ผลของวิธีการแช่เย็นและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลากะตักต้มอบแห้ง

Effect of Chilling Methods and Storage Conditions on Quality Changes of Dried Boiled Anchovy

ระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล
Rawiwan Sawatubon

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Food Science and Technology
Prince of Songkla University

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของวิธีการแช่เย็นและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลากะตักต้มอบแห้ง

ผู้เขียน นางสาวระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชวาล โชติมากร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชวาล โชติมากร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วรวัฒนเมธีกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชวาล โชติมากร)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นางสาวระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของวิธีการแช่เย็นและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลากะตักต้มอบแห้ง
ผู้เขียน นางสาวระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งเพื่อรองรับการแข่งขันด้านการผลิต และเตรียมความพร้อมในการรองรับการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมันและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุก ($p<0.05$) ในขณะที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักสด ($p<0.05$) จากการติดตามผลของศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกในระหว่างการเก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบคือ การแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 10 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในวัตถุดิบที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกแช่เย็นต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณความชื้นและ TVC ในปลากะตักลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ขณะที่ปริมาณของเพอร์ออกไซด์, ปริมาณ TBARS, กรดไขมันอิสระ, ฮีสตามีน มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) และวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปอบแห้งส่งผลให้ปริมาณของเพอร์ออกไซด์, ปริมาณ TBARS และกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งสูงกว่าการเก็บรักษาในเกล็ดน้ำแข็ง ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะ 2 แบบ คือในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ พบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันอย่างรวดเร็วจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามจากการศึกผลของวิธีการแช่เย็นต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในปลากะตักต้มอบแห้งพบว่าวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักเริ่มต้นส่งผลต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง

Thesis Title Effect of Chilling Methods and Storage Conditions on Quality Changes of Dried Boiled Anchovy
Author Miss Rawiwan Sawatubon
Major Program Food Science and Technology
Academic Year 2015

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of chilling methods on quality and lipid oxidation rates for dried boiled anchovy in Thailand, by the choice between two practical chilling methods. The work supports a larger project, which aims to improve the quality of dried boiled anchovy in preparation for export to foreign countries.

The chemical composition and total viable counts were determined for raw fresh and boiled anchovies, and it was found that the protein content, fat content and total viable counts were significantly ($p<0.05$) higher in raw fresh anchovies than in boiled ones. However, the sodium chloride content in boiled anchovies was significantly ($p<0.05$) higher than in raw fresh ones. The quality changes of the raw fresh and boiled anchovies were monitored during chilled storage with two chilling methods, namely chilled in ice and held at 4 $^{\circ}$C, over 10 days. The quality changes in raw fresh and boiled anchovies occurred rapidly in the 4 $^{\circ}$C storage. The quality and oxidation reactions of raw fresh and boiled anchovies were observed during drying, showing that both moisture and TVC decreased steadily throughout drying over 12 hours ($p<0.05$). When chilled in 4 $^{\circ}$C before drying, the peroxide, TBARS and FFA in the product were higher with chilling in ice before drying, for fresh and boiled anchovies. Effects of normal atmosphere and vacuum on quality changes of boiled dried anchovy were investigated. The results showed that dried fish products in normal atmosphere had very rapid oxidation. However, the chilling method affected lipid oxidation rate in dried boiled anchovy, also affecting the quality.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ เพราะได้รับความกรุณาจากผู้มีอุปการคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชวาลโชติมากร ในฐานะประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง และให้ความรู้ตลอดการศึกษา ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณโรงงานอบปลาสมอทอง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ที่ให้การสนับสนุนด้านงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่คอยอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องและครอบครัวอันเป็นที่รักและผู้มีพระคุณต่อข้าพเจ้าทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและคอยสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	17
2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	18
วัสดุอุปกรณ์	18
วิธีการ	19
3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	25
1. องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม	25
2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น	26
3. วิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง	52
4. วิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน	97
4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	189
เอกสารอ้างอิง	191
ภาคผนวก	206
ก. วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ	207
ข. วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์	221
ค. การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส	224
ประวัติผู้เขียน	228

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ปริมาณการจับและมูลค่าปลากะตักในระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553..... 3
2. ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสด และปลากะตักต้ม..... 26

รายการภาพ

ภาพที่ หน้า

1. การเกิดฮีสตามีน..... 7
2. การเปลี่ยนแปลงของค่า K ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 28
3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 30
4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็ง และแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 32
5. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 33
6. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 35
7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 37
8. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 39
9. คะแนนความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง
และแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 40
10. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 42
11. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 44
12. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการ
แช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน 45
13. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น
ในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 47
14. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษา
โดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
นาน 10 วัน..... 49

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

15. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน 50
16. คะแนนการยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน..... 51
17. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 54
18. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 57
19. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและ แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 60
20. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 63
21. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 66
22. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 69
23. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 71
24. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 72

