

✓ บรรจุภัณฑ์สุญญากาศสำหรับปลาสดเค็มเดียว
Vacuum Packaging for Dried Snakeskin Gourami
(*Trichogaster pectoralis*)

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร

พรพิมล กาญจนวาศ

อลิษา สุนทรวัฒน์

ชวนพิศ จิระพงษ์

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีการศึกษา 2557

ชื่อเรื่อง บรรจุก๊าซสุญญากาศสำหรับพลาสติกแตกเดี่ยว
ผู้วิจัย ชัยรัตน์ เตชวุฒิมิตร
 อลิษา สุนทรวัฒน์
 ชวนพิศ จิระพงษ์
 พรพิมล กาญจนवास
สถาบัน มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ปีที่พิมพ์ 2561
สถานที่พิมพ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
แหล่งที่เก็บรายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
จำนวนหน้างานวิจัย 74 หน้า
คำสำคัญ พลาสติกแตกเดี่ยว การบรรจุก๊าซ การเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w), ค่าความเป็นกรด-เบส) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่า thiobarbituric acid (TBA) ปริมาณโปรตีน และไขมัน) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ (Total plate count และ Yeast & Mold) ในระหว่างการเก็บรักษาของพลาสติกแตกเดี่ยวภายใต้บรรจุก๊าซสุญญากาศ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ซึ่งการทดลองที่ 1 ประกอบด้วยชุดควบคุมที่ไม่ทำการบรรจุ และการบรรจุภายใต้สุญญากาศด้วยบรรจุก๊าซชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Polyethylene (PE; ความหนา 96.5 ไมครอน), Polyethylene (EPE; ความหนา 116 ไมครอน), Aluminum foil (Al-foil; ความหนา 116 ไมครอน) และ Metalized film (Met; ความหนา 75 ไมครอน) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในวันที่ 0 1 3 5 และ 7 ระหว่างการทดลอง พบว่า เนื้อพลาสติกในชุดควบคุม ปริมาณจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-เบส ค่า a_w และ TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ ปริมาณความชื้นและโปรตีนลดลงอย่างรวดเร็ว ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ค่าความเป็นกรด-เบส และ TBA ของเนื้อพลาสติกในชุดการทดลองควบคุม PE, EPE, Al-foil และ Met มีค่าเท่ากับ 6.52 6.20 6.24 6.28 และ 6.40 ($p \leq 0.05$) และ 1.448 1.425 1.420 1.407

และ 1.401 ppm ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ การบรรจุภายใต้สุญญากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยวได้ โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ PE และ EPE ดังนั้น จึงนำมาศึกษาผลร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจนในการทดลองที่ 2 โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ (1) PE ปราศจากตัวดูดออกซิเจน (PE), (2) PE กับตัวดูดออกซิเจน (PEO), (3) EPE ปราศจากตัวดูดออกซิเจน (EP) และ (4) EPE กับตัวดูดออกซิเจน (EPO) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-เบส TBA และไขมัน (ไขมันทั้งหมด และกรดไขมัน) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w และโปรตีน ลดลงในทุกชุดการทดลอง ปริมาณจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่บรรจุร่วมกับตัวดูดออกซิเจนมีจำนวนน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่บรรจุตัวดูดออกซิเจน ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณไขมัน และกรดไขมัน (อิ่มตัว และไม่อิ่มตัว) ในชุดการทดลอง EP และ EPO มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า TBA ในตัวอย่างเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว นอกจากนี้ ค่า TBA และปริมาณกรดไขมัน สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสดและอายุการเก็บรักษาของพลาสติกแตกเดี่ยวได้

Research Title : Vacuum Packaging for Dried Snakeskin Gourami (*Trichogaster pectoralis*)

Researchers : Chairat Techavuthiporn
Alisa Soontornwat
Chuanpis Jirapong
Pornpimon Kanjanavas

Institution : Huachiew Chalermprakiet University

Year of Publication : 2018

Publisher : Huachiew Chalermprakiet University

Sources : Huachiew Chalermprakiet University

No. of pages : 74 pages

Keywords : Dried solid fish, Packaging, Storage, Quality changes

Copyright : Huachiew Chalermprakiet University

ABSTRACT

The aim of this study was to monitor changes in selected physical (moisture content, water activity (a_w), pH values), chemical (TBA, thiobarbituric acid value, protein, fat contents) and microbiological (Total plate count and Yeast & Mold) properties in the shelf life of dried Snake skin fish under vacuum conditions. The study was divided into 2 parts. Firstly, control sample was simply kept without packaging at 4°C, while another 4 experimental samples were packaged in a different commercial vacuum namely Polyethylene (PE; 96.5 micron in thickness), Polyethylene (EPE; 116 micron in thickness), Aluminum foil (Al-foil; 116 micron in thickness) and Metalized film (Met; 75 micron in thickness), respectively which were stored at the same temperature condition. Analyzed were performed on storage period at 0, 1, 3, 5 and 7 days. During the experiment, microbial count, pH, a_w and TBA values increased significantly in control sample, whereas moisture and protein contents dramatically decreased in control fish. At the end of storage, pH value was

at 6.52, 6.20, 6.24, 6.28 and 6.40 ($p \leq 0.05$) in the muscle of control, PE, EPE, Al-foil and Met, respectively, and TBA content was at 1.448, 1.425, 1.420, 1.407 and 1.401 ppm ($p \leq 0.05$), respectively. Vacuum packaging effectively slowed down quality changes in dried Snake skin fish muscle especially in both PE and EPE vacuum-package. Consequently, the effect of vacuum-package using PE and EPE combined with O_2 -absorber on quality changes of dried Snake skin fish was continually examined in the second experiment. Four set of fish sample were separately packaged in different type of conditions namely (1) PE without O_2 -absorber (PE), (2) PE with O_2 -absorber (PEO), (3) EPE without O_2 -absorber (EP) and (4) EPE with O_2 -absorber (EPO). The results showed that microbial count, pH, TBA, and fat (total fat and fatty acid) contents increased, whereas moisture, a_w and protein contents decreased in all treatments. The amount of microbial count was lower in treatment of vacuum-packaged fish combined with O_2 -absorber than that in treatment without O_2 -absorber. However, pH and TBA content was higher in PE and EP combined with O_2 -absorber throughout storage period. On monitoring day 9, the fat content and both saturated and unsaturated fatty acid contents in treatment of EP and EPO increased significantly ($p \leq 0.05$). Fat content and fatty acid were correlated with TBA value in muscle of fish sample. Furthermore, thiobarbituric acid value and fatty acid can be recommended as suitable indicators of freshness and shelf life.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และอาจารย์ ทุกๆ ท่าน ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ดร. ศิริวรรณ ตันตระวานิช คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ให้การสนับสนุน และผลักดันให้เกิดงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณทางมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี มา ณ โอกาสนี้

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร

อลิษา สุนทรวัฒน์

ชวนพิศ จิระพงษ์

พรพิมล กาญจนवास

พฤษภาคม 2561



บทที่ 5	ระเบียบวิธีวิจัย	
5.1	อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	17
5.2	วิธีดำเนินการวิจัย	18
5.3	การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	22

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ปลาแดดเดียว	5
2.2 การหมักเกลือ (curing)	6
2.3 การเสื่อมเสียคุณภาพของปลาสด	6
2.4 บรรจุภัณฑ์อาหาร	12
2.5 การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศของก๊าซ	12
2.6 การบรรจุแบบแอคทีฟ (Active packaging)	14
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	17
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4	ผลการวิจัย	
	4.1 ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของ พลาสติกแตกเดียว	23
	4.2 ผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจน ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดียว	34
บทที่ 5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
	สรุปผลการวิจัย	46
	อภิปรายผล	46
	ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม		51
ภาคผนวก		
	ประวัติย่อผู้วิจัย	58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบของบรรยากาศปกติ วัดที่ระดับน้ำทะเล	13
4.1.1	ปริมาณไขมันและกรดไขมันของพลาสติกแตกเดี่ยว	32
4.2.1	ปริมาณไขมันและกรดไขมันของพลาสติกแตกเดี่ยวบรรจุถุงสุญญากาศ	42



4.1.4	ค่าความเข้มข้นของไขมันและกรดไขมันในพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกใสเนื้อทึบ หน้า 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกใสเนื้อทึบ หน้า 116 ไมครอน (EPE) ถุงสุญญากาศทึบ หน้า 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงมัลติเลเยอร์ หน้า 75 ไมครอน (Met) ความถี่วัด (จำนวนครั้งค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ครั้ง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD))	27
-------	--	----

สารบัญรูปร่าง

ภาพที่		หน้า
3.1	แสดงกราฟมาตรฐาน 1,1,3,3-tetrameth-oxypropane	21
4.1.1	แสดงพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) (1) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) (2) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) (3) และ ถุงเมทัลโลท์ หนา 75 ไมครอน (Met) (4) ตามลำดับ	23
4.1.2	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนในพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลโลท์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))	25
4.1.3	ปริมาณยีสต์และราที่ปนเปื้อนในพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลโลท์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))	26
4.1.4	ค่าความเป็นกรด-เบส (pH value) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลโลท์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))	27

สารบัญญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1.5	28
<p>ปริมาณความขึ้นของเนื้อพลาสติกแตกเดียวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุใน ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุง เมทัลไลต์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	
4.1.6	29
<p>ค่า water activity (aw) ของเนื้อพลาสติกแตกเดียวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุ ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลต์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	
4.1.7	30
<p>ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อพลาสติกแตกเดียวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลต์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	
4.1.8	31
<p>ปริมาณโปรตีนของเนื้อพลาสติกแตกเดียวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุใน ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุง เมทัลไลต์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

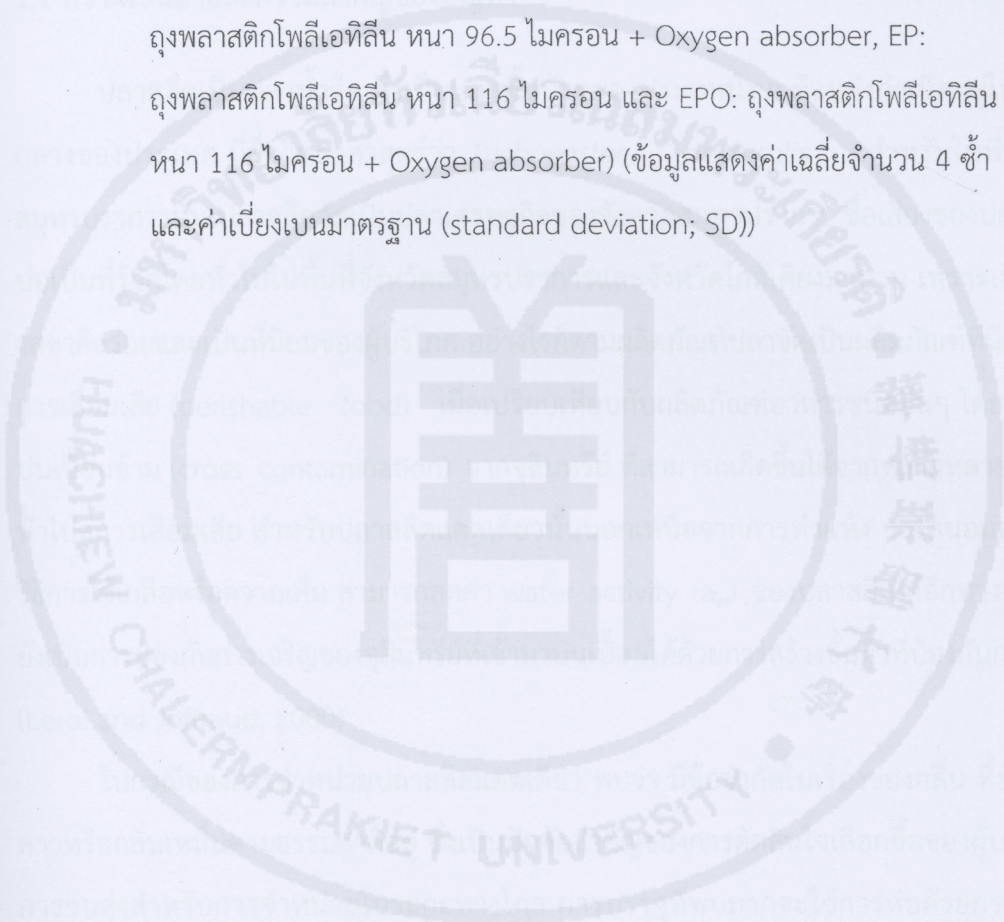
ภาพที่	หน้า	
4.2.1	<p>ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนของพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุใน ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	35
4.2.2	<p>ปริมาณยีสต์และราที่ปนเปื้อนของพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลี เอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลี เอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอ ทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	36
4.2.3	<p>ค่าความเป็นกรด-เบส (pH value) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุใน ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	37
4.2.4	<p>ปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	38

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
4.2.5	<p>ค่า water activity (aw) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	39
4.2.6	<p>ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	40
4.2.7	<p>ปริมาณโปรตีนของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	41
4.2.8	<p>ปริมาณ Palmitic acid และ Stearic acid ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))</p>	43

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2.9 ปริมาณ Oleic acid และ Linoleic acid ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุใน ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))	44



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลาสติกเป็นพลาสติก ซึ่งเป็นปลาพื้นบ้านของประเทศไทย มีแหล่งกำเนิดอยู่ในที่ลุ่มภาคกลางของประเทศไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Trichogaster pectoralis* สำหรับในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการนั้น พลาสติกจัดเป็นปลาเศรษฐกิจของจังหวัดสมุทรปราการ ชื่อเสียงของพลาสติกบางบ่อเป็นที่รู้จักโดยทั่วไปในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการและจังหวัดใกล้เคียงมานาน เพราะเป็นปลาที่มีรสชาติอร่อยและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ปลาจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อการเสื่อมเสีย (perishable food) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะการปนเปื้อนข้าม (cross contamination) จากจุลินทรีย์ ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากหลากหลายแหล่งที่จะนำไปสู่การเสื่อมเสีย สำหรับพลาสติกแดงเดี่ยวนั้นนอกเหนือจากการทำแห้ง การถนอมอาหารด้วยวิธีการใช้เกลือหรือความเค็ม สามารถลดค่า water activity (a_w) ของพลาสติกได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่เข้ามาปนเปื้อนได้ด้วยการสร้างชั้นผิวที่ป้องกันการเจริญได้ (Leroi and Joffraud, 2000)

ในกรณีของการจำหน่ายพลาสติกแดงเดี่ยว พบว่า มีข้อจำกัดในเรื่องของกลิ่น ที่ยังคงมีกลิ่นคาวหรือกลิ่นเหม็นตามธรรมชาติอยู่ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค และการขนส่งสำหรับการจำหน่ายในระยะทางไกล การบรรจุที่พบมากจะใช้การห่อด้วยกระดาษ เมื่อลูกค้าสั่งซื้อจึงบรรจุถุงพลาสติก ซึ่งยังคงพบว่ามีปัญหาในด้านกลิ่นรบกวนหากทำการขนส่งในระยะทางไกล เป็นผลจากการบรรจุที่ไม่ถูกต้อง และยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของพลาสติกแดงเดี่ยวเสื่อมเสียได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นการเพิ่มรูปแบบบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะการจำหน่ายในชุมชน รวมไปถึงการขนส่งไปจำหน่ายในระยะทางไกล อย่างต่างประเทศ ควรจะมีการบรรจุหีบห่อในกล่องหรือบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นเฉพาะที่เหมาะสมกับการบรรจุพลาสติกแดงเดี่ยว บรรจุภัณฑ์ที่สามารถเก็บกลิ่นรบกวนได้ จะทำให้ความมั่นใจแก่ผู้ซื้อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ดังนั้น การนำหลักการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการจัดจำหน่ายเป็นสิ่งจำเป็น

การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นวิธีการบรรจุที่นิยมใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค และพร้อมปรุง สำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติก หรือ ภาชนะที่ผ่านกระบวนการ เช่น การต้ม การหมักเกลือ นั้น จะทำการเก็บรักษาร่วมกับการใช้ความเย็น (4-8 องศาเซลเซียส) บรรจุภัณฑ์สุญญากาศเป็นวิธีกำจัดอากาศภายในออกจากบรรจุภัณฑ์และทำการปิดผนึกเพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของอากาศทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ปราศจากออกซิเจนที่จะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้มากกว่าการเก็บรักษาแบบดั้งเดิม (conventional storage method) ได้นานกว่า 3 ถึง 5 เท่า ทั้งนี้ การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นหนึ่งทางเลือกของการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการจำหน่าย การขนส่ง และการส่งออก ทั้งนี้ เพื่อลดปัญหาทางด้านกลิ่นรบกวนที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สามารถส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์อาหารได้

บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active packaging) เป็นหนึ่งนวัตกรรมที่สามารถทำหน้าที่เช่นเดียวกับบรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถปรับเปลี่ยนสถานะต่างๆ ของบรรจุภัณฑ์และคงรักษาสถานะดังกล่าวได้ตลอดอายุการเก็บรักษาเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อความปลอดภัย หรือเพื่อคงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Ozdemir and Floros, 2004) สารดูดออกซิเจน หรือ Oxygen absorber จัดเป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟประเภทหนึ่งที่มีความสามารถในการกำจัด หรือ ลดปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศโดยรอบของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุได้ เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการประยุกต์ใช้วิธีการบรรจุแบบสุญญากาศในการเก็บรักษาพลาสติกแตกเดี่ยว ร่วมกับการใช้บรรจุแอคทีฟ คือ ตัวดูดออกซิเจน ที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของพลาสติกแตกเดี่ยว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการบรรจุพลาสติกแตกเดี่ยวภายใต้สุญญากาศ
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้สุญญากาศ
3. เพื่อศึกษาผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้สารดูดออกซิเจนในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การบรรจุพลาสติกในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ สามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุออกไปก่อนการปิดผนึก เป็นการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ซึกลงทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของเนื้อปลาได้ รวมไปถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้นั้นมีผลต่อคุณภาพการบรรจุ นอกจากนี้ การบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หรือ การใช้สารดูดออกซิเจน สามารถคงคุณภาพด้านเคมีกายภาพและด้านจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

นำพลาสติกแตกเดี่ยวจากบ่อเลี้ยงจังหวัดสมุทรปราการ มาทำการคัดเลือกขนาด น้ำหนัก กำหนดให้พลาสติก 1 กิโลกรัมต่อพลาสติก 10 ตัว เพื่อทำการศึกษารูปแบบของการบรรจุภัณฑ์ สำหรับการเก็บรักษาพลาสติกแตกเดี่ยว โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ พลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene; PE) ฟิล์มอลูมิเนียม (Aluminium foil; Al-foil) และ ฟิล์มพลาสติกเคลือบโลหะ (Metalized film; Met) นำมาบรรจุภายใต้สุญญากาศ เพื่อศึกษาคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการบรรจุพลาสติกแตกเดี่ยว จากนั้นจึงบรรจุร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ได้แก่ สารดูดออกซิเจน หรือ Oxygen absorber เพื่อเปรียบเทียบผลที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกแตกเดี่ยว

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (ลักษณะปรากฏ) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และค่า water activity) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ (Total plate count และ Yeast and Mold) โดยทำการวิเคราะห์เป็นแบบ Interval จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับพลาสติกแตกเดี่ยวเพื่อการส่งออก และสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปพลาสติกในศูนย์การเรียนรู้ชุมชนคลองด่าน และเป็นแนวทางการควบคุมคุณภาพของทรัพยากรพลาสติกในประเทศ

นอกจากนี้ สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ก่อให้เกิดการต่อยอดงานวิจัย ในรูปแบบ
บูรณาการจากศาสตร์ด้านต่างๆ ได้แก่ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้มีความน่าสนใจและดึงดูด
ผู้บริโภค รวมไปถึงการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพของปลาสดแช่แข็งได้รวม
ไปถึงเป็นแนวทางสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ ต่อไป



1. ปลา กุ้ง ไม่เกิน 0.8%
2. Staphylococcus aureus ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อกรัม
3. Escherichia coli ต้องน้อยกว่า 50 โคโลนีต่อกรัม
4. อี.โคไล ต้องน้อยกว่า 500 โคโลนีต่อกรัม
5. ต้องเป็นปลาสดแช่แข็ง
6. ปลาสดต้องเป็นปลาธรรมชาติปลาแช่แข็ง
7. ปลาสดต้องเป็นปลาที่จับได้สดๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลาสลิดหรือปลาใบไม้เป็นปลาน้ำจืด ซึ่งเป็นปลาพื้นบ้านของประเทศไทย มีแหล่งกำเนิดอยู่ในที่ลุ่มภาคกลาง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Trichogaster pectoralis* และนิยมเลี้ยงกันมากบริเวณภาคกลาง ส่วนที่พบในประเทศเพื่อนบ้าน เช่น กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย อินโดนีเซีย อินเดีย ปากีสถาน ศรีลังกา และฟิลิปปินส์ นั้น เป็นพันธุ์ปลาที่ส่งไปจากเมืองไทย เมื่อประมาณ 80-90 ปีที่ผ่านมา (ปลาสลิด ออนไลน์: 15 สิงหาคม 2556) ปลาสลิดจัดอยู่ใน Family Anabantidae ซึ่งมีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น Snakeskin gourami, Sepat siam ซึ่งเป็นปลา ทั้งนี้มีปลาที่อยู่ในวงศ์เดียวกับปลาสลิด ได้แก่ ปลาหมอ ปลาหมอตาล ปลาแรด ปลากุ้ม ปลากัด และปลากะต๋ี่ (สัญญาชัย บุญญะธानी, 2548)

2.1 ปลาแดดเดียว

ปลาแดดเดียว หมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มาจากการนำปลาสดทั้งตัว หรือเกิดจากปลาสดที่ผ่านการตัดแต่งแล้วบางส่วน ได้แก่ ปลาช่อน ปลาสำลี ปลาสลิด เป็นต้น นำมาล้างให้สะอาด โดยที่อาจมีการปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ สมุนไพร ทำการหมักให้เข้ากันและทำให้แห้งพองหมาดๆ โดยการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือความร้อนจากแหล่งพลังงานอื่นๆ ซึ่งก่อนการบริโภคต้องนำไปปรุงสุกก่อน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ทั้งนี้ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดลักษณะพื้นฐานของปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) ดังนี้

1. ค่า a_w ต้องไม่เกิน 0.85
2. *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
3. *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 50 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
4. ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
5. สีต้องเป็นตามสีธรรมชาติของปลาแดดเดียว
6. กลิ่นรสต้องเป็นตามธรรมชาติของปลาแดดเดียว
7. ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องไม่แข็งกระด้าง หรือนิ่มเละ

พลาสติกแตกเดี่ยว หมายถึง พลาสติกสัดที่ได้ตัดแต่ง โดยขูดเกล็ด ตัดหัว ควกั้ และล้างให้สะอาดด้วยน้ำเกลือเจือจาง และผ่านการทำเค็มและการทำแห้ง โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พลาสติกแตกเดี่ยวแบ่งผลิตภัณฑ์ตามปริมาณเกลือได้เป็น 3 ชนิด คือ (ศรวิญญ์ รอดเที่ยง. 2542)

1. ชนิดเค็มน้อย ได้แก่ พลาสติกที่มีปริมาณเกลือน้อยกว่า ร้อยละ 5.0
2. ชนิดเค็มนปานกลาง ได้แก่ พลาสติกที่มีปริมาณเกลืออยู่ระหว่าง ร้อยละ 5.0 ถึง 10.0
3. ชนิดเค็มมาก ได้แก่ พลาสติกที่มีปริมาณเกลือมากกว่า ร้อยละ 10.0

2.2 การหมักเกลือ (Curing)

การหมักเกลือเกิดจากการใช้เกลือแกงธรรมดา โดยที่หากปริมาณเกลืออยู่ระหว่างร้อยละ 5-8 จะสามารถป้องกันหรือยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ ทั้งนี้ ในระหว่างกระบวนการหมักนั้นเกลือจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ ในขณะที่น้ำบางส่วนในเนื้อปลาจะไหลซึมออกมาเนื่องจากค่าความออสโมติกที่ต่างกันของสารละลายเกลือและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อปลา และการหมักเกลือเป็นระยะเวลาานาน ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของเนื้อปลา และความเค็มของผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะที่ต้องการของพลาสติกแตกเดี่ยว จะต้องมีขนาดที่สม่ำเสมอ ไม่มีเกล็ดติดอยู่ภายในช่องท้องต้องไม่มีเศษลำไส้ ลำตัวและผิวหนังต้องไม่แตกหรือฉีกขาด สีของปลาต้องไม่มีสีน้ำตาลอมแดงที่หนังปลาโดยเฉพาะบริเวณที่มีไขมันสูง ไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ มีค่า a_w ไม่เกิน 0.85 ปราศจากสิ่งแปลกปลอม จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจวัดได้ ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จำนวนจุลินทรีย์ *Staph. aureus* ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนราต้องไม่เกิน 2×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3 การเสื่อมเสียคุณภาพของพลาสติก

2.3.1 การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร

การเสื่อมเสียคุณภาพ หมายถึง อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะที่บ่งชี้ถึงคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่นรส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัส คุณค่าทางอาหาร ทั้งนี้ การเสื่อมเสียของอาหารเกิดขึ้นแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งอาหารตามความยากง่ายต่อการเน่าเสียได้ 3 ประเภทหลัก ดังนี้

1. **ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเน่าเสียยาก** คือ อาหารที่มีความคงตัวดี มีปริมาณน้ำหรือความชื้นน้อยมาก สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน กลุ่มอาหารประเภทนี้ ได้แก่ ธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง น้ำตาล และแป้ง

2. **ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเน่าเสียเร็วปานกลาง** คือ อาหารที่มีปริมาณน้ำหรือความชื้นค่อนข้างมาก แต่มีเนื้อเยื่อเกาะเกี่ยวที่ยึดติดกันแน่น และอาหารในกลุ่มประเภทนี้จะมีเปลือกหุ้มทำให้สามารถเก็บรักษาได้ค่อนข้างนาน ได้แก่ ผักและผลไม้บางชนิด

3. **ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเน่าเสียเร็ว** คือ อาหารที่มีปริมาณน้ำหรือความชื้นสูงมาก ส่งผลต่อการเน่าเสียที่ง่าย กลุ่มอาหารประเภทนี้ ได้แก่ ผลไม้ ผัก นมสด และเนื้อสัตว์ เป็นต้น

ปลา เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดการเสื่อมเสียได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ การเสื่อมเสียสามารถเกิดได้จากการสลายตัวของโปรตีน การเกิดปฏิกิริยาของไขมันกับออกซิเจน และการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อน (สุมาลี เหลืองสกุล, 2527; Dalgaard *et al.*, 1993)

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อปลาที่แสดงถึงการเสื่อมเสียทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้ คือ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อและผิวของปลา ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องจากการทำงานของเอนไซม์ เรียกว่า Enzymatic oxidation และไม่เกี่ยวข้องกัเอนไซม์ เรียกว่า non-enzymatic oxidation ที่ทำให้เนื้อปลามีสีที่เปลี่ยนไปจากเดิม

การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส หรือความแน่นเนื้อของปลา สาเหตุจากการสูญเสียสมบัติด้านการสปริงตัว (Springiness) ส่งผลต่อความนุ่มและที่เพิ่มมากขึ้นของเนื้อปลา ในระยะแรกของการเก็บรักษาปลาจะพบว่าความนุ่มและของเนื้อปลาเกิดจากการย่อยสลายของกล้ามเนื้อและการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) และมีการแยกตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibril) ในขณะที่ระยะต่อมาของการสูญเสียความแน่นเนื้อเป็นผลมาจากเอนไซม์โปรติเอสที่มีอยู่ในเนื้อปลารวมไปถึงเอนไซม์ที่มีอยู่ในจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน

การเปลี่ยนแปลงและการเกิดกลิ่นรส โดยกลิ่นรสที่แสดงออกทางกายภาพนี้เป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ได้เป็นสารประกอบประเภท คาร์บอนิล (Carbonyl compound) และ อัลกอฮอล์ ซึ่งประกอบด้วย เฮกซานอล, 1-octan-3-ol, 1,5-octadien-3-ol และ 2,5-octadien-1-ol รวมไปถึงกลิ่นผิดปกติต่างๆ (Off-odors) ที่เป็นการแสดงออกจากการย่อยสลายและแตกตัวของ

กรดอะมิโนจากการทำงานของแบคทีเรีย ได้แก่ cysteine และ methionine ได้เป็นสารประกอบประเภท trimethylsulfide และ H_2S (Potter and Hotchkis, 1995)

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ คือ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน (Rancidity) อีกทั้งยังพบว่ามีกรดไขมันที่จำเป็น (Essential fatty acid) ซึ่งกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่สำคัญ คือ กลไกอนุมูลอิสระ (Free radical mechanism) โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน (Toledo-Flores and Zall, 1992) ได้แก่

- ช่วงแรก (Initiation) ในขั้นตอนนี้ออนุมูลอิสระของกรดไขมัน ถูกสร้างขึ้นจากการกรดไขมันอิสระ โดยมีปัจจัยต่างๆ เป็นตัวเร่ง (Catalyst) ได้แก่ ความร้อน และแสง เป็นต้น
- ช่วงที่ 2 (Propagation) อนุมูลอิสระของกรดไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้อนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระตัวใหม่ เมื่อไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันตัวอื่น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ออโตออกซิเดชัน (Autoxidation)
- ช่วงที่ 3 (Termination) โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรเมื่ออนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันในขั้นตอนสุดท้ายนี้

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกรดไขมันในอาหาร และผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้แก่ (Aubourg and Medina, 1999)

1. องค์ประกอบของกรดไขมัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันมีมากขึ้น
2. เอนไซม์ การใช้ความร้อนเป็นกระบวนการที่สามารถทำลายเอนไซม์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ไลเปส (Lipase) และไลพอกซิจีเนส (Lipoxygenase)
3. ความชื้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันขึ้นอยู่กับความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งความชื้นนั้นมีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity หรือ a_w) โดยอาหารแห้งที่มีค่า a_w ประมาณ 0.3-0.4 จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาดำสุด และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ค่า a_w เพิ่มขึ้น

ค่าออกซิเจนแอคทีวิตี เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่ออายุการเก็บรักษาของอาหาร และการควบคุมการเสียของอาหาร เช่น แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ที่ค่าออกซิเจนแอคทีวิตี น้อยกว่า 0.91 ในขณะที่ เชื้อราส่วนใหญ่หยุดการเจริญเมื่อออกซิเจนแอคทีวิตี น้อยกว่า 0.80

4. อุณหภูมิ ผลผลิตอาหารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

5. ปริมาณออกซิเจน ออกซิเจนสามารถละลายได้ดีในไขมัน โดยปริมาณออกซิเจนในอากาศสามารถละลายในไขมันและทำปฏิกิริยากับไขมันได้

6. แสง แสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยเร่งชนิดอื่นๆ

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบส (ค่า pH) ของเนื้อปลา โดยที่ภายหลังการตายของปลาจะเกิดกระบวนการทางชีวเคมีในการใช้ไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หรือ anaerobic condition ได้ผลิตกรดแลคติกเกิดขึ้น ซึ่งกรดที่สร้างขึ้นมานี้เป็นผลทำให้ค่า pH ของเนื้อปลาลดลงได้ โดยทั่วไปแล้วการลดลงของค่า pH จะลดลงไม่ต่ำกว่า 6.2 เนื่องจากปริมาณที่น้อยของไกลโคเจนในเนื้อปลา ภายหลังจากมีการสร้างกรดแลคติกนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในเนื้อปลาจากการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนได้สารประกอบที่มีสมบัติเป็นเบส ส่งผลให้ค่า pH ของเนื้อปลาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า pH ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษาปลา (Sikorski, 1990)

นอกจากนี้ การติดตามผลของการเปลี่ยนแปลงทางเคมียังเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณภาพของเนื้อปลาได้ ดัชนีคุณภาพทางเคมี หรือ Chemical indicators ที่นิยมตรวจวัดเพื่อใช้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่

