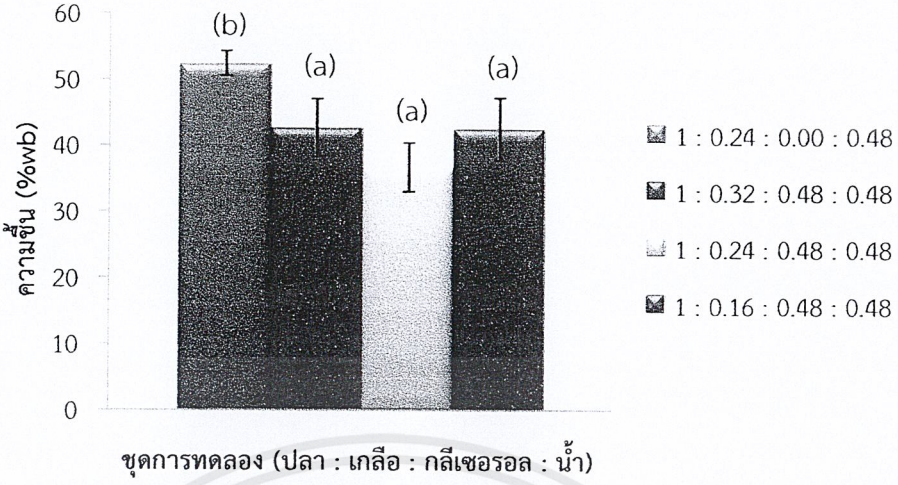
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ชุดอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำกว่าชุดอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.00 : 0.48 ที่ใส่เกลือในอัตราส่วนเท่ากันเพราะน้ำส่วนหนึ่งจับตัวกับกลีเซอรอล ทำให้ไม่อยู่ในรูปอิสระ ส่งผลให้ชุดที่ไม่ได้เติมกลีเซอรอลมีปริมาณน้ำอิสระมากกว่าชุดที่เติมกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจิตรา (2540)

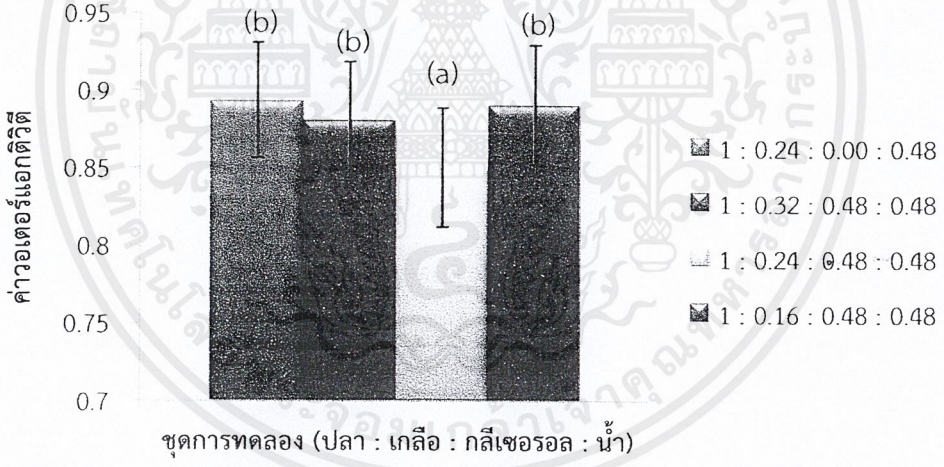
อัตราส่วนเกลือที่เหมาะสมมีผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี เนื่องจากชุด 1 : 0.32 : 0.48 : 0.48 ไม่ได้มีค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ต่ำกว่าชุด 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 ซึ่งอัตราส่วนเกลือน้อยกว่า

ชุดอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) เป็นชุดการทดลองที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำที่สุดคือ 0.85 เพราะใช้กลีเซอรอลร่วมกับอัตราส่วนเกลือที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความชื้นปลาสลิดหลังการอบแห้ง



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าวอเตอร์เอกติวิตีปลาสลิดหลังการอบแห้ง