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

25. คะแนนการยอมรับด้านสีของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 74
26. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 77
27. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 80
28. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 83
29. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 86
30. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 89
31. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 91
32. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 93
33. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 94
34. คะแนนการยอมรับด้านสีของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 95

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

35. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง..... 99
36. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 100
37. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง..... 104
38. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 105
39. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง..... 109
40. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง..... 110
41. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง..... 114

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

42. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 115
43. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 119
44. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 120
45. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 123
46. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 124
47. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 128
48. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 129
49. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 132

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

50. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 133
51. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 135
52. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 136
53. คะแนนการยอมรับสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 138
54. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 139
55. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 141
56. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 142
57. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง 145
58. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 146

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

59. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 150
60. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 151
61. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง 155
62. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 156
63. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 160
64. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 161
65. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 165
66. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 166

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

67. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง 169
68. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยลมเย็นเป่า ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 170
69. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 174
70. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง..... 175
71. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 178
72. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 179
73. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 181
74. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า..... 182

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

75. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน(ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 184
76. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 185
77. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง)..... 187
78. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า)..... 188

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปลากะตักเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีเนื่องจากมีปริมาณของกรดไขมันจำเป็นต่อร่างกายในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่นๆโดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มของโอเมก้าสาม นอกจากนั้นยังอุดมไปด้วยโปรตีน ผลผลิตปลากะตักสามารถสร้างรายได้ให้กับชาวประมงทั้งในเชิงพาณิชย์และพื้นบ้านทั้งยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำปลา ปลากะตักตากแห้ง ปลากะตักต้มตากแห้งและผลิตภัณฑ์ปลากะตักปรุงรส เป็นต้น จากสถิติการจับสัตว์ทะเลของกรมประมง (2555) รายงานว่าใน ปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีการใช้ปลากะตักสดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตในอุตสาหกรรมและการแปรรูปแบบต่างๆประมาณ 138,600 ตันโดยมีมูลค่าประมาณ 1,634.2 ล้านบาท อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมการผลิตปลากะตักต้มอบแห้งและปลากะตักตากแห้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็ก รวมถึงมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมในชุมชนหรือครัวเรือนที่มีแหล่งของการผลิตกระจายตัวอยู่ตามจังหวัดในแถบชายทะเลทั้งในภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศซึ่งมักจะจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาอบแห้งผ่านตัวแทนกลางเพื่อการส่งออก แต่ยังมีปัญหาด้านคุณภาพความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์รวมถึงกระบวนการผลิตที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารทะเลชนิดอื่นๆและยังพบว่ายังขาดการวิจัยการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และการนำเทคโนโลยีทางอาหาร เพื่อมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าและกระบวนการผลิตโดยเฉพาะในกระบวนการผลิตปลากะตักต้มอบแห้งปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการที่ไม่สามารถนำวัตถุดิบปลากะตักสดเข้าสู่กระบวนการอบแห้งได้ทันทีภายหลังการจับ เนื่องจากที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ห่างไกลจากแหล่งวัตถุดิบจึงมักเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการขนส่ง รวมทั้งการใช้วัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นที่มักก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันในผลิตภัณฑ์ปลากะตักที่ผ่านอบแห้งซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นหืนทำให้การยอมรับในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งลดลง รวมถึงในกระบวนการผลิตปลากะตักต้มอบแห้งนั้นระหว่างขั้นตอนของการอบแห้งเพื่อลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักลงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาของการอบโดยเครื่องอบแบบลมร้อนโดยทั่วไปเป็นเวลานาน 10 ถึง 12 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณของวัตถุดิบปลากะตักที่รอเข้าสู่กระบวนการผลิตปลากะตักต้มอบแห้งเป็นจำนวนมากจึงทำให้ต้องเลือกใช้วิธีการแช่เย็นในการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักเพื่อรอเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง ในระหว่างการแช่เย็นสัตว์น้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำในด้านต่างๆที่จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำภายหลังขั้นตอนการแปรรูป จากรายงานของอรวรรณและคณะ (2546) กล่าวถึงมาตรฐานคุณภาพของปลากะตักอบแห้งและปลากะตักต้มอบแห้งของไทยพบว่าปริมาณความชื้น ปริมาณของด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ปริมาณฮีสตามีน ค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณของเชื้อราทั้งหมดต้องมีปริมาณน้อยกว่า 20%, 200 ppm, 15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง, 30 miliequivalents ต่อกิโลกรัมของน้ำมัน,

$1x10^5$ CFU ต่อกรัมและ $1x10^4$ CFU ต่อกรัมตามลำดับ อย่างไรก็ตามข้อมูลพื้นฐานสำหรับผลของการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักสดและวัตถุดิบปลากะตักต้มต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน กายภาพ จุลินทรีย์และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของการผลิตปลากะตักต้มอบแห้งยังขาดข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น รวมทั้งยังไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจนในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มปลากะตักต้มอบแห้งโดยเฉพาะผลของการแช่เย็นต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