1. กลุ่มสารประกอบเอมีน ได้แก่ ไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (Trimethylamine oxide; TMAO) ไตรเมทิลเอมีน (Trimethylamine; TMA) และ ไดเมทิลเอมีน (Dimethylamine; DMA) สารเหล่านี้อยู่ในกระบวนการเปลี่ยนแปลง สลายตัวของสารประกอบที่ไนไซโปรตีน ส่งผลต่อการเกิดสารระเหยที่มีกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเน่า สำหรับ TMAO เป็นสารที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัวปลา พบได้มากในบริเวณผิวหนัง สามารถเปลี่ยนเป็น TMA จากกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (Trimethylamine oxidase) ที่มีอยู่ในแบคทีเรีย โดยที่ TMA ที่ผลิตได้ส่งผลต่อกลิ่นเหม็นเน่าและแปรผันตรงกับปริมาณแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในตัวปลาเองมีเอนไซม์ที่สามารถเปลี่ยน

TMAO เป็น DMA และ ฟอรั่มลดีไฮด์ ได้ โดยจากการทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้ง 2 ประเภทนี้ ทำให้ปริมาณเบสที่ระเหยได้ทั้งหมด หรือ Total Volatile Base (TVB) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้น ปริมาณ TMA ที่ผลิตจึงสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพการเสื่อมเสียของปลา โดยที่ปลาที่มีความสดและคงคุณภาพที่ดีต้องมีค่า TMA น้อยกว่า 1.5 mg TMA-N/100g sample สำหรับปลาที่มีกลิ่นเน่าไม่เป็นที่ยอมรับ พบว่า มีปริมาณสูงถึง 10-15 mg TMA-N/100g sample (Debevere and Boskou, 1996)

2. สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด หรือ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) เป็นสารประกอบที่บ่งชี้ถึงความสดของปลา เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนในตัวปลา โดยที่ปริมาณ TVB-N ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ลักษณะปรากฏและปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน (Ashie *et al.*, 1996)

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์

ชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการปนเปื้อน และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเสื่อมเสียคุณภาพสามารถเกิดได้จาก แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา โดยมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-เบส ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ มีดังนี้

1. องค์ประกอบของอาหาร

ชนิดของอาหารมีผลต่อการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหาร ที่จะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกันเช่นกัน ได้แก่ อาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นต้น

2. วอเตอร์แอกทีวิตี (Water activity; a_w)

น้ำอิสระ เป็นส่วนของน้ำที่มีการแทรกตัวอยู่ในระหว่างช่องว่างของอาหาร อีกทั้งยังพบว่ามี การเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหาร แต่แรงในการเกาะตัวไม่แข็งแรงมากนัก โดยที่มีสมบัติ เหมือนกับน้ำปกติและสามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์ โดยตรง ทั้งนี้ อาหารต่างชนิดกันที่มีความชื้นเท่ากันไม่จำเป็นต้องมีน้ำอิสระหรือค่าวอเตอร์แอกทีวิตี เท่ากัน อย่างไรก็ตาม ถ้าอาหารนั้นมีน้ำอิสระมากจะส่งผลต่อการเสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์ สามารถเจริญได้ดี สำหรับค่าจำกัดความของ วอเตอร์แอกทีวิตี คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอของ น้ำในอาหาร ต่อ ความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน (วิลโล รังสาทอง, 2546)

3. อุณหภูมิ

จุลินทรีย์มีช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญแตกต่างกัน ทั้งนี้ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมจุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตอยู่แต่เกิดการชะงักของการเจริญ อาหารที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิสูงจะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากจุลินทรีย์ สามารถเจริญได้มากกว่า ในทำนองเดียวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและทางชีวเคมี อัตราจะมี แนวโน้มเพิ่มมากขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส

4. ปริมาณออกซิเจน

อากาศ หรือ ออกซิเจนในบรรยากาศโดยรอบของผลิตภัณฑ์อาหารมีผลอย่างชัดเจนต่อการ เจริญของจุลินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ในอาหารที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในที่สุด

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Spoilage microorganisms) และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษ (Pathogenic microorganisms) โดยส่วนใหญ่ความผิดปกติ หรือสัญญาณบ่งบอกถึงอาหารที่เน่าเสีย สามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ กลิ่น รส หรือสี เป็นต้น ในขณะที่อาหารที่เป็นพิษนั้นอาจไม่แสดงอาการใดๆ แต่มีความเป็นพิษและเป็นอันตรายมากกับ ผู้บริโภค (Adam and Moss, 2008)

จุลินทรีย์ทั่วไป (microflora) สามารถปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ปลาได้ในส่วนต่างๆ ได้แก่ ลำไส้ เนื้อ หนัง ทั้งนี้ จุลินทรีย์ที่พบทั่วไปในลำไส้และผิวหนังปลา คือ *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium* และ *Micrococcus* โดยที่เมือกที่พบในปลาจะมีกลุ่ม แบคทีเรีย *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Saricina*, *Serratia*, *Vibrio* และ *Bacillus* ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์ที่พบในปลานั้นเป็นจุลินทรีย์ที่ พบได้ในแหล่งน้ำที่อาศัยหรือที่ทำกรเพาะเลี้ยงปลาเช่นกัน (Ray, 1996) ซึ่งจำนวนและชนิดของ จุลินทรีย์ที่พบจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและคุณภาพของน้ำที่อาศัยของปลา โดยอาจจะพบปริมาณ เชื้อแบคทีเรียได้ในปริมาณตั้งแต่ 10^3 - 10^5 CFU/g จากตัวอย่างในเหงือกและผิวหนังของปลา (Ashie *et al.*, 1996; Fraber *et al.*, 1990; Molin *et al.*, 1983)

สำหรับแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนในปลา ได้แก่ *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophilla*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium*

perfringens และ *C. botulinum* (Fraser and Sumar, 1998) ซึ่งหากมีการปนเปื้อนเกิดขึ้น จุลินทรีย์สามารถเจริญได้บนปลาและมีกิจกรรมที่ขึ้นอยู่กับสุขลักษณะและอุณหภูมิในการเก็บรักษา นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งอาจพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคอื่นๆ ได้แก่ *Salmonella Typhimurium* และ *Escherichia coli*

2.4 บรรจุภัณฑ์อาหาร (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทหลักได้แก่

1. หน้าที่ของการรวบรวมและรองรับ ได้แก่ การห่อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับจำนวน เพื่อบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ รวบรวมให้เป็นหน่วยเดียวกัน เพื่อการจำหน่าย ขนส่ง จัดเก็บ และการนำไปใช้อื่นๆ
2. หน้าที่ของการปกป้อง ค้ำครอง และป้องกัน ได้แก่ การปกป้องความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ภายในบรรจุภัณฑ์ที่อาจมีสาเหตุมาจากแรงทางกายภาพจากสิ่งแวดล้อมภายนอก หรือการป้องกันสิ่งแวดล้อมภายนอกจากผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์
3. หน้าที่ของการสื่อสาร ได้แก่ การส่งเสริมการขาย เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง รวมไปถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ตอบโจทย์ระดับสากล และทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหาร เช่น ข้อมูลด้านโภชนาการ ส่วนประกอบ ส่วนผสม วันหมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายต่างๆ ที่จำเป็นตามข้อกำหนด

2.5 การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศของก๊าซ

ปัจจุบันนี้ ได้มีการใช้พลาสติกในหลากหลายรูปแบบของประเภทงาน และแต่ละประเภทนั้น สามารถจำแนกออกได้ตามน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น นอกจากนี้ พลาสติกแต่ละชนิดยังสามารถทำปฏิกิริยากับพลาสติกชนิดอื่นๆ เพื่อทำให้มีสมบัติที่แตกต่างกันออกไปและตรงตามความต้องการของการใช้งาน นอกจากนี้ ยังสามารถใช้วัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (Flexible packaging) ได้เหมือนกับพลาสติก ได้แก่ Aluminum foil และ Metallised sheet เป็นต้น

การบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ หรือ Gas packaging หรือ Gas exchange packaging หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ ภายใต้อัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ ซึ่งมีอัตราส่วนแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ (ตารางที่ 2.1) สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์

อาหารให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ ทำได้โดยการดึงเอาอากาศภายในภาชนะบรรจุและหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไป และไม่มีกรีดก๊าซใดๆ ไปแทนที่ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกภาชนะ ซึ่งสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้จากการหดตัวของภาชนะบรรจุ

2.5.1 การบรรจุแบบปรับบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging: MAP)

การบรรจุแบบปรับบรรยากาศ เป็นอีกหนึ่งวิธีหรือเทคนิคที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการบรรจุอาหาร เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้ยาวนานขึ้น เพื่อควบคุมและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาพร้อมกับผลิตภัณฑ์อาหาร ที่อาจก่อให้เกิดการเน่าเสีย ได้แก่ *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter*, *Moraxella* (Fraser and Sumar, 1998) และที่อาจก่อให้เกิดโรค ได้แก่ *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *Staph. aureus* (Church and Parsons, 1995) อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้อาจส่งผลต่อการเจริญของ lactic acid bacteria

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของบรรยากาศปกติ วัดที่ระดับน้ำทะเล

ชนิดของก๊าซ	ความเข้มข้น ร้อยละ (%)
ไนโตรเจน (Nitrogen; N ₂)	78.03
ออกซิเจน (Oxygen; O ₂)	20.99
อาร์กอน (Argon; Ar)	0.94
คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide; CO ₂)	0.03
ไฮโดรเจน (H ₂)	0.01

ที่มา: Parry (1993)

2.5.2 การบรรจุแบบควบคุมสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซให้คงที่ (Controlled Atmosphere Packaging: CAP)

วิธีการบรรจุแบบนี้ เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารภายใต้สภาวะการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นหรือสัดส่วนของก๊าซในบรรยากาศ ด้วยวิธีการดึงก๊าซออกซิเจนออกไปจากภาชนะบรรจุ และทำการเติมก๊าซที่ต้องการเข้าไปแทนที่ โดยสามารถแทนที่ด้วยก๊าซชนิดเดียว หรือ ก๊าซผสม เพื่อให้มี

อัตราส่วนแตกต่างจากบรรยากาศปกติ และควบคุมอัตราส่วนของก๊าซให้ได้สัดส่วนที่แน่นอนและคงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (Parry, 1993)

2.5.3 การบรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum Packaging)

เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารในบรรจุภัณฑ์ประเภท ฟิล์ม โดยที่ฟิล์มดังกล่าวมีสมบัติหรือสามารถต้านทานการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้สูง เมื่อบรรจุเรียบร้อยแล้วจึงทำการดึงอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ออกจึงทำการปิดผนึกเพื่อให้ภายในเป็นสภาพสุญญากาศ ความดันภายในบรรจุภัณฑ์มีน้อยกว่าความดันบรรยากาศภายนอก และมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 1

การบรรจุผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งภายใต้สุญญากาศ เพื่อกำจัดก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ออกไปก่อนทำการปิดผนึก เป็นการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอสตาแซนทีน และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ชอบอากาศ อีกทั้งยังมีผลต่อการยับยั้งการผักตัวของไข่แมลงที่ปนเปื้อนมาในระหว่างการผลิตได้ (งามทิพย์ ภูโรดม, 2550)

การใช้ภาชนะบรรจุสุญญากาศกับผลิตภัณฑ์ปลาจะช่วยป้องกันการเกิดการเหม็นหืนที่มีสาเหตุจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราได้เช่นกัน ซึ่งภาชนะบรรจุที่เหมาะสมจึงควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี และมีลักษณะยืดหยุ่น ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดช่องว่างของอากาศกับบริเวณผิวของตัวปลา (Ozogul *et al.*, 2004; Frangos *et al.*, 2010; Mace *et al.*, 2012)

2.6 การบรรจุแบบแอคทีฟ (Active packaging) (งามทิพย์ ภูโรดม, 2550)

การบรรจุแบบแอคทีฟ หมายถึง วิธีการบรรจุที่ภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์ และสถานะแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ทางด้านอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัยให้สินค้า หรือเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ควบคู่ไปกับการถนอมและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย การบรรจุแบบแอคทีฟจึงเป็นนวัตกรรมทางการบรรจุ เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและเป็นการค้าในยุคใหม่ โดยการบรรจุที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ การใช้วัตถุดูด (Absorber) ได้แก่ สารดูดออกซิเจน สารดูดเอทิลีน สารดูดคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น และการใช้วัตถุปล่อยสาร (Emitter) ได้แก่ สารปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารปลดปล่อยก๊าซเอทานอล เป็นต้น ซึ่งการบรรจุแบบแอคทีฟยังรวมถึงการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซด้วย

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสามารถแบ่งตามลักษณะเทคโนโลยีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. **Sachet-based technology** คือ การใช้สารดูดหรือคายก๊าซ โดยบรรจุในซองที่มีขนาดเล็กๆ (Packet หรือ sachet) และ Sachet จะถูกใส่เพิ่มในภาชนะบรรจุหลักของอาหาร ซึ่งใช้งานแพร่หลายในอาหารอบแห้งต่าง ๆ ขนมเค้ก หรือเนยแข็ง รวมถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ปลา โดย Mexis *et al.* (2009) พบว่า การใช้สารดูดออกซิเจน (O_2 absorber) มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceae* และการผลิตสาร H_2S รวมไปถึงการคงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ Rainbow trout fillets

2. **Plastic packaging as media** คือ การผสมสารดูดหรือคายก๊าซในพลาสติกหรือฟิล์มที่เป็นบรรจุภัณฑ์โดยตรง ได้แก่ ฟิล์มที่มีสารผสมเพื่อยับยั้งหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรียในอาหารหรือการใช้ฟิล์มพลาสติกผสมด้วยสารดูดออกซิเจนเป็นซีล (Seal) ด้านในของฝาขวดเบียร์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dalgaard *et al.* (1998) พบว่า แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียชนิด *Photobacterium phosphoreum* สามารถถูกยับยั้งการเจริญบนเนื้อปลาคอด (Cod fillets) ภายใต้การปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของก๊าซในบรรยากาศ ร่วมกับการใช้สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลให้ลดอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้

Milijasevic *et al.* (2015) ศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรและบรรจุภัณฑ์สุญญากาศสำหรับการบรรจุปลา Trout (*Oncorhynchus mykiss*) และเนื้อปลา (*Cyprinus carpio*) พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Enterobacteriaceae* ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการทดสอบ 14 วัน

Kachele *et al.* (2017) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัสของ เนื้อปลาลิ้น หรือ Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) ภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศที่ความดันต่างกัน ได้แก่ 30 และ 50 kPa ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า ภายใต้การบรรจุด้วยความดัน 30 kPa เนื้อปลา Silver carp มีค่าความเป็นกรด-เบส และค่า Total volatile basic nitrogen (TVBN) น้อยกว่าการบรรจุด้วยความดัน 50 kPa และชุดควบคุม นอกจากนี้ ยังพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

He et al. (2018) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดีดแปรต่อคุณภาพของเนื้อปลานิล (*Tilapia muscle*) พบว่า การบรรจุแบบบรรยากาศดีดแปรมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าการบรรจุในอากาศปกติ ในขณะที่ ปริมาณคาร์บอนิล (Carbonyl content) มีปริมาณน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีน (Protein oxidation)

Ju et al. (2018) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลา Weever (*Micropterus salmoides*) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า บรรจุภัณฑ์สุญญากาศสามารถยับยั้งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ลดการผลิตสาร TVBN, Thiobarbituric acid (TBA) และค่า Peroxide รวมไปถึงการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้ดีกว่าชุดควบคุมที่มีการบรรจุแบบอากาศปกติ



3.1.2 วัสดุและสารเคมี

1. Plate Count Agar (PCA) (HiMedia, India)
2. Potato Dextrose Agar (PDA) (HiMedia, India)
3. Thiobarbituric acid (TBA) (Sigma-Aldrich, Canada)
4. สารเคมีสุญญากาศ 1,1,3,3-tetramethoxypropane (Sigma-Aldrich, Canada)
5. Copper sulphate Crystal (Sigma-Aldrich, Canada)
6. กรดคลอโรไทมาติก (Merck, German)
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (ORC, New Zealand)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมี ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องมือวิจัย