4.3.2.2 ค่าสี

จากตารางที่ 4.4 พบว่าชุดการทดลองที่ใส่กลีเซอรอล มีค่าความสว่าง (ค่า L) น้อยกว่าชุดที่ไม่ใส่กลีเซอรอล เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะมันวาว เกิดการกระเจิงแสงขณะวัด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของปัทมกร (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกชุดการทดลองมีค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) เป็นบวก และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นลบ แสดงว่าหนังปลาสลิดมีสีออกแดงและน้ำเงิน

ตารางที่ 4.4 ค่าสีหนังปลา

อัตราส่วน (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ)	ค่าสีหนังปลา		
	L*	a*	b*
1 : 0.24 : 0.00 : 0.48	23.52±3.10b	4.86±1.68a	-1.04±1.19b
1 : 0.32 : 0.48 : 0.48	21.82±2.76a	4.76±1.15a	-1.25±1.01ab
1 : 0.24 : 0.48 : 0.48	21.95±2.88a	4.81±1.58a	-1.79±1.03a
1 : 0.16 : 0.48 : 0.48	21.15±2.60a	4.36±1.42a	-1.10±0.95b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.3.2.3 เนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.5 พบว่าทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในด้านความแข็งและความเหนียว เปรียบเทียบชุดที่ใส่กลีเซอรอล และไม่ใส่กลีเซอรอลที่อัตราส่วนเกลือเท่ากัน พบว่าชุดที่ใส่กลีเซอรอลมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าชุดที่ไม่ใส่กลีเซอรอล เพราะกลีเซอรอลเป็นสารโพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ที่มีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลหลายหมู่ทำให้จับกับน้ำได้ดี ดูดความชื้นได้ง่าย

ชุดการทดลองที่ใส่กลีเซอรอลอัตราส่วนเท่ากันแต่เกลือต่างกัน ในชุดอัตราส่วน 1 : 0.32 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) กับชุดอัตราส่วน 1 : 0.16 : 0.48 : 0.48 มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนเกลือที่เหมาะสมมีผลต่อความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ซึ่งถ้าอัตราส่วนเกลือมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ค่าที่ได้ ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดที่ไม่ใส่กลีเซอรอล

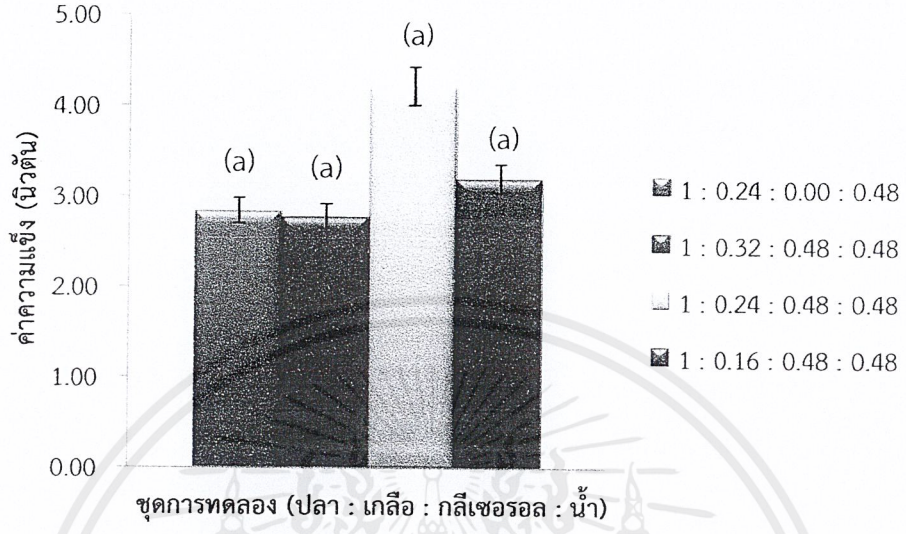
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