จากเหตุผลข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารมาใช้ในการแก้ปัญหาและศึกษาผลของการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักก่อนเข้าสู่กระบวนการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มที่ผ่านการอบ เพื่อให้ได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งเพื่อรองรับการแข่งขันด้านการผลิต และเตรียมความพร้อมในการรองรับการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

การตรวจเอกสาร (Review of Literature)

1. ปลากะตัก

ปลากะตักเป็นปลาผิวน้ำขนาดเล็กอยู่รวมกันเป็นฝูง ลำตัวยาวเรียว ความยาวประมาณ 4 -15 เซนติเมตร ด้านข้างแบน ท้องเป็นสัน เกล็ดบริเวณหน้าครีบท้องแข็งเป็นหนาม หัวโต จะงอยปากสั้น ตาโต ปากกว้างและเฉียงขึ้นข้างบน ครีบหลังและครีบก้นมีลักษณะใกล้เคียงกัน ครีบหางลึกเป็นแฉก ครีบหูและครีบท้องมีขนาดเล็ก มีแถบสีขาวคาดที่ข้างลำตัว กินแพลงก์ตอน ลูกกุ้ง ลูกเคยเป็นอาหาร พบกระจายอย่างกว้างขวางตามบริเวณชายฝั่งทะเลและหมู่เกาะต่าง ๆ ตั้งแต่บริเวณหมู่เกาะฮาวาย ญี่ปุ่น ตาฮิติ ออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย เกาหลีและบริเวณชายฝั่งของกลุ่มประเทศในเอเชีย ตลอดจนหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรอินเดีย ทะเลอาหรับและทะเลแดง เป็นต้น (ไพโรจน์, 2533)

ปลากะตักเป็นปลาในกลุ่ม Clupeoid ในปี พ.ศ. 2528 มีรายงานการพบปลากะตักในบริเวณอ่าวไทยทั้งหมด 11 ชนิด ซึ่งอยู่ในสกุล Stolephorus ทั้งหมด ปลากะตักหัวแหลมหรือ *Stolephorus heterolobus* เป็นชนิดที่พบมากที่สุด คือประมาณร้อยละ 86.8 ของปลากะตักทั้งหมดที่จับได้ ส่วนด้านฝั่งทะเลอันดามันพบว่ามีปลากะตักสกุล Stolephorus อยู่ 6 ชนิด โดยปลากะตักหัวแหลม (*S. heterolobus*) พบมากที่สุดถึงร้อยละ 78.9 ต่อมาในปี พ.ศ. 2531 องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้แยกปลาในสกุล Stolephorus ที่พบทั่วโลก 24 ชนิด ออกเป็นสกุล Encrasicholina หรือปลากะตักตัวกลม 5 ชนิด และ Stolephorus หรือปลากะตักตัวแบน 19 ชนิด ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 กรมประมงได้รายงานเพิ่มเติมว่าปลากะตักในประเทศไทยมีทั้งหมด 14 ชนิด แบ่งเป็นปลากะตักตัวกลม 3 ชนิด ปลากะตักตัวแบน 11 ชนิด ได้แก่ *Encrasicholina devisi*, *E. heteroloba*, *E. punctifer*, *Stolephorus andhraensis*, *S. bagenensis*, *S. brachycephalus*, *S. chinensis*, *S. commersonii*, *S. dubiosus*, *S. indicus*, *S. waitei*, *S. insularis*, *S. tri*, และ *S. ronquilloi* (ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน จังหวัดภูเก็ต, 2539)

ผลผลิตปลากะตักเป็นผลิตภัณฑ์ประมงชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชาวประมงพื้นบ้าน และก่อให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตต่อเนื่องในเชิงพาณิชย์อีกจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมปลากะตักอบแห้ง ปลากะตักต้มตากแห้ง ปลากะตักปรุงรส และอุตสาหกรรมน้ำปลา กรมประมง (2555) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีการใช้ปลากะตักสดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตในอุตสาหกรรมและการแปรรูปแบบต่างๆ ประมาณ 138,600 ตัน โดยมีมูลค่าประมาณ 1,634.2 ล้านบาท (ตารางที่ 1.)

