รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาสลิดแดดเดียวภายใต้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ: กรณีศึกษาของแผ่นดูดซับของเหลวร่วมกับการใช้ผิวมะกรูด

Changes in Quality of Dried *Snakeskin Gourami* under Active Packaging: A Case Study of Moisture Absorbent Pad and Bergamot Peel

โดย ชวนพิศ จิระพงษ์ และคณะ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

30 เมษายน 2561

สัญญาเลขที่ RDG60A0013-06

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาสลิดแดดเดียวภายใต้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ: กรณีศึกษาของแผ่นดูดซับของเหลวร่วมกับการใช้ผิวมะกรูด

Changes in Quality of Dried Snakeskin Gourami under Active Packaging: A Case Study of Moisture Absorbent Pad and Bergamot Peel

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. อาจารย์ชวนพิศ จิระพงษ์	(มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ)
2. อาจารย์อลิษา สุนทรวัฒน์	(มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร	(มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ)
4. อาจารย์ ดร. พรพิมล กาญจนวาศ	(มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ)
5. อาจารย์ ดร. ปียนันท์ น้อยรอด	(มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ)

ชุดโครงการวิจัยท้าทายไทยและโครงการวิจัยตอบสนองนโยบายเป้าหมายรัฐบาล
ตามระเบียบวาระแห่งชาติ ปี 2559
กลุ่มเรื่องนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาพื้นที่

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
และมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (มฉก.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. และ มฉก. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

คำนำ

รายงานวิจัยการศึกษาวิจัย เรื่อง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาสลิดแดดเดียวภายใต้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ: กรณีศึกษาของแผ่นดูดซับของเหลวร่วมกับการใช้ผิวมะกรูด ฉบับนี้ เป็นโครงการศึกษาวิจัยที่มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนโครงการวิจัยท้าทายไทยและโครงการวิจัยตอบสนองนโยบายเป้าหมายรัฐบาลตามระเบียบวาระแห่งชาติ ปี 2559 กลุ่มเรื่องนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

การศึกษาวิจัยดังกล่าวได้ดำเนินการมาตลอดระยะเวลา 16 เดือน และเกิดโครงการวิจัยย่อยอีก 15 โครงการ โดยได้รับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิของสกว. ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ภาคีเครือข่ายทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ทั้งในระดับจังหวัดและในระดับท้องถิ่น นับตั้งแต่เริ่มต้นค้นหาและพัฒนากรอบโจทย์วิจัย จนกระทั่งการสรุปผลการศึกษาวิจัย การเผยแพร่และการนำผลการศึกษาวิจัยใช้ประโยชน์ โดยมีเป้าหมายสำคัญในการเป็นโครงการวิจัยที่สามารถตอบโจทย์งานวิจัยเชิงพื้นที่ของจังหวัดสมุทรปราการได้

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ นักจัดการงานวิจัย และนักวิจัยทุกคนต้องขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ทั้งจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.สีลาภรณ์ บัวสาย ดร.กิตติ สัจจาวัฒนา และอาจารย์สุปราณี จงดีไพศาล ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ได้แก่ ศาสตราจารย์ดร.วราวุฒิ ครูส่ง ศาสตราจารย์ ดร.ยุบล เบ็ญจรงค์กิจ และรองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ ตลอดจนผู้แทนจากหน่วยงานภาครัฐต่าง ๆ อาทิ ผู้ว่าราชการจังหวัดสมุทรปราการ เกษตรจังหวัดสมุทรปราการ ประมงจังหวัดสมุทรปราการ พาณิชย์จังหวัดสมุทรปราการ อุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรปราการ พัฒนาชุมชนจังหวัดสมุทรปราการ ผู้บริหารบริษัทประชารัฐรักสามัคคีสมุทรปราการ (วิสาหกิจเพื่อสังคม) จำกัด ผู้บริหารองค์การบริหารส่วนตำบลคลองด่าน ผู้บริหารโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ประธานสหกรณ์เคหะสถานปลาสลิดบางบ่อ จำกัด เป็นต้น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยมาโดยตลอดจนกระทั่งโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อจังหวัดสมุทรปราการ และภาคีที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อทุกฝ่าย เพื่อนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการสืบไป

สารบัญ

		หน้า
	คำนำ	**ก**
	สารบัญ	**ข**
	สารบัญรูปภาพ	**ง**
	บทคัดย่อ	**ฉ**
	ABSTRACT	**ช**
	บทสรุปผู้บริหาร	**ซ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมา หลักการและเหตุผล	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 คำถามการวิจัย	2
	1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย	2
	1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**4**
	2.1 การเสื่อมเสียคุณภาพของปลา	4
	2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำ	5
	2.3 การแปรรูปสัตว์น้ำโดยการทำเค็ม	7
	2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของปลาเค็ม	8
	2.5 การเสียของปลาเค็ม	9
	2.6 การตรวจสอบการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำ	12
	2.7 การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศของก๊าซ	14
	2.8 การบรรจุแบบแอคตีฟ (Active packaging)	14
	2.9 บรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์	15
	2.10 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์	15
บทที่ 3	**การดำเนินงานด้านพัฒนาระบบบริหารจัดการงานวิจัย**	**16**
	3.1 วิธีการศึกษา	16
	3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	16

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	17
	3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	21
บทที่ 4	**การดำเนินงานด้านการวิจัยเพื่อตอบโจทย์ของพื้นที่และผลลัพธ์**	**22**
	4.1 ผลของแผ่นดูดซับของเหลวส่วนเกิน หรือ moisture absorbent pad ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	22
	ปริมาณน้ำอิสระ (water activity: aw)	22
	ปริมาณไขมันทั้งหมด	23
	ปริมาณโปรตีน/ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	25
	ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)	25
	ปริมาณ Total volatile base nitrogen (TVB-N)	27
	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์	28
	4.2 ผลการบรรจุผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) ต่อคุณภาพด้านเคมีและจุลินทรีย์ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	33
	ปริมาณน้ำอิสระ (water activity: aw)	33
	ปริมาณไขมันทั้งหมด	35
	ปริมาณโปรตีน/ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	36
	ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)	36
	ปริมาณ Total volatile base nitrogen (TVB-N)	37
	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์	38
บทที่ 5	**สรุปและอภิปรายผลการวิจัย**	**43**
บรรณานุกรม		**47**
ภาคผนวก		**50**
	ภาคผนวก ก	51
	ประวัติย่อคณะผู้วิจัย	67

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	ปริมาณน้ำอิสระ (aw) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	23
4.2	ปริมาณไขมัน (%) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	24
4.3	ปริมาณโปรตีน (%) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	25
4.4	ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA value) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	26
4.5	ปริมาณ Total volatile base nitrogen (mg/gFW) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	28
4.6	ปริมาณ Viable count (log CFU/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	31
4.7	ปริมาณ *Staphylococcus aureus* (log CFU/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	31
4.8	ปริมาณ Total coliform bacteria (log MPN/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	32
4.9	ปริมาณ *Escherichia coli* (log MPN/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	32
4.10	ปริมาณยีสต์และรา (log CFU/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	33
4.11	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	ปริมาณไขมันทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส	35
4.13	ปริมาณโปรตีนทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส	36
4.14	ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA value) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	37
4.15	Total volatile base nitrogen (TVB-N) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	38
4.16	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	40
4.17	ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	41
4.18	ปริมาณ Total coliform bacteria ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	41
4.19	ปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส	42
4.20	ปริมาณยีสต์และราของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส	42

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ โดยประยุกต์ใช้แผ่นดูดซับของเหลวและเปลือกมะกรูดในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ ซึ่งตรวจสอบหาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ปริมาณ thiobarbituric acid ปริมาณ total volatilebasic Nitrogen (TVB-N) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ และ 4 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่าปลาสลิดแดดเดียวมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นเมื่อใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส การใช้แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ thiobarbituric acid value และ TVB-N ซึ่งมีค่าเท่ากับ0.007 TBA value และ 11.45 mg/100g FW ในวันที่ 5ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้บ่งบอกถึงคุณภาพของปลาที่ดีนอกจากนี้การใช้เปลือกมะกรูดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียวได้ยาวนานถึง 11 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณ TVB-Nเท่ากับ 16.71mg/100g FW. แต่อย่างไรก็ตามตลอดอายุการเก็บรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค

คำสำคัญ *Snakeskin Gourami*, บรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟ, แผ่นดูดซับของเหลว, เปลือกมะกรูด

Abstract

The objectives of this research were to study the impact of quality changes of dried *Snakeskin Gourami* under active packaging. The dried *Snakeskin Gourami*wereapplied moisture absorbent pad and put on bergamot peel in vacuum package. Monitoring water activity, total fat, total protein,thiobarbituric acid total volatilebasic Nitrogen (TVB-N), spoilage and pathogenic bacteria counts was performed at room temperature (25-30 ℃) and low temperature (4 ℃). The result of this research showed that the dried *Snakeskin Gourami* was extend the shelf life when put on moisture absorbent pad in vacuum package and storage at 4 ℃. Using moisture absorbent pad in vacuum package was retarded the thiobarbituric acid value and total volatile base nitrogen (TVB-N), 0.007 TBA value and 11.45 mg/100g FW in day 5 after storage at 4 ℃, respectively.Which refer to good index of fish's freshness quality. Moreover, bergamot peel combine with moisture absorbent pad in vacuum package was prolong the shelf life of dried *Snakeskin Gourami* up to11 days after storage at 4 ℃, TVB-N 16.71mg/100g FW. However, food spoilage and pathogenic bacteria counts was not be changes.

Keywords : *Snakeskin Gourami*, Active Packaging, Moisture Absorbent Pad,Bergamot Peel

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ปลาสลิดเป็นปลาเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ พื้นที่ในจังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา และโดยเฉพาะในพื้นที่สมุทรปราการ ซึ่งเป็นแหล่งปลาสลิดที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดีในด้านรสชาติอร่อย และมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ แต่เนื่องจากปลาสลิดแดดเดียวมีข้อจำกัดในเรื่องของกลิ่น ที่ยังคงมีกลิ่นคาวหรือกลิ่นเหม็นตามธรรมชาติอยู่ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค ส่วนมากการบรรจุจะใช้วิธีการห่อด้วยกระดาษ พร้อมกับผิวเปลือกมะกรูดซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านสำหรับการลดปัญหาในด้านกลิ่นรบกวน นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการบรรจุปลาสลิดแดดเดียวภายใต้สุญญากาศซึ่งเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียว อย่างไรก็ตามการบรรจุตามวิธีนี้ยังคงพบว่ามีปัญหาด้านของเหลวที่ออกมาจากตัวปลาภายหลังการดูดอากาศออกจากภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งอาจส่งผลภาพลักษณ์ของตัวสินค้าและเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวเสื่อมเสียได้ง่ายเช่นเดียวกัน ดังนั้นการนำหลักการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้แผ่นดูดซับของเหลว หรือแผ่นดูดซับของเหลวร่วมกับเปลือกมะกรูดมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการจัดจำหน่าย เพื่อให้สามารถจัดการกับกลิ่นรบกวนจากผลิตภัณฑ์ได้ และทำให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้ซื้อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี

จากผลการทดลองพบว่าปลาสลิดแดดเดียวมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นเมื่อใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส การใช้แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ thiobarbituric acid value และ TVB-N ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.007 TBA value และ 11.45 mg/100g FW ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้บ่งบอกถึงคุณภาพของปลาที่ดี โดยเกณฑ์ที่บ่งบอกถึงคุณภาพของปลาคือ ปริมาณต้องไม่เกิน 25 mg/100g FW หากมีปริมาณเกินจะส่งผลต่อกลิ่น และเนื้อสัมผัสของปลา อีกทั้งไม่สามารถนำปลามาบริโภคได้ นอกจากนี้การใช้เปลือกมะกรูดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ ยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียวได้ยาวนานถึง 11 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 16.71 mg/100g FW. แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรคในตัวอย่างปลาสลิดเริ่มต้น (วันที่ 0) พบว่ามีปริมาณมาก และเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่ระหว่างการเก็บรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อ หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งอาจเป็นเพราะการบรรจุอยู่ในสภาวะสุญญากาศจึงส่งผลให้ชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนปริมาณ *Clostridium* spp. ในปลาสลิดเริ่มต้นมีปริมาณ 1.55 x10^4 CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็น

เวลา 11 วันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 3.45×10^4 CFU/g การพบเชื้อ *Clostridium* spp. ในตัวอย่างปลาสลิด อาจเกิดจากสถานที่ที่ใช้ตากปลาสลิดให้แห้งเป็นพื้นที่ไม่เหมาะสม มีและไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน จากการทดลองจึงสรุปได้ว่าการใช้เปลือกมะกรูดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยังคงคุณภาพที่ดีของปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้อาจเป็นงานวิจัยพื้นฐานที่จะนำความรู้ไปพัฒนาชุมชน หรือผู้จำหน่ายปลาสลิดแดดเดียว โดยนำไปพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีสะดวกในการจัดจำหน่าย ซื้อ และการรับประทานของผู้บริโภคต่อไป อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน หรือสร้างอาชีพในอนาคต

บทที่ 1
บทนำ

1.1ความเป็นมา หลักการและเหตุผล

ปลาสลิดเป็นปลาเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ พื้นที่ในจังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา และโดยเฉพาะในพื้นที่สมุทรปราการ ซึ่งเป็นแหล่งปลาสลิดที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดีในด้านรสชาติอร่อย และมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ ภายใต้ชื่อ “ปลาสลิดบางบ่อ” ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วไป จากภูมิปัญญาของคนในท้องถิ่นนี้เองทำให้ ผู้เลี้ยงปลาสลิดในอำเภอบางบ่อมีการพัฒนาแปรรูปปลาสลิดสดโดยการทำเป็นปลาเค็ม และตากปลาที่หมักเกลือ ถ้าตากไว้ 1 วัน เรียกว่า ปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งมีเนื้อนุ่มอร่อยและยังมีน้ำหนักที่ดี มีความแห้งพอหมาดๆ เหมาะสำหรับทอด และเนื้อปลาไม่แข็งกระด้างเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ตาก 2 วัน

สำหรับการจำหน่ายนั้น ปลาสลิดแดดเดียวมีข้อจำกัดในเรื่องของกลิ่น ที่ยังคงมีกลิ่นคาวหรือกลิ่นเหม็นตามธรรมชาติอยู่ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค และการขนส่งสำหรับการจำหน่ายในระยะทางไกล การบรรจุที่พบมากจะใช้การห่อด้วยกระดาษ เมื่อลูกค้าสั่งซื้อจึงบรรจุถุงพลาสติก พร้อมกับผิวเปลือกมะกรูดซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านสำหรับการลดปัญหาในด้านกลิ่น รบกวนหากมีการขนส่งในระยะทางไกล และสารระเหยจากผิวมะกรูดที่อาจจะมีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ได้เช่นกัน นอกจากนี้ ยังพบรูปแบบการบรรจุปลาสลิดแดดเดียวภายใต้สุญญากาศซึ่งเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียว ที่มีประสิทธิภาพที่ดีในการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการบรรจุตามวิธีนี้ยังคงพบว่ามีปัญหาด้านของเหลวที่ออกมาจากตัวปลาภายหลังการดูดอากาศออกจากภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งอาจส่งผลภาพลักษณ์ของตัวสินค้าและเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวเสื่อมเสียได้เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะปัญหาด้านการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ยังมีอยู่ในปริมาณที่มากและสามารถทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อปลาสลิดแดดเดียวได้

ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์อาหารได้มีการพัฒนาในด้านต่างๆ ที่ตอบสนองต่อหน้าที่พื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หรือ active packaging ที่มีให้เลือกใช้อย่างหลากหลายตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การดูดซับความชื้น แผ่นดูดซับของเหลว และวัสดุต้านจุลินทรีย์ เป็นต้น ดังนั้น การนำหลักการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการจัดจำหน่ายเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้สามารถจัดการกับกลิ่นรบกวนจากผลิตภัณฑ์ได้ และทำให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้ซื้อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพด้านรสชาติ และด้านจุลินทรีย์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ได้แก่ วัสดุดูดของเหลวส่วนเกิน ต่อคุณภาพปลาสลิดแดดเดียวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ

2. เพื่อศึกษารูปแบบของการประยุกต์ใช้ผิวเปลือกมะกรูดให้เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์ของปลาสลิดแดดเดียวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ

1.3 คำถามการวิจัย

1. การใช้วัสดุดูดของเหลวส่วนเกิน (บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบรรจุแบบสุญญากาศได้อย่างไร

2. รูปแบบของการประยุกต์ใช้ผิวเปลือกมะกรูดในบรรจุภัณฑ์ของปลาสลิดแดดเดียวมีผลต่อคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวอย่างไร

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

ตามที่วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อ ภายใต้โครงการวิจัยท้าทายไทยและโครงการวิจัยตอบสนองนโยบายเป้าหมายรัฐบาล สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ได้กำหนดให้มีการสนับสนุนการค้นคว้าหรือมีโครงการงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ให้แก่การพัฒนาปลาสลิดบางบ่อให้มีคุณภาพและเสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค โดยเฉพาะด้านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาองค์ความรู้ดังกล่าว และผู้วิจัยได้มีประสบการณ์ในงานวิจัยด้านบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร และงานวิจัยภายใต้โครงการ “***บรรจุภัณฑ์สุญญากาศสำหรับปลาสลิดแดดเดียว***” ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการควบคุมคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียว อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่ได้พบจากการวิจัยนี้ ได้แก่ ของเหลวจากตัวปลาสลิดที่ออกมาเนื่องจากการทำสุญญากาศ และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งปัญหาดังกล่าวยังคงต้องได้รับการดูแล สิ่งที่งานวิจัยในครั้งนี้สามารถเข้าไปมีส่วนช่วยได้ คือ การพัฒนารูปแบบวิธีการบรรจุภายใต้ระบบสุญญากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับการดูดซับของเหลวที่ออกมาจากตัวปลาสลิด และการลดปริมาณจุลินทรีย์จากบรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์โดยการพัฒนาภูมิปัญญาชาวบ้านด้านการใช้ผิวมะกรูดร่วมกับการบรรจุปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งทั้งหมดของการปฏิบัติเป็นวิธีที่ไม่ใช้สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดอันตรายและภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ของเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟทั้งสองประเภทนี้สำหรับปลาสลิดแดดเดียว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมองถึงการขอสนับสนุนเงินทุนภายใต้โครงการวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบาง

บ่อ เพื่อนำมาเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตงานวิจัยและการผลักดันผลงานวิจัยในรูปแบบของการเผยแพร่ออกสู่สาธารณะต่อไปได้ในวิธีต่างๆ ตามพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๙ คือ เข้าถึง เข้าใจ และพัฒนา เพื่อความมั่นคงและยั่งยืนได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลผลิต (output)	***ตัวชี้วัด***
1. ได้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถคงคุณภาพปลาสลิดแดดเดียวจากการใช้แผ่นดูดซับของเหลว	- คุณภาพของปลาสลิด (ทางเคมีและทางจุลินทรีย์)
2. ได้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถคงคุณภาพปลาสลิดแดดเดียวจากการใช้แผ่นดูดซับของเหลวร่วมกับซองบรรจุผิวมะกรูด	- คุณภาพของปลาสลิด (ทางเคมีและทางจุลินทรีย์)