อัตราส่วน (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ)	การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส		
	ความแข็ง (นิวตัน)	ความเหนียว (นิวตัน•มิลลิเมตร)	ความแน่นเนื้อ (นิวตันต่อมิลลิเมตร)
1 : 0.24 : 0.00 : 0.48	2.84±1.08a	6.61±3.67a	0.56±0.12a
1 : 0.32 : 0.48 : 0.48	2.77±1.85a	4.33±3.26a	0.79±0.34ab
1 : 0.24 : 0.48 : 0.48	4.22±0.44a	6.61±1.54a	1.16±0.11b
1 : 0.16 : 0.48 : 0.48	3.20±0.71a	6.45±0.76a	0.76±0.17ab

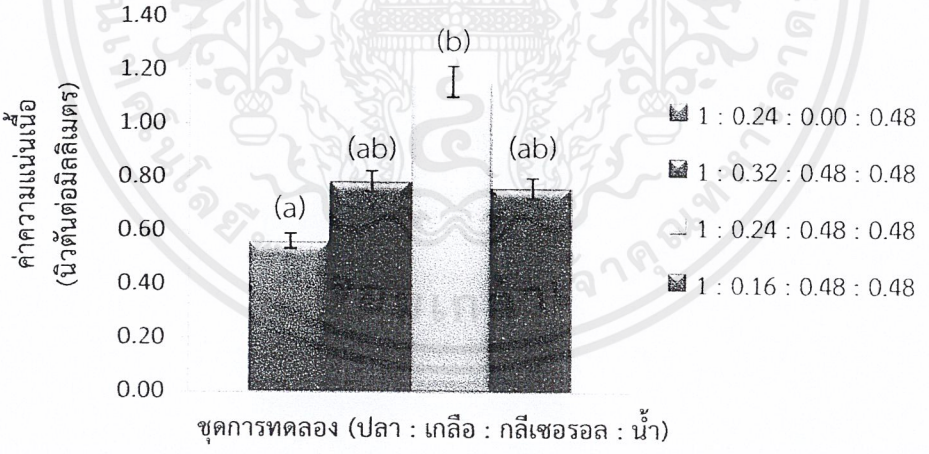
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาขณะหมักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน โดยการหมักเนื้อปลาในสารละลายเกลือจะเกิดการดึงน้ำออกแบบออสโมติก โดยเกลือซึมผ่านเข้าสู่เนื้อปลาและเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนจากการสูญเสียน้ำและการจับตัวของโปรตีนกับเกลือ

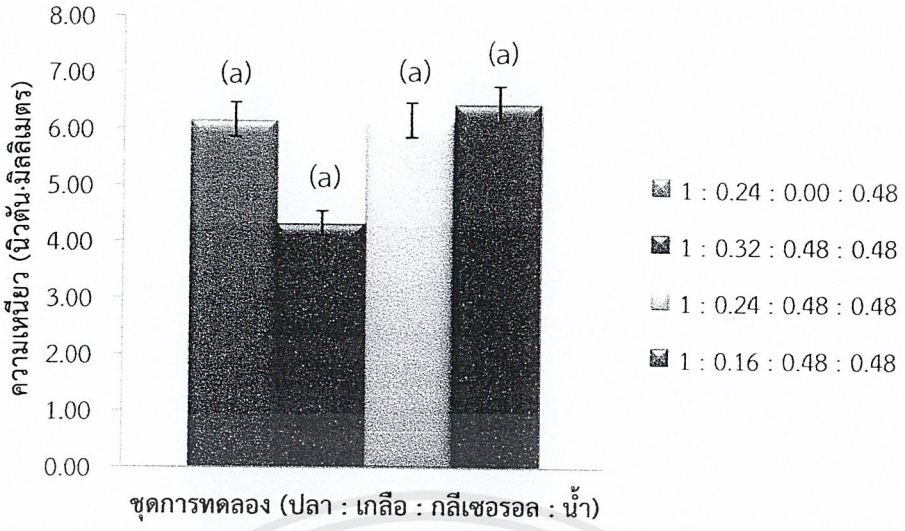


รูปที่ 4.6 แสดงค่าความแข็งของเนื้อปลาสลิด



รูปที่ 4.7 แสดงค่าความแน่นเนื้อของเนื้อปลาสลิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงค่าความเหนียวของปลาสลิด