1. โกร่งบดสาร (Mortar)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง (ARC 120, OHAUS, USA)
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (PR224/E, OHAUS, USA)
4. เครื่องวัดความเป็นกรดเบส (pH 33, Horiba, Japan)
5. เครื่องอบลมร้อน (hot air oven) (UM500, Memmert, German)
6. เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (vacuum sealer) (VM-400TE/B, SGS, Thailand)
7. เครื่อง stomacher (BagMixer 400P, Interscience, France)
8. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) (RC 5 plus, SORVALL[®], USA)
9. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสาร (spectrophotometer) (UV-1800, Shimadzu, Japan)
10. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (WNB 14, Memmert, German)

3.1.2 สารเคมีและอาหารเพาะเชื้อ

1. Plate Count Agar (PCA) (Himedia, India)
2. Potato Dextrose Agar (PDA) (Himedia, India)
3. Thiobarbituric acid (TBA) (Sigma-Aldrich, Canada)
4. สารมาตรฐาน 1,1,3,3-tetrameth-oxypropane (Sigma-Aldrich, Canada)
5. Copper sulphate, Crystal (Sigma-Aldrich, Canada)
6. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Merck, German)
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (QReC, New Zealand)

8. โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) (Ajax, Australia)
9. กรดไฮโดรคลอริก (QReC, New Zealand)
10. เมทานอล (Merck, German)
11. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (Ajax, Australia)
12. บีโตรเลียมอีเทอร์ (QReC, New Zealand)
13. โบรอนไตรฟลูออไรด์ (BF₃) (Sigma-Aldrich, Canada)

3.1.4 แหล่งที่มาของพลาสติกที่ใช้ในการวิจัย

สั่งซื้อตัวอย่างพลาสติกแฉดเดี่ยว จากอำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ โดยทำการคัดเลือกคุณภาพปลาเบื้องต้นก่อนจากการพิจารณาขนาด รูปร่าง และน้ำหนัก (มีน้ำหนักประมาณ 100 กรัม ต่อปลา 1 ตัว) เพื่อให้มีความใกล้เคียงกัน ทั้งนี้กำหนดให้มีขนาดเฉลี่ย 10 ตัวต่ออีกิโลกรัม

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 เก็บตัวอย่างพลาสติก

ทำการคัดเลือกตัวอย่างพลาสติกให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีลักษณะผิดปกติ ได้แก่ สีผิดปกติ และรูปร่างผิดปกติ เป็นต้น รวมไปถึงสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า บรรจุพลาสติกแฉดเดี่ยวที่ผ่านการคัดเลือก 2 ตัวต่อบรรจุภัณฑ์ (สำหรับรูปแบบการขายเดี่ยว; Single serve) ในภาชนะบรรจุที่เตรียมไว้ข้างต้น ทำการบรรจุภายใต้ระบบสุญญากาศ และ ปิดผนึกด้วยความร้อน ด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศแบบตั้งโต๊ะ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดของบรรจุภัณฑ์ (ขนาด 8x12 นิ้ว) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแฉดเดี่ยว โดยมีชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1	ไม่ทำการบรรจุ (ชุดควบคุม; control)
ชุดการทดลองที่ 2	บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) หนา 96.5 ไมครอน
ชุดการทดลองที่ 3	บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (EPE) หนา 116 ไมครอน
ชุดการทดลองที่ 4	บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Al-foil) หนา 116 ไมครอน
ชุดการทดลองที่ 5	บรรจุในถุงเมทัลโลท (Met) หนา 75 ไมครอน

จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของพลาสติกเป็นระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณความชื้น ค่า aw ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) ปริมาณโปรตีน ปริมาณกรดไขมัน (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงดังหัวข้อที่ 3.2.2) โดยกำหนดให้มีการชักตัวอย่าง (Sampling) สำหรับการวิเคราะห์ ในวันที่ 0 1 3 5 และ 7

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์และสารดูดออกซิเจนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยว โดยมีชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1	บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE)
ชุดการทดลองที่ 2	บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ร่วมกับสารดูดออกซิเจน
ชุดการทดลองที่ 3	บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (EPE)
ชุดการทดลองที่ 4	บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (EPE) ร่วมกับสารดูดออกซิเจน

จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของพลาสติกเป็นระยะเวลา 9 วัน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณความชื้น ค่า aw ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) ปริมาณโปรตีน ปริมาณกรดไขมัน (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงดังหัวข้อที่ 3.2.2) โดยกำหนดให้มีการชักตัวอย่าง (Sampling) สำหรับการวิเคราะห์ ในวันที่ 0 2 4 6 และ 9

3.2.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพพลาสติก

3.2.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ (AOAC, 2000)

ชักตัวอย่าง 25 กรัม (เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น ARC-120, USA) นำไปผสมกับ 0.1% Peptone water (Himedia) ปริมาตร 225 ml ใส่ในถุง stomacher ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic techniques) จากนั้นนำไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher นำตัวอย่างที่ตีปั่นเรียบร้อยแล้วทำการเจือจาง (Serial dilution) โดยการปิเปต 1 ml ของตัวอย่างลงใน 0.1% peptone water ปริมาตร 9 ml เป็นการเจือจาง 10^{-2} เท่า ถึง 10^{-6} เท่าด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ปิเปตตัวอย่าง 20 μ l เพื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Drop plate บนอาหาร Plate Count Agar (PCA) (Himedia) และ Potato Dextrose Agar (PDA) (Himedia) และ 0.1 ml เพื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี spread plate เกลี่ยตัวอย่างบนอาหารแข็งด้วย Sterile spreader ความเจือจาง 10^{-4} ถึง 10^{-6} ทำการทดลองจำนวน

2 ซ้ำจากตัวอย่าง 3 ซ้ำต่อชุดการทดลอง นำไปบ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส (Memmert INE 500, Germany) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารแต่ละความเจือจาง บันทึกผล และคำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น CFU/g

3.2.2.2 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

บดตัวอย่างให้ละเอียด นำตัวอย่างที่บดได้วางลงบนบริเวณตรวจวัดของเครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter; HORIBA Compact pH meter pH33) จากนั้นจึงทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ทำการปรับตั้งเครื่องก่อนใช้งานทุกครั้งด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 4 และ 7

3.2.2.3 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธี AOAC (1990)

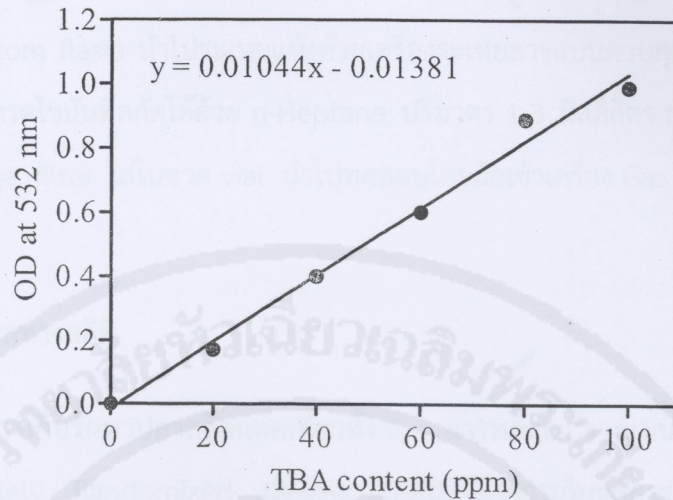
ชั่งตัวอย่างเนื้อปลา 5 กรัม (เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น ARC 120, USA) ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven; Memmert UM 500, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าความชื้นเป็นร้อยละ

3.2.2.4 การวิเคราะห์ค่า a_w (Water activity)

ทำการวิเคราะห์หาค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity; a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า a_w (Water activity analyzer) รุ่น Pre Aqualab ทำการวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างเนื้อปลาสดที่ทำกรปรับให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ใส่ตัวอย่างลงในลิ้นชักของเครื่องและทำการปิดลิ้นชัก ทำการหมุนลิ้นชักจากตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เพื่อทำการตรวจวัดค่า a_w โดยเครื่องจะแสดงผลของค่า a_w โดยค่าที่อ่านได้จะแสดงบนหน้าจอ LED พร้อมแสดงอุณหภูมิของตัวอย่าง

3.2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) (Buege and Aust, 1978)

ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 0.5 กรัม (Ohaus รุ่น ARC 120, USA) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง (Centrifuge tube) เติมสารละลาย TBA ลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (Memmert WNB 14, Germany) เป็นเวลา 10 นาที จะเกิดสีชมพูหรือชมพูอมส้ม ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง (RC 5 plus, SORVALL[®]) ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-1800 Shimadzu, Japan) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร หาปริมาณ TBA โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน 1,1,3,3-tetramethoxypropane ความเข้มข้น ระหว่าง 0-100 ppm



ภาพที่ 3.1 แสดงกราฟมาตรฐาน 1,1,3,3-tetrameth-oxypropane

3.2.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2012)

เตรียมตัวอย่างเนื้อปลา ชั่งน้ำหนัก 0.5-2 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่หลอดสำหรับย่อยโปรตีน/ไนโตรเจน (Digestion flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ) เติม Copper sulphate, Crystal 2 เม็ด และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (95-98%) จำนวน 20 มิลลิลิตร จากนั้น นำ Digestion flask เข้าเครื่องย่อยและทำการย่อยโดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 150-400 องศาเซลเซียส รวมทั้งหมด 6 ขั้นตอน ใช้เวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง โดยทำการย่อยจนได้สารละลายสีเขียวใสจึงปิดเครื่องย่อย ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงจนกระทั่งเย็น นำหลอดย่อยเข้าเครื่องกลั่น โดยเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ตามด้วย 40% NaOH 80 มิลลิลิตร ในขณะที่กลั่นมีขวดบรรจุ 4% H_2BO_3 80 มิลลิลิตร เพื่อจับก๊าซแอมโมเนีย จากนั้นจึงนำไปไตเตรทด้วยสารละลาย 0.1 N HCl วัดค่าพีเอชจนได้ค่าเท่ากับสารละลายก่อนการกลั่น ทำการบันทึกปริมาตร 0.1 N HCl ที่ใช้

3.2.2.7 การทดสอบหาปริมาณกรดไขมัน (Fatty acid)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.1 กรัม ใส่หลอดทดลอง เติม 0.5 N KOH in methanol ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จึงเติม Internal standard (C23:0) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จึงตั้งไว้ให้เย็น ทำการเติม 14% BF_3 ใน methanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (อิมตัว) 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทำการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ (ครั้งละ 4 มิลลิลิตร ทั้งหมด 3 ครั้ง) รวบรวมสารละลายที่ใส (อยู่ชั้นด้านบน) ที่สกัดได้ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flask) นำไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบควบคุมอุณหภูมิและความดันจนแห้ง ละลายกรดไขมันที่สกัดได้ด้วย n-Heptane ปริมาตร 1-3 มิลลิลิตร กรองสารละลายที่ได้ผ่าน nylon syringe filter ใส่ในขวด vial นำไปทดสอบโดยฉีดเข้าเครื่อง Gas chromatography (GC)

3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ในระหว่างการเก็บรักษาพลาสติกแตกเดี่ยวทั้ง 2 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ นำมาการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างของคุณภาพด้านต่างๆ จำนวนอย่างน้อย 4 ซ้ำ ต่อ ชุดการทดลอง ต่อ ครั้งของการชักตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ผล (โดยกำหนดให้ 1 ซ้ำ หมายถึง 1 บรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีตัวอย่างพลาสติกแตกเดี่ยว จำนวน 2 ตัว) รายงานผลการทดลองด้วยค่าเฉลี่ย \pm ค่าความแปรปรวน (Standard Deviation; SD) และทำการวิเคราะห์ผลความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง โดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) (Duncan's Multiple Range Test; DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสดแช่แข็ง

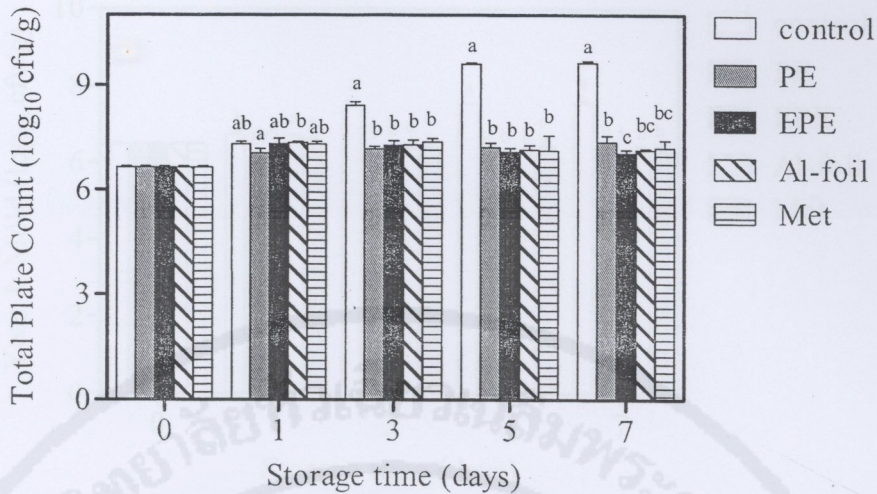
ผลของการบรรจุปลาสดแช่แข็งภายใต้ระบบสุญญากาศด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.1.1



ภาพที่ 4.1.1 แสดงปลาสดแช่แข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) (1) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) (2) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) (3) และ ถุงเมทัลไลท์ หนา 75 ไมครอน (Met) (4) ตามลำดับ

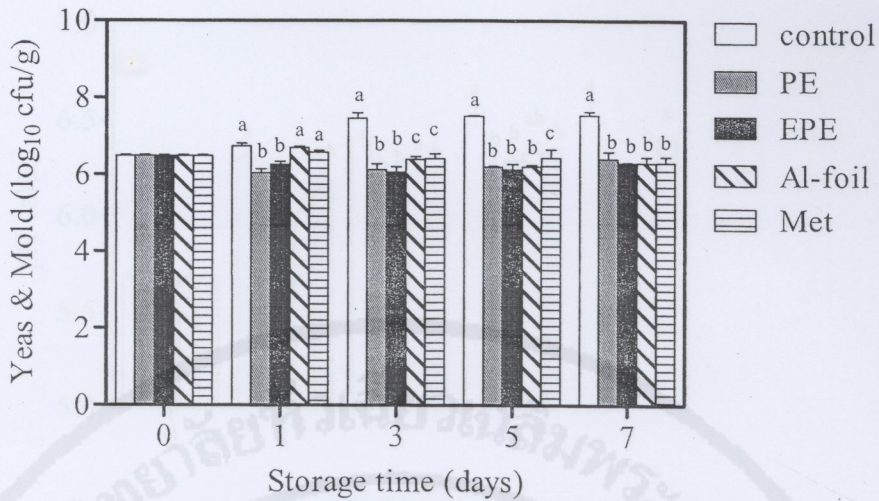
ภาพที่ 4.1.1 แสดงพลาสติกแตกเดี่ยวที่ผ่านการบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ภายใต้ระบบสุญญากาศ ภาพที่ 4.1.1 (1) และ (2) คือ ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) หนา 96.5 ไมครอน และ 116 ไมครอน ตามลำดับ ในขณะที่ ภาพที่ 4.1.1 (3) และ (4) คือ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Al-foil) หนา 116 ไมครอน และ ถุงเมทัลโลท์ (Met) หนา 75 ไมครอน ตามลำดับ จากการทดลอง ปัญหาที่พบจากการบรรจุในรูปแบบนี้ คือ พลาสติกที่บรรจุนั้นอาจมีตะกั่วที่นำมาใช้ในการทดลองได้ เนื่องจากตัวพลาสติกมีส่วนที่แหลมทำให้ระบบสุญญากาศไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการทดลองจึงต้องมีการปฏิบัติที่ดี โดยการจัดเรียงตัวปลาให้อยู่ในแนวระนาบเดียวกันกับภาชนะบรรจุ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว นอกจากนี้ การบรรจุโดยใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เป็นชนิดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สามารถมองเห็นถึงผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในได้ เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดลองในครั้งนี้

ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ค่ากรด-เบส ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณ Thiobarbituric acid ปริมาณโปรตีน และไขมัน ซึ่งมีผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.1.2 ถึง ภาพที่ 4.1.8 และตารางที่ 4.1.1 ดังนี้



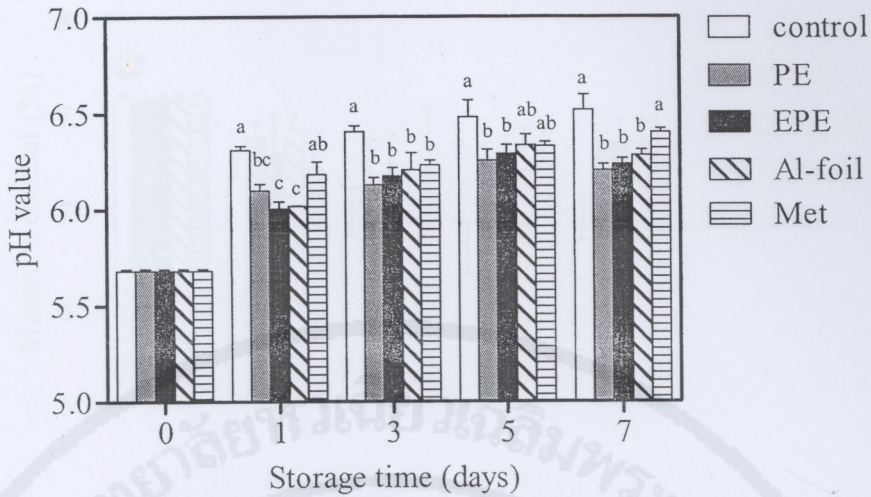
ภาพที่ 4.1.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนในพลาสติกแฉดเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลต์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการทดสอบปริมาณและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในพลาสติกแฉดเดี่ยว พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count; TPC) มีค่าเริ่มต้น 6.64 \log_{10} cfu/g และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสามารถพบการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในชุดการทดลองควบคุม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 9.63 \log_{10} cfu/g โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในพลาสติกแฉดเดี่ยวในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 3 และ 5 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้ ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า ชุดการทดลอง EPE มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ 7.05 \log_{10} cfu/g



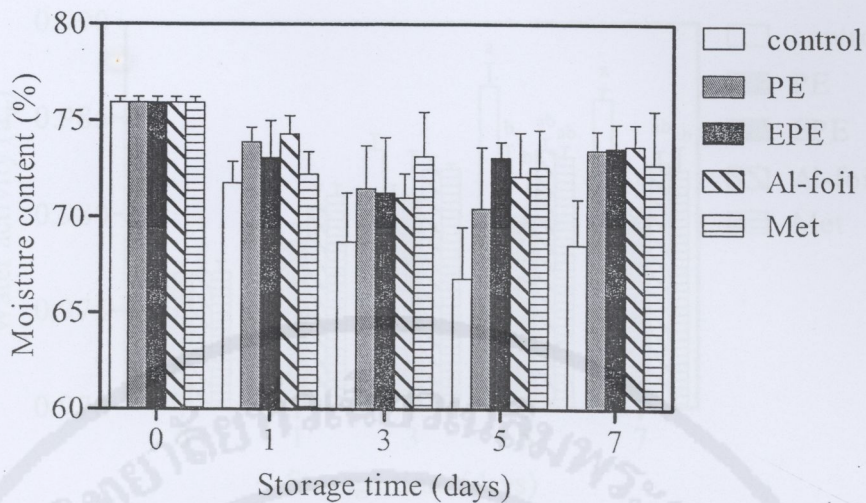
ภาพที่ 4.1.3 ปริมาณยีสต์และราที่ปนเปื้อนในพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และถุงเมทัลโลคหนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการวิเคราะห์ปริมาณและการเจริญของเชื้อยีสต์และราในพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่าปริมาณเชื้อยีสต์และรา มีค่าเริ่มต้น 6.49 \log_{10} cfu/g และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1.3 ปริมาณเชื้อยีสต์และรามีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในชุดการทดลองควบคุม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มจำนวนขึ้นมากที่สุดอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 7.56 \log_{10} cfu/g โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ปริมาณเชื้อยีสต์และราในพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด PE และ EPE มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองบรรจุภัณฑ์ชนิด Al-foil และ Met ซึ่งพบปริมาณการเจริญของเชื้อยีสต์และราที่มากกว่าในวันที่ 1 และ 3 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลอง Met มีปริมาณเชื้อยีสต์และรามากกว่า ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 6.44 \log_{10} cfu/g ทั้งนี้ ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า ชุดการทดลอง EPE มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ 6.31 \log_{10} cfu/g แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ทำการบรรจุในบรรจุภัณฑ์



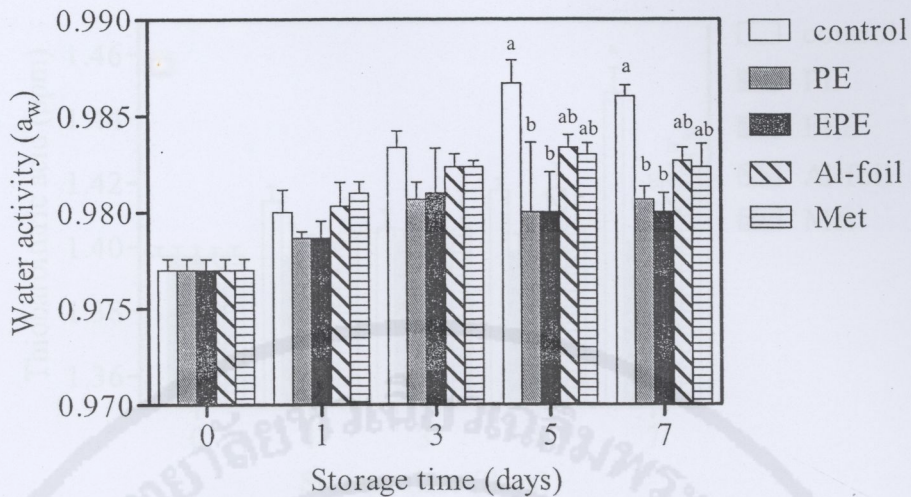
ภาพที่ 4.1.4 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH value) ของเนื้อปลาสลิดแดดเดียวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลต์หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบสของเนื้อปลาสลิดแดดเดียว พบว่า เนื้อปลาสลิดแดดเดียวมีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 5.68 และค่าความเป็นกรด-เบส มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1.4 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เนื้อปลาสลิดแดดเดียวในชุดควบคุมมีอัตราการเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.52 รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่บรรจุในถุงเมทัลไลต์ (Met) มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.40 ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองควบคุม ในขณะที่ ค่าความเป็นกรด-เบสระหว่างชุดการทดลอง Al-foil EPE และ PE ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.28 6.24 6.20 ตามลำดับ



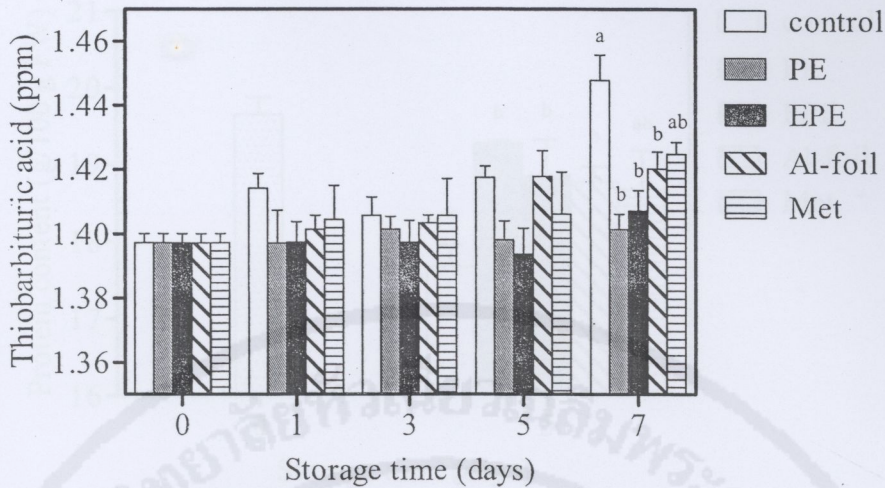
ภาพที่ 4.1.5 ปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลต์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 75.94 และปริมาณความชื้น มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง เนื่องจาก มีส่วนของเหลวที่ออกมาจากเนื้อปลาในขั้นตอนการทำสุญญากาศ แสดงดังภาพที่ 4.1.5 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดควบคุมมีอัตราการสูญเสียความชื้นมากที่สุด โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีปริมาณความชื้นเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 68.56 รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่บรรจุในถุงเมทัลไลต์ (Met) มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 72.74 ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองควบคุม ในขณะที่ ปริมาณความชื้นระหว่างชุดการทดลอง Al-foil EPE และ PE ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีร้อยละปริมาณความชื้น เท่ากับ 73.70 73.59 และ 73.50 ตามลำดับ



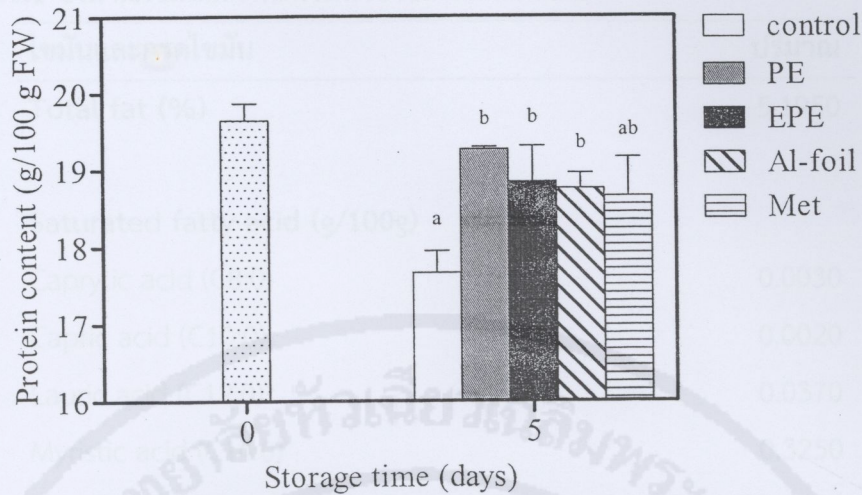
ภาพที่ 4.1.6 ค่า water activity (a_w) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลท์หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 0.977 ทั้งนี้ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1.6 นอกจากนี้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 1 และ วันที่ 3 พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดควบคุมมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 0.983 ในขณะที่ วันที่ 5 และ วันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดควบคุมมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.986 รองลงมา คือ ชุดการทดลอง Al-foil และ Met คือมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.983 และ 0.982 ตามลำดับ ในขณะที่ ชุดการทดลอง PE และ EPE มีค่า เท่ากับ 0.981 และ 0.980 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1.7 ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่ไม่บรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลไลต์หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ค่า TBA ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 1.397 ppm ทั้งนี้ ค่า TBA มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1.7 นอกจากนี้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 1 ถึง วันที่ 5 พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ วันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดควบคุมมีค่า TBA เท่ากับ 1.448 รองลงมา คือ ชุดการทดลอง Met และ Al-foil คือมีค่าแอดอร์แอกติวิตี เท่ากับ 1.420 และ 1.425 ตามลำดับ ในขณะที่ ชุดการทดลอง EPE และ PE มีค่า เท่ากับ 1.407 และ 1.401 ตามลำดับ



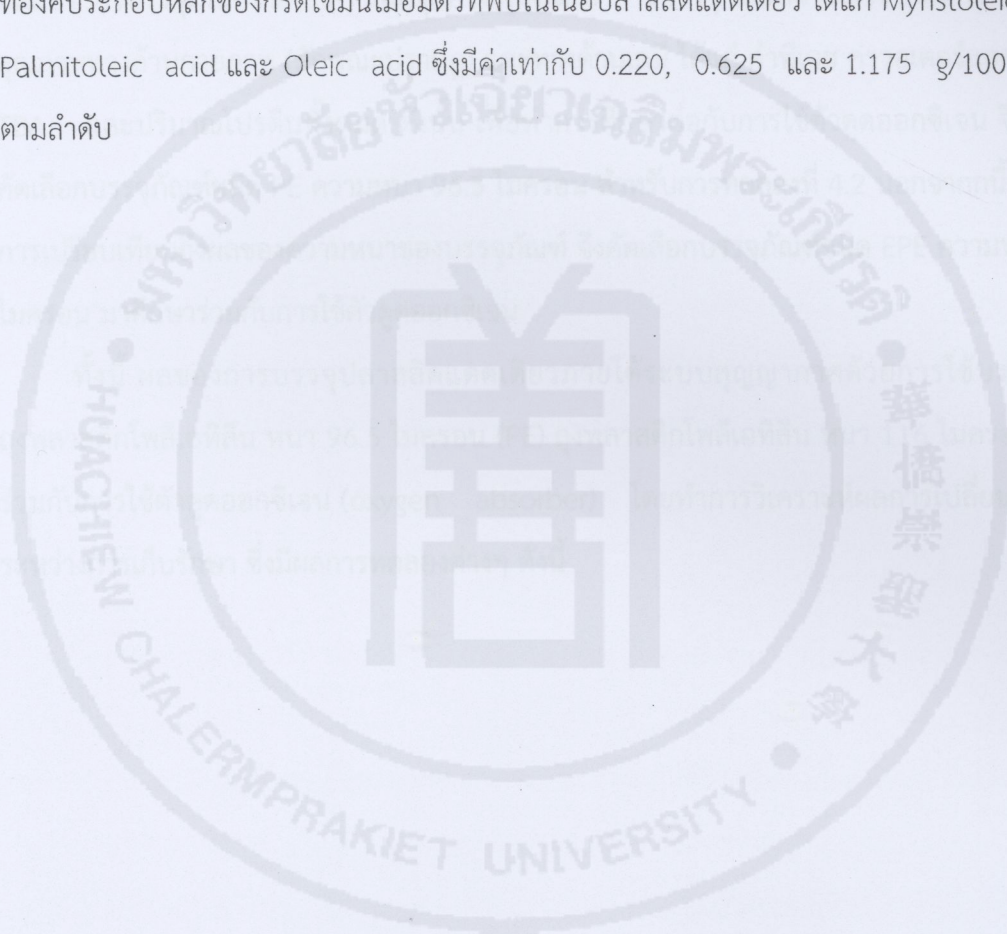
ภาพที่ 4.1.8 ปริมาณโปรตีนของเนื้อปลาสดแช่แข็งที่ไม่วรรจุ (control) บรรจุในถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 116 ไมครอน (Al-foil) และ ถุงเมทัลโลท์ หนา 75 ไมครอน (Met) ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของเนื้อปลาสดแช่แข็งแสดงดังภาพที่ 4.1.8 ค่าเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 19.65 g/100 g FW โดยจากการทดลอง พบว่า ในวันที่ 5 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ไม่วรรจุมีการสูญเสียของปริมาณโปรตีนอย่างชัดเจน โดยมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด เท่ากับ 17.66 g/100 g FW ในขณะที่ชุดการทดลอง PE, EPE, Al-foil และ Met มีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย โดยมีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 19.26, 18.84, 18.76 และ 18.66 g/100 g FW ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณโปรตีนในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.1.1 ปริมาณไขมันและกรดไขมันของพลาสติกแตกเดี่ยว

ไขมันและกรดไขมัน	ปริมาณ
Total fat (%)	5.1950
Saturated fatty acid (g/100g)	
Caprylic acid (C8:0)	0.0030
Capric acid (C10:0)	0.0020
Lauric acid (C12:0)	0.0370
Myristic acid (C14:0)	0.3250
Palmitic acid (C16:0)	1.4600
Stearic acid (C18:0)	0.2900
Lignoceric acid (C24:0)	0.0400
Unsaturated fatty acid (g/100g)	
Myristoleic acid (C14:1)	0.2200
Palmitoleic acid (C16:1)	0.6250
Oleic acid (C18:1,cis-9)	1.1750
Linoleic acid (C18:2,cis)	0.1600
Alpha linolenic acid (C18:3n3)	0.0900
Eicosenoic acid (C20:1)	0.0400
Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.2000
Docosadienoic acid (C22:2)	0.0400
Docosahexaenoic acid (c22:6n3)	0.0950