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลาสลิดแดดเดียว หมายถึง ปลาสลิดสดที่ได้ตัดแต่ง โดยขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ และล้างให้สะอาดด้วยน้ำเกลือเจือจาง และผ่านการทำเค็มและการทำแห้ง โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาสลิดแดดเดียวแบ่งผลิตภัณฑ์ตามปริมาณเกลือได้เป็น 3 ชนิด คือ (ศรวณีย์ รอดเที่ยง, 2542)

1. ชนิดเค็มน้อย ได้แก่ ปลาสลิดที่มีปริมาณเกลือน้อยกว่า ร้อยละ 5.0
2. ชนิดเค็มปานกลาง ได้แก่ ปลาสลิดที่มีปริมาณเกลืออยู่ระหว่าง ร้อยละ 5.0 ถึง 10.0
3. ชนิดเค็มมาก ได้แก่ ปลาสลิดที่มีปริมาณเกลือมากกว่า ร้อยละ 10.0

คุณลักษณะที่ต้องการของปลาสลิดแดดเดียว จะต้องมีขนาดที่สม่ำเสมอ ไม่มีเกล็ดติดอยู่ภายในช่องท้องต้องไม่มีเศษลำไส้ ลำตัวและผิวหนังต้องไม่แตกหรือฉีกขาด สีของปลาต้องไม่มีสีน้ำตาลอมแดงที่หนังปลาโดยเฉพาะบริเวณที่มีไขมันสูง ไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ มีค่า aw ไม่เกิน 0.85 ปราศจากสิ่งแปลกปลอม

2.1 การเสื่อมเสียคุณภาพของปลา

สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาจะเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย เมื่อสัตว์น้ำเกิดการเสื่อมเสีย จะมีผลให้คุณภาพสัตว์น้ำเปลี่ยนไปทันที ซึ่งการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

1. การเสื่อมเสียทางกายภาพ (physical damage) เป็นการเสื่อมเสียที่ไม่ทำให้สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ แต่ลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น การเสียจากหนอนในปลาเค็ม การเกิดรอยไหม้ในปลาแซ่เยือกแข็ง การบิดเบี้ยวของกระป๋องสัตว์น้ำบรรจุกระป๋อง เมื่อทำการเก็บรักษาหรือขนส่งในสภาวะที่ไม่เหมาะสม

2. การเสื่อมเสียทางเคมี (chemical damage) การเสื่อมเสียทางเคมีที่พบในสัตว์น้ำส่วนมากเกิดจากการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) การรวมตัวกับออกซิเจนของไขมัน เกิดเป็นสารเอมีนแอมโมเนีย ส่งผลให้สัตว์น้ำมีกลิ่นรสเปลี่ยนไป มีการเปลี่ยนสีของสัตว์น้ำหรือการลดลงของคุณค่าทางอาหาร

3. การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (microbial damage) เกิดจากจุลินทรีย์ชนิดต่างๆปนเปื้อนเข้าไปในเนื้อสัตว์น้ำและเจริญอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการเสื่อมเสียหรือการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำทำให้สัตว์น้ำมีกลิ่นเหม็นเน่า

สัตว์น้ำเสื่อมเสียเร็วกว่าเนื้อสัตว์ เนื่องจากโปรตีนของสัตว์น้ำย่อมสลายได้ง่าย ทำให้แบคทีเรียเจริญได้ดี โปรตีนในสัตว์น้ำสลายตัว มีน้ำไหลออกมา เมื่อเกิดการเสื่อมเสียสัตว์น้ำจะมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้ มีกลิ่นเหม็นเน่าเนื่องจากการสลายตัวของโปรตีน ปลามีเนื้อนิ่ม ท้องแตก ตาขุ่น เหงือกมีสีจาง มีเมือกที่เหงือกและตัวปลาเพิ่มขึ้น สำหรับปลาที่มีปริมาณไขมันสูงจะมีกลิ่นเหม็นหืน

2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำ

หลังจากปลาตาย จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวปลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทำให้สัตว์น้ำมีการเสื่อมเสียและมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำเกิดจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ของสัตว์น้ำหลังจากสัตว์น้ำตาย เช่น การย่อยสลายโปรตีน การย่อยสลายไขมัน จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงกลไกทางชีวเคมี ซึ่งจะส่งผลต่อความสดของสัตว์น้ำได้

1.1 การเกร็งตัว (rigor mortis) หลังจากสัตว์น้ำตายใหม่ ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า rigor mortis โดยการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มจากหางก่อนแล้วค่อยแข็งไปเรื่อยๆ ตลอดตัว ปลาจะแข็งตัวไปชั่วระยะหนึ่ง ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของปลา โดยใช้ระยะเวลาอาจแตกต่างกัน จาก 1 ชั่วโมงถึง 3 วัน หรือมากกว่า

การเกร็งตัวแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1.1.1 อาการก่อนการเกร็งตัว (pre – rigor) เมื่อปลาตาย หัวใจหยุดทำงาน การสูบฉีดโลหิตหยุดชะงัก ทำให้ขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจและการสันดาปของเซลล์กล้ามเนื้อ แต่เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อยังไม่ตาย สภาวะการสันดาปของเซลล์กล้ามเนื้อจึงเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยพลังงานที่ใช้ในการสันดาปจะสะสมอยู่ในรูปของอะดีโนซีนไทรฟอสเฟต (adenosine triphosphate หรือ ATP) ซึ่ง ATP จะมาจากไกลโคเจน (glycogen) ที่สะสมบริเวณกล้ามเนื้อ

ระยะเวลาของการเกิดกระบวนการก่อนการเกร็งตัวขึ้นกับ

ปริมาณไกลโคเจนที่มีในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำสัตว์น้ำขนาดใหญ่จะมีไกลโคเจนสูงกว่าสัตว์น้ำขนาดเล็ก และในกล้ามเนื้อดำจะมีไกลโคเจนสูงกว่าในส่วนที่เป็นกล้ามเนื้อขาว จึงช่วยยืดระยะเวลาการเกิดการเกร็งตัวให้มากขึ้น

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสัตว์น้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง จะลดต่ำลงเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเป็นกรดแลคติค (lactic acid) ที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 5.4 เป็นจุด Isoelectric point protein ซึ่งเอนไซม์ ที่ย่อยโปรตีนจะทำงานได้ ทำให้การเกร็งตัวสั้นลง

1.1.2 อาการเกร็งตัว (full – rigor) โดยปกติ ขณะมีชีวิตกล้ามเนื้อจะมีการยืดและหดตัว ซึ่งเกิดจากการจับและคลายตัวของกล้ามเนื้อแอคติน (actin) ไมโอซิน (myosin) โดยใช้พลังงานอะดีโนซีนไทรฟอสเฟต (ATP) และมีสารร่วมปฏิกิริยาคือแมกนีเซียม ATP (Mg ATP) เมื่อสัตว์น้ำตายลง การผลิต ATP หยุดชะงัก ก็จะเกิดสภาวะขาดสาร Mg ATP ที่ไปช่วยคลายการจับตัวของแอคติน ไมโอซิน ทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในรูปของแอคโทไมโอซิน (actomyosin) ลักษณะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำระยะนี้สั้นกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยทั่วไปจะเกิด 1 - 7 ชั่วโมงหลังจากปลาตาย และเสร็จสิ้นใช้เวลา 80 - 120 ชั่วโมง ระยะเกร็งตัวขึ้นกับ ชนิด ขนาด วิธีการจับ โดยพบว่าปลาที่ดิ้นมากระหว่างการจับจะมีการเกร็งตัว (full – rigor) มากกว่าปลาที่ดิ้นน้อย เนื่องจากปลาจะสูญเสียพลังงานมาก ดังนั้นการช็อค (shock) ปลา ที่จับในอวนด้วยไฟฟ้า และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยให้ระยะการเกร็งตัว นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้ปลามีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ในระยะการเกร็งตัว การเปลี่ยนแปลงจาก ATP, ADP, AMP, IMP เกิดขึ้นรวดเร็ว ส่วนการเปลี่ยนแปลงจาก IMP ไปเป็นสารประกอบอิโนซีน (Inosine หรือ HxR) และไฮโปแซนทีน (hypoxanthine หรือ Hx) ช้าหรือเร็วขึ้นกับชนิดและอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยพบว่าการเก็บปลาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส IMP ไม่เกิดการย่อยสลาย เพราะเอนไซม์ นิวคลีโอทิเดส (enzyme nucleotidase) จะชะลอการทำงาน สารประกอบที่ได้จากกระบวนการนี้มีผลต่อกลิ่นรสของสัตว์น้ำ เช่น สารประกอบ IMP ให้กลิ่นเนื้อ (meaty taste) สารประกอบไฮโปแซนทีนให้รสขม

1.1.3 อาการหลังการเกร็งตัว (post – rigor) เมื่ออาการเกร็งตัวเสร็จสิ้น กล้ามเนื้อจะค่อยๆ อ่อนตัวลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาย่อยตัวเอง (autolysis) และอาจมีปฏิกิริยาจากจุลินทรีย์ ทำให้มีการย่อยสลายโปรตีน ไขมัน และสารประกอบอื่นๆในตัวปลา โครงสร้างของกล้ามเนื้อจะถูกทำลายและหมดสภาพของการเกร็งแข็ง เปลี่ยนเป็นอ่อนและยุ่ยในที่สุด ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นในระยะนี้ จะพบสารประกอบโมเลกุลเล็กๆ เกิดขึ้นมากมาย เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบบางชนิด เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymaticbrowning) ระหว่างกรดอะมิโน (amino acid) กับน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) เกิดสารให้สี กลิ่น รส ต่าง ๆ ซึ่งจะมีทั้งสี กลิ่นรส ที่ดีและไม่ดี ตามชนิดของสารประกอบที่เกิดขึ้น สัตว์ชนิดอื่นที่อยู่ในระยะการเกร็งตัวทั้ง 3 ระดับนี้ จัดว่าเป็นสัตว์สด แต่หลังจากการเกร็งตัวดังกล่าวผ่านไปแล้ว ถือว่าเริ่มเสื่อมคุณภาพ

1.2 การย่อยสลายตัวเอง เมื่อปลาตายการไหลเวียนของเลือดหยุดชะงัก กระบวนการเมทาบอลิซึมหยุดชะงัก เอนไซม์ที่อยู่ในร่างกายมีปริมาณมากยังเหลืออยู่ในกระเพาะ ลำไส้ และอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์น้ำ ซึ่งมีประสิทธิภาพและสามารถย่อยกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1. การเปลี่ยนสี สีของผิวและเหงือกจะซีดลง ในกุ้งจะมีสีดำ เนื่องจากเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

2. เนื้อสัมผัสมีความยืดหยุ่นลดลงจนมีลักษณะนุ่ม (sorftening) กล้ามเนื้อคลายจากการยืดตัวและเริ่มเสื่อมสลาย

3. ตับ ไต ไส้ พุง เริ่มเน่า สังเกตได้จากการพองของท้องปลา ดังนั้นเพื่อให้ความสดอยู่ได้นาน จึงนิยมเอาเครื่องในออก รวมทั้งเด็ดหัวกุ้งล้างให้สะอาด เพื่อลดปริมาณเอนไซม์

3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1. การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (protein denaturation) มีผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ทำให้เนื้อกระด้าง

2. การสูญเสียสภาพธรรมชาติคุณภาพของไขมัน (lipid denaturation) หมายถึง การแตกตัวของไขมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ถือได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้จะเห็นได้ชัดในปลาที่มีไขมันสูง เช่น ปลาซาร์ดีน ปลายี่สก เป็นต้น

3. ไกลโคไลซีส (glycolysis) สัตว์ที่มีชีวิตได้รับออกซิเจนทางโลหิต ไกลโคเจน จะออกซิไดส์ได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ น้ำรวมทั้งพลังงานอะดีโนซีนไทรฟอสเฟต เพื่อช่วยในการทำงาน เมื่อปลาตายการหมุนเวียนของเลือดชะงัก เซลล์ไม่ได้รับออกซิเจน ไกลโคเจนกลายเป็นกรดแลคติคในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน เมื่อกรดสะสมมากขึ้น ความเป็นกรดเป็นด่างของกล้ามเนื้อจะลดลง (มีความเป็นกรดสูง) ประมาณ 3.2 – 3.8

2.3 การแปรรูปสัตว์น้ำโดยการทำเค็ม

การทำเค็มเป็นการแปรรูปโดยใช้เกลือบริโภคช่วยในการเก็บถนอมสัตว์น้ำ เกลือจะทำหน้าที่ป้องกันการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำโดยดึงน้ำออกจากอาหารในปริมาณที่มากพอที่จะทำลายหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้น้ำในการเจริญได้ และเกลือจะช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เพิ่มแรงดันออสโมซิส (osmosis) ในเซลล์จุลินทรีย์แตกหรือตายได้ (นงนุช,

2538) เมื่อใส่เกลือในปลา เกลือจะซึมเข้าสู่ตัวปลาทันทีที่ปลาสัมผัสกับเกลือขณะเดียวกันนาในตัวปลาจะซึมออกมาจากตัวปลา จนความเข้มข้นภายในเนื้อปลาและในน้ำเกลือมีความเข้มข้นเท่ากัน การซึมซับของน้ำเกลือแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 เมื่อนำปลาใส่ในน้ำเกลือ ในตัวปลามีความเข้มข้นของเกลือต่ำกว่าภายนอก เกลือจึงซึมเข้าไปในตัวปลา ขณะเดียวกันน้ำในตัวปลามีมากกว่าภายนอก น้ำจึงซึมออกจากตัวปลา ซึ่งน้ำที่ซึมออกมาภายนอกมีอัตราเร็วกว่าการที่เกลือซึมเข้าไปในตัวปลา จึงส่งผลให้เนื้อปลาชั้นนอกมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นและมี น้ำน้อยลง น้ำหนักปลาจึงลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่อัตราการซึมของเกลือเข้าไปที่เนื้อปลาชั้นนอก และอัตราการไหลออกของน้ำมีค่าเท่ากัน ระยะนี้ จึงไม่มีการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากไม่มีการแลกเปลี่ยนระหว่างเกลือกับน้ำ เพราะความเข้มข้นของเกลือในเนื้อปลาชั้นนอกมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของน้ำเกลือ แต่เกลือจะเริ่มซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อชั้นในของปลา

ระยะที่ 3 เป็นระยะที่ปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เนื่องจากในตัวปลามีปริมาณเกลือเท่ากันทุกส่วนและเท่ากับปริมาณของเกลือในน้ำเกลือ ปลาจะหดตัวทำให้มีลักษณะทึบแสง มีความเค็มหากทิ้งไว้นานขึ้น เนื้อปลาจะพองตัว ทำให้เกลือจากน้ำเกลือซึมเข้าไปในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากน้ำยึดเหนี่ยว เปลี่ยนสภาพเป็นน้ำอิสระ หรืออาจเกิดจากการที่เกลือรวมตัวกับโปรตีนในเนื้อปลา

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของปลาเค็ม

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ปลาเค็มมีคุณภาพดี จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของปลาเค็มดังนี้ (มัทนา, 2545)

1. ความสดของปลา ปลาไม่สดเกลือจะซึมได้เร็วกว่า เนื่องจากผนังเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงและน้ำจะซึมออกได้เร็ว ทำให้ระยะเวลาการทำเค็มสั้นขึ้น ซึ่งน้ำเกลือจะซึมผ่านได้เร็วกว่าปลาสดประมาณร้อยละ 30 แต่อย่างไรก็ตาม ปลาที่นำมาทำเค็มควรเป็นปลาสด แม้ว่าการดูดซึมของนาเกลือเข้าไปในเนื้อปลาจะช้ากว่าปลาไม่สดก็ตาม แต่ปลาเค็มทำจากปลาสด จะให้ปลาเค็มที่มีคุณภาพดีกว่าและไม่ควรนำปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมาทำปลาเค็ม เพราะปลาเค็มที่ได้จะมีเนื้อกระด้าง

2. ขนาด รูปร่างและการตัดแต่ง ปลาที่มีเนื้อที่ของชิ้นปลาสัมผัสกับน้ำเกลือและเกลือมาก (ปลาชิ้นเล็กหรือมีขนาดเล็ก) จะดูดซึมเกลือได้เร็วทำให้ระยะเวลาการหมักสั้นกว่าปลาที่มีพื้นที่ผิวน้อย (ปลาชิ้นหนาหรือขนาดใหญ่) ดังนั้นปลาตัวใหญ่จึงมีโอกาสเน่าเสียได้ง่ายถ้าใส่เกลือทั้งตัวโดยไม่แล่หรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆ และต้องให้ชิ้นปลาทั้งสองด้านสัมผัสเกลือทั่วถึง สำหรับปลาที่มีขนาดเดียวกันปลาตัวแบนจะเค็มเร็วกว่าปลาตัวกลมยาว การขอดเกล็ดหรือลักษณะของหนังปลาถ้าเกล็ดติดแน่นหรือหนังปลาหนามากๆ จะทำให้เกลือซึมได้ช้า ส่วนปลาที่ตัดแต่งเอาเกล็ดออกแล้วจะเค็มเร็วขึ้น

3. ความเข้มข้นของน้ำเกลือ ถ้าน้ำเกลือมีความเข้มข้นสูงจะใช้ระยะเวลาสั้น น้ำเกลือที่ใช้หมักปลาเค็มควรมีความเข้มข้นอยู่ระหว่างร้อยละ 12 – 20 ของน้ำหนักเปียก

4. ปริมาณไขมันปลา ปลาที่ไขมันสูงและชั้นของไขมันอยู่ใต้ผิวหนังจะทำให้อัตราการซึมของเกลือช้าลง เช่น ปลาสวายทำเค็มไม่ดี แต่ขณะเดียวกันปลาบางชนิดมีไขมันแทรกอยู่ในเนื้อมาก เช่น ปลาทูจะทำเค็มได้ปลาเค็มมีรสชาติดี เพราะไขมันของปลาชนิดนี้ไม่ได้อยู่ใต้ผิวหนัง จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการแทรกซึมของน้ำเกลือเข้าไปในเนื้อ

5. อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิการหมักสูง ทำให้การแทรกซึมของเกลือเข้าเนื้อปลาเร็ว แต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิสูงก็จะเร่งการเสียภายในของปลาซึ่ง เรียกว่า พัททีฟิช (putty fish) โดยเฉพาะปลาชิ้นหนาๆ จะมีอัตราการเน่าเสียเร็วกว่าอัตราการซึมของเกลือ ประเทศไทยมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรีย ดังนั้น ผู้ผลิตปลาเค็มจึงนิยมใช้นำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงประมาณร้อยละ 20 เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย ในกรณีที่ใช้เกลือเข้มข้นต่ำการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์เสียก่อนได้ระยะเวลาการหมัก การทำเค็มที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยให้การสูญเสียน้ำหนักของปลาเค็มน้อยลงกว่าการทำเค็มที่อุณหภูมิสูงด้วย