4.3.2.4 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส

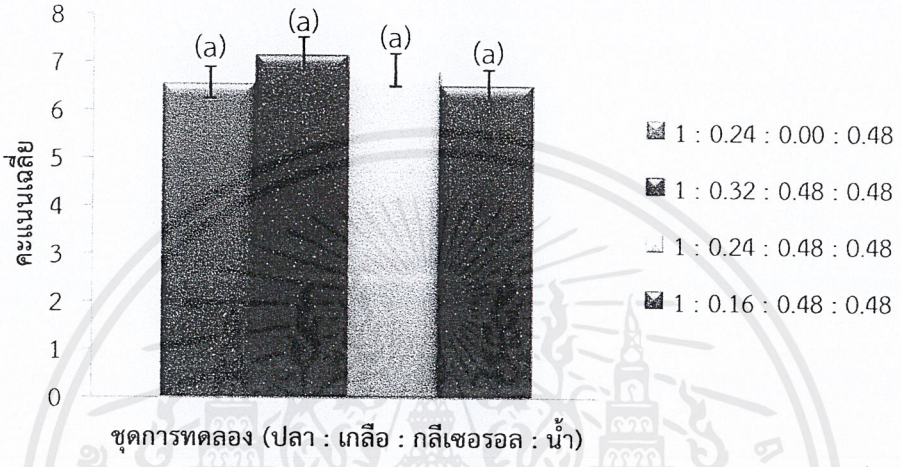
อัตราส่วน (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ)	คะแนนเฉลี่ย				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1 : 0.24 : 0.00 : 0.48	6.56±1.76a	7.32±1.31a	6.00±2.14a	6.84±1.21b	6.16±1.62a
1 : 0.36 : 0.48 : 0.48	7.16±1.25a	7.12±1.27a	6.32±1.40a	7.12±1.27b	6.72±0.98a
1 : 0.24 : 0.48 : 0.48	6.84±1.46a	7.04±1.34a	6.60±1.89a	6.48±1.71ab	6.64±1.38a
1 : 0.16 : 0.48 : 0.48	6.52±1.45a	7.16±1.37a	6.08±1.89a	6.00±1.63a	6.36±1.5a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

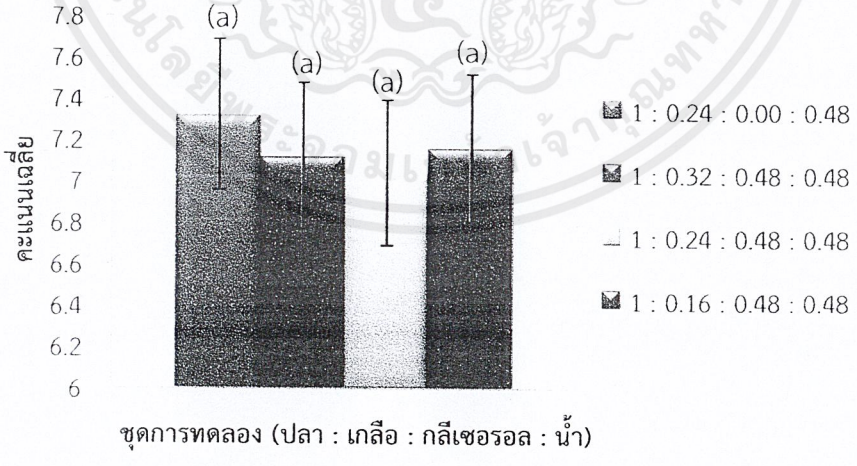
ผลจากกลุ่มผู้ทำการทดสอบทั้งหมด 25 คน โดยใช้การประเมินระดับความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี LSD (Fisher's Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมของตัวอย่างปลาหลังทำให้สุกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยผู้ชิมได้ให้ข้อสังเกตว่าปลาสลิดชุดที่ใส่กลีเซอรอลได้คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นน้อยกว่าชุดที่ไม่ใส่กลีเซอรอล การใช้กลีเซอรอลเป็นสาร anti-oxidation เมื่อเติมลงไปจะลดปัญหาการเกิดกลิ่นคาวของเนื้อปลา ที่เกิดจากผลของการเปลี่ยนแปลงของไขมัน