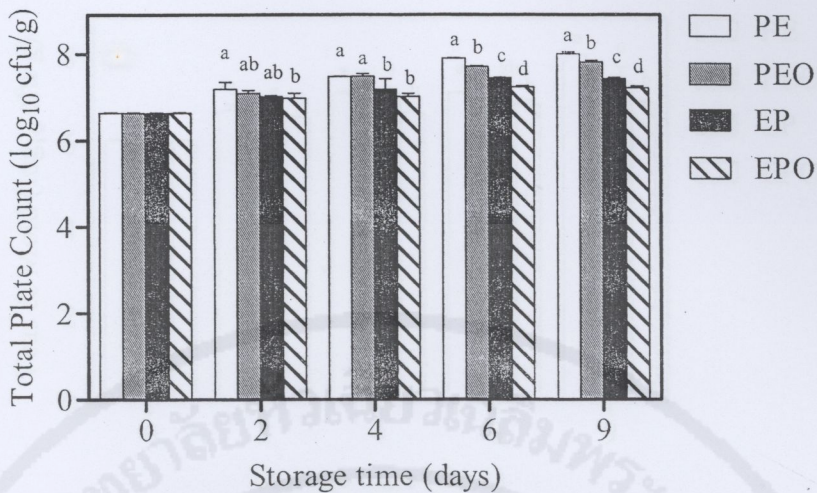
ตารางที่ 4.1.1 แสดงปริมาณไขมัน และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อพลาสติกแตกเดียว ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยการทดลอง พบว่า เนื้อพลาสติกมีปริมาณไขมันทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 5.195 และมีองค์ประกอบของกรดไขมันทั้งที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทั้งนี้มีองค์ประกอบหลักของกรดไขมันอิ่มตัวที่พบในเนื้อพลาสติกแตกเดียว ได้แก่ Stearic acid, Myristic acid และ Palmitic acid ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.290, 0.325 และ 1.460 g/100 g FW ตามลำดับ ในขณะที่องค์ประกอบหลักของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในเนื้อพลาสติกแตกเดียว ได้แก่ Myristoleic acid, Palmitoleic acid และ Oleic acid ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.220, 0.625 และ 1.175 g/100 g FW ตามลำดับ



4.2 ผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยว

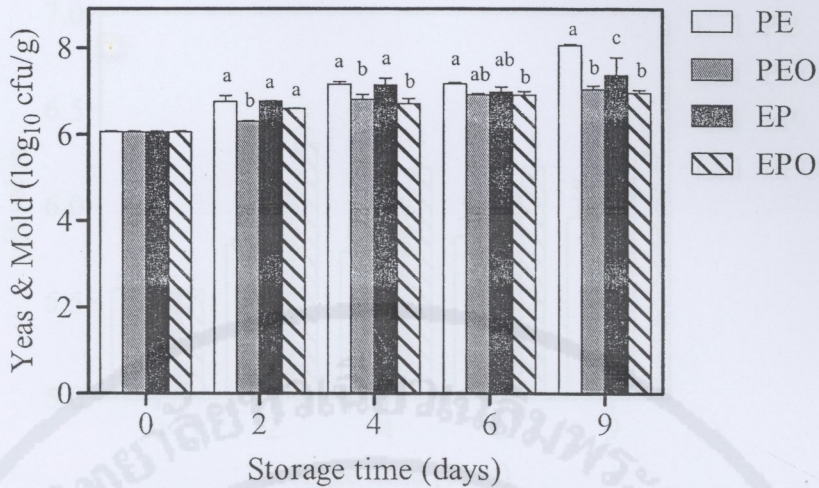
จากผลการวิเคราะห์ในการทดลองที่ 4.1 การศึกษาเปรียบเทียบชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยว แสดงให้เห็นว่า บรรจุภัณฑ์ชนิด PE ความหนา 96.5 ไมครอน ให้ผลในการควบคุมคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยวได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองของบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ และชุดควบคุมที่ไม่ทำการบรรจุ โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ (ลักษณะปรากฏ) และทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ค่า TBA และปริมาณโปรตีนทั้งหมด ดังนั้น เพื่อทำการศึกษาคู่กับการใช้ตัวดูดออกซิเจน จึงทำการคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ชนิด PE ความหนา 96.5 ไมครอน สำหรับการทดลองที่ 4.2 นอกจากนี้ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบถึงผลของความหนาของบรรจุภัณฑ์ จึงคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ชนิด EPE ความหนา 116 ไมครอน มาศึกษาร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจน

ทั้งนี้ ผลของการบรรจุพลาสติกแตกเดี่ยวภายใต้ระบบสุญญากาศด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน (PE) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน (EPE) ร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจน (oxygen absorber) โดยทำการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีผลการทดลองต่างๆ ดังนี้



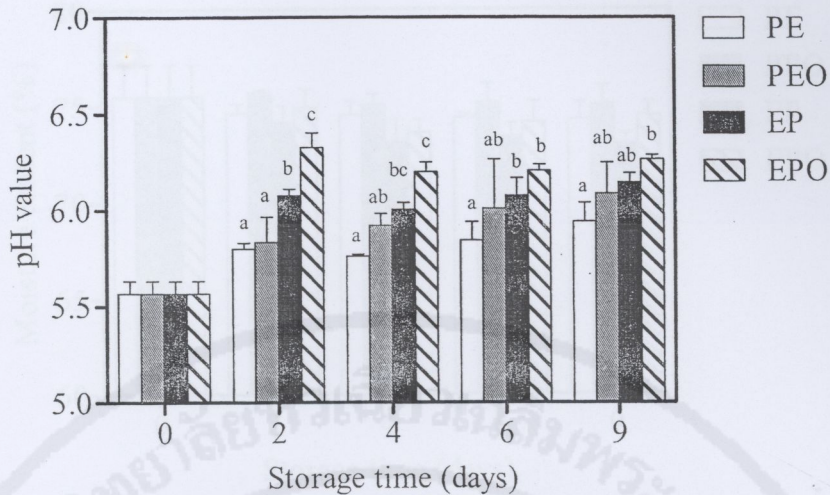
ภาพที่ 4.2.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนของพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการทดสอบปริมาณและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count; TPC) มีค่าเริ่มต้น 6.64 log₁₀cfu/g และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกชุดการทดลอง ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.2.1 โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในพลาสติกแตกเดี่ยวของชุดการทดลอง PE PEO EP และ EPO มีปริมาณเชื้อเท่ากับ 8.00 7.81 7.42 และ 7.21 log₁₀cfu/g ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



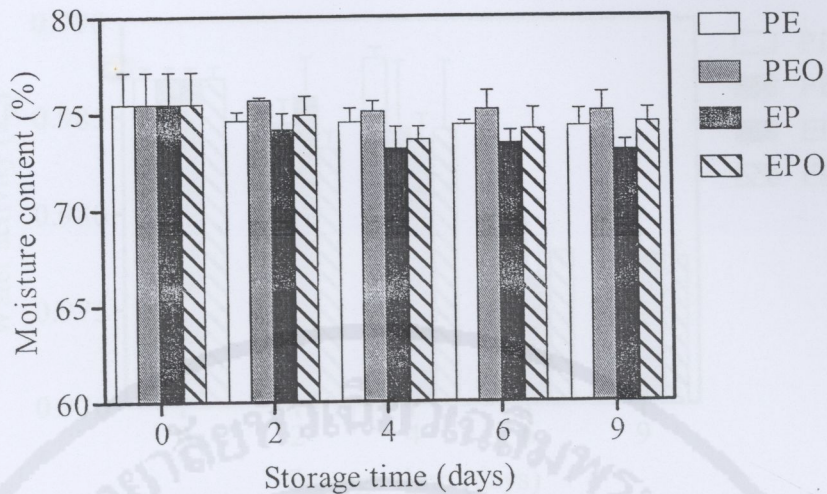
ภาพที่ 4.2.2 ปริมาณยีสต์และราที่ปนเปื้อนของพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการทดสอบปริมาณและการเจริญของยีสต์และราในพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ปริมาณยีสต์และรา มีค่าเริ่มต้น 6.05 log₁₀cfu/g และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกชุดการทดลอง ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ไม่มีการใช้ตัวดูดออกซิเจนพบมีการเจริญของปริมาณยีสต์และรามากกว่าชุดการทดลองที่มีการใช้ตัวดูดออกซิเจน แสดงดังภาพที่ 4.2.2 โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในพลาสติกแตกเดี่ยวของชุดการทดลอง PE และ EP มีปริมาณเชื้อเท่ากับ 8.06 และ 7.38 log₁₀cfu/g ตามลำดับ ในขณะที่ ชุดการทดลอง PEO และ EPO มีปริมาณเชื้อเท่ากับ 7.05 และ 6.97 log₁₀cfu/g ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



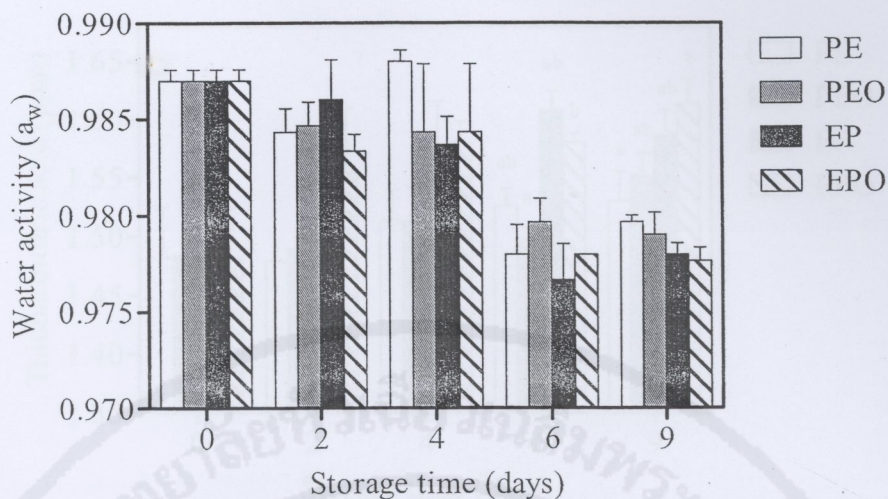
ภาพที่ 4.2.3 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH value) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบสของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 5.57 และค่าความเป็นกรด-เบส มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.2.3 โดยค่าความเป็นกรด-เบสของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดการทดลอง EPO มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 6.33 ($p \leq 0.05$) และมีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ค่าความเป็นกรด-เบส ของชุดการทดลอง EPO มีเท่ากับ 6.26 รองลงมา คือ ชุดการทดลอง EP และ PEO มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.14 และ 6.09 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ ค่าความเป็นกรด-เบสของชุดการทดลอง PE เท่ากับ 5.94 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



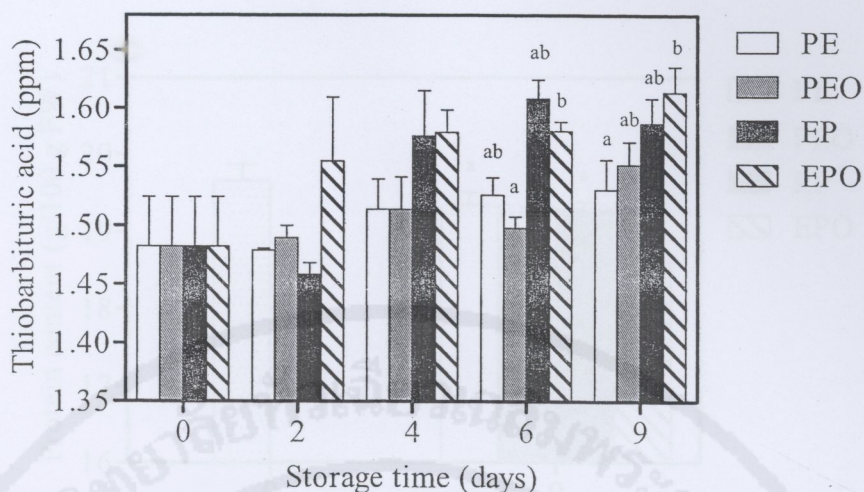
ภาพที่ 4.2.4 ปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการตรวจวัดปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 75.48 โดยที่ในทุกชุดการทดลองพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 4.2.4 โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดการทดลอง PE PEO EP และ EPO มีปริมาณเชื้อเท่ากับ ร้อยละ 74.30 75.07 73.02 และ 74.49 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ



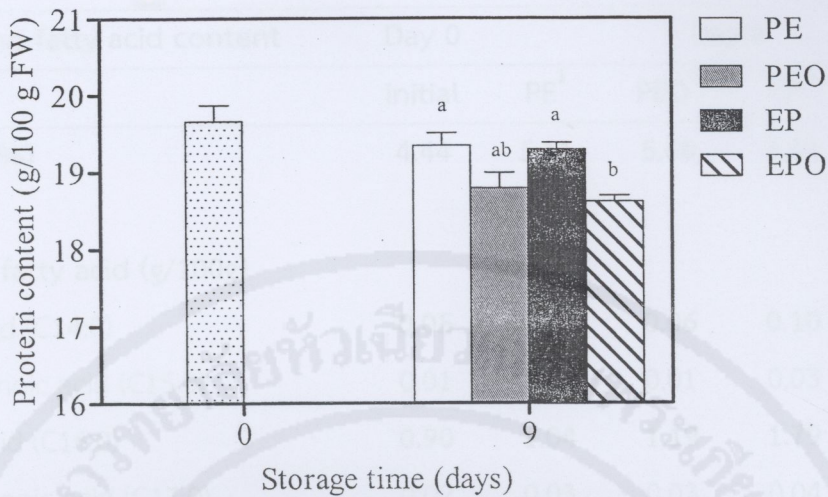
ภาพที่ 4.2.5 ค่า water activity (a_w) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 0.987 ทั้งนี้ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลงเล็กน้อยในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.2.5 นอกจากนี้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 6 และวันที่ 9 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในแต่ละชุดการทดลอง อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลองตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดการทดลอง PE มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.980 รองลงมา คือ ชุดการทดลอง PEO EP และ EPO คือ มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.979 0.978 และ 0.977 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2.6 ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

จากการวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ค่า TBA ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 1.482 ppm ทั้งนี้ ค่า TBA มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง EPO ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีแนวโน้มคงที่ แสดงดังภาพที่ 4.2.6 นอกจากนี้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 1 และ วันที่ 4 พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ วันที่ 6 และ วันที่ 9 ของการเก็บรักษา พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดการทดลอง PE มีค่า TBA น้อยที่สุด เท่ากับ 1.530 ในขณะที่ ชุดการทดลอง PEO EP และ EPO มีค่า เท่ากับ 1.552 1.587 และ 1.614 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2.7 ปริมาณโปรตีนของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวแสดงดังภาพที่ 4.2.7 ค่าเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 19.66 g/100 g FW โดยจากการทดลอง พบว่า ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่บรรจุร่วมกับตัวดูดออกซิเจน มีการสูญเสียของปริมาณโปรตีนมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใช้ตัวดูดออกซิเจน ซึ่งมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย โดยที่ปริมาณโปรตีนของเนื้อพลาสติกในชุดการทดลอง PE และ EP มีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 19.34 และ 19.30 g/100 g FW ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของเนื้อพลาสติกในชุดการทดลอง PEO และ EPO มีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 18.79 และ 18.62 g/100 g FW ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณโปรตีนในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2.1 ปริมาณไขมันและกรดไขมันของพลาสติกแตกเดี่ยวบรรจุถุงสุญญากาศ