6. คุณภาพของเกลือ เกลือที่ใช้ควรมีขนาดผลึกที่ผ่านรูตะแกรงมาตรฐานขนาด 3 – 5 มิลลิเมตร เพราะจะละลายตัวได้ดีกว่าเกลือเม็ดใหญ่ นอกจากนี้ ความบริสุทธิ์ของเกลือมีความสำคัญต่อลักษณะที่ปรากฏและสีของปลาเค็ม

7. การคนน้ำเกลือระหว่างการใส่เกลือ แบบใช้นำเกลือหมักจะช่วยป้องกันไม่ให้นำเกลือเข้มข้นเพียงจุดใดจุดหนึ่ง ในระยะแรกควรคนทุก 2 – 3 ชั่วโมง

2.5 การเสียของปลาเค็ม

1. การเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

ชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการปนเปื้อน และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเสื่อมเสียคุณภาพสามารถเกิดได้จาก แบคทีเรีย ยีสต์ และรา โดยมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (water activity หรือ aw) ของผลิตภัณฑ์อาหาร

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Spoilage Microorganisms) และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษ (Pathogenic Microorganisms) โดยส่วนใหญ่ความผิดปกติ หรือสัญญาณบ่งบอกถึงอาหารที่เน่าเสียสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ กลิ่น รส หรือสี เป็นต้น ในขณะที่อาหาร

ที่เป็นพิษนั้นอาจไม่แสดงอาการใดๆ แต่มีความเป็นพิษและเป็นอันตรายมากกับผู้บริโภค (Adam และ Moss, 2008)

สำหรับปลาแดดเดียวนั้นได้มีข้อกำหนดด้านปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่าง ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่ออย่าง 1 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ราต้องไม่เกิน 2×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การเน่าสียของปลาเค็มเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1.1 เรดเด็นนิ่ง (reddening) เกิดจากแบคทีเรียสีแดง แบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่ม

1.1.1 แบคทีเรียแกรมลบรูปร่างเป็นท่อนยาวเคลื่อนไหว คือ *Pseudomonas salinaria*

1.1.2 แบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม ไม่เคลื่อนไหว คือ *Sarcina littoralis* แบคทีเรียทั้งสองกลุ่มสามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำกว่า 0.75 และสามารถทำให้ปลาเค็มเสื่อมเสียได้เนื่องจากมีเอนไซม์ย่อยโปรตีน ทาให้เกิดกลิ่นเหม็น นอกจากนี้ แบคทีเรียทั้งสองกลุ่มอาจปนเปื้อนมาในเกลือที่นามาใช้ ถ้าพบว่าเกิดสีแดงขึ้น ต้องใช้นายาฆ่าเชื้อล้างบริเวณที่ทาปลาเค็ม บริเวณที่เก็บและพื้นที่รอบๆ นอกจากนี้ พวกแบคทีเรียที่ชอบเกลือ ต้องการเกลือในสารอาหาร (substrate) อย่างน้อยร้อยละ 10 การใช้น้ำจืดที่สะอาดล้างก็ช่วยลดจำนวนการปนเปื้อนได้ อุณหภูมิที่จะลดการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มนี้ ได้คืออุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

1.2 ดัน (dun spoilage) เกิดจากยีสต์และรา ยีสต์ที่เป็นสาเหตุของการเสียของปลาคอด (cod) ได้แก่ *Sporendum epizoum* (*Hemispora stellatea*) ปลาเค็มจะเป็นจุดๆ สีเทาเข้มหรือดำตามลำตัว ราที่ทำให้เกิด dun spoilage ในปลาเค็มคือ *Wallemia sebi* (Sporodonema) ซึ่งไม่พบในเขตร้อน เนื่องจากราชนิดนี้ เจริญได้น้อยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะเมื่อมีเกลืออยู่ด้วย จะไม่เจริญที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส สามารถขจัดออกโดยล้างปลาเค็มในถังนาเกลือที่ผสมกรดซอร์บิค หลังจากแช่เกลือได้ที่แล้ว การเสียแบบดัน ปลาเค็มจะไม่มีกลิ่นเหม็นเน่าซึ่งต่างกับเรดเด็นนิ่ง นอกจากนี้ปลาเค็มที่ผลิตในสภาพไร้อากาศและใช้เกลือปริมาณต่ำๆ อาจเสียได้จากการเจริญของ *Lactobacilli* โดยจะพบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของปลาเค็มต่ำกว่า 5 ซึ่งปกติปลาเค็มจะมีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.8 – 6.2 หรือถ้าความเป็นกรดเป็นด่างเกิน 7 แสดงว่ามีการเน่าเสียเกิดขึ้น

2. การเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ปลาเค็มมีกลิ่นหืน พบในการผลิตแบบแห้ง จะเกิดสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reactions) ในปลาที่ไขมันสูงจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วมาก เพราะไขมันปลาส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว

โดยทั่วไปแล้วจะพบว่า ปลาเค็มที่เกิดกลิ่นหืนยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจำนวนมาก ซึ่งเป็นเพราะความเคยชินในการรับประทานผลิตภัณฑ์นั้น ๆ แต่จริงแล้วไขมันที่หืนจะมีผลเสียต่อผู้บริโภค เพราะคุณค่าทางอาหารของไขมัน และโปรตีนลดลง ทั้งสูญเสียวิตามินเอและวิตามินอีด้วย การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน (Rancidity) อีกทั้งยังพบว่ามีการทำลายกรดไขมันที่จำเป็น (Essential Fatty Acid) ซึ่งกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่สำคัญ คือ กลไกอนุมูลอิสระ (Free Radical Mechanism) โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน (Toledo-Flores and Zall, 1992) ได้แก่

ช่วงแรก (Initiation) ในขั้นตอนนี้อนุมูลอิสระของกรดไขมัน ถูกสร้างขึ้นจากการกรดไขมันอิสระ โดยมีปัจจัยต่างๆ เป็นตัวเร่ง (Catalyst) ได้แก่ ความร้อน และแสง เป็นต้น

ช่วงที่ 2 (Propagation) อนุมูลอิสระของกรดไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้อนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระตัวใหม่ เมื่อไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันตัวอื่น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ออโตออกซิเดชัน (Autoxidation)

ช่วงที่ 3 (Termination) โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรเมื่ออนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันในขั้นตอนสุดท้ายนี้

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Aubourg และ Medina, 1999)

1. องค์ประกอบของกรดไขมัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันมีมากขึ้น

2. เอนไซม์ การใช้ความร้อนเป็นกระบวนการที่สามารถทำลายเอนไซม์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ไลเปส (Lipase) และไลพอกซิจิเนส (Lipoxygenase)

3. ความชื้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันขึ้นอยู่กับความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งความชื้นนั้นมีผลต่อค่า a_w โดยอาหารแห้งที่มีค่า a_w ประมาณ 0.3-0.4 จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่ำสุด และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ค่า a_w เพิ่มมากขึ้น

4. อุณหภูมิ ผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

5. ปริมาณออกซิเจน ออกซิเจนสามารถละลายได้ดีในไขมัน โดยปริมาณออกซิเจนในอากาศสามารถละลายในไขมันและทำปฏิกิริยากับไขมันได้

6. แสง แสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยเร่งชนิดอื่นๆ

2.6 การตรวจสอบการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำจะมีคุณภาพที่มีคุณภาพ สามารถสังเกตได้จากลักษณะภายนอกที่ปรากฏ หรือตรวจโดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี หรือทางจุลชีววิทยา (นงลักษณ์, 2531) การตรวจสอบการเสื่อมคุณภาพ ทำได้หลายวิธี คือ

1. โดยการใช้ประสาทสัมผัส (sensory test) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินคุณภาพของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ จัดเป็นวิธีการตรวจสอบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและรวดเร็ว ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย โดยทั่วไปจะใช้สายตาตรวจสอบลักษณะภายนอกของสัตว์น้ำ เช่น ปลาสดควรมีสีสดใส ตากลมนูน สภาพสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ การดมกลิ่นบริเวณเหงือกปลา การชิมรส และการสัมผัสด้วยมือ อย่างไรก็ตามการตรวจสอบคุณภาพของสัตว์น้ำโดยวิธีนี้ผู้ตรวจสอบต้องมีความชำนาญผ่านการฝึกมาอย่างถูกต้องแม่นย้ำ เพื่อให้ผลการตรวจสอบมีความน่าเชื่อถือ ลักษณะทางประสาทสัมผัสแสดงความสดของปลา มีดังนี้ สีตัว ผิวหนังยังคงความเป็นมัน ไม่ขุ่นมัว
เกล็ด อาจหลุดเล็กน้อย ลักษณะเนื้อ ไม่นุ่มตามแรงกดของมือ เหงือก ไม่มีกลิ่น เลือดสีแดงจัด มีความฉ่ำของเหงือก เมือกไม่มาก ลูกตา สีดำ มันเข้มนูนพอเหมาะ ตาปราศจากเลือดไม่บุ๋มไม่ขุ่น ท้องไม่บวม ไม่แตก เยื่อบุผนังท้องและก้างปลาไม่หลุดออกจากเนื้อและอวัยวะภายใน

2. โดยใช้วิธีทางเคมี (chemical test)
เป็นการดูคุณภาพความสด ขณะที่สัตว์น้ำยังมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือเป็นระยะเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลง นิยมใช้ตรวจคุณภาพความสดของปลา โดยใช้ค่าต่าง ๆ เป็นดัชนีชี้วัด ดังนี้

2.1 ค่าบอกความสดของปลาหรือค่า K (K – Value)

เป็นการตรวจความสดของปลาก่อนที่แบคทีเรียจะเข้าไปทำลาย คือ ตรวจขณะที่เอนไซม์ในตัวปลายังทำงานอยู่ เป็นช่วงปลาตายใหม่ ๆ ปฏิกิริยาในตัวปลายังดำเนินการอยู่ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงในตัวปลา โดยจะเกิดการสลายตัวของ ATP เมื่อเวลานานขึ้น ค่า ATP จะลดลงเรื่อยๆ แสดงว่าความสดเริ่มลดลง นั่นคือ ค่า K สูงความสดจะลดลง โดย ATP จะสลายตัวเป็น ADP เป็น AMP มีการดึงฟอสเฟตออก และเปลี่ยนต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเป็นไฮโปแซนทีน (hypoxanthine หรือ Hx)
โดยวัด %K-value เป็น %อัตราส่วนของปริมาณ Ino และ Hx ต่อผลรวมของ ATP และสารประกอบอื่นๆ ที่เกิดจากการสลายตัวของ ATP ดังสมการ

$$\%K\text{-Value} = \frac{Hx + Ino}{ATP + ADP + AMP + IMP + Hx + Ino} \times 100$$

ซึ่งปลาสดที่เพิ่งจับมาใหม่ๆ จะมี %K-value ไม่เกิน 10% และในช่วงระยะแรกๆ จะมีการเพิ่มปริมาณอย่างช้าๆ จากนั้นจึงจะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์ และปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ (rejection limit) คือ 60% (Burt, 1977) การวิเคราะห์ปริมาณของนิวคลี

โอไทด์ที่เกิดขึ้นนิยมใช้ HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความเชื่อถือได้ และสามารถวิเคราะห์ปริมาณสารอนุพันธ์ที่เกิดขึ้นถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อย โดยจะใช้เวลาประมาณ 12-50 นาที โดยใช้ยูวี ดีเทคเตอร์ (UVdetector) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Ryder, 1985)

2.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (total volatile base หรือ TVB)

เป็นการตรวจการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำในช่วงที่มีแบคทีเรียเข้าไปทำลายแล้ว หลังจากสัตว์น้ำตายแบคทีเรียจะเข้าไปทำลายได้ง่าย จะเกิดกระบวนการไกลโคไลซีส ทำให้เกิดกรดแลคติค ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดต่ำลง เกิดการสลายตัวของโปรตีน ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นคือ ไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (trimethyl amine oxide หรือ TMAO) และก๊าซแอมโมเนีย โดยปริมาณ TVB-N ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัส, คุณลักษณะปรากฏของเนื้อปลาและการเจริญและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ รวมถึงปริมาณ TMA ด้วย โดยปริมาณ TVB-N ที่กำหนดให้มีได้สูงสุดในปลาคือ 25-30 mg TVB-N/100g (Ashie *et al*., 1996, Villarreal and Pozo,1990)

2.3 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (trimethylamine หรือ TMA)

เป็นการตรวจการเสื่อมเสียในช่วงแรกของสัตว์น้ำ สามารถใช้ปริมาณ TMA แบ่งคุณภาพของสัตว์น้ำ (สุทธวัฒน์, 2548) ได้ดังนี้

TMA 0 - 5 มิลลิกรัม / 100 กรัมของน้ำหนักปลา แสดงว่าปลานั้นสด

TMA 5 – 26 มิลลิกรัม / 100 กรัมของน้ำหนักปลา แสดงว่าปลานั้นไม่สด

TMA > 5 มิลลิกรัมไนโตรเจน / 100 กรัมของน้ำหนักปลา แสดงว่าปลานั้นเน่า

โดยการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วให้สารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเน่าของปลาและสัตว์น้ำ คือ การเปลี่ยนไตรเมทธิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ซึ่งเป็นสารที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัวปลา (water logout) พบมากบริเวณผิวหนัง โดย TMAO สามารถเปลี่ยนเป็นไตรเมทธิลเอมีน (TMA) ด้วยเอนไซม์ไตรเมธิลเอมีน ออกซิเดส (trimethylamine oxidase)

3. โดยวิธีทางจุลชีววิทยา (bacteriological test)

การวัดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิวหรือเนื้อปลา ไม่สามารถบ่งบอกถึงความสดของปลาได้อย่างแท้จริง แต่สามารถใช้แสดงถึงการเริ่มเน่าเสียถ้าปรากฏว่ามีปริมาณจุลินทรีย์มาก หรืออาจวัดจากจุลินทรีย์ที่สร้างปัญหาโดยทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococus aureaus* ถ้ามีการสร้างโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์มาก แสดงว่าไม่สดและมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอาหารเป็นพิษมีมากด้วย

2.7 การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศของก๊าซ

การบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ หรือ Gas Packaging หรือ Gas Exchange Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ ภายใต้อัตราส่วนของก๊าซ

ชนิดต่างๆ สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ ทำได้โดยการดึงเอาอากาศภายในภาชนะบรรจุและหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไป และไมมีการฉีดก๊าซใดๆ ไปแทนที่ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกภาชนะ ซึ่งสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้จากการหดรัดตัวของภาชนะบรรจุ

การบรรจุผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งภายใต้สุญญากาศ เพื่อกำจัดก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ออกไปก่อนทำการปิดผนึก เป็นการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอสตาแซนทีน และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ชอบอากาศ อีกทั้งยังมีผลต่อการยับยั้งการฝักตัวของไข่แมลงที่ปนเปื้อนมาในระหว่างการผลิตได้ (งามทิพย์ ภู่โรดม. 2550)

การใช้ภาชนะบรรจุสุญญากาศกับผลิตภัณฑ์ปลาจะช่วยป้องกันการเกิดการเหม็นหืนที่มีสาเหตุจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราได้เช่นกัน ซึ่งภาชนะบรรจุที่เหมาะสมจึงควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของ ก๊าซออกซิเจนได้ดี และมีลักษณะยืดหยุ่น ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดช่องว่างของอากาศกับบริเวณผิวของตัวปลา (Ozogul et al., 2004; Frangos et al., 2010; Mace et al., 2012)

2.8 การบรรจุแบบแอคตีฟ (Active packaging) (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

การบรรจุแบบแอคตีฟ หมายถึง วิธีการบรรจุที่ภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์ และสภาวะแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ทางด้านการยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัยให้สินค้า หรือเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ควบคู่ไปกับการถนอมและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย การบรรจุแบบแอคตีฟจึงเป็นนวัตกรรมทางการบรรจุ เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและเป็นการค้าในยุคใหม่ โดยการบรรจุที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ การใช้วัตถุดูดกลืน (Absorber) หรือตัวดูดซับ (Adsorption) ได้แก่ สารดูดซับออกซิเจน สารดูดซับเอทิลีน สารดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น และการใช้วัตถุปล่อยสาร (Emitter) ได้แก่ สารปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารปลดปล่อยก๊าซเอทานอล เป็นต้น ซึ่งการบรรจุแบบแอคตีฟยังรวมไปถึงการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซด้วย

2.9 บรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial packaging)

บรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์ หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถในการทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Food spoilage) และจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนอาหาร (Food-borne pathogens) เพื่อทำให้อาหารนั้นมีความปลอดภัยต่อการบริโภค รวมทั้งเป็นการถนอมรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บของอาหาร (Cooksey, 2005)

หลักการของบรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์ คือ การประยุกต์ใช้สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial agents) เข้าร่วมในระบบการบรรจุในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ซองบรรจุสารต้านจุลินทรีย์ การแต่งเติมสารต้านจุลินทรีย์ลงในวัสดุบรรจุภัณฑ์ หรือ การใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติต้านจุลินทรีย์ ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้สารต้านจลินทรีย์ต้องคำนึงถึงชนิดของสารต้านจุลินทรีย์ สมบัติและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหาร และชนิดของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหากับผลิตภัณฑ์อาหาร

2.10 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์ (Appendini and Hotchkiss, 2002)

1. สารต้านจุลินทรีย์แบบซอง (Sachet) หรือแผ่นซับ (Pad) โดยสารที่เติมแต่งนั้นมีสมบัติเป็นสารระเหย หรือ Volatile antimicrobial agent

2. สารต้านจุลินทรีย์ที่แต่งเติมในพอลิเมอร์ โดยสารที่เติมแต่งมีสมบัติเป็นสารระเหยและสารไม่ระเหยลงในพอลิเมอร์

3. การเคลือบหรือการดูดซับของสารต้านจุลินทรีย์ลงบนผิวหน้าของพอลิเมอร์

4. การตรึงสารต้านจุลินทรีย์ (Immobilization of antimicrobials) ในพอลิเมอร์ ด้วยพันธะไอโอนิคและโควาเลนท์ระหว่างสารต้านจุลินทรีย์และพอลิเมอร์

5. พอลิเมอร์ที่มีสมบัติต้านจุลินทรีย์ (Inherently antimicrobial polymer)

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการบรรจุปลาสลิดแดดเดียวภายใต้สุญญากาศ โดยทำการบรรจุปลาสลิดจำนวน 2 ตัวต่อบรรจุภัณฑ์ (กำหนดขนาดปลาสลิดแดดเดียว คือ 10 ตัวต่อกิโลกรัม) เนื่องจากเพื่อเป็นการจำลองการนำไปใช้สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคให้หมดเพียงครั้งเดียวและเพื่อตอบโจทย์ของการใช้ชีวิตของกลุ่มผู้บริโภคในปัจจุบันที่มีชีวิตที่เร่งรีบ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น ดังนี้

3.1.1 ศึกษาผลของแผ่นดูดซับของเหลวส่วนเกิน หรือ moisture absorbent pad ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

3.1.2 ศึกษาผลการบรรจุผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) ต่อคุณภาพด้านเคมีและจุลินทรีย์ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 การคัดเลือกแผ่นดูดซับของเหลว ได้เลือกที่มีขนาด 130-80 มิลลิเมตร มีสมบัติในการดูดซับของเหลวที่สามารถดูดซับได้ 20-25 มิลลิลิตร ผลิตโดย บริษัท บลองค์เทค จำกัด ประเทศไทย