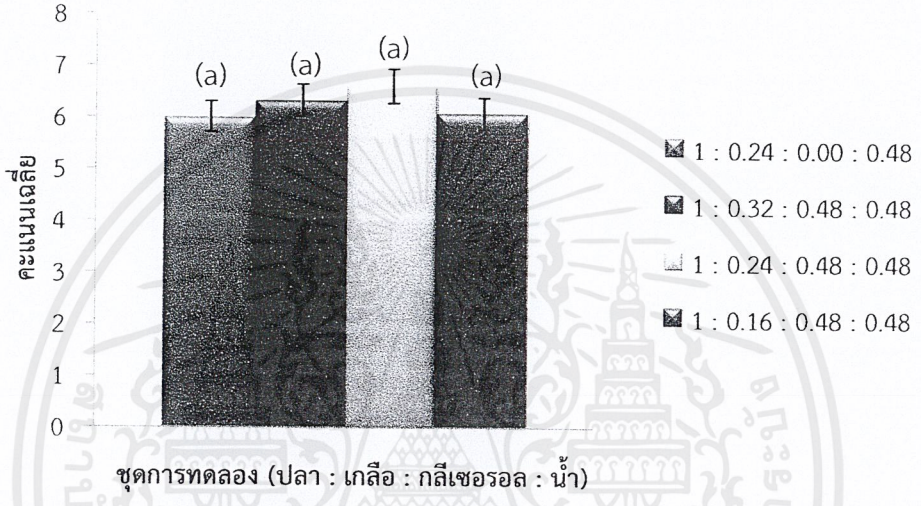
รูปที่ 4.9 แสดงคะแนนเฉลี่ยด้านสี



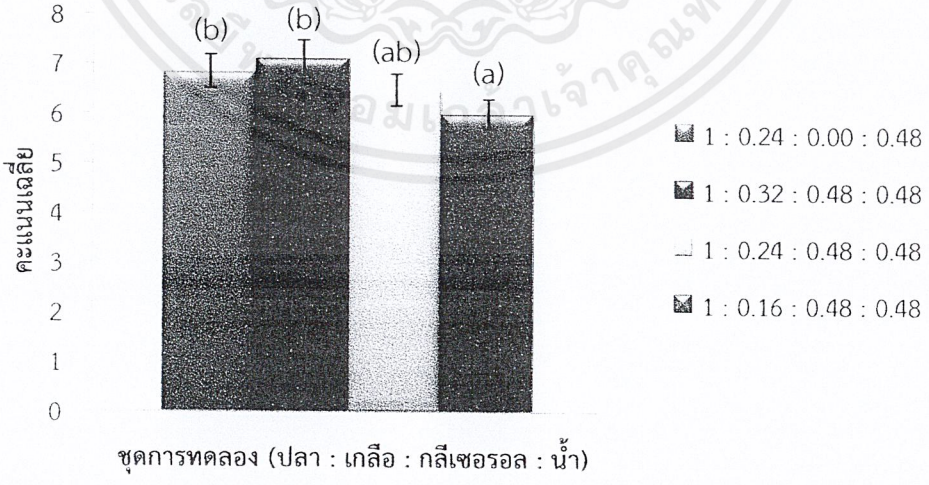
รูปที่ 4.10 แสดงคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 มีรสชาติดีที่สุด อัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.00 : 0.48 มีรสชาติเค็มเกินไปจึงได้คะแนนด้านรสชาติน้อยที่สุด อัตราส่วน 1 : 0.16 : 0.48 : 0.48 มีรสชาติหวาน เนื่องจากอัตราส่วนเกลือน้อยที่สุด ทำให้มีความเข้มข้นกลีเซอรอลมากกว่าชุดอื่น ซึ่งไม่เป็นไปตามรสชาติดั้งเดิมของปลาสลิดกึ่งแห้งทำให้ได้คะแนนด้านรสชาติต่ำรองลงมา และเพราะอัตราส่วนเกลือน้อยที่สุดนี้ กลีเซอรอลจึงเข้าไปได้มาก จึงมีเนื้อสัมผัสที่เหนียว คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสจึงต่ำที่สุดด้วย แต่ก็ไม่ได้ทำให้คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค จากคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมจะเห็นว่าชุดที่เติมกลีเซอรอลได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่าชุดที่ไม่เติมกลีเซอรอล