ตารางที่ 1. ปริมาณการจับและมูลค่าปลากะตักในระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553

ปี พ.ศ.	ปริมาณการจับ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2548	159,700	1,175.8
2549	157,800	1,316.3
2550	145,600	1,309.5
2551	144,100	1,454.8
2552	144,700	1,706.2
2553	138,600	1,634.2

ที่มา: กรมประมง (2555)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำ

หลังจากกระบวนการจับสัตว์น้ำมักเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ ปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของสัตว์น้ำมักประกอบด้วยปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ชีวเคมี และกายภาพซึ่งการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพความสดของสัตว์น้ำ (Bremner, 2000; Nielsen *et al*., 2002)

2.1 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง (pH)

ปลาสดจะมีค่าความเป็นกรดด่างเป็นกลาง เมื่อปลาตายค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง (Huss, 1988) เนื่องจากการเกิดกระบวนการไกลโคไลซีส (glycolysis) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ ทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ปริมาณของกรดแลคติกขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจน (glycogen) ที่สะสมในกล้ามเนื้อปลาก่อนตาย ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงภายหลังการตายต่อมาค่าความเป็นกรดด่างจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการออโตไลซีส (Autolysis) คือการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์

โปรตีเอส (Aksnes and Brekken, 1988) ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีน เกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบเอมีน (Özogul *et al*., 2005) ค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำลงของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ เช่น ปลาฮาลิบัท (halibut) อลาสกาพอลแลคและทูน่า โดยค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำมีผลให้เนื้อสัมผัสเหนียว ส่วนค่าความเป็นกรดด่างที่สูงขึ้นมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม (sloppy) (สุทธวัฒน์, 2554) จากรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) ในระหว่างการเก็บรักษาปลากระบอกแดง (*Mullus barbatus*) แช่เย็นเป็นเวลา 11 วัน พบว่าค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นจาก 7.06 เป็น 7.84 ในขณะที่รายงานของ Wang และคณะ (2003) ศึกษาการเก็บรักษาปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*) โดยการแช่เย็นเป็นเวลา 21 วัน พบว่าค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นจาก 6.32 เป็น 6.48 และรายงานของ Ben และคณะ (1999) พบว่าในปลาทูน่า (*Thunnus alalunga*) ที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นจาก 5.74 เป็น 5.82 ภายหลังการเก็บรักษานาน 12 เดือน

2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ถูกนำมาใช้เป็นดัชนีวัดค่าความสดของสัตว์น้ำ (Ehira and Uchiyama, 1987) ภายหลังจากสัตว์น้ำตายจะเกิดการสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ เริ่มต้นจากการสลายอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate, ATP) เป็นอะดีโนซีนไดฟอสเฟต (Adenosine diphosphate, ADP) อะดีโนซีนโมโนฟอสเฟต (Adenosine monophosphate, AMP) อิโนซีนมอนอฟอสเฟต (Inosine monophosphate, IMP) อิโนซีน (Inosine, HxR) ไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine, Hx) ตามลาดับ (Ryder, 1985) ปริมาณของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ถูกนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความสด (K value) (Woyewoda *et al*., 1986) โดยคำนวณปริมาณ HxR และ Hx ต่อปริมาณสารประกอบนิวคลีโอไทด์ทั้งหมด โดยใช้ความสัมพันธ์ K value (%) = [(HxR + Hx) / (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx)] x 100 (Saito *et al*., 1959) ภายหลังการตายทันทีของสัตว์น้ำควรมีค่า K ใกล้เคียง 0 สัตว์น้ำที่มีคุณภาพปานกลางมีค่า K เท่ากับ 10-20 ส่วนสัตว์น้ำที่ไม่ได้รับการยอมรับของผู้บริโภคมีค่า K มากกว่า 60 และมีค่าประมาณ 90 เมื่อสัตว์น้ำเน่าเสีย (Saito *et al*., 1959) จากรายงานของ Morkore และคณะ (2010) พบว่าในปลาแซลมอน (*Salmo salar* L.) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน มีค่า K เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 84 ขณะที่ Liu และคณะ (2010) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นของค่า K เป็นร้อยละ 91 ภายหลังการเก็บรักษาปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 29 วัน

2.3 การเปลี่ยนแปลงของด่างที่ระเหยได้และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน

การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนสามารถตรวจสอบจากปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base; TVB-N) (Chotimarkorn, 2011) สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมดประกอบด้วยการวัดปริมาณของไตรเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลา (Huss, 1988) ส่วนใหญ่ปริมาณของ TVB-N จะ

เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น (สุทธวัฒน์, 2554) ปริมาณ TVB-N ที่เหมาะสมต้องมีค่าน้อยกว่า 30 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (Woyewoda *et al*., 1986) จากรายงานของ Mbarki และคณะ (2009) พบว่าในปลาแมกเคอเรล (*Trachurus mediterraneus*) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน มีปริมาณ TVB-N อยู่ 48 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 ของตัวอย่าง ขณะที่ Bahmani และคณะ (2011) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N เป็น 48 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษาปลากระบอก (*Liza aurata*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