3.2.2 ทำการคัดเลือกคุณภาพปลาเบื้องต้นก่อนจากการพิจารณาขนาด รูปร่าง และน้ำหนักให้มีความใกล้เคียงกัน กำหนดให้มีขนาดเฉลี่ย 10 ตัวต่อกิโลกรัม ทำการบรรจุปลาสลิดแดดเดียวที่ผ่านการคัดเลือก 2 ตัวต่อบรรจุภัณฑ์ (สำหรับรูปแบบการขายเดี่ยว; Single Serve) ในภาชนะบรรจุที่เตรียมไว้ข้างต้น ทำการบรรจุภายใต้ระบบสุญญากาศ ด้วยเครื่อง vacuum packager บริษัท Goldenpack รุ่น VM400TE/B และ ปิดผนึกด้วยความร้อน แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ชุด จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ

3.2.3 การเตรียมผิวเปลือกมะกรูด นำมะกรูดปลอกเปลือกเอาแต่เฉพาะผิว จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Freeze drying รุ่น FreeZone 2.5 บริษัท Labconco ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อได้ผิวมะกรูดแห้งแล้วนำมาบดให้เป็นผง ชั่งน้ำหนัก 1 กรัมใส่ในซองที่ทำจากเยื่อกระดาษ ขนาด 5x6 เซนติเมตร

3.2.4 การชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่น/ชุดการทดลองเดียวกัน จำนวน 4 หน่วยภาชนะบรรจุ (หมายถึง จำนวน 4 ซ้ำของการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการประเมินคุณภาพปลาสลิดแดดเดียว ในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์) และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างชุดการทดลอง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา การวิจัยนี้ศึกษาผลของการบรรจุที่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวในระหว่างการเก็บรักษา โดยแบ่งการวิเคราะห์ทั้งทางเคมีและทางจุลินทรีย์เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลจากการบรรจุต่อองค์ประกอบคุณค่าทางอาหารและความผิดปกติของปลาสลิดแดดเดียว และ การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

3.3.1 การประเมินคุณภาพทางเคมี ได้แก่

- การทดสอบ water activity

บรรจุตัวอย่างอาหารบดละเอียดลงในภาชนะบรรจุที่ใช้สำหรับเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ รุ่น AQUA LAB 4 บริษัท Decagon Devices Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการเกลี่ยตัวอย่างกระจายให้ทั่ว ครอบคลุมพื้นที่ของก้นภาชนะบรรจุ หมุนปุ่มจากตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ เมื่อเครื่องทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้เสร็จเรียบร้อยจะมีสัญญาณเตือน ที่หน้าจอ LCD ของเครื่องจะแสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่อ่านค่าได้สุดท้าย พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง บันทึกค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่วัดได้

- การทดสอบปริมาณไขมันทั้งหมด (ตามวิธี A.O.A.C., 2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1-5 กรัม ใส่กระดาษกรอง นำไปอบให้แห้งแล้วพับใส่ใน thimble อบและชั่งน้ำหนักของขวดสำหรับกลั่น (round bottom flask) ขนาด 250 เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดสำหรับกลั่น 220 มิลลิลิตร แล้วต่อเข้ากับเครื่องสกัดจากนั้นทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง จากนั้นนำขวดสำหรับกลั่นที่มีไขมันและตัวทำละลายที่ติดมาเล็กน้อยไประเหยตัวทำละลายออกให้หมด โดยใช้อุณหภูมิต่ำๆ จากนั้นปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) แล้วนำไปชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ และนำค่าที่ได้มาคำนวณ

$$\text{ร้อยละของไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

- การทดสอบปริมาณโปรตีน/ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ตามวิธีA.O.A.C., 2000)

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-5 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย (kjeldalh flask) เติม mixed catalyst ($CuSO_4$: K_2SO_4 อัตราส่วน 1:10) จำนวน 10 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทำการย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิเป็น 450 องศาเซลเซียส ทำการย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส ใช้เวลาประมาณ 45 นาที รอให้ไอกรดถูกดูดไปจนหมดและทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำหลอดย่อยมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นเติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อยที่ 15 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 มิลลิลิตร นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 % ปริมาตร 20 มิลลิลิตรหยด mixed indicator 2-3 หยด ไปวางไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มอยู่ในสารละลาย ทำการไทเทรตสารละลายกรดบอริกด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู และนำค่าคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 14.007 \times 100}{Wt.sample \times 1000}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times F$$

เมื่อ A คือ ปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

Wt คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

F คือ แฟคเตอร์ (Conversion factor) = 6.25

14.007 คือ น้ำหนักสมมูลย์ของไนโตรเจน

- การทดสอบ Thiobarbituric acid (TBA) (ตามวิธี A.O.C.S, 1997)

ชั่งตัวอย่าง 50 – 200 มิลลิกรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 1 – butanol ลงไปเล็กน้อย เพื่อละลายตัวอย่าง จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรโดยเติม 1 – butanol ลงไป ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ปิเปตส่วนใสจาก volumetric flask 5 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในหลอดเติมสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร ปิดจุกแก้ว แล้วผสมให้เข้ากันดี จากนั้นใส่ลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำหลอดตัวอย่างขึ้นมาทำให้เย็นลงถึง

อุณหภูมิห้อง โดยการทำให้น้ำไหลผ่านเพื่อลดความร้อน นำสารละลายที่ได้ใส่ใน cell วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น reference cell นำค่ามาคำนวณ

$$\text{TBA Value} = \frac{50 \times (A - B)}{m}$$

เมื่อ

A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

B = ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank

m = มวลเป็น มิลลิกรัม ของตัวอย่าง

- การทดสอบ Total volatile base nitrogen (TVB-N) (ตามวิธี Malle (1989))

ชั่งตัวอย่างเนื้อปลา 100 กรัม และเติม 7.5% trichloroacetic acid (TCA) 200 มิลลิลิตร ปั่นเนื้อปลาให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย โฮโมจีไนเซอร์ที่ความเร็วสูงนาน 1 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 4000 rpm นาน 15 นาที นำ ส่วนใส 25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดกลั่น (distillation tube) ทำการกลั่นด้วย Kjeldahl-type distillator เติม 10% โซเดียมไฮดอกไซด์ (NaOH) 6 มิลลิลิตรลงในหลอดกลั่น ระวังอย่าให้เนื้อปลาติดที่ด้านข้างหลอด จากนั้นนำ บีกเกอร์ที่บรรจุ 4% กรดบอริค(boric acid) 10 มิลลิลิตรและหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด (methyl red ผสมกับ bromocresol green) ไปวางที่ปลายคอนเดนเซอร์ (condenser) เริ่มทำการกลั่นสังเกตเห็นว่าสารละลายกรด บอริค (boric acid solution) จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว จากนั้นไทเทรตกับ 0.1 N กรดไฮโดรคลอริค (hydrochloric acid) จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู และนำค่าที่ได้มาคำนวณ

$$\text{mg TVB-N} = \frac{(\text{ปริมาณของกรดที่ใช้} \times 14 \times \text{ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ไทเทรต})}{(\text{mg/100 g ตัวอย่าง}) \text{ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}}$$

3.3.2 การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่

- ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count)

การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable cell count) ชั่งตัวอย่างเนื้อปลา 25 กรัม ด้วยวิธีการปลอดเชื้อ ทำการเจือจางโดยปั่นผสมกับ0.1% peptone 225 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องตีบดอาหาร (stomacher) จะได้ตัวอย่างเนื้อปลาที่มีความเจือจางที่ระดับ 10 เท่า ทำ การเจือจางเป็นลำดับ (serial dilution) ตามความเหมาะสม เพื่อให้จำนวนโคโลนีที่มีอยู่ในเพาะเชื้อมีจำนวนอยู่ในช่วงระหว่าง 30-300 โคโลนี เลือกความเจือจางที่ระดับที่เหมาะสม 3 ระดับ จากนั้นปิเปต

ตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยลงในจานเพาะเชื้อ (spread plate) ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ทำ การทดลองระดับความเจือจางละ 3 ซ้ำ สำหรับตัวอย่างควบคุม (บรรจุภายใต้สภาวะปกติ) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล นาน 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มเชื้อปกติ ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมอาหาร (CFU/g)

- ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus*

เจือจางตัวอย่างเนื้อปลา ด้วย 0.1% peptone จนได้ระดับการเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker medium เกลี่ยตัวอย่างให้ทั่ว (spread plate) ทำ การทดลอง 3 ระดับการเจือจางๆ ละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียล นาน 24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีสีดำ กลม ขนาด1-1.5 mm. รอบๆ โคโลนีจะเห็นเป็นสีขาวขุ่นกว้างประมาณ 2-4 mm. และมีวงใสๆ อยู่รอบนอกอีกชั้นหนึ่ง (วงขาวขุ่นจะพบภายในระยะเวลา 36 ชั่วโมงเท่านั้น)

- ปริมาณเชื้อ *Escherichia coli*

1. การวิเคราะห์ขั้นแรก (Presumptive test)

ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างเนื้อปลาที่เจือจางด้วยฟอสเฟต บัฟเฟอร์(phosphate buffer) 10, 1, 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่บรรจุอาหารเหลว lactose broth ที่มีความเข้มข้น 2 เท่า (double strength) และความเข้มข้นปกติ (single strength) พร้อมหลอดดักก๊าซ อย่างละ 1หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล นาน 24 ชั่วโมง อ่านผลหลอดที่เกิดก๊าซ นับจำนวนหลอดที่เกิดก๊าซแล้วเปรียบเทียบกับตาราง MPN ซึ่งเป็นจำนวนของ Coliform ที่คาดว่าพบของการวิเคราะห์ขั้นแรก

2. การวิเคราะห์ขั้นยืนยัน (Confirm test)

เลือกหลอดที่เกิดก๊าซจากข้อ 1. ของแต่ละชุด เขย่าหลอดทดลอง แล้วใช้ ลูป (loop) ถ่ายเชื้อจาก lactose broth ลงในหลอดอาหาร (Brillient green lactose bile broth :BGLB) ที่มีหลอดดักก๊าซ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล 48 ชั่วโมง อ่านผลหลอดที่เกิดก๊าซภายใน 48 ชั่วโมง แสดงว่าให้ผลบวกแล้วเปรียบเทียบกับตาราง MPN ซึ่งเป็นจำนวนของ Coliform ที่คาดว่าพบของการวิเคราะห์ในขั้นยืนยัน

3. การตรวจวิเคราะห์ขั้นสมบูรณ์ (Complete test)

ใช้ลูป (loop) ถ่ายเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกในหลอด BGLB ลงในจานอาหารเพาะเชื้อที่มีอาหาร EMB agar ด้วยการ streak plate บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล 24 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีที่มีสีเขียวมันวาวเหมือนรอยตัดของโลหะ (metallic sheen)

- ปริมาณยีสต์และรา

เจือจางตัวอย่างเนื้อปลาที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose (PDA) agar เพื่อตรวจนับปริมาณยีสต์และราตามลำดับทำการทดลอง 3 ระดับการเจือจางๆ ละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียล 24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีที่ปรากฏว่าเป็นยีสต์ หรือ รา ที่เจริญ นำไปคำนวณปริมาณยีสต์และราที่นับได้ทั้งหมด

- ปริมาณ *Clostridium* spp.

เจือจางตัวอย่างเนื้อปลาที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC) agar และ Trypticase Peptone Glucose Yeast Extract (TPYG medium) เพื่อตรวจนับ Clostridium spp. ตามลำดับทำการทดลอง 3 ระดับการเจือจางๆ ละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล 24 ชั่วโมง ภายใต้โถบ่มสุญญากาศ (anaerobic jar) สังเกตลักษณะโคโลนีสีดำกลม ขนาด1-1.5 mm.

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟและอุณหภูมิของการเก็บรักษาต่อคุณภาพปลาสลิดแดดเดียว ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) แบบ CRD โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการศึกษา และอภิปรายผลการศึกษา

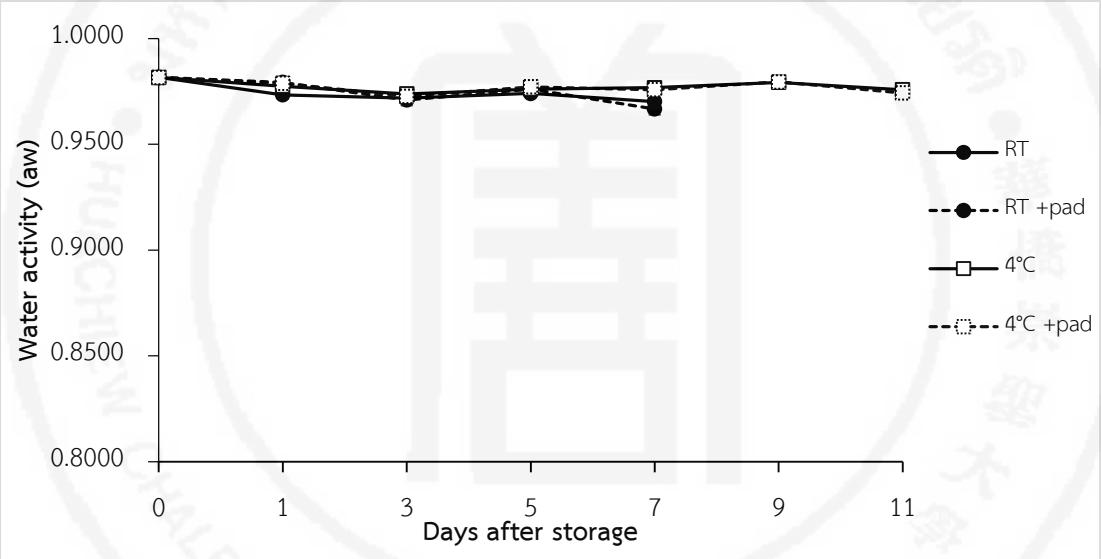
4.1 ผลของแผ่นดูดซับของเหลวส่วนเกิน หรือ moisture absorbent pad ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปลาสลิดแดดเดียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่มีชื่อเสียงของจังหวัดสมุทรปราการ แต่พบว่า มีข้อจำกัดในเรื่องของกลิ่น และรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาดมักพบการขายในปริมาณมากและใส่ในห่อกระดาษ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการบรรจุปลาสลิดแดดเดียวภายใต้สุญญากาศซึ่งเป็นวิธี ที่ถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียวที่มีประสิทธิภาพที่ดีในการเก็บรักษา แต่การบรรจุด้วยวิธีดังกล่าวก็ยังพบว่ามีปัญหาด้านของเหลวที่ออกมาจากตัวปลาภายหลังการดูดอากาศออกจากภายใน บรรจุภัณฑ์โดยมีปริมาณน้ำส่วนเกินที่ออกมาประมาณ 10-20 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่มากแต่น้ำที่ออกมาดังกล่าวเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวเสื่อมเสียได้เร็วขึ้น และส่งผลต่อภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์อีกด้วย ในการทดลองได้ใช้แผ่นดูดซับของเหลวส่วนเกิน หรือ moisture absorbent pad ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของปลาสลิดแดดเดียว ได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณน้ำอิสระ (water activity: a_w)

จากการศึกษานำปลาสลิดแดดเดียวใส่แผ่นดูดซับของเหลวและบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำอิสระของปลาสลิดในทุกตัวอย่างมีปริมาณใกล้เคียง ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.9667-0.9816 ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งในปลาสลิดในวันเริ่มต้นมีปริมาณ 0.9816 และเมื่อบรรจุสุญญากาศพบว่ามีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้ดึงน้ำออกมาจากตัวปลาสลิดจึงอาจทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงเล็กน้อย และในระหว่างการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียวเป็นเวลา 11 วัน พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้การที่ปริมาณน้ำอิสระที่มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องมาจากการบรรจุในถุงพลาสติก ซึ่งพลาสติกไม่มีสมบัติการดูดซับน้ำ และการใช้แผ่นดูดซับทำหน้าที่ในการดูดซับน้ำที่ออกจากตัวปลา เมื่อเก็บรักษาอาจมีน้ำบางส่วน

ซึมกลับไปยังปลาสลิดได้จึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำอิสระที่พบในปลาสลิดแดดเดียวมีปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐานปลาแดดเดียว โดยในมาตรฐานกำหนดให้ปริมาณน้ำอิสระต้องไม่เกิน 0.85 ปริมาณน้ำอิสระจุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นปริมาณน้ำอิสระมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณจุลินทรีย์จำพวกจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic microorganisms) จุลินทรีย์ก่อโรคที่ไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic pathogenic microorganisms) และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Spoilage microorganisms) จึงทำให้ปลาสลิดแดดเดียวเกิดการเน่าเสียได้ง่ายขึ้น และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียว

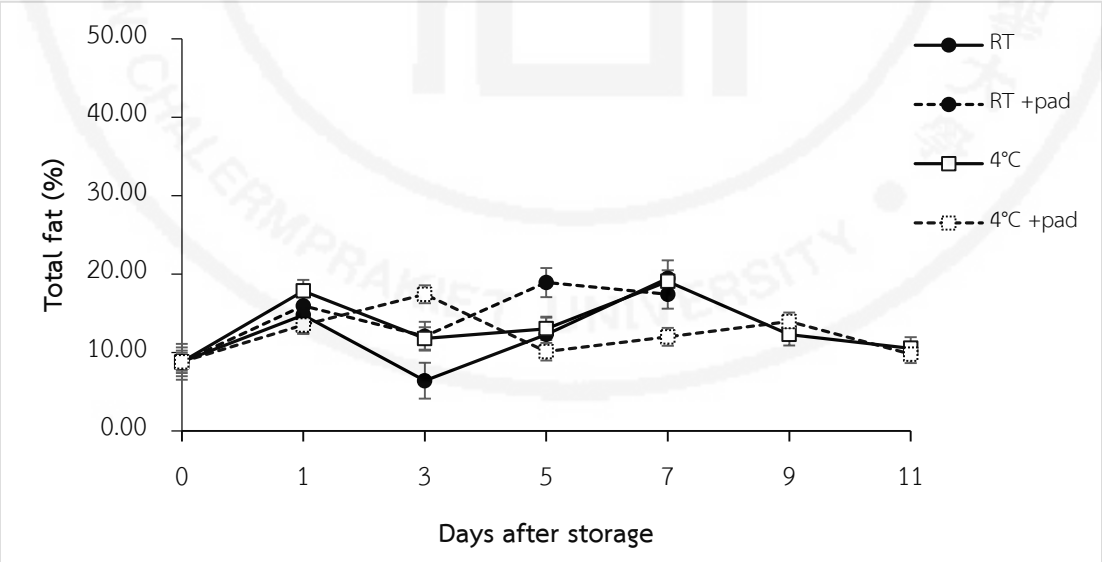


ภาพที่ 4.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณไขมันทั้งหมด

จากผลการทดลองปริมาณไขมันในปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ 8.81-18.92 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.2 โดยปริมาณไขมันมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของไขมันในปลานั้นจะเกิดการแตกตัวของไขมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ถือได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ การ