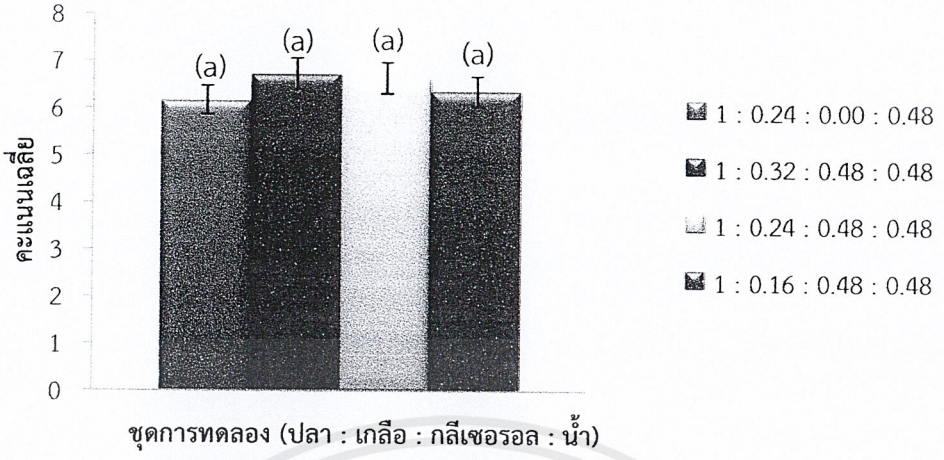


รูปที่ 4.11 แสดงคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ

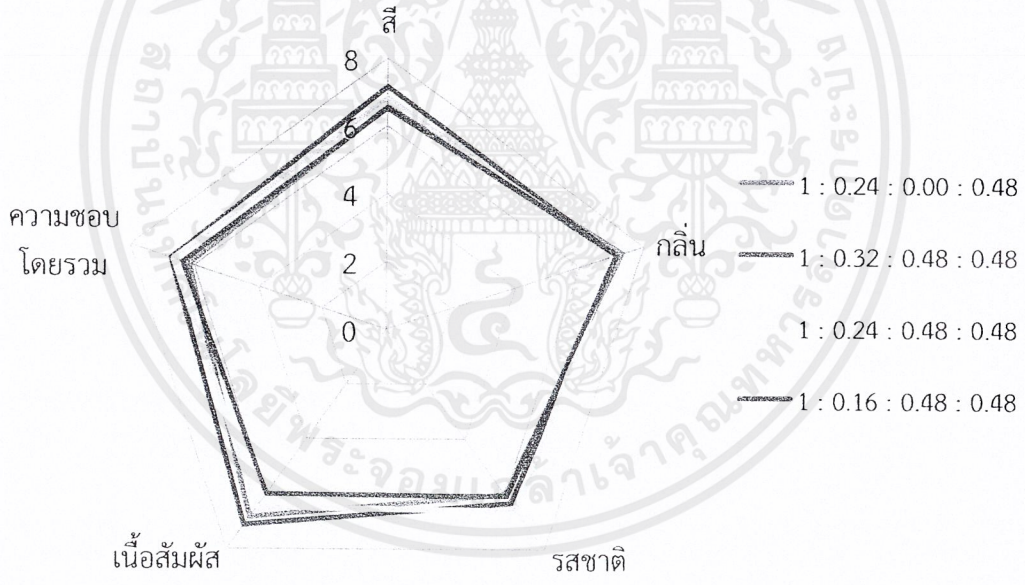


รูปที่ 4.12 แสดงคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวม



รูปที่ 4.14 แสดงคะแนนเฉลี่ยของปลาสลิดกึ่งแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ปลาสลิดแดดเดียวที่ขายในท้องตลาดมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีมากกว่า 0.95 จัดอยู่ในประเภทอาหารสด การทดลอง หมักปลาในน้ำหมักที่มีอัตราส่วน 1 : 0.24 : 0.48 : 0.48 (ปลา : เกลือ : กลีเซอรอล : น้ำ) จะทำให้ค่าวอเตอร์แอคตีวิตี หลังการหมัก 48 ชั่วโมง ลดลงต่ำสุด และมีค่าวอเตอร์แอกตีวีตี้หลังการอบแห้งต่ำที่สุดคือ 0.85 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารกึ่งแห้ง ลดปริมาณการใช้เกลือ ปลาสลิดกึ่งแห้งที่ได้ มีรสชาติ กลิ่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ตรี วาทกิจ. (2555). **การแปรรูปสัตว์น้ำโดยการดึงน้ำออก** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2555 จาก agri.npu.ac.th/publication/Aj.TREE/agro_fishery/drying.ppt

นิรนาม. (2555). **ปลาสลิด** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2555 จาก th.wikipedia.org

ปรียชยา คล้ายทวน. (2555). ปลาสลิดเนื้อแน่น น้ำหนักดี เลี้ยงอาหารธรรมชาติเป็นหลัก ขุนอาหารเสริมก่อนจับขาย. **เกษตรกรรมธรรมชาติ**. 15(3) : 45-51.

ปัทมกร พรหมจรรย์. (2546). **การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีและคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2555) **Food wiki** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2555 จาก www.foodnetworksolution.com/vocab