2.4 การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์

สารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (Trimethylamine oxide, TMAO) มีบทบาทต่อการควบคุมกระบวนการรักษาสมดุลของแรงดันออสโมติก ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) โดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (Trimethylamine oxidase) (Huss,1988) ทำให้เกิดกลิ่นคาว ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความสดของปลา ปริมาณ TMA-N ที่เกิดขึ้นสามารถใช้เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ โดยปริมาณของ TMA-N สูงสุดที่พบในสัตว์น้ำที่เหมาะสำหรับนำมาบริโภคนั้น ไม่ควรสูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างสัตว์น้ำ (Sikorski *et al*., 1990) กระบวนการรีดักชันของสารประกอบ TMAO มีสาเหตุจากจุลินทรีย์ที่พบในทะเล เช่น *Alteromonas, Photobacterium, Vibrio* และ *S.putrefaciens* หรืออาจมีสาเหตุจาก *Aeromonas* หรือ *Enterobacteriaceae* (สุทธวัฒน์, 2554) รายงานของ Rodríguez และคณะ (2006) พบว่าปริมาณ TMA-N ในปลาปลาตาเดียว (*Psetta maxima*) ที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 18 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษานาน 40 วัน ขณะที่ Mbarki และคณะ (2009) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N เป็น 23 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษาปลาแมกเคอเรล (*Trachurus mediterraneus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน และรายงานของ Ben และคณะ (1999) พบว่าปริมาณของ TMA-N ในปลาทูน่า (*Thunnus alalunga*) ที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 0.35 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษานาน 12 เดือน

2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมัน

2.5.1 การเกิดออกซิเดชันของไขมัน

ไขมันจากเนื้อปลามักเกิดการออกซิเดชัน เนื่องจากมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) สูง (Sohn *et al*., 2005) จากรายงานของ Hultin (1994) พบว่าในสัตว์น้ำจำพวกปลาจะสามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในวัตถุดิบสัตว์น้ำ แต่สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเหล่านี้จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการตายของสัตว์น้ำ (Post-mortem changes) รวมทั้งการเพิ่มปริมาณเหล็กอิสระ (free iron) (Decker and Hultin, 1990) การกระตุ้นการทำงานของ hemoprotein

(Kanner *et al*., 1987) และการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์ของสัตว์น้ำ (Huang *et al*., 1993) โดยในระหว่างของการแช่เย็นปลาพบว่ามักเกิดการเสื่อมคุณภาพของไขมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว (Bilinski *et al*., 1978; Smith *et al*., 1980) นอกจากนั้นในระหว่างการแช่เย็นสัตว์น้ำพบว่าปริมาณของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเริ่มต้นที่พบในสัตว์น้ำจะลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (Watanabe *et al*., 1996; Petillo and Hultin, 1995) และพบการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในวัตถุดิบสัตว์น้ำ (Botta and Shaw, 1976; Aubourg, 1997; Aubourg *et al*., 1995) ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง ทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารประกอบคาร์บอนิลและสารประกอบโพลีเมอร์ไรซ์เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของปลา (Gandemer and Meynier, 1995) ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid, TBARS) ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kanner, 1994) Ke และคณะ (1984) รายงานว่าปลาที่มีปริมาณ TBARS ต่ำกว่า 8 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างจะไม่มีกลิ่นหืน ในขณะที่ปลาที่มีปริมาณ TBARS ระหว่าง 9-20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนแต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลาที่มีปริมาณ TBARS มากกว่า 20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนรุนแรงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าในปลาแดง (*Mullus barbatus*) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน มีปริมาณของเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 1.53 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันและปริมาณ TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 0.57 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง และจากรายงานของ Tokur และคณะ (2006) ในระหว่างการเก็บรักษาปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio*) แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าปริมาณของ TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 0.27 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง