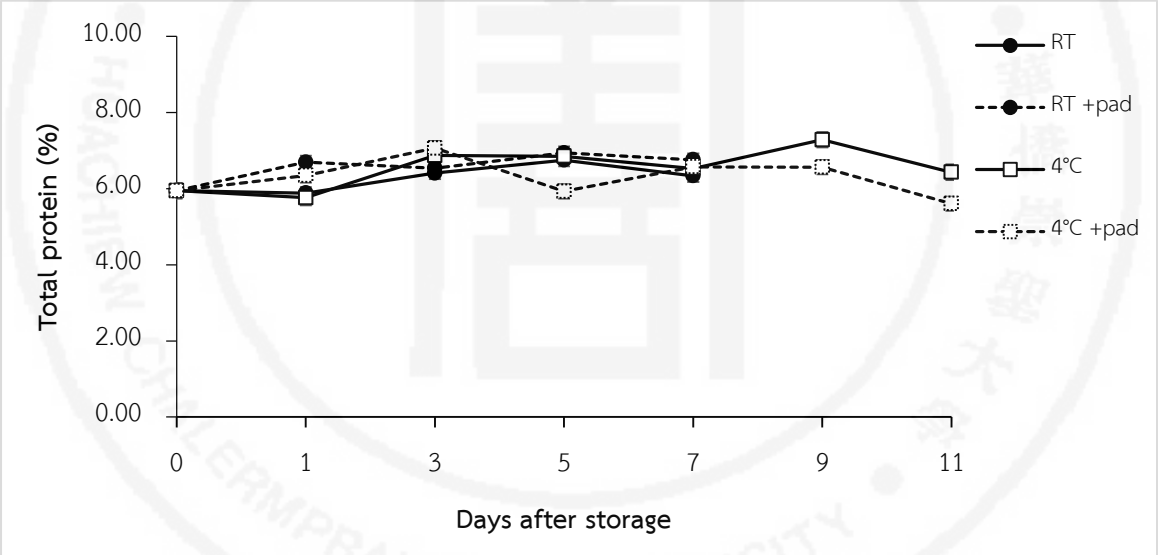
เปลี่ยนแปลงนี้จะเห็นได้ชัดในปลาที่มีไขมันสูง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไขมันก็จะส่งผลต่อปริมาณค่า TBA เป็นค่าที่ได้จากการหาปริมาณกรดบาร์บิทูริค ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของไขมัน ค่า AV หรือค่าความเป็นกรด (acid value) เป็นการหาค่าความเป็นกรดที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยมีน้ำ และ เอนไซม์ ไลเปส (lypase) หรือไลพอกซิเดส (lipoxidase) ที่มีอยู่ในอาหารเป็นตัวเร่งปฏิกริยา ทำให้เกิดการสลายของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ได้เป็นกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ซึ่งกรดไขมันอิสระที่ระเหยได้เช่น short chain fatty acid จะให้กลิ่นหืน และ ค่า PV หรือค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) นั้นเป็นค่าที่ชี้บ่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน เป็นค่าที่ใช้การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) เป็นค่าที่บอกการเสื่อมเสียของน้ำมันและไขมัน รวมทั้งอาหารที่มีไขมันสูง ซึ่งปริมาณที่วัดได้นั้นเป็นดัชนีการบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหาร นอกจากนี้ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเกิดกลิ่นหืนคือ ปริมาณออกซิเจน และพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน ออกซิเจนทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน หากอาหารอยู่ในบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมาก หรือมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนได้มาก จะเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว ดังนั้น การกำจัดออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์ ด้วยการบรรจุสุญญากาศ (vacuum packaging) การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หรือใช้สารกำจัดออกซิเจน (oxygen scavenger) ในบรรจุภัณฑ์จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียได้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณไขมัน (%) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณโปรตีน/ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

จากผลการทดลองปริมาณโปรตีนในปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ 5.94-7.28 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.3 โดยปริมาณโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา ในกระบวนทำปลาเค็มปลาจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยโปรตีนจะสูญเสียความสามารถในการละลายอยู่ในสารละลายเกลือความเข้มข้นสูง และกรดอะมิโนบางชนิด เช่น histidine, proline, serine, arginine และกลุ่มอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ในองค์ประกอบจะถูกทำลายโดยปฏิกิริยาของสารเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจาการเติมออกซิเจนในไขมันปริมาณโปรตีนเป็นตัวจึงทำให้มีกลิ่นเฉพาะ นอกจากนี้ในเนื้อปลายังมีปฏิกิริยาย่อยสลายตัวเอง (autolysis) ซึ่งจะมีเอนไซม์ในกลุ่ม proteolytic ออกมาย่อยโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อบางส่วนนุ่มจนอาจเละได้ ซึ่งบ่งบอกได้ถึงคุณภาพทางกายภาพของเนื้อปลา นอกจากนี้ยังทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญและทำให้เกิดการเน่าเสียต่อไป

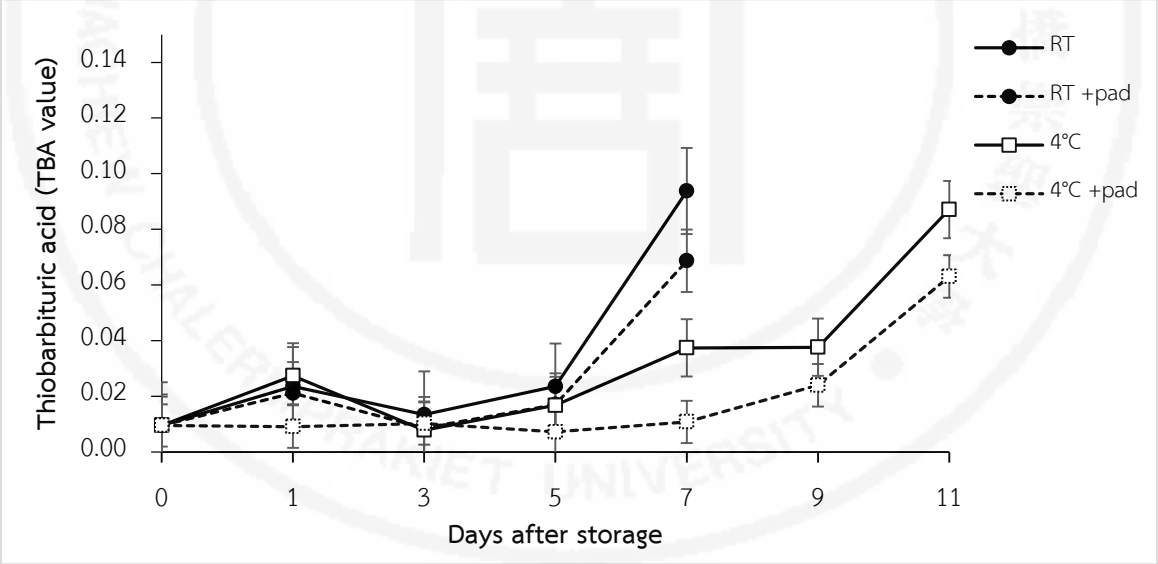


ภาพที่ 4.3 ปริมาณโปรตีน (%) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)

การวัดค่า TBA เป็นการวัดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ (กลิ่นหืน) ระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษาผลของการใช้แผ่นดูดซับของเหลวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณ TBA ในปลาสลิดทุกๆตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.09 TBA value ซึ่งมีค่าที่น้อย

มาก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาปริมาณ TBA มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา และมีค่าเพิ่มสูงที่สุดในวันที่ 7 โดยที่ปลาสลิดแดดเดียวที่ไม่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่า TBA สูงที่สุด รองลงมาคือปลาสลิดแดดเดียวที่ใส่แผ่นดูซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ปลาสลิดแดดเดียวที่ไม่ใส่แผ่นดูซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และสุดท้ายคือปลาสลิดแดดเดียวที่ใส่แผ่นดูซับของเหลวใน บรรจุภัณฑ์สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณ TBA เท่ากับ 0.09 0.07 0.04 และ 0.01 TBA value ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBA เกิดจากการปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งในผลิตภัณฑ์ปลาที่ทำเค็มไขมันยังคงถูกย่อยด้วยเอนไซม์ไลเปส นอกจากนี้ปริมาณเกลือที่มากไขมันจะถูกย่อยได้มากทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ และเกิดการเติมออกซิเจนในไขมันได้ง่ายทำให้ได้กลิ่นรสของปลาที่แตกต่างไป อีกทั้งอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) ในการเก็บรักษายังมีผลต่อปฏิกิริยาออซิเดชัน นอกจากนี้ปลาสลิดก็ยังพบปริมาณไขมันที่สูงอีกด้วย



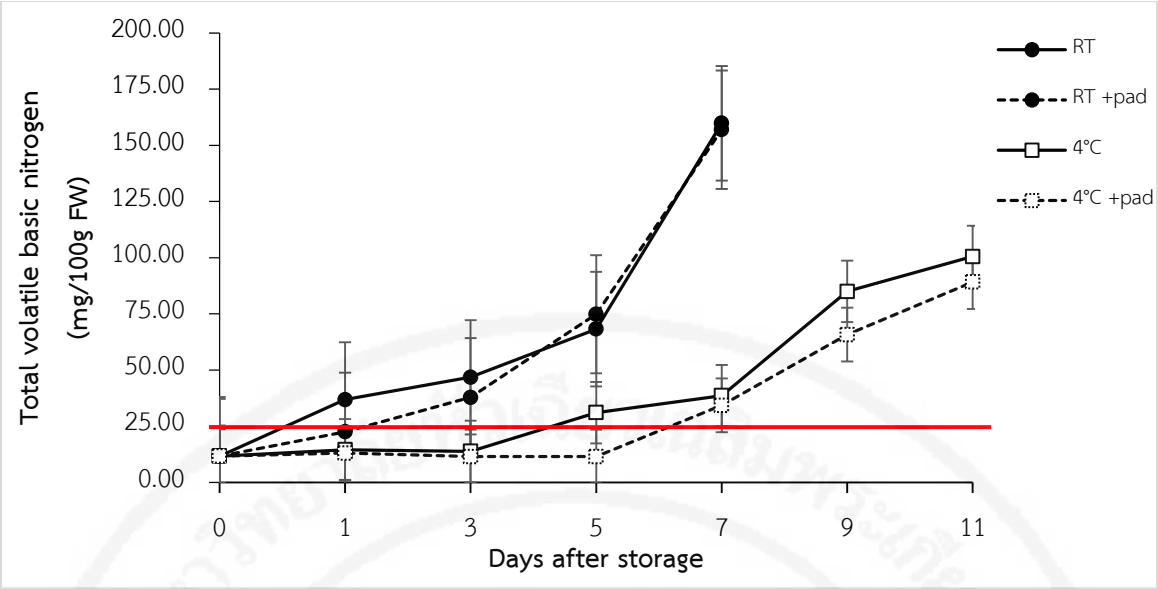
ภาพที่ 4.4 ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA value) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณ Total volatile base nitrogen (TVB-N)

Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ได้แก่ แอมโมเนีย ไตรเมทิลเอมีน(TMA) ไดเมทิลเอมีน (DMA) เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติแก่ปลา

จากผลการทดลองพบว่าปลาสลิดในเริ่มต้น(วันที่ 0) มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 11.67 mg/100g FW เมื่อเก็บรักษาปลาสลิดที่ในอุณหภูมิห้องโดยไม่ใส่แผ่นดูดซับและใส่แผ่นดูดซับในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ มีปริมาณของ TVB-N เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 3 โดยมีปริมาณของ TVB-N เท่ากับ 36.84 และ 22.49 mg/100g FW ตามลำดับ ส่วนปลาสลิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณของ TVB-N พบว่าในปลาสลิดที่ไม่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์ มีปริมาณของ TVB-N 31.05 mg/100g FW แต่ในปลาสลิดที่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์ภัณฑ์ มีปริมาณของ TVB-N 11.45 mg/100g FW และปริมาณ TVB-N มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ปลาสลิดที่ไม่ใส่แผ่นดูดซับและใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์และเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ TVB-N เพิ่มสูงขึ้นถึง 38.58 และ 34.25 mg/100g FW ตามลำดับ ซึ่งปริมาณของ TVB-N จะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของปลา คือ ปลาสด จะมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า 12 mg TVB-N/100 g ปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง12-20 mg TVB-N/100 g แสดงว่าเนื้อปลายังสามารถรับประทานได้ และเกิดการสลายตัว(decomposition) ขององค์ประกอบภายในตัวปลาเล็กน้อย ส่วนปริมาณTVB-N อยู่ในช่วง 20-25 mg TVB-N/100 g เนื้อปลายังรับประทานได้และมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย และหากปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลามีค่ามากกว่า 25 mg TVB-N/100 g เนื้อปลานั้นไม่สามารถรับประทานได้ (Regenstein, 1991) เนื่องจากแบคทีเรียและเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลา

ในการทดลองนี้สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N อาจเนื่องมาจากบรรจุปลาสลิดแดดเดียวภายใต้สภาวะสุญญากาศผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย ในการผลิตแอมโมเนีย (NH_3) เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะต้องมีการใช้ออกซิเจน แต่ในสภาวะการทดลองไม่มีออกซิเจน จึงทำให้แอมโมเนียมีปริมาณน้อย ทำ ให้ TVB-N ที่วัดได้น้อยลงด้วย อุณหภูมิของการเก็บรักษาอุณหภูมิเย็น (4 องศาเซลเซียส) สามารถชะลอปฏิกิริยาทางเคมีได้ เช่น ออกซิเดชัน (Ray, 1996, Dixon and Kell, 1989, Douglas and Nagel, 1967 Krzymien and Elias, 1990.)



ภาพที่ 4.5 ปริมาณ Total volatile base nitrogen (mg/gFW) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ดัชนีบ่งชี้ทางคุณภาพของปลาแดดเดียวไม่มีเพียงแต่ทางเคมีเพียงอย่างเดียว ยังมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์อีกด้วย โดยในมาตรฐานปลาแดดเดียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ปลาแดดเดียว มาตรฐานเลขที่ มผช.298/2549 มีคุณลักษณะที่ต้องการทางจุลินทรีย์ คือ ปริมาณเชื้อ *staphylococcous aureus* ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* ตรวจสอบด้วยวิธี MPN ต้อง น้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ในปลาสลิดแดดเดียวที่เปรียบเทียบการใส่แผ่นดูดซับของเหลวส่วนเกินในการบรรจุแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส โดยตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ปริมาณ *Escherichia coli* และปริมาณยีสต์ รา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์

จากผลการทดลองปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ปริมาณ *Escherichia coli* และปริมาณยีสต์ รา พบว่าในวันเริ่มต้น (วันที่ 0) ปลาสลิดแดดเดียวมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 8.54 log CFU/g ดังภาพที่ 4.6 ปริมาณ *Staphylococcus aureus* 6.95 log CFU/g ปริมาณ *Escherichia coli* 7.38 log CFU/g และปริมาณยีสต์ รา 8.51 log CFU/g **จาก**

ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้เกณฑ์มาตรฐานข้างต้นเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาจะพบว่าปลาสลิดแดดเดียวมีคุณภาพทางจุลินทรีย์มีปริมาณเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

หลังจากนั้นเมื่อทำการเก็บรักษาปลาสลิดภายใต้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ลดลงเพียงเล็กน้อยในอัตราที่ใกล้เคียงกัน โดยในปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจาก 8.54 เป็น 8.11 log CFU/g และ 8.54 เป็น 8.12 log CFU/g ตามลำดับ เนื่องจากส่วนในตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก็มีการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา 11 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์จาก 8.45 เป็น 8.48 log CFU/g และ 8.45 เป็น 8.43 log CFU/g ดังภาพที่ 4.6

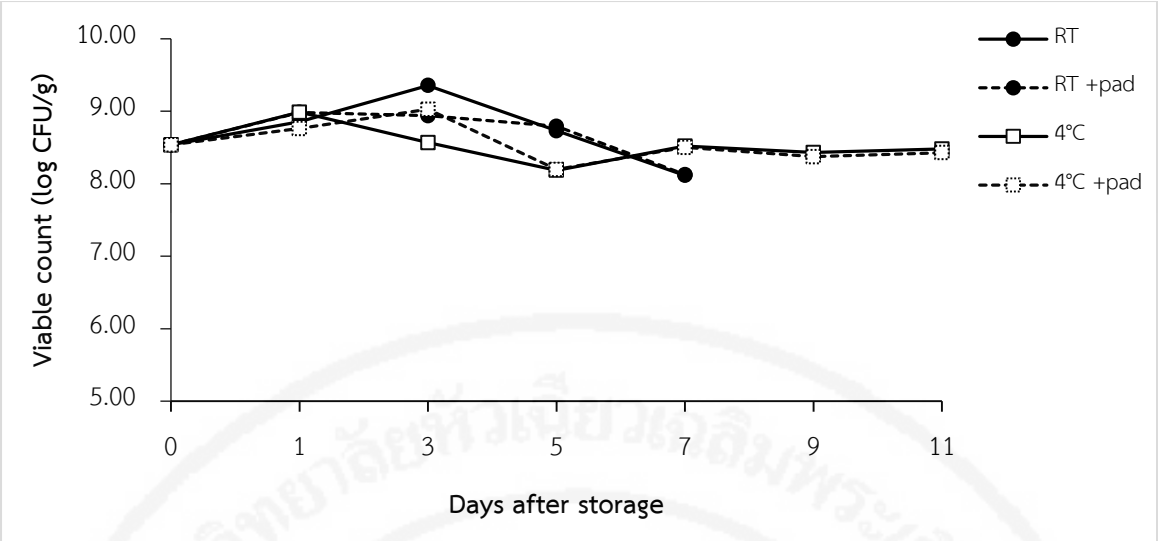
ส่วนปริมาณของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ก็มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยใกล้เคียงกัน แสดงดังภาพที่ 4.7 โดยตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณ *Staphylococcus aureus* จาก 6.95 เป็น 5.75 log CFU/g และ 6.95 เป็น 5.78 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ *Staphylococcus aureus* ลดลงเพียงเล็กน้อย จาก 6.95 เป็น 6.76 log CFU/g และ 6.95 เป็น 6.49 log CFU/g

ในส่วนของปริมาณ total coliform ตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณลดลงเล็กน้อยจาก 7.38 เป็น 6.47 log MPN/g และ 7.38 เป็น 6.63 log MPN/g ตามลำดับในระยะเวลา 7 วัน ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ total coliform จาก 7.38 เป็น 7.32 log MPN/ g ในระยะเวลา 11 วัน แต่กลับพบว่าตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย จาก 7.38 เป็น 8.04 log MPN/g ในระยะเวลา 11 วัน แสดงดังภาพที่ 4.8