Fat and fatty acid content	Day 0		Day 9		
	initial	PE ¹	PEO ²	EP ³	EPO ⁴
Total fat (%)	4.44	5.11	5.60	8.44	6.78
Saturated fatty acid (g/100g)					
Myristic acid (C14:0)	0.05	0.06	0.06	0.10	0.08
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02
Palmitic acid (C16:0)	0.90	1.04	1.19	1.79	1.45
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03
Stearic acid (C18:0)	0.27	0.28	0.35	0.52	0.40
Heneicosanoic acid (C21:0)	0.03	ND ⁵	ND	ND	ND
Unsaturated fatty acid (g/100g)					
Palmitoleic acid (C16:1)	0.08	0.11	0.11	0.18	0.15
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1n10)	ND	0.01	0.01	0.02	0.02
cis-9-Oleic acid (C18:1,n9c)	1.18	1.39	1.61	2.64	2.06
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.03	0.04	0.04	0.07	0.05
Linoleic acid (C18:2,n6c)	0.49	0.59	0.59	0.98	0.74
Alpha linolenic acid (C18:3n3)	0.06	0.09	0.08	0.16	0.10
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03
Eiocosapentaenoic acid (C20:5n3)	ND	0.02	0.01	0.02	0.02
Docosahexaenoic acid (c22:6n3)	0.11	0.15	0.15	0.18	0.15

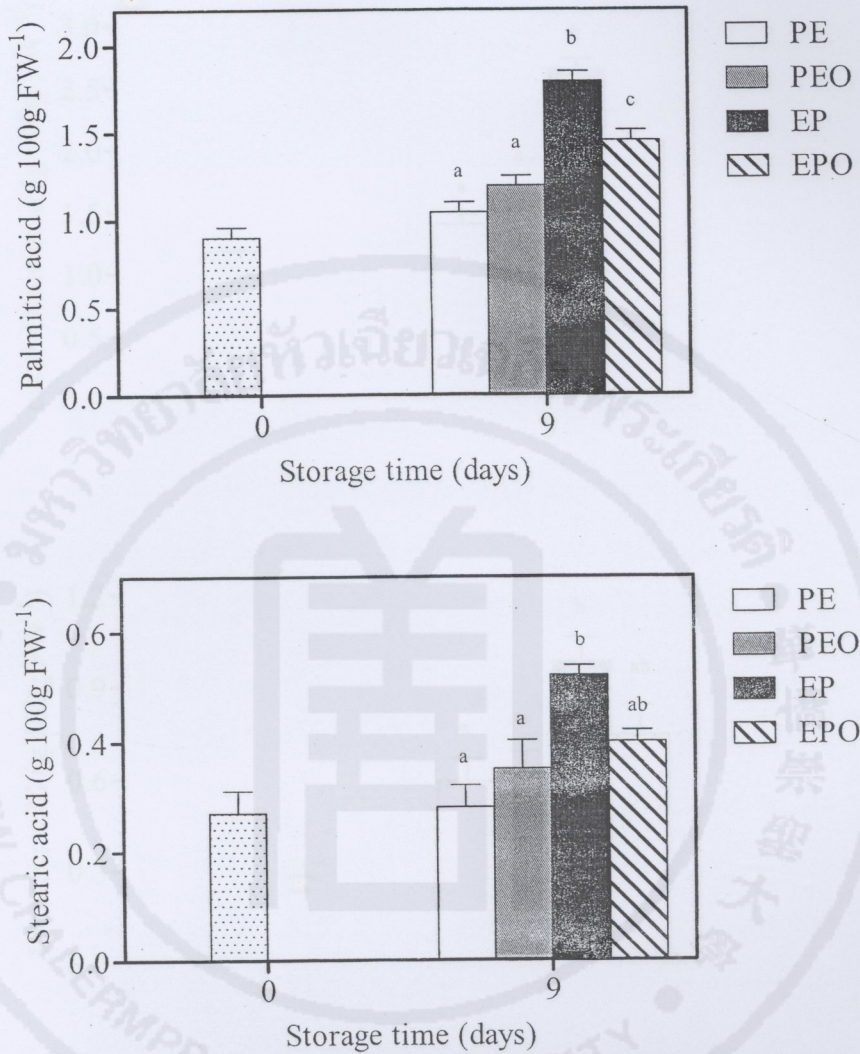
¹ หมายถึง ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน)

² หมายถึง ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber

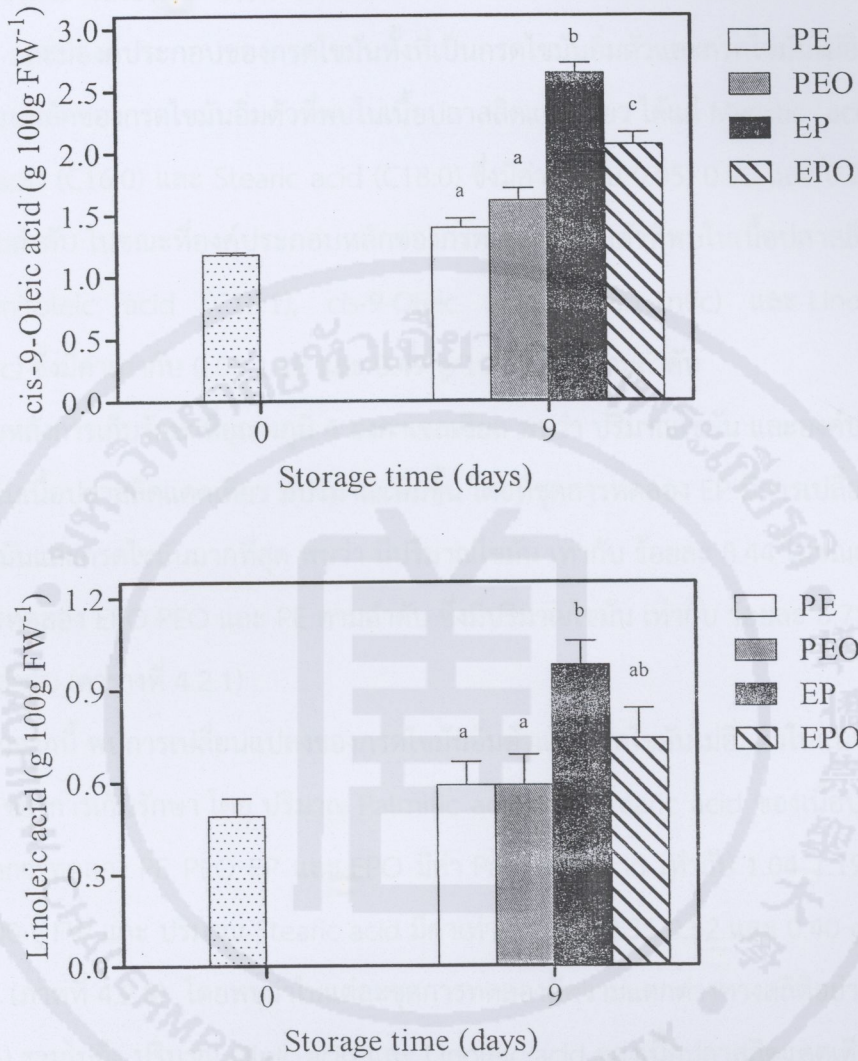
³ หมายถึง ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน

⁴ หมายถึง ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber

⁵ หมายถึง ตรวจไม่พบ (Not detected)



ภาพที่ 4.2.8 ปริมาณ Palmitic acid และ Stearic acid ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))



ภาพที่ 4.2.9 ปริมาณ Oleic acid และ Linoleic acid ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน, PEO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 96.5 ไมครอน + Oxygen absorber, EP: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน และ EPO: ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 116 ไมครอน + Oxygen absorber) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD))

ตารางที่ 4.2.1 แสดงปริมาณไขมัน และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยการทดลอง พบว่า เนื้อพลาสติกมีปริมาณไขมันทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 4.44 และมีองค์ประกอบของกรดไขมันทั้งที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทั้งนี้มีองค์ประกอบหลักของกรดไขมันอิ่มตัวที่พบในเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว ได้แก่ Myristic acid (C14:0) Palmitic acid (C16:0) และ Stearic acid (C18:0) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.05, 0.90 และ 0.27 g/100 g FW ตามลำดับ ในขณะที่องค์ประกอบหลักของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว ได้แก่ Palmitoleic acid (C16:1), cis-9-Oleic acid (C18:1,n9c) และ Linoleic acid (C18:2,n6c) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.08 1.18 และ 0.49 g/100 g FW ตามลำดับ

ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณไขมัน และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยที่ชุดการทดลอง EP มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันและกรดไขมันมากที่สุด พบว่า มีปริมาณไขมัน เท่ากับ ร้อยละ 8.44 ในขณะที่รองลงมา คือ ชุดการทดลอง EPO PEO และ PE ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณไขมัน เท่ากับ ร้อยละ 6.78 5.60 และ 5.11 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2.1)

นอกจากนี้ พบการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดย ปริมาณ Palmitic acid และ Stearic acid ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดการทดลอง PE PEO EP และ EPO มีค่า Palmitic acid เท่ากับ 1.04 1.19 1.79 และ 1.45 g/100 g FW และ ปริมาณ Stearic acid มีค่าเท่ากับ 0.28 0.35 0.52 และ 0.40 g/100 g FW ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2.8) โดยพบว่าในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รวมไปถึง ปริมาณ Oleic acid และ Linoleic acid ของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยวในชุดการทดลอง PE PEO EP และ EPO มีค่า Oleic acid เท่ากับ 1.39 1.61 2.64 และ 2.06 g/100 g FW และ ปริมาณ Linoleic acid มีค่าเท่ากับ 0.59 0.59 0.98 และ 0.74 g/100 g FW ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2.9) โดยพบว่าในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ และการใช้สารดูดออกซิเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยว คณะผู้วิจัยได้มีข้อสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

- บรรจุภัณฑ์สุญญากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว
- ปริมาณไขมัน และกรดไขมันไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดที่บ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของสารประกอบดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ค่า TBA สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- จากผลการทดลอง สามารถกล่าวได้ว่า การบรรจุแบบสุญญากาศมีความเหมาะสมต่อการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของพลาสติกแตกเดี่ยว ซึ่งบรรจุภัณฑ์ชนิด PE มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถมองเห็นถึงลักษณะปรากฏได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับชนิด Al-foil รวมไปถึงคุณภาพด้านอื่น ได้แก่ ทางด้านเคมี และทางด้านจุลินทรีย์
- การใช้ตัวดูดออกซิเจนมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญในผลการวิเคราะห์ด้านอื่น อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ที่พบยังคงอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงที่สูงได้

อภิปรายผล

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว พบว่า ปริมาณเฉลี่ยของจุลินทรีย์จาก 2 การทดลอง คือ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ $6.64 \log_{10} \text{ cfu/g}$ และปริมาณยีสต์และรา เท่ากับ $6.27 \log_{10} \text{ cfu/g}$ ทั้งนี้ปริมาณดังกล่าวมีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่

สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแคตเดี่ยว จากผลการทดลองจะเห็นว่า ภายใต้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ทำการบรรจุ ทั้งนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ถูกดึงออกจากบรรจุภัณฑ์ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ ได้แก่ Total aerobic bacteria, Lactic acid bacteria และ Enterobacteriaceae (Blicksstad and Molin, 1984; Ogihara *et al.*, 1993; Aksu *et al.*, 2005) ในกรณีของการใช้ตัวดูดออกซิเจน พบว่า มีแนวโน้มในการลดอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนพลาสติกแคตเดี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใช้ตัวดูดออกซิเจน โดยมีผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mexis *et al.* (2009) ในการเก็บรักษาปลาเรนโบว์เทราต์ (Rainbow trout) สามารถยับยั้งการเจริญของ *Pseudomonas* spp. และ *Enterobacteriaceae* ได้

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา และมีลักษณะปรากฏที่บ่งบอกถึงการเน่าเสีย ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบส มีสาเหตุหลักภายหลังจากการเปลี่ยนแปลงในระยะหลังจากการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อปลา หรือ post mortem เนื่องจากการปนเปื้อนและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ร่วมกับการผลิตสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ชนิดต่างๆ รวมไปถึงการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจน ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-เบสของเนื้อพลาสติกเพิ่มสูงขึ้นได้ (Burns and Ke, 1985; Dalgaard *et al.*, 1993) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิการเก็บรักษา ทั้งนี้ อุณหภูมิต่ำร่วมกับการบรรจุภายใต้สุญญากาศสามารถชะลอการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ ทำให้การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบสเป็นไปด้วยอัตราที่ช้ากว่า (Ray, 1996)

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า ในการเก็บรักษาแบบไม่บรรจุ (ชุดควบคุม) มีการสูญเสียปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแคตเดี่ยวมากกว่าชุดการทดลองที่บรรจุภายใต้สุญญากาศ การสูญเสียความชื้นของเนื้อพลาสติกแคตเดี่ยวในชุดควบคุมนั้นอาจเป็นผลจากการที่ตัวอย่างไม่มีการบรรจุ อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องเย็นที่เก็บรักษา นอกจากนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาจส่งผลต่อความชื้นที่ลดลงไปของเนื้อพลาสติกแคตเดี่ยว โดยพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเย็นอยู่ในระหว่าง ร้อยละ 75-80 ซึ่งทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างตัวอย่างและบรรยากาศโดยรอบ สำหรับชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ PE ความหนา 96.5 ไมครอน EPE ความหนา 116 ไมครอน Al-foil ความหนา 116 ไมครอน และ Met ความหนา 75 ไมครอน พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ทุกชนิดมีสมบัติ

ที่ดีในการป้องกันการสูญเสียความชื้นออกจากตัวพลาสติก ในงานวิจัยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท แสดงให้เห็นว่า Al-foil มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (George *et al.*, 2011) นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของความหนาไม่มีผลต่อการสูญเสียความชื้นของพลาสติกแต่เดี๋ยวก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sukhareva *et al.* (2008) โดยที่การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเนื้อพลาสติกแต่เดี๋ยวก

ในการทดลองที่ 1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อพลาสติกแต่เดี๋ยวกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกชุดการทดลอง โดยเฉพาะชุดควบคุมที่ไม่มีการบรรจุ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองบรรจุภายใต้สุญญากาศนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในทางกลับกัน สำหรับในการทดลองที่ 2 พบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อพลาสติกแต่เดี๋ยวกบรรจุภายใต้สุญญากาศ มีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการทดลอง ทั้งนี้การลดลงดังกล่าวของค่าวอเตอร์แอกติวิตีสอดคล้องกับผลการทดลองของ Rubio *et al.* (2006) สำหรับการเก็บรักษาเนื้อหมัก (sliced dry-cured meat) บรรจุภายใต้สุญญากาศ

ค่า TBA เป็นตัวบ่งชี้ถึงค่าความหืนที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่า TBA เป็นผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 2 ที่สลายตัวจากผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (lipid oxidation) (Richards and Hultin, 2000; Richards *et al.*, 2002) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nunes *et al.* (1992) และ Erkan and Ozden (2008) พบว่า ค่า TBA มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับอายุการเก็บรักษาของปลาซาร์ดีนแช่แข็ง โดยระบุว่า ปริมาณ TBA ของเนื้อปลาสดส่วนใหญ่พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 3-5 mg MDA / kg sample ในขณะที่ปริมาณ TBA เท่ากับ 3-5 mg MDA / kg sample เป็นช่วงที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับเมื่อเก็บรักษาอยู่ในน้ำแข็ง จากการวิเคราะห์ค่า TBA พบว่า เนื้อพลาสติกแต่เดี๋ยวกในทุกชุดการทดลองมีค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษายาวนานขึ้น ซึ่งพลาสติกแต่เดี๋ยวกที่บรรจุภายใต้สุญญากาศมีค่า TBA น้อยกว่าที่ไม่บรรจุ (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 4.1.7 และ ภาพที่ 4.2.6) ทั้งนี้ปริมาณออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Giménez *et al.*, 2004 และ 2005) สำหรับค่า TBA ที่อยู่ในระดับที่บ่งชี้ว่าเนื้อปลาคุณภาพไม่ดี คือ 3-4 g MDA / kg น้ำหนักปลา (Karkam and Boran, 1996)