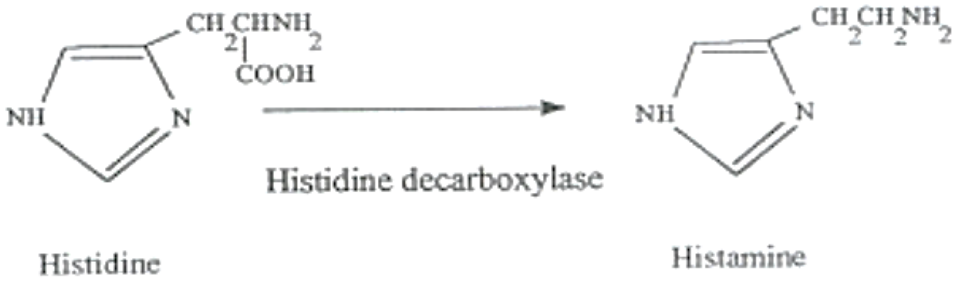
2.5.2. การเกิดไฮโดรไลซีสของไขมัน

การเกิดไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) ในสัตว์น้ำเกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายไตรกลีเซอร์-ไรด์และฟอสโฟไลปิดโดยเอนไซม์ไลเปสและเอนไซม์ฟอสโฟไลเปสซึ่งมักมีอยู่แล้วในอาหารตามธรรมชาติหรืออาจจะเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์สร้างขึ้น (Bligh *et al*., 1988) ปฏิกิริยานี้จะต้องมีน้ำเข้าไปเกี่ยวข้อง โดยมีความร้อนและแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลพลอยได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA) การตรวจสอบการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันวัดได้จากปริมาณของกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (Khayat and Schwall, 1983) Bligh และคณะ (1988) กล่าวว่าการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางอาหาร แต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากปฏิกิริยาลำดับสองที่เกิดกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดผลกระทบต่ออาหาร เช่น เร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ (off-flavors) จากรายงานของ Özogul และคณะ (2006) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลาข้างเดียว (*Scophthalmus maximus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19 วัน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.6 ขณะที่ Tokur และคณะ (2004) พบว่าในปลานิล (*Oreochromis*

niloticus) ที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 เดือน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.92 และรายงานของ Rodríguez และคณะ (2007) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลาแซลมอน (*Oncorhynchus kisutch*) โดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 เดือน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 8.11

2.6 การเกิดฮีสตามีน

การเกิดฮีสตามีนในปลาพบว่าเกิดได้ 2 ทาง คือ เกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายตัวเอง (autolysis) ของปลาหรือเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ฮิสตีดีนดีคาร์บอกซิเลสของแบคทีเรียที่ย่อยกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระ (free histidine) ทำให้เกิดฮีสตามีนในปลา (Arnold and Brown,1978; Taylor, 1986) ตามดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1. การเกิดฮีสตามีน
ที่มา : Arnold and Brown (1978)

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) กำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) ในขณะที่สหภาพยุโรปกำหนดว่า ค่าเฉลี่ยของฮีสตามีนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ 9 ตัวอย่าง ต้องมีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัม โดย 2 ใน 9 ตัวอย่างต้องมีฮีสตามีน ไม่เกิน 10 - 20 มิลลิกรัม/100 กรัม และไม่มีตัวอย่างใดมีฮีสตามีนสูงเกิน 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (The Council of the European Communities, 1991) จากรายงานของ Aubourg และคณะ (2007) พบว่าในปลาแซลมอน (*Oncorhynchus kisutch*) แช่-เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 วัน มีปริมาณฮีสตามีนเพิ่มขึ้น 4.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ขณะที่ Moral (2001) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนเป็น 1.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ภายหลังการเก็บรักษาปลาแฮค (*Merluccius merluccius*, L.) โดยการแช่-

เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และจากรายงานของ Lakshmisha และคณะ (2008) พบว่าในปลาแมกเคอเรล (*Rastrelliger kanagurta*) แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน มีปริมาณฮีสตามีนเพิ่มขึ้น 10.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง

แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮีสตามีนมีหลายชนิด เมื่อแยกแบคทีเรียจากปลาที่เป็นพิษพบ *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* และ *Hafnia alvei* (Taylor and Speckhard, 1984) โดยทั่วไปสัตว์น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 7-10 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียชนิด mesophilic เช่น *Morganella morganii*, *Hafnia alvei* และ *Raoultella planticola* (Lehane and Olley, 2000 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) ฮีสตามีนมีความคงตัวต่อการแช่แข็งและการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การหุงต้ม การรมควัน และการให้ความร้อนสำหรับบรรจุกระป๋อง (Hungerford, 2010 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554)

Taylor และ Woychik (1982) ได้รายงานการศึกษาผลของความเป็นกรดด่างต่อการสร้างฮีสตามีนของ *K. pneumoniae* พบว่าความเป็นกรดด่างมีผลต่อการสร้างฮีสตามีน เมื่อค่าความเป็นกรดด่าง 4.8 จะมีการสร้างฮีสตามีนต่ำสุด เนื่องจาก *K. pneumoniae* เจริญไม่ได้ ในขณะที่ระดับค่าความเป็นกรดด่าง 5.8 การสร้างฮีสตามีนจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และที่ค่าความเป็นกรดด่าง 5.8 - 7.3 การสร้างฮีสตามีนจะเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับการสร้างฮีสตามีนของ *K. pneumoniae* คือ 6.3 จากรายงานของ Yatsunami และ Echigo (1993) ได้ศึกษาผลของปริมาณเกลือร้อยละ 2 และ 12 ต่อการเกิดแบคทีเรียสร้างฮีสตามีน พบว่าระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่ผสมเกลือร้อยละ 2 มีปริมาณฮีสตามีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ตัวอย่างที่ผสมเกลือร้อยละ 12 พบฮีสตามีนเช่นเดียวกัน โดยพบแบคทีเรียสร้างฮีสตามีนชนิดทนเกลือจำนวน < 10 - 10^4 CFU/กรัม อย่างไรก็ตามปริมาณเกลือในระดับสูงแบคทีเรียดังกล่าวยังสามารถสร้างฮีสตามีนได้