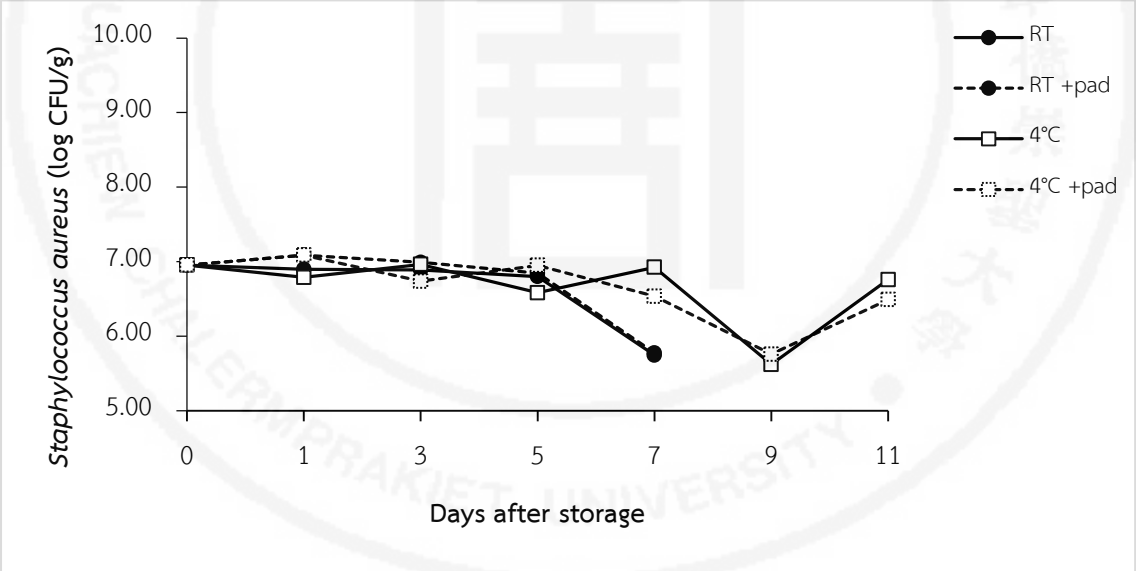
ปริมาณ *Escherichia coli* ในตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีปริมาณลดลงเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างกับตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียลเซียส ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย แสดงดังภาพที่ 4.9

และปริมาณยีสต์รา ในตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณลดลงเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างกับตัวอย่างปลาสลิดที่ไม่ใส่และใส่แผ่นดูดซับของเหลวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย แสดงดังภาพที่ 4.10

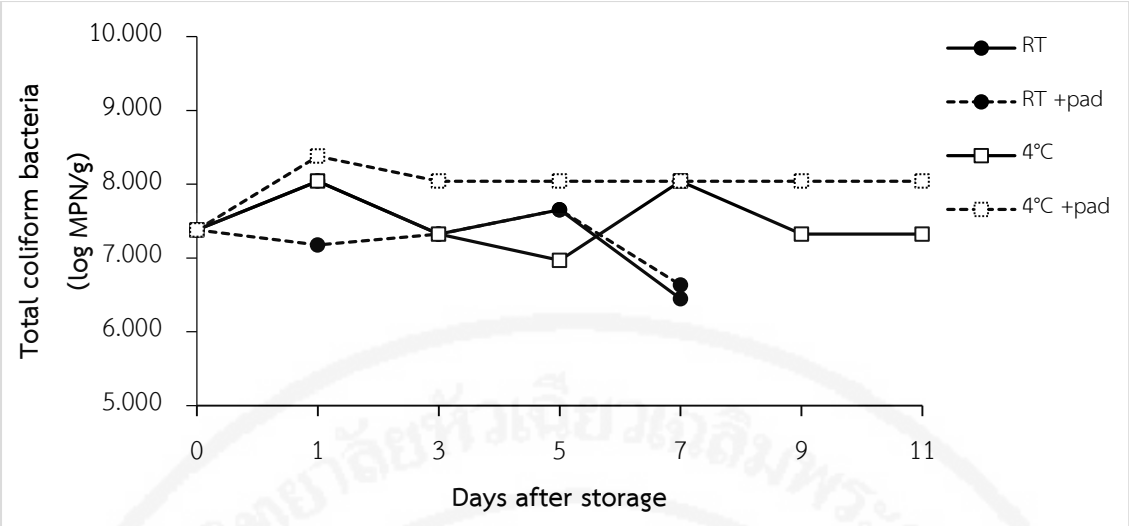
จากผลการทดลองคุณภาพด้านจุลินทรีย์เห็นได้ว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มที่ลดลงเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณในตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่บรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ ซึ่งแนวโน้มปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการบรรจุปลาสลิดในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ควบคุมไม่ให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลในการยืดระยะเวลาในช่วงระยะปรับตัว (lag phase) และลดอัตราการเจริญ (growth rate) ของแบคทีเรียแกรมลบที่เป็นสาเหตุหลักในการทำ ให้อาหารพวกปลาเน่าเสีย คือ*Acromobacter*, *Flavobactrium, Micrococcus, Bacillus* และ *Pseudomonas* (Daniels *et al*, 1985) นอกจากนี้แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียจะถูกยับยั้งการเจริญได้ เมื่อบรรจุปลาในภาชนะบรรจุที่มีความต้านทางการซึมผ่านของก๊าซสูง ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงๆ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดอัตราการเจริญ (growth rate) และเพิ่มระยะเวลาในช่วงระยะการปรับตัวของจุลินทรีย์ (lag phase) พบว่าแบคทีเรียแกรมลบ (gram-negative bacteria) จะไว (sensitive) และถูกยับยั้งได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก (gram-positive bacteria) (Parry, 1993) โดยประสิทธิภาพของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ชนิด และช่วงอายุของจุลินทรีย์ หากไม่สามารถยับยั้งกิจกรรมและ การเจริญของจุลินทรีย์ก็สามรถยับยั้งการเน่าเสียได้ เนื่องจากสารประกอบที่ระเหยได้ที่ผลิตขึ้นเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นเน่าต่างๆ นั้นเกิดผลิตขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ก็จะถูกลดปริมาณลงไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังมีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน ในสภาวะที่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) ซึ่งสามารถเจริญได้ในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นสุญญากาศ หรือมีปริมาณออกซิเจนอยู่น้อย เช่น *Clostridium* spp.



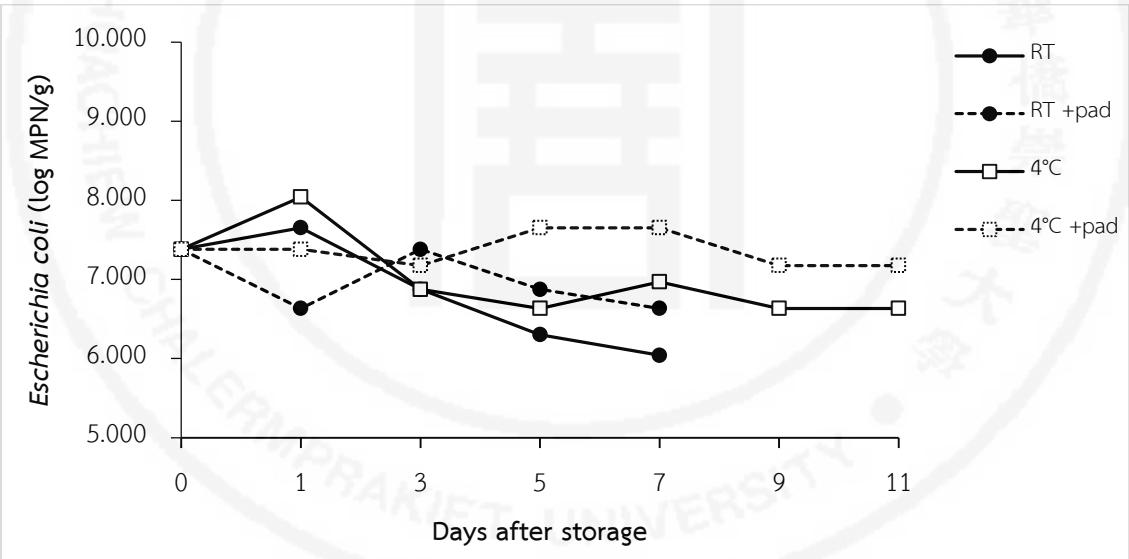
ภาพที่ 4.6 ปริมาณ Viable count (log CFU/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



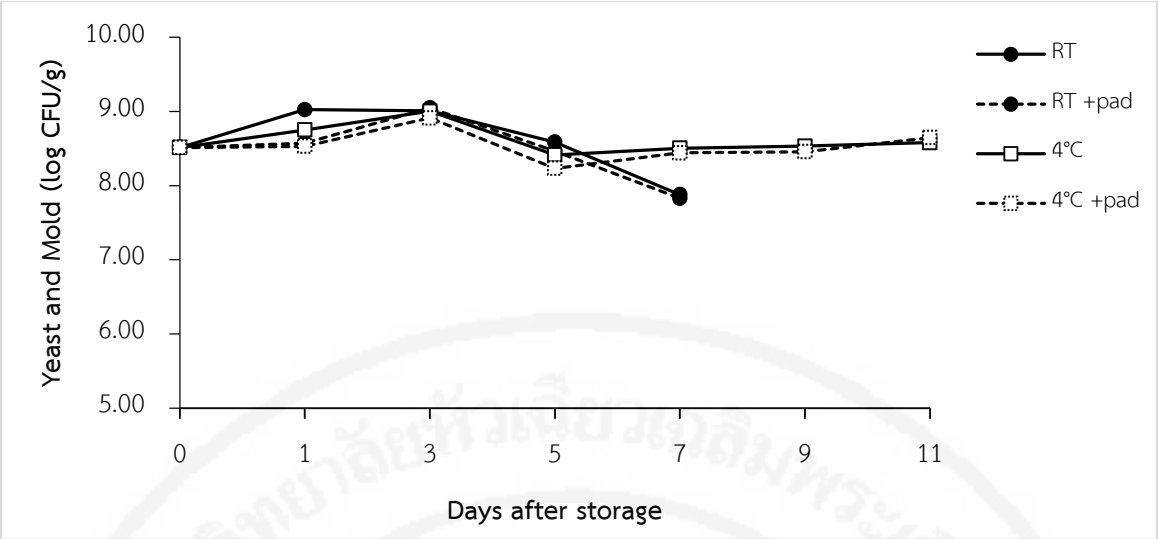
ภาพที่ 4.7 ปริมาณ *Staphylococcus aureus* (log CFU/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.8 ปริมาณ Total coliform bacteria (MPN/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.9 ปริมาณ *Escherichia coli* (log MPN/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.10 ปริมาณยีสต์และรา (log CFU/g) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการบรรจุผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) ต่อคุณภาพด้านเคมีและจุลินทรีย์ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

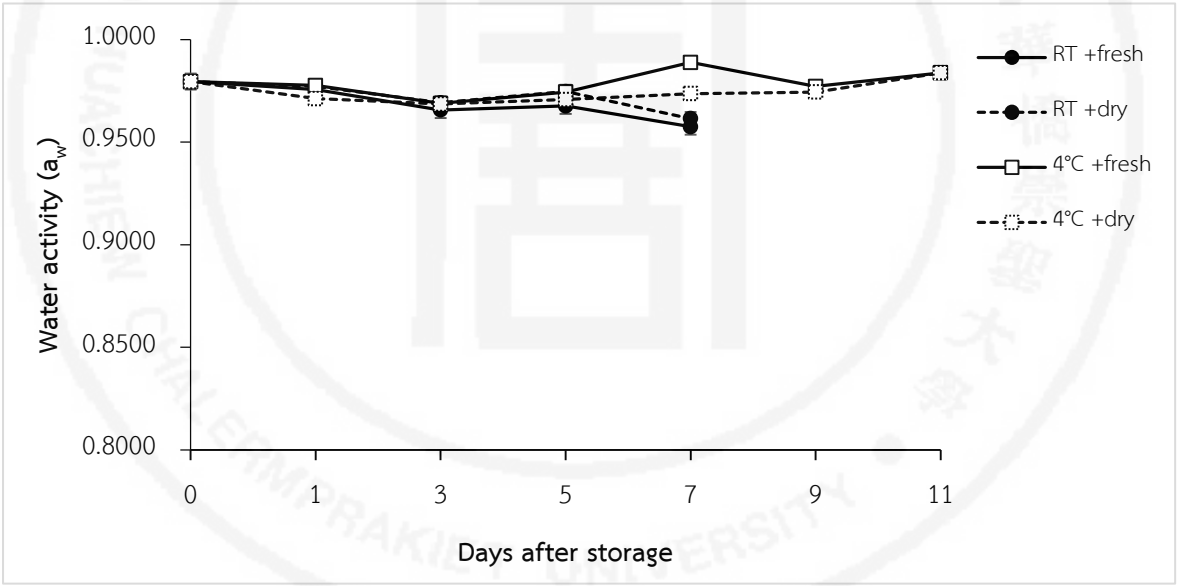
จากการทดลองข้างต้นที่มีการใช้แผ่นดูดซับของเหลวร่วมกับบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาปลาสลิดที่บรรจุให้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศ โดยสามารถที่ชะลอปริมาณ TVB-N และ TVB ที่เป็นดัชนีบ่งชี้ในการเน่าเสียของเนื้อปลา นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์ปลาสลิดที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปจะพบเห็นว่ามีการใส่เปลือกของมะกรูดลงไปด้วย เพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่น ในงานวิจัยจึงได้สนใจศึกษาผลของเปลือกมะกรูดสด และแบบแห้งบรรจุซอง (Sachet) ร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของปลาสลิดแดดเดียว ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณน้ำอิสระ (water activity: a_w)

จากการศึกษานำปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำอิสระของปลาสลิดในตัวอย่างปลาสลิดใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณลดลงเล็กน้อย จาก 0.9795 เป็น 0.9575 และ จาก 0.9795 เป็น 0.9615 เป็นระยะเวลา 7 วันของการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างกับตัวอย่างปลาสลิดใส่ซองเปลือกมะกรูด

สด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 11 วัน ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.9795-0.9838 ดังภาพที่ 4.11 การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระในการเก็บรักษาปลาสลิดที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่ง บรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติก มีสมบัติในการซึมผ่านของไอน้ำได้เพียงเล็กน้อย จึงอาจจะมีการซึมผ่านของไอน้ำเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อีกทั้งอุณหภูมิต่ำจะมีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง และที่อุณหภูมิสูงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำ จึงสัมพันธ์กับปริมาณน้ำอิสระลดลงในบรรจุภัณฑ์ปลาสลิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังมีซองที่ใส่เปลือกมะกรูดสด และแห้งที่สามารถดูดซับน้ำในตัวอย่างปลาสลิดอีกด้วย

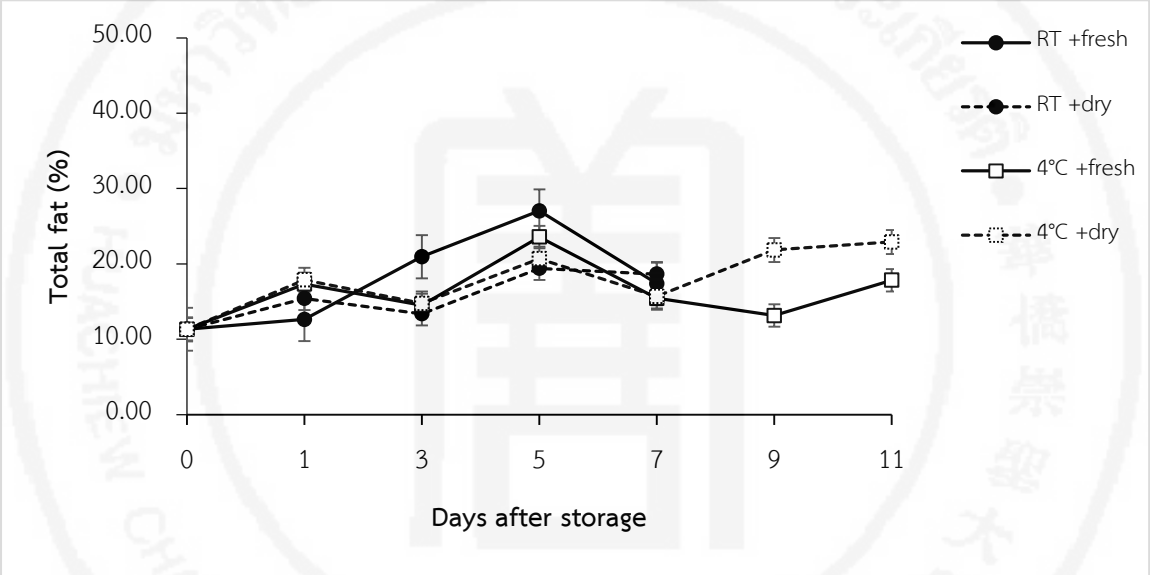
แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างปลาสลิดก็ยังมีปริมาณน้ำอิสระที่สูง หรือมากกว่า 0.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณปลาสด ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียวในอุณหภูมิต่ำ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย



ภาพที่ 4.11 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณไขมันทั้งหมด

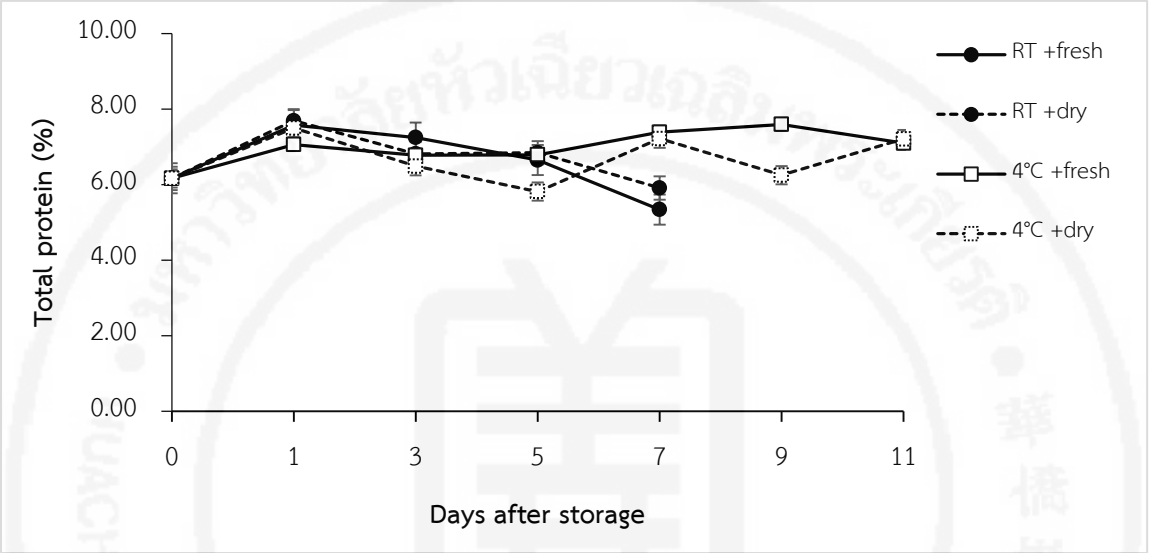
จากผลการทดลองปริมาณไขมันจากการศึกษานำปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสดและมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส โดยปริมาณไขมันในทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีปริมาณ TBA อยู่ในช่วง 11.32-27.03 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังภาพที่4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของ TBA มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่สูงจะมีผลต่อปริมาณ TBA ที่เพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 4.12 ปริมาณไขมันทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณโปรตีน/ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

จากผลการทดลองปริมาณโปรตีนในปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ 6.17-7.39 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.3 โดยปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา

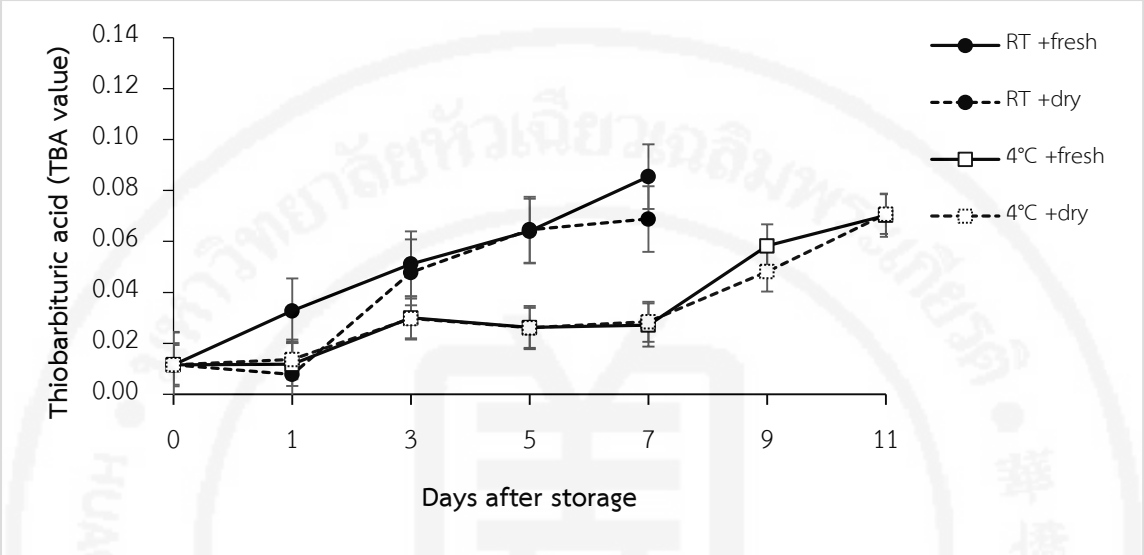


ภาพที่ 4.13 ปริมาณโปรตีนทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)

จากการศึกษาผลของปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ในตัวอย่างปลาสลิดมี TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.012 จากนั้นการเก็บรักษาปลาสลิดที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด พบปริมาณ 0.085 และมะกรูดแห้งปริมาณ 0.069 ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาปลาสลิดที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา และในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด พบปริมาณ 0.070 และมะกรูดแห้งปริมาณ 0.071 ซึ่งการเก็บรักษาปลาสลิดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBA และในตัวอย่างที่ปลาสลิดที่ซองมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับ

ของเหลวมีประสิทธิภาพในการชะลอคุณภาพความสดได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นตัวอย่างที่ปลาสลิดที่ซองมะกรูดสดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวมีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในเนื้อปลาที่มีไขมันสูงได้

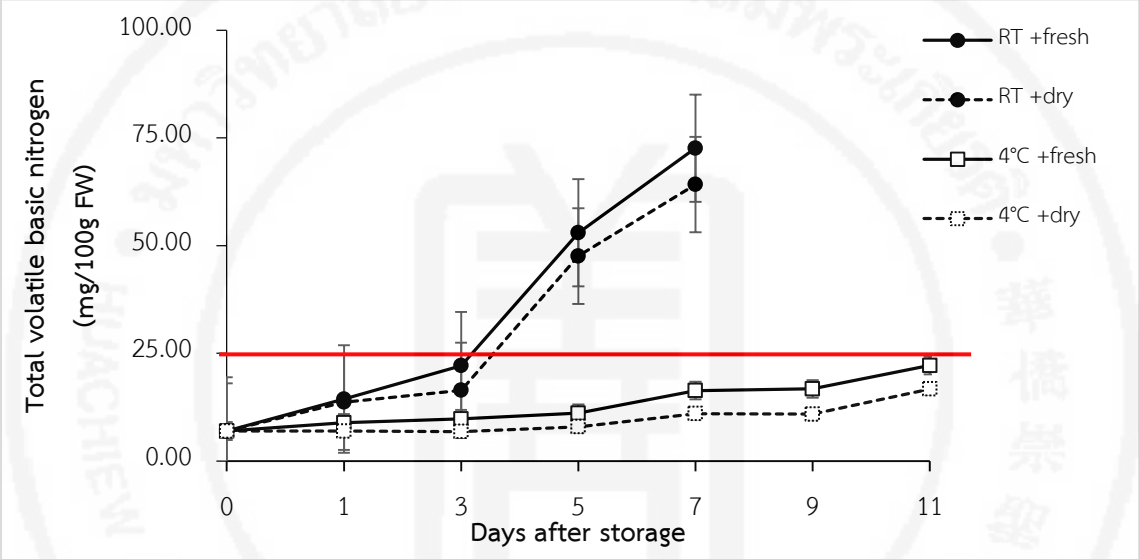


ภาพที่ 4.14 ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA value) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

ปริมาณ Total volatile base nitrogen (TVB-N)

ปริมาณ TVB-N จะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลา, สภาวะในการเก็บรักษา จากการทดลองปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส ในตัวอย่างปลาสลิดมี TVB-N เริ่มต้นเท่ากับ 6.95 mg TVB-N/100 g จากนั้นการเก็บรักษาปลาสลิดที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณเกินเกณฑ์ของการเน่าเสีย (มากกว่า 25 mg/100g FW) โดยในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด พบปริมาณ 52.98 mg/100g FW และมะกรูดแห้งปริมาณ 47.58 mg/100g FW ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาปลาสลิดที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ TVB-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา และในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด พบปริมาณ 22.12 mg/100g FW และมะกรูดแห้งปริมาณ 16.71 mg/100g FW ซึ่งการเก็บรักษาปลาสลิดที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียสสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และในตัวอย่างที่ปลาสลิดที่ซองมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวมีประสิทธิภาพในการชะลอคุณภาพความสดได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นตัวอย่างที่ปลาสลิดที่ซองมะกรูดสดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวมีประสิทธิภาพในการชะลอคุณภาพความสด โดยสามารถเก็บรักษาได้ถึง 11 วันของการเก็บรักษา โดยปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 25 mg TVB-N/100 g นั้นบ่งบอกถึงคุณภาพของเนื้อปลาที่ยังสามารถรับประทานได้ และไม่มีกลิ่น



ภาพที่ 4.15 Total volatile base nitrogen (TVB-N) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์

จากผลการทดลองปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ปริมาณ *Escherichia coli* และปริมาณยีสต์ รา พบว่าในวันเริ่มต้น (วันที่ 0) ปลาสลิดแดดเดียวมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 8.50 log CFU/g ปริมาณ *Staphylococcus aureus* 6.66 log CFU/g ปริมาณ *Escherichia coli* 8.041 log MPN/g และปริมาณยีสต์ รา 8.50 log CFU/g

หลังจากนั้นเมื่อทำการเก็บรักษาปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในอัตราที่ใกล้เคียงกัน โดยในปลาสลิดที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจาก 8.50 เป็น 8.99 log CFU/g และ 8.50 เป็น 9.23 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก็มีการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา 11 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์จาก 8.50 เป็น 9.27 log CFU/g และ 8.50 เป็น 8.74 log CFU/g ดังภาพที่ 4.16

ส่วนปริมาณของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ก็มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยใกล้เคียงกัน แสดงดังภาพที่ 4.17 โดยตัวอย่างปลาสลิดที่ที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณ *Staphylococcus aureus* จาก 6.66 เป็น 6.53 log CFU/g และ 6.66 เป็น 4.82 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างปลาสลิดที่ที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ *Staphylococcus aureus* ลดลงเพียงเล็กน้อย จาก 6.66 เป็น 5.89 log CFU/g และ 6.66 เป็น 5.82 log CFU/g

ในส่วนของปริมาณ total coliform ตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณลดลงเล็กน้อย จาก 8.380 เป็น 7.322 log MPN/g ในระยะเวลา 11 วัน แสดงดังภาพที่ 4.18

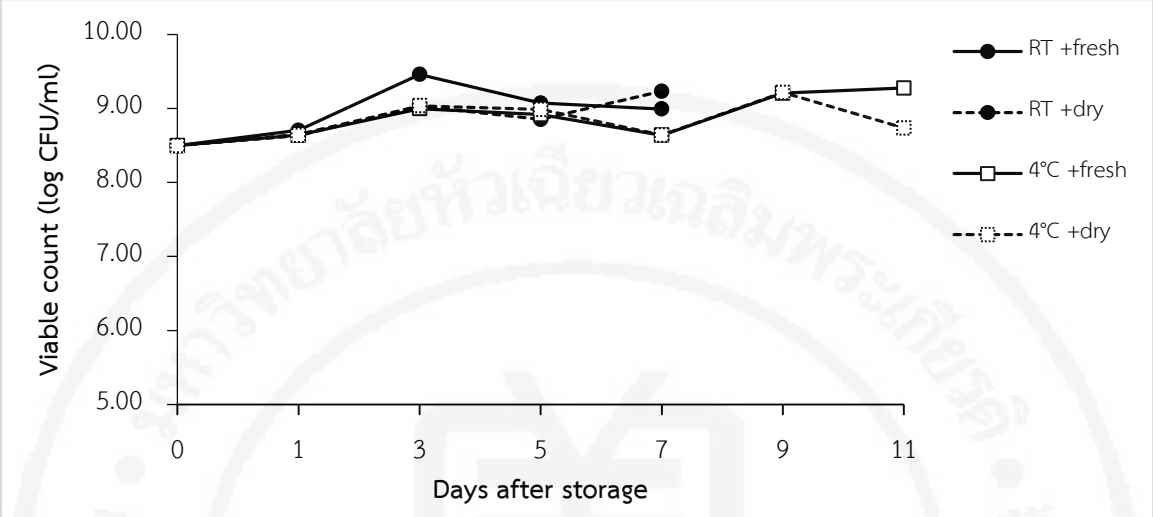
ปริมาณ *Escherichia coli* ในตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีปริมาณลดลงเล็กน้อย แสดงดังภาพที่ 4.19

และปริมาณยีสต์รา ในตัวอย่างปลาสลิดที่ใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงดังภาพที่ 4.20

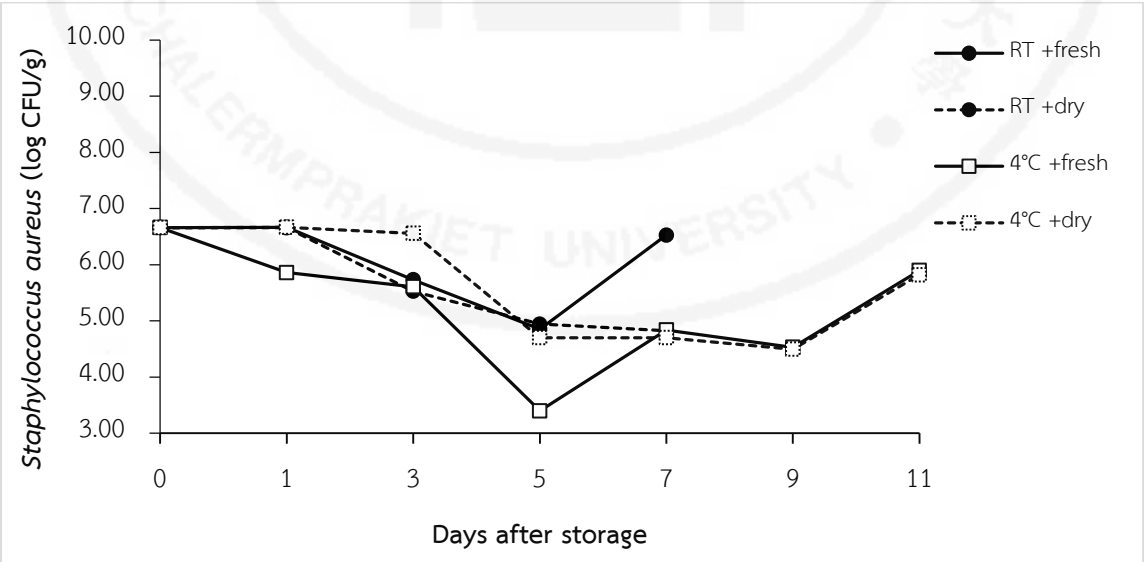
จากผลการทดลองคุณภาพด้านจุลินทรีย์เห็นได้ว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสด และมะกรูดแห้งร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภายใต้สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยนั้น เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาจากเปลือกมะกรูดสดหรอเปลือมะกรูดแห้งที่ใส่ในบรรจุภัณฑ์ และจากผลการทดลองสังเกตได้ว่าเปลือกมะกรูดนั้นไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่กลับพบว่ามีพบต่อการชะลอคุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณ TVB-N และปริมาณ TBA

ปริมาณ *Clostridium* spp. ในปลาสลิดเริ่มต้นมีปริมาณ 1.55 x104 CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 11 วันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 3.45x104 CFU/g

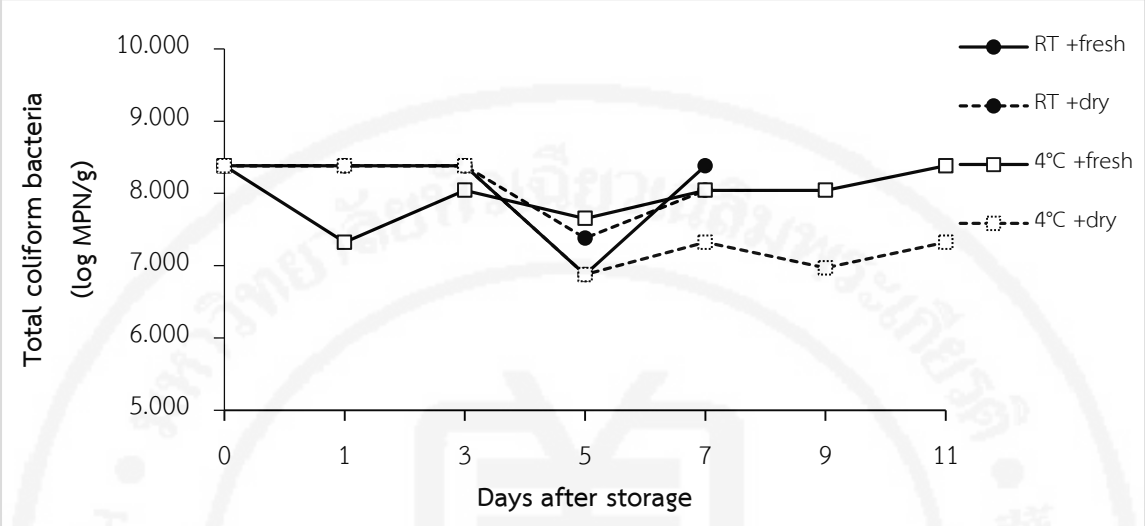
การพบเชื้อ *Clostridium* spp. ในตัวอย่างปลาสลิด อาจเกิดจากสถานที่ที่ใช้ตากปลาสลิดให้แห้งเป็นพื้นที่ไม่เหมาะสม มีการกระจายฝุ่นละออง อีกทั้งการตากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันแมลงต่าง และฝุ่นละออง



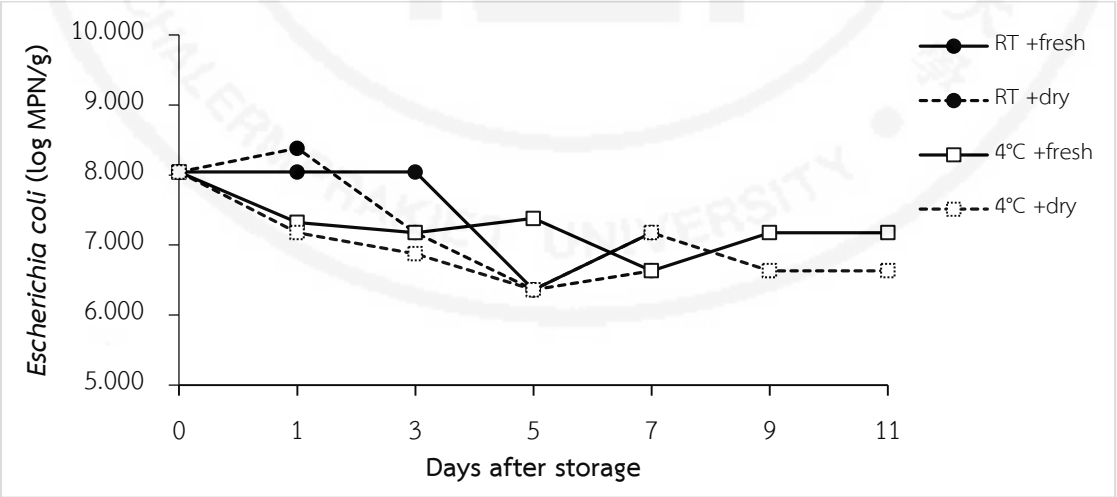
ภาพที่ 4.16 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



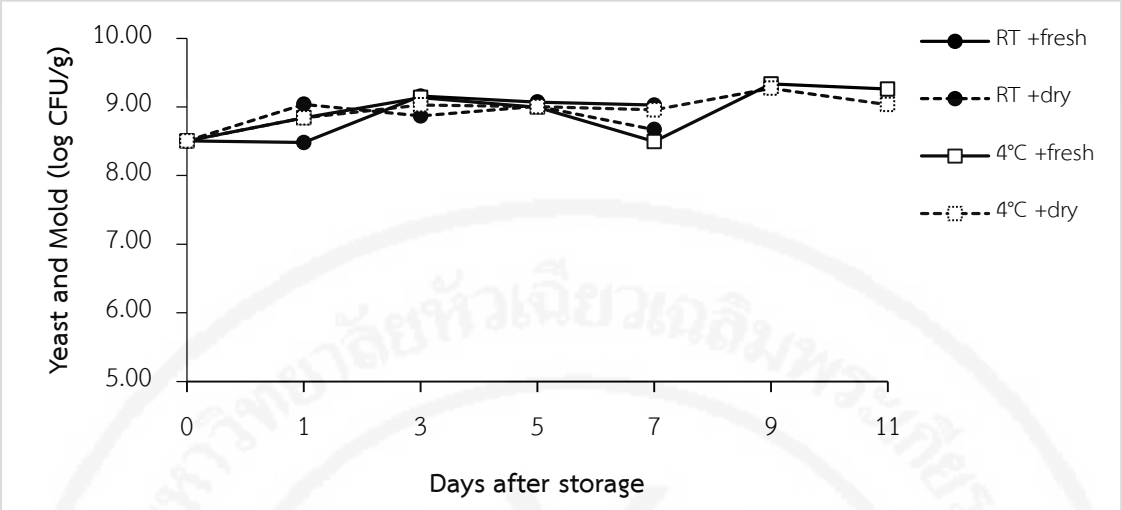
ภาพที่ 4.17 ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.18 ปริมาณ Total coliform bacteria ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.19 ปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.20 ปริมาณยีสต์และราของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 ปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวไม่ใส่ และใส่แผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศ ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส รวมถึงปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดสดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณน้ำอิสระลดลงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวมะกรูดแห้งร่วมแผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส กลับมีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีค่าอยู่ในช่วง 0.97-0.98 ซึ่งปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างปลาสลิดมีปริมาณมากกว่า 0.85 ตามที่มาตรฐานกำหนด และการที่มีปริมาณน้ำอิสระที่สูงส่งผลให้ปลาสลิดเน่าเสียได้ง่าย