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. (2532). **กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วชิรปราณี คล้ายทอง. (2556). **เศรษฐกิจการแปรรูปปลาสลิด:กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2556 จาก www.fisheries.go.th/extension/eco_salid.pdf

ศศิชล ศิริรัตนปัญญากร. (2544). **ผลของโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และสารดูดความชื้นบางชนิดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูกึ่งแห้ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Anonymous. (2012). **Glycerol Molecule** [Online]. Available December 11, 2012 :www.monashscientific.com.au/GlycerolMolecule.htm

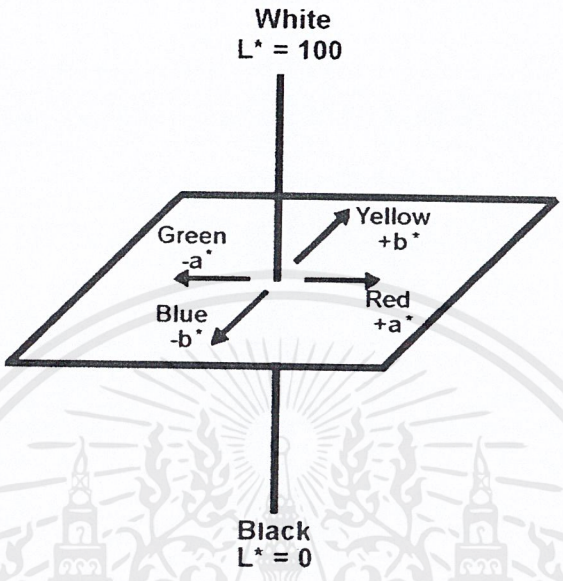
Bochr. (2011). **Snakeskin gourami** [Online]. Available December 15, 2012 :en.wikipedia.org/wiki/File:Snakeskin_gourami.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ่านค่าสีระบบ CIE LAB



รูปผนวกที่ 1 CIE LAB Color space (Anonymous, 2013)

L หมายถึง ค่าความสว่างมีค่า 0 – 100

0 = สีมืดที่สุด

100 = สว่างที่สุด

a หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง หรือเขียว

+a หมายถึง แสดงความเป็นสีแดง

-a หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง หรือน้ำเงิน

+b หมายถึง แสดงความเป็นสีเหลือง

-b หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบ

ปลาสลิดกึ่งแห้ง

ชื่อ ..... วันที่ ..... ชุดที่.....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

และกรุณาดื่มน้ำระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

คุณลักษณะ	รหัส			
	647	188	561	434
1. สี				
2. กลิ่น				
3. รส				
4. ลักษณะเนื้อสัมผัส				
5. ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

รูปผนวกที่ 2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้