ผู้บริโภคที่ได้รับพิษจากฮีสตามีนจะเกิดอาการผิดปกติทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ท้องอืดแน่นเฟ้อ อาการผิดปกติทางผิวหนัง เช่น ผื่นคัน ลมพิษ เป็นตุ่มหรือบวมแดง อาการทางระบบประสาท เช่น หน้าแดง คัน ปวดศรีษะ แสบร้อนบริเวณปาก นอกจากนี้ยังทำให้ร่างกายเกิดสภาวะความดันต่ำ ใจสั่นและหัวใจเต้นแรงเป็นครั้งคราว ฮีสตามีนเป็นสารพิษชนิดที่ทำ ให้เกิดพิษกับร่างกาย (intoxication) ซึ่งอาการอาจเกิดหลังจากร่างกายได้รับฮีสตามีนเพียงแค่ไม่กี่นาทีหรือภายใน 3 ชั่วโมง และอาการแพ้อาจเกิดขึ้นเพียง 2 - 3 ชั่วโมงหรือหลายวันขึ้นกับความรุนแรงของอาการ (Cavanah and Casale, 1993) ความรุนแรงของพิษจากฮีสตามีนขึ้นกับปริมาณที่ร่างกายได้รับ Shalaby (1996) ได้แบ่งระดับของความเป็นพิษของฮีสตามีนไว้ 4 ระดับ คือ น้อยกว่า 5 มิลลิกรัม/100 กรัม ถือว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค ระดับ 5 - 20 มิลลิกรัม/100 กรัมมีโอกาสเป็นพิษ ระดับ 20 - 100 มิลลิกรัม/100 กรัม มีโอกาสเป็นพิษได้มากและมากกว่า 100 มิลลิกรัม/100 กรัม เป็นพิษและไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การยอมรับในคุณภาพของสัตว์น้ำลดลง (Aubourg *et al*., 1995; Harris and Tall, 1989) ในขณะที่ปลายังมีชีวิตอยู่แบคทีเรียไม่สามารถทะลุผ่านผิวหนังเข้าไปในเนื้อเยื่อและไม่สามารถผ่านออกจากลำไส้เข้าไปในเนื้อเยื่อได้ ปริมาณของแบคทีเรียจะอยู่ในระดับสมดุลตลอดเวลา เมื่อปลาตายระบบป้องกันแบคทีเรียจะหยุดการทำงานและผิวหนังตลอดจนเนื้อเยื่อจะสูญเสียความสามารถในการควบคุมการซึมผ่าน (permeability) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณและคุณภาพ (สุทธวัฒน์, 2554) การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น วิธีการจับ อุณหภูมิ สภาวะการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และสภาวะการเก็บรักษาภายหลังการตาย (สุทธวัฒน์, 2554) ปกติในแหล่งน้ำจะมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยมาก ในขณะที่ชายฝั่ง แหล่งน้ำขัง และตะกอนจะมีจุลินทรีย์ปริมาณสูง (Sikorski and คณะ, 1990 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) ภายหลังจากการตายของสัตว์น้ำจะมีการเจริญของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่มักพบในปลาคือ *Shewanella putrifaciens* และ *Pseudomonas* spp. (Gram and Huss, 1996) ปลาสดมักเกิดการปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ทั่วไป (microflora) ในส่วนต่างๆ ได้ เช่น ลำไส้ เมือก และผิวหนัง พบว่าจุลินทรีย์ที่แยกออกมาได้จากลำ ไส้เล็กและผิวหนังปลาส่วนใหญ่ คือ *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium* และ *Micrococcus* และเมือกของปลาจะพบแบคทีเรียพวก *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Saricina*, *Serratia*, *Vibrio* และ *Bacillus* และมักพบว่าจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวปลามักจะเป็นชนิดเดียวกับที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่ปลาอาศัยอยู่ซึ่งจำนวนและชนิดของ microflora จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ คุณภาพของน้ำ และพันธุ์ปลา (Ray, 1996)

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียที่มีบทบาทสำคัญในสัตว์น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ *Shewanella putrifaciens* และ *Pseudomonas* spp. (สุทธวัฒน์, 2554) Cai และคณะ (1968) รายงานว่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในปลาส่วนมากเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram-negative bacteria) คือ *Pseudomonas putrefaciens*, *Psychrobactor*, *Moraxella* spp., *Flavobacterium*, *Acinetobacte*r และ *Vibrio* ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้สามารถย่อยสลายโปรตีน ด้วยเอนไซม์โปรตีเอสให้กลายเป็นเปปไทด์ กรดอะมิโน อินโดล เอมีน สารประกอบซัลไฟด์ และแอมโมเนีย ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ไลเปสซึ่งหน้าที่ย่อยสลายไขมันให้กลายเป็นกรดไขมัน กลีเซอรอล และสารประกอบอื่นๆ ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน (Gram and Huss, 1996)

แบคทีเรียก่อโรค (pathogenic bacteria) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำส่วนใหญ่ คือ *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophilla*, *Yersinia enterocoltica*, *V. vulnificus* และ *C. botulinum* (Fraser and Sumar, 1998) ซึ่งการเจริญและกิจกรรม (activity) ของแบคทีเรียก่อโรคขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสุขลักษณะในการเก็บรักษา (Fraser and Sumar, 1998) การเกิดอาหารเป็นพิษส่วนใหญ่มักเกิดจากการได้รับพิษในปริมาณที่เพียงพอที่ก่อให้เกิดพิษ การควบคุมปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นสามารถป้องกันอาหารเป็นพิษได้ เช่น การเก็บรักษาสัตว์น้ำที่อุณหภูมิต่ำ การให้ความร้อนหรือทำลายเซลล์จุลินทรีย์และสารพิษ

อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำที่ผ่านการให้ความร้อนอาจเกิดการปนเปื้อนภายหลังการแปรรูป(สุทธวัฒน์, 2554)

จากรายงานของ Norhana และคณะ (2011) พบว่าในปลาที่อาศัยอยู่ในเขตหนาวมักพบแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (psychrotrophic) ขณะที่ปลาที่อาศัยในเขตอบอุ่นมักพบแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) จากรายงานของ Chotimarkorn (2011) กล่าวว่าโดยทั่วไปจานวนของแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางในปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็มต้องไม่เกิน 7.0 log CFU ต่อกรัม จากรายงานของ Celik และคณะ (2011) พบว่าปลาแดง (*Cepola macrophthalma*) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีจำนวนแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง 7.51 log CFU ต่อกรัม ขณะที่ Karungi และคณะ (2004) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นจำนวนแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางเป็น 6.0 log CFU ต่อกรัม และแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำเพิ่มขึ้น 11.0 log CFU ต่อกรัม ภายหลังการเก็บรักษาปลากะพง (*Lates niloticus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

2.8 การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ภายหลังจากสัตว์น้ำตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและรสชาติ (Huss, 1995) จากรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าปลาแพะข้างเหลือง (*Upeneus moluccensis*) มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สามารถยอมรับได้เมื่อผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน ขณะที่ Chotimarkorn (2011) พบว่าผิวหนังภายนอกและกลิ่นของปลากะตัก (*Stolephorus heterolobus*) ไม่สามารถยอมรับได้ในวันที่ 6 ระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน นอกจากนั้นจากรายงานของ Pons-Sanchez-Cascado และคณะ (2006) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลา Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicholus*) ในน้ำแข็งระยะเวลานาน 7 วัน ทำให้คะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลา Mediterranean anchovies ต้มจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บรักษานาน 48 ชั่วโมง จากรายงานของ Barat และคณะ (2006) พบว่าปลาคอดอบแห้งที่ผลิตมาจากวัตถุดิบปลาคอดที่เก็บรักษาไว้ในน้ำแข็งนาน 7 และ12 วันจะมีน้ำหนักผลผลิตของปลาคอดอบแห้งน้อยกว่าการใช้วัตถุดิบปลาคอดสด และความสดของวัตถุดิบปลาคอดยังส่งผลโดยตรงต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของปลาคอดที่ผ่านการหมักเกลือและอบแห้ง

3. กลไกการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

ในอาหารปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ (Autoxidation) เป็นผลทำให้ไขมันเสื่อมคุณภาพ ซึ่งกลไกพื้นฐานของปฏิกิริยานี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ระยะเหนี่ยวนำ (Initiation) ระยะขยายตัวของปฏิกิริยา (Propagation) และระยะสิ้นสุด (Termination) (Madhavi *et al*., 1996)

3.1 ระยะเหนี่ยวนำ

ระยะเหนี่ยวนำเป็นระยะเริ่มต้นของปฏิกิริยาซึ่งเกิดอนุมูลอิสระขึ้น ในระยะนี้ไฮโดรเจนอะตอมจะถูกดึงออกจากโมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระของกรดไขมัน ซึ่งปฏิกิริยาเริ่มต้นเกิดขึ้นจากการกำจัดอนุมูลไฮโดรเจนออกไปจากกลุ่มอัลไลลิกเมทธิลีน (Allylic methylene group) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวดังสมการที่ (1) รูปอนุมูลอิสระ ($R^{\bullet}$) โดยปกติจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อมีโลหะ การฉายรังสี แสงสว่างหรือความร้อน (Madhavi *et al*., 1996)

$$RH \longrightarrow R^{\bullet} + H^{\bullet} \qquad (1)$$

3.2 ระยะขยายตัวของปฏิกิริยา

ระยะขยายตัวของปฏิกิริยา อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกไซด์ (Peroxide redical, $ROO^{\bullet}$) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้ได้สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide, ROOH) สะสมเป็นจำนวนมากดังสมการ (2) และ (3) ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้อนุมูลอิสระสะสมในระบบมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้นเรื่อยๆ (Madhavi