5.2 ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวไม่ใส่ และใส่แผ่นดูดซับของเหลว รวมทั้งที่ปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดแบบสดและแบบแห้งร่วมแผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีนทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา

5.3 ปริมาณไขมัน ในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวไม่ใส่ และใส่แผ่นดูดซับของเหลว รวมทั้งที่ปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดแบบสดและแบบแห้งร่วมแผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณไขมันเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา

5.4 ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ซึ่งปริมาณ TBA ที่เพิ่มสูงนั้นส่งผลต่อกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้ การใส่แผ่นดูดซับของเหลว และซองเปลือกมะกรูดแบบสด และแบบแห้ง สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBA ได้ นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBA

5.5 ปริมาณ Total volatile base nitrogen (TVB-N) ในตัวอย่างปลาสลิดทุกๆการทดลอง มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ซึ่งปริมาณ TVB-N เป็นดัชนีบ่งชี้การเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ได้ โดยหากมีปริมาณ TVB-N มากกว่า 25 mg/100g FW แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นเกิดการเน่าเสียและรับประทานไม่ได้ ซึ่งในการทดลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และการใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเมื่อเปรียบเทียบการไม่ใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การใส่ซองเปลือกมะกรูดแบบสด หรือแบบแห้งร่วมแผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 11 วัน โดยที่มีปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 25 mg/100g FW

5.6 คุณภาพทางจุลินทรีย์ในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวเริ่มต้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด total coliform, *Escherichia coli*, *staphylococcus aureaus* และยีสต์รา มีปริมาณมากกว่ามาตรฐานกำหนด และในตัวอย่างปลาสลิดแดดเดียวไม่ใส่ และใส่แผ่นดูดซับของเหลว รวมทั้งที่ปลาสลิดแดดเดียวใส่ซองเปลือกมะกรูดแบบสดและแบบแห้งร่วมแผ่นดูดซับของเหลวบรรจุภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีการลดลงของปริมาณเล็กน้อย หรือมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา

5.7 ปริมาณ *Clostridium* spp. ในปลาสลิดเริ่มต้นมีปริมาณ 1.55 $x10^4$ CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 11 วันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 3.45$x10^4$ CFU/g

5.8 ปลาสลิดแดดเดียวใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และยังคงคุณภาพปลาสลิดแดดเดียว

5.9 การใช้เปลือกมะกรูดร่วมกับแผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ ทำให้ลักษณะของปลาสลิดแดดเดียวในบรรจุภัณฑ์ยังคงคุณลักษณะที่ดี และมีคุณภาพที่ดียาวนานขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่ม

ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ดังนั้นการใส่เปลือกมะกรูดร่วมกับการใส่แผ่นดูดซับของเหลวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการบรรจุปลาสลิดแดดเดียว

ข้อเสนอแนะ

1. ปลาสลิดแดดเดียว มีค่า water activity ไม่เป็นไปตามกำหนดที่ water activity ไม่เกิน 0.85 เนื่องจากผู้ผลิตนำปลาสลิดไปตากแดด โดยใช้สภาพภูมิอากาศในแต่ละวันแตกต่างกัน หากวันที่มีแดดจะได้ปลาสลิดที่แห้งดี หากตากในวันที่มีฝนตกมาก จะได้ปลาสลิดที่มีปริมาณความชื้นสูง

2. การใช้มะกรูดมีผลก่อให้เกิดการควบคุมคุณภาพปลาสลิดแดดเดียว ด้านคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) และปริมาณ Total volatile base nitrogen (TVB-N) แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่าไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งนี้ควรมีการปรับปรุงด้านสุขาภิบาลในการผลิตให้มากขึ้น

3. การใส่เปลือกมะกรูดในถุงสุญญากาศ มีผลทำให้ปลาสลิดแดดเดียวมีกลิ่นและสีของมะกรูดติดอยู่ที่ตัวปลา จึงอาจจะมีการพัฒนาวิธีการนำไปใช้ เพื่อคุณภาพที่ดีขึ้น

บรรณานุกรม

1. งามทิพย์ ภู่โรดม. การบรรจุอาหาร. กรุงเทพฯ: บ.เอส. พี. เอ็ม. จำกัด;2550.
2. นงนุช รักสกุลไทย. กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2538
3. นงลักษณ์ สุทธิวนิช. คุณภาพสัตว์น้ำ. สงขลา: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร.คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2531
4. มัทนา แสงจินดาวงษ์. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. กรุงเทพฯ: ภาควิชา ผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2545
5. สุทธวัฒน์ เบญจกุล. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2548
6. ศรวณีย์ รอดเที่ยง.ผลของกรดต่อคุณภาพและอายุการเก็บปลาสลิดเค็ม. [วิทยานิพนธ์]กรุงเทพ: สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542
7. Adams, M. R; Moss, M. O. Food Microbiology. Third Edition. Cambridge, UK : RSC Publishing; 2008, 463 p.
8. Appendini, P., Hotchkiss, J.H. Review of antimicrobial food packaging. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2002; 3: 113-126
9. A.O.A.C. Official Method of the Association of Official Analytical Chemists. 16th ed.Arlington. Virginia;2000.
10. Ashie, A., Smith, P., and Simpson, K. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish andshellfish. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 1996; 36 (2): 87-121
11. Aubourg, S., Medina, I., Influence of storage time and temperature on lipid deterioration during cod (*Gadusmorhua*) and haddock (*Melanogrammusaeglefinus*) frozen storage. Journal of the Science of Food and Agriculture.1999; 79: 1943-1948
12. Buege, J.E., Aust, S.D., Microsomal lipid peroxidation. Methods in Enzymology. 1978; 52: 302-304
13. Burt, J.R. Hypoxanthine: a biochemical index of fish quality. Process Biochemistry. 1977; 13(4): 32-35

14. Conway, E.J., Byme, A. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substance. The determination of ammonia. Journal of Biological and Chemistry.1936; 27: 419-429

15. Cooksey, K. Effectiveness of antimicrobial food packaging materials. Food Additives and Contaminants. 2005; 22: 980–987

16. Dixon, N.M., Kell, D.B. The inhibition by CO_2 of the growth and metabolism ofmicroorganism. Journal of Applied Bacteriology. 1989; 67(12): 109-136.

17. Douglas, J.R., and Nagel C.W. Growth inhibition of a Pseudomonas by carbon dioxide. Journal of Food Science.1967; 32 (8): 575-579

18. Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., Savvaidis, I.N. Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. Foodmicrobiology.2010;27: 115–121

19. Krzymien, M.E., and Elias. Feasibility study on the determination of fish freshness bytrimethylamine headspace analysis. Journal of Food Science. 1990; 55 (13): 1228-1232.

20. Mace, S., Cornet, J., Chevalier, F., Cardinal, M., Pilet, M.F., Dousset, X., Joffraud, J.J. Characterisation of the spoilage microbiota in raw salmon (*Salmo salar*) steaks stored under vacuum or modified atmosphere packaging combining conventionalmethods and PCR-TTGE. Food microbiology. 2012; 30: 164-172

21. Ozogul, F., Polat, A., Ozogul, Y. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardinapilchardus*). Food chemistry. 2004; 85: 49–57

22. Parry, R.T. Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods.Glasgow: Blackie.1993

23. Ray, B. Fundamental Food Microbiology. New York: CRC Press.1996

24. Ryder, J.M. Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fishmuscle by high performance liquid chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1985; 33 (3): 678-680

25. Toledo-Flores, L., Zall, R. Methods for extending the storage life of fresh tropical fish. In: Advances in Seafood Biochemistry; Composition and Quality. USA:Technomic, Lancaster. 1992; 233-243

26. Villarreal, B,Pozo, R. Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnusalalunge*). Journal of Food Science. 1990; 55: 678-682

ภาคผนวก

ตารางที่ ก.1.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Water activity (Aw)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	0.9816	0.9734	0.9718	0.9741	0.9702	-	-
RT +pad	0.9816	0.9793	0.9710	0.9761	0.9667	-	-
4°C	0.9816	0.9775	0.9738	0.9761	0.9768	0.9793	0.9758
4°C +pad	0.9816	0.9788	0.9727	0.9772	0.9758	0.9795	0.9743
C.V. (%)	0.19	0.52	0.51	0.52	0.49	0.54	0.52
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.1.2 ปริมาณไขมันทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Total fat (%)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	8.81	14.77^{bc}	6.39^{c}	12.29^{b}	19.46^{a}	-	-
RT +pad	8.81	15.94^{b}	12.07^{b}	18.92^{a}	17.42^{b}	-	-
4°C	8.81	17.84^{a}	11.78^{b}	13.03^{b}	19.06^{ab}	12.30	10.54
4°C +pad	8.81	13.49^{c}	17.42^{a}	10.11^{c}	11.99^{c}	13.95	9.79
C.V. (%)	11.53	6.40	9.09	7.18	6.20	7.64	9.87
F-test	ns	**	**	**	**	ns	ns

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.1.3 ปริมาณโปรตีนทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Total protein (%)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	5.94	5.88^{b}	6.41^{b}	6.75^{a}	6.34	-	-
RT +pad	5.94	6.69^{a}	6.54^{b}	6.94^{a}	6.76	-	-
4°C	5.94	5.76^{b}	6.87^{ab}	6.85^{a}	6.53	7.28^{a}	6.43^{a}
4°C +pad	5.94	6.35^{b}	7.06^{a}	5.93^{b}	6.57	6.56^{b}	5.60^{b}
C.V. (%)	4.32	3.91	3.65	3.76	3.75	3.46	4.05
F-test	ns	**	*	**	ns	*	*

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.1.4 ปริมาณ tribarbituric acid (TBA) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Thiobarbituric acid (TBA value)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	0.010	0.024[b]	0.013[a]	0.024[a]	0.094[a]		
RT +pad	0.010	0.021[c]	0.009[c]	0.017[b]	0.069[b]		
4°C	0.010	0.027[a]	0.008[c]	0.017[b]	0.037[c]	0.038[a]	0.087[a]
4°C +pad	0.010	0.009[d]	0.010[b]	0.007[c]	0.011[d]	0.024[b]	0.063[b]
C.V. (%)	8.73	4.13	6.98	5.07	1.64	2.59	1.03
F-test	ns	**	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.1.5 Total volatile base nitrogen (TVB-N) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Total volatile basic nitrogen (mg/100g FW)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	11.67	36.84[a]	46.80[a]	68.22[b]	159.81[a]		
RT +pad	11.67	22.49[b]	37.85[b]	74.86[a]	156.97[b]		
4°C	11.67	14.52[c]	13.84[c]	31.05[c]	38.58[c]	84.97[a]	100.50[a]
4°C +pad	11.67	13.02[d]	11.47[d]	11.45[d]	34.25[d]	65.78[b]	89.17[b]
C.V. (%)	3.77	1.93	1.53	1.10	0.93	1.38	0.44
F-test	ns	**	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.1.6 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Viable count (log CFU/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	8.54	8.86	9.36	8.73	8.11	-	-
RT +pad	8.54	8.98	8.94	8.79	8.12	-	-
4°C	8.54	8.99	8.57	8.18	8.52	8.43	8.48
4°C +pad	8.54	8.76	9.03	8.20	8.50	8.37	8.43

ตารางที่ ก.1.7 ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	*Staphylococcus aureus* (log CFU/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	6.95	6.90	6.89	6.80	5.75	-	-
RT +pad	6.95	7.09	6.99	6.85	5.78	-	-
4°C	6.95	6.79	6.96	6.58	6.93	5.62	6.76
4°C +pad	6.95	7.09	6.74	6.95	6.54	5.76	6.49

ตารางที่ ก.1.8 ปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	*Escherichia coli* (log MPN/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	7.380	7.653	6.875	6.301	6.041	-	-
RT +pad	7.380	6.633	7.380	6.875	6.633	-	-
4°C	7.380	8.041	6.875	6.633	6.968	6.633	6.633
4°C +pad	7.380	7.380	7.176	7.653	7.653	7.176	7.176

ตารางที่ ก.1.9 ปริมาณ Total coliform bacteria ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	*Total coliform bacteria* (log MPN/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	7.380	8.041	7.322	7.653	6.447	-	-
RT +pad	7.380	7.176	7.322	7.653	6.633	-	-
4°C	7.380	8.041	7.322	6.968	8.041	7.322	7.322
4°C +pad	7.380	8.380	8.041	8.041	8.041	8.041	8.041

ตารางที่ ก.1.10 ปริมาณยีสต์และราของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Yeast and Mold (log CFU/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT	8.51	9.02	9.01	8.59	7.88	-	-
RT +pad	8.51	8.57	9.05	8.46	7.83	-	-
4℃	8.51	8.75	9.00	8.41	8.51	8.53	8.58
4℃ +pad	8.51	8.53	8.91	8.23	8.44	8.46	8.65

ตารางที่ ก.2.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Water activity (Aw)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	0.9795	0.9756	0.9657	0.9677	0.9575[c]	-	-
RT +dry	0.9795	0.9773	0.9692	0.9747	0.9615[c]	-	-
4°C +fresh	0.9795	0.9777	0.9689	0.9745	0.9889[a]	0.9772	0.9838
4°C +dry	0.9795	0.9713	0.9686	0.9708	0.9737[b]	0.9745	0.9838
C.V. (%)	0.23	0.51	0.58	0.59	0.52	0.57	0.51
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.2.2 ปริมาณไขมันทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Total fat (%)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	11.32	12.63^{c}	20.96^{a}	27.03^{a}	17.39^{ab}	-	-
RT +dry	11.32	15.42^{b}	13.38^{b}	19.40^{c}	18.64^{a}	-	-
4°C +fresh	11.32	17.33^{a}	14.52^{b}	23.57^{b}	15.43^{c}	13.15^{b}	17.83^{b}
4°C +dry	11.32	17.89^{a}	14.75^{b}	20.68^{c}	15.69^{bc}	21.85^{a}	22.91^{a}
C.V. (%)	4.56	5.88	6.18	3.01	6.13	5.71	4.38
F-test	ns	**	**	**	*	**	**

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.2.3 ปริมาณโปรตีนทั้งหมดของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Total protein (%)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	6.17	7.58	7.25[a]	6.65[a]	5.34[c]	-	-
RT +dry	6.17	7.69	6.82[ab]	6.84[a]	5.91[b]	-	-
4°C +fresh	6.17	7.06	6.78[b]	6.79[a]	7.39[a]	7.60[a]	7.10
4°C +dry	6.17	7.50	6.49[ab]	5.82[b]	7.22[a]	6.25[b]	7.21
C.V. (%)	4.15	3.53	3.69	3.72	3.88	3.66	3.30
F-test	ns	ns	*	**	**	**	ns

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.2.4 ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA value) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Thiobarbituric acid (TBA value)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	0.012	0.033[a]	0.051[a]	0.064[a]	0.085[a]		
RT +dry	0.012	0.008[c]	0.048[b]	0.065[a]	0.069[b]		
4°C +fresh	0.012	0.012[b]	0.030[c]	0.026[b]	0.027[d]	0.058[a]	0.070
4°C +dry	0.012	0.014[b]	0.030[c]	0.026[b]	0.028[c]	0.048[b]	0.071
C.V. (%)	4.95	5.48	2.06	2.02	1.35	2.03	1.29
F-test	ns	**	**	**	**	**	ns

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.2.5 Total volatile base nitrogen (TVB-N) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Total volatile basic nitrogen (mg/g FW)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	6.95	14.38[a]	22.13[a]	52.98[a]	72.63[a]	-	-
RT +dry	6.95	13.67[a]	16.41[b]	47.58[b]	64.20[b]	-	-
4°C +fresh	6.95	8.88[b]	9.78[c]	11.08[c]	16.34[c]	16.75[a]	22.17[a]
4°C +dry	6.95	6.92[c]	6.84[d]	7.95[d]	10.99[d]	10.86[b]	16.71[b]
C.V. (%)	15.11	9.35	2.98	1.40	0.98	2.97	2.16
F-test	ns	**	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ก.2.6 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Viable count (log CFU/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	8.50	8.70	9.46	9.07	8.99	-	-
RT +dry	8.50	8.65	9.03	8.85	9.23	-	-
4°C +fresh	8.50	8.64	9.00	8.92	8.64	9.21	9.27
4°C +dry	8.50	8.63	9.04	8.99	8.64	9.21	8.74

ตารางที่ ก.2.7 ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	*Staphylococcus aureus* (log CFU/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	6.66	6.67	5.73	4.85	6.53	-	-
RT +dry	6.66	6.66	5.53	4.94	4.82	-	-
4°C +fresh	6.66	5.86	5.60	3.40	4.84	4.53	5.89
4°C +dry	6.66	6.67	6.56	4.70	4.70	4.49	5.82

ตารางที่ ก.2.8 ปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	*Escherichia coli* (log MPN/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	8.041	8.041	8.041	6.362	7.176	-	-
RT +dry	8.041	8.380	7.176	6.362	6.633	-	-
4°C +fresh	8.041	7.322	7.176	7.380	6.633	7.176	7.176
4°C +dry	8.041	7.176	6.875	6.362	7.176	6.633	6.633

ตารางที่ ก.2.9 ปริมาณ Total coliform bacteria ของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	*Total coliform bacteria* (log MPN/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	8.380	8.380	8.380	6.875	8.380	-	-
RT +dry	8.380	8.380	8.380	7.380	8.041	-	-
4°C +fresh	8.380	7.322	8.041	7.653	8.041	8.041	8.380
4°C +dry	8.380	8.380	8.380	6.875	7.322	6.968	7.322

ตารางที่ ก.2.10 ปริมาณยีสต์และราของปลาสลิดแดดเดียวภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับผิวเปลือกมะกรูดในซอง (Sachet) โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส

treatment	Yeast and Mold (log CFU/g)						
	Days after storage						
	0	1	3	5	7	9	11
RT +fresh	8.50	8.48	9.16	9.07	9.03	-	-
RT +dry	8.50	9.04	8.87	9.01	8.67	-	-
4℃ +fresh	8.50	8.84	9.14	9.00	8.50	9.33	9.26
4℃ +dry	8.50	8.84	9.03	9.00	8.96	9.27	9.03

ประวัติย่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล ชวนพิศ จิระพงษ์

ประวัติการศึกษา ปร.ด.

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์/~~โทรสาร~~ 0845144658 E-mail yang_dede@hotmail.com

ผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล อลิษา สุนทรวัฒน์

ประวัติการศึกษา วท.ม.

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์/~~โทรสาร~~ 0890203104 E-mail alis_peep@hotmail.com

ผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร

ประวัติการศึกษา Ph.D.

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์/~~โทรสาร~~ 0865245998 E-mail chairat.tec@gmail.com

ผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล พรพิมล กาญจนวาศ

ประวัติการศึกษา ปร.ด.

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์/~~โทรสาร~~ 0944938206 E-mail kanjanavas@hotmail.com

ผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล ปียนันท์ น้อยรอด

ประวัติการศึกษา ปร.ด.

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์/~~โทรสาร~~ 0636615095 E-mail peeyanun@gmail.com