ผลของความแปรปรวนของกรดไขมันมีความสอดคล้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อพลาสติกแตกเดี่ยว โดยกลุ่มที่มีบทบาทของการเกิดออกซิเดชัน ได้แก่ กลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว เนื่องจากภายในโครงสร้างประกอบด้วยพันธะคู่ที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Messina *et al.*, 2015) ค่า TBA ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาอาจเกิดขึ้นได้จากสาร Malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสารเริ่มต้นในกระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ของไขมัน โดยมีบทบาทไปจับกับสารชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ออกซิเจน, เพอร์ออกไซด์ คาร์โบไฮเดรต สารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compound) โปรตีน หรือ องค์ประกอบของอัลดีไฮด์ เป็นต้น ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาแบบ cross reaction ขึ้นได้ ทำให้ค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (Vyncke, 1970; Aubourg, 1993)

ปริมาณโปรตีนในพลาสติกแตกเดี่ยวระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นถึงการลดลงในทุกชุด การทดลอง Folorunsho *et al.* (2015) รายงานถึงการสูญเสียปริมาณโปรตีนของปลารมควันที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีร้อยละการสูญเสียระหว่าง 3.9 ถึง 5.6 ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการบรรจุแบบสุญญากาศนั้นแสดงให้เห็นว่า มีการลดลงของปริมาณโปรตีนน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทั้งนี้อาจเนื่องจากการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ลดน้อยลงไป ทำให้ลดอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยโปรตีนในพลาสติกแตกเดี่ยวได้ จึงเป็นเหตุให้ปริมาณโปรตีนยังคงมีปริมาณที่มากกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาพที่ 4.1.2 และ ภาพที่ 4.2.1) (Kubik and Zeman, 2014)

ปริมาณไขมันของพลาสติกแตกเดี่ยวในงานวิจัยนี้มีค่าเริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 4.82 (การทดลอง ที่ 1 และ 2) โดยที่ กลุ่มของกรดไขมันอิ่มตัวที่ตรวจพบมากในพลาสติก ได้แก่ Palmitic acid (C16:0) (1.18 g/100g FW) และ Stearic acid (C18:0) (0.28 g/100g FW) ในขณะที่กลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ตรวจพบมากในพลาสติก ได้แก่ cis-9-Oleic acid (C18:1, 1n9c) (1.18 g/100g FW) และ Linoleic acid (C18:2, n6c) (0.33 g/100g FW) โดยทั่วไปการกำจัดปริมาณออกซิเจนเป็นวิธีการที่สามารถชะลอหรือลดความเสี่ยงของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและกรดไขมันได้ (Giménez *et al.*, 2004; Arab-Tehrany *et al.*, 2012) เมื่อเก็บรักษาพลาสติกแตกเดี่ยวในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ พบว่า ปริมาณไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง (PE, PEO, EP และ EPO) ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันและองค์ประกอบของกรดไขมัน

มกค
กค
น ๒๕
2561

อาจมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี เนื่องจาก การปลดปล่อยของน้ำร่วมกันกับการสลายตัวของโปรตีน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Maca *et al.* (1997) จากตารางที่ 4.2.1 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของกรดไขมัน (saturated และ unsaturated fatty acid) โดยที่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันในตัวอย่างเป็นสาเหตุของกลิ่นและรสชาติที่ไม่เป็นที่พอใจ เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีน และทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน (protein denaturation) และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ (Lodas *et al.*, 2004) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศต่อคุณภาพของปลาจะละเม็ด (*Pampus Argenteus*) (Perez *et al.*, 2004) และ ปลาเรนโบว์เทราต์ (Rainbow trout) (Esmailnia, 2015)

นอกจากนี้ ผลกระทบจากบรรจุภัณฑ์สุญญากาศต่อการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีอาจส่งผลต่อการลดลงของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมัน (Fat hydrolysis) ซึ่งผลสอดคล้องกับการศึกษาใน Mackerel และ Salmon กล่าวคือ การลดลงของปริมาณของก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมันอย่างมีนัยสำคัญ (Fagan and Gormley, 2004; Esmailnia, 2015) ในงานวิจัยของ Özyurt *et al.* (2009) และ Bahmani *et al.* (2011) ได้สรุปว่า การเพิ่มขึ้นหรือการสร้างกรดไขมัน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูญเสียความสดของเนื้อปลา ซึ่งมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญกับคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข้อเสนอแนะ

- ในการบรรจุพลาสติกเม็ดเดี่ยวภายใต้สุญญากาศอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณของเหลวที่ออกจากตัวมาระหว่างการดึงอากาศออกจากบรรจุภัณฑ์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏและการเจริญของจุลินทรีย์ จึงควรบรรจุพร้อมตัวดูดของเหลว และมีการใช้บรรจุภัณฑ์แอกทีฟที่สามารถต้านหรือกำจัดจุลินทรีย์ได้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้จากจุลินทรีย์

- การประเมินผลความสดของพลาสติกเม็ดเดี่ยวควรปฏิบัติควบคู่ไปกับการประเมินทางประสาทสัมผัส และการนำวัตถุดิบที่ผ่านการเก็บรักษาไปแปรรูป เพื่อพิจารณาถึงคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

บรรณานุกรม

- งามทิพย์ ภูโรดม. (2550). *การบรรจุอาหาร*. กรุงเทพฯ: เอส. พี. เอ็ม.
- พลาสติก [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki> (15 สิงหาคม 2556)
- วิไล รังสาดทอง. (2546). *เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศรวณีย์ รอดเที่ยง. (2542). *ผลของกรดต่อคุณภาพและอายุการเก็บพลาสติกเค็ม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะประมง, สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). มผช.298/2549. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนพลาสติกเค็ม*.
- สัญญาชัย บุญญะธานี. (2548). *การเลี้ยงพลาสติก*. อักษรสยามการพิมพ์.
- สุมาลี เหลืองสกุล. (2527). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ชัยเจริญ.
- Adams, M.R, Moss, M.O. (2008). *Food Microbiology* (Third Edition). Cambridge, UK: RSC Publishing.
- Aksu, M.I., Kaya, M., Ockerman, H.W. (2005). Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastirma produced from frozen/thawed meat. *Journal of Muscle Foods*, 16, 192-206.
- Arab-Tehrany, E., Jacquot, M., Gaiani, C., Imanan, M., Desobry, S., Linder, M. (2012). Beneficial effects and oxidative stability of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. *Trends in Food Science & Technology*, 25, 24-33.
- Ashie, A., Smith, P., Simpson, K. (1996). Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, 87-121.
- Aubourg, S.P. (1993). Interaction of malondialdehyde with biological molecules - new trends about reactivity and significance. *International Journal of Food Science & Technology*, 28, 323-335.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Aubourg, S., Medina, I. (1999). Influence of storage time and temperature on lipid deterioration during cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1943-1948.
- Bahmani, Z.A., Rezai, M., Hosseini, S.V., Regenstein, J.M., Böhme, K., Alishahi, A., Yadollahi, F. (2011). Chilled storage of golden grey mullet (*Liza aurata*). *LWT-Food Science and Technology*, 44, 1894-1900.
- Blickstad, E., Molin, G. (1984). Growth and end-product formation in fermenter cultures of *Brochotrix thermosphacta* ATCC 11509T and two psychrotrophic *Lactobacillus* spp. in different gaseous atmospheres. *Journal of Applied Bacteriology*, 57, 213-220.
- Burns, B.G., Ke, P.J. (1985). Decomposition in foods. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 68, 444-447.
- Church, I., Parsons, A. (1995). Modified atmosphere packaging technology: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67, 143-152.
- Dalgaard, P., Gram, L., Huss, H.H. (1993). Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmosphere. *International Journal of Food Microbiology*, 28, 21-29.
- Dalgaard, P., Munoz, L.G., Mejhom, O. (1998). Specific inhibition of *Photobacterium phosphoreum* extends the shelf life. *Journal of Food Science*, 48, 456-462.
- Debevere, J., Boskou, G. (1996). Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA producing microflora of cod fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 31: 221-229.
- Erkan, N., Özden, Ö. (2008). Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *International Journal of Food Science & Technology*, 43, 1549-1559.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Exmailnia, R. (2015). Measuring the amount of water activity (a_w) in hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) in various salinity percentages. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4, 103-111.
- Fagan, J.D., Gormley, T.R. (2004). Effect of modified atmosphere packing with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 205-214.
- Folorunsho, O., Michael, O., Olufemi, P. (2015). Development of appropriate packaging for shelf life extension of smoked fish in a developing economy. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2, 46-50.
- Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., Savvaidis, I.N. (2010). Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. *Food Microbiology*, 27, 115-121.
- Fraser, O.P., Sumar, S. (1998). Composition changes and spoilage fish (part II) microbiological induced deterioration. *Nutrition and Food Science*, 6, 325-329.
- George, O.A., Michael, W., Okoth, J.K., Imungi, J.N. (2011). Effect of packaging and storage temperature on the shelf life of crisps from four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6, 882-892.
- Giménez, B., Roncalés, P., Beltrán, J.A. (2004). The effects of natural antioxidants and lighting conditions on the quality characteristics of gilt-head sea bream fillets (*Sparusaurata*) packaged in a modified atmosphere. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1053-1060.
- Giménez, B., Roncalés, P., Beltrán, J.A. (2005). The effects of natural antioxidants and lighting conditions on the quality of salmon (*Salmo salar*) fillets packaged in modified atmosphere. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1033-1040.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- He, Y., Huang, H., Li, L., Yang, X., Hao, S., Chen, S., Deng, J. (2018). The effects of modified atmosphere packaging and enzyme inhibitors on protein oxidation of tilapia muscle during iced storage. *LWT- Food Science and Technology*, 87, 186-193.
- Ju, J., Liao, L., Quao, Y., Xiong, G., Li, D., Wang, C., Hu., J., Wang, L., Wu, W., Ding, A., Shi, L., Li, X. (2018). The effects of vacuum package combined with tea polyphenols (V+TP) treatment on quality enhancement of weever (*Micropterussal moides*) stored at 0 °C and 4 °C. *LWT- Food Science and Technology*, 91, 484-490.
- Kachele, R., Zhang, M., Gao, Z., Adhikari, B. (2017). Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 °C. *LWT- Food Science and Technology*, 80, 163-168.
- Karkam, H., Boran, M. (1996). Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at -18 °C. *International Journal of Food Science & Technology*, 31, 527-531.
- Kubik, L., Zeman, S. (2014). Determination of oxygen permeability and mechanical properties of the aluminium paper foils. *Research in Agricultural Engineering*, 60, 172-179.
- Ladas, V., Barros-Velazquez, J., Gallardo, J.M., Aubourg, S.P. (2004). Effect of advanced chilling method on lipid damage during sardine (*Sardine pilchardus*) storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, 844-850.
- Leroi, F., Joffraud, J.J., (2000). Salt and smoke simultaneously affect chemical and sensory quality of cold-smoked salmon during 5 °C storage predicted using factorial design. *Journal of Food Protection*, 63, 1222-1227.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Maca, J.V., Miller, R.K., Acuff, G.R. (1997). Microbiological, sensory and chemical characteristics of vacuum-packed ground beef patties treated with salts of organic acids. *Journal of Food Science*, 62, 591-596.
- Mace, S., Cornet, J., Chevalier, F., Cardinal, M., Pilet, M.F., Dousset, X., Joffraud, J.J. (2012). Characterisation of the spoilage microbiota in raw salmon (*Salmo salar*) steaks stored under vacuum or modified atmosphere packaging combining conventional methods and PCR-TTGE. *Food Microbiology*, 30, 164-172.
- Messina, C.M., Bono, G., Renda, G., Barbera, L.L., Santulli, A. (2015). Effect of natural antioxidants and modified atmosphere packaging in preventing lipid oxidation and increasing the shelf-life of common dolphin fish (*Coryphaena hippurus*) fillets. *LWT- Food Science and Technology*, 62, 271-277.
- Mexis, S.F., Chouliara, E., Kontominas, M.G. (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 °C. *Food Microbiology*, 26, 598-605.
- Milijasevic, M., Babic, J., Veskovic-Moracanin, S. (2015). Effect of vacuum and modified atmosphere on Enterobacteriaceae count determined in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and carp (*Cyprinus carpio*) steaks. *Procedia Food Science*, 5: 195-198.
- Nunes, M.L., Batista, I., De Campos, R.M. (1992). Physical, chemical and sensory analysis of sardine (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59, 37-43.
- Ogihara, H., Kanie, M., Yano, N., Haruta, M. (1993). Effect of carbon dioxide, oxygen and their gas mixture on the growth of some foodborne pathogens and spoilage bacteria in modified atmosphere package of food. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 34, 283-288.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S., Özogul, F. (2009). Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and golband goatfish (*Upeneusmoluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 114, 505-510.
- Ozdemir, M., Floros, J. D., (2004). Active Food Packaging Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 185-193.
- Ozogul, F., Polat, A., Ozogul, Y. (2004). The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85, 49-57.
- Parry, R.T. (1993). *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*. Glasgow: Blackie.
- Perez-Alonso, F., Augourg, S., Rodrinquez, O., Velazques, J. (2004). Shelf life extension of Atlantic pomfret (*Brama brama*) fillets by packing under vacuum-skin system. *European Food Research and Technology*, 218, 313-317.
- Potter, N.N., Hotchkis, J.H. (1995). *Food Science*. New York: Chapman & Hall.
- Ray, B. (1996). *Fundamental Food Microbiology*. New York: Chapman & Hall.
- Richards, M.P., Hultin, H.O. (2000). Effect of pH on lipid oxidation using trout hemolysate as a catalyst: a possible role for deoxyhemoglobin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3141-3147.
- Richards, M.P., Modra, A.M., Li, R. (2002). Role of deoxyhemoglobin in lipid oxidation of washed cod muscle mediated by trout, poultry and beef hemoglobins. *Meat Science*, 62, 157-163.
- Rubio, B., Martinez, B., Sanchez, M.J., Gonzalez-Fernandez, C., Garcia-Cachan, M.D., Rovira, J., Jaime, I. (2006). Influence of storage period and packaging method on sliced dry cured beef "Cecina de Leon": Effects on microbiological, physicochemical and sensory quality. *Meat Science*, 74, 710-717.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Sukhareva, L.A., Legonkova, E.A., Yakovlev, V.S. (2008). *Polymers for Packaging and Containers in Food Industry*. Leiden, The Netherlands: Koninklijke Brill NV.
- Toledo-Flores, L., Zall, R. (1992). *Methods for extending the storage life of fresh tropical fish*. In: *Advances in Seafood Biochemistry; Composition and Quality*. Eds. G. J. Flick, Jr., R. E. Martín. USA: Technomic, Lancaster.
- Vyncke, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 72, 1084-1087.
- Wijayanti, I., Surti, T., Anggo, A.D. Susanto, E. (2016). Effect of different packaging on proximate and lysine content of Milkfish [*Chanoschanos* (Forsskai, 1775)] floss during storage. *Aquatic Procedia*, 7, 118-124.

ภาคผนวก ก

ประวัติย่อผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ภาษาไทย นายชัยรัตน์ เตชวุฒิพร
ภาษาอังกฤษ Mr Chairat Techavuthiporn
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
สถานที่ทำงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ที่อยู่ 18/18 ถนน บางนา-ตราด กม.18 ตำบล บางโฉลง อำเภอบางพลี
จังหวัด สมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1488
E - mail address chairatt1@hotmail.com

ผู้วิจัย

1. ภาษาไทย นางสาวพรพิมล กาญจนวาส
ภาษาอังกฤษ Miss Pornpimon Kanjanavas
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
สถานที่ทำงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ที่อยู่ 18/18 ถนน บางนา-ตราด กม.18 ตำบล บางโฉลง อำเภอบางพลี
จังหวัด สมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1488

2. ภาษาไทย นางสาวอลิษา สุนทรวัฒน์
ภาษาอังกฤษ Miss Alisa Soontornwat
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
สถานที่ทำงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ที่อยู่ 18/18 ถนน บางนา-ตราด กม.18 ตำบล บางโฉลง อำเภอบางพลี
จังหวัด สมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1488
3. ภาษาไทย นางสาวชานพิศ จิระพงษ์
ภาษาอังกฤษ Miss Chaunpis Jirapong
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
สถานที่ทำงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ที่อยู่ 18/18 ถนน บางนา-ตราด กม.18 ตำบล บางโฉลง อำเภอบางพลี
จังหวัด สมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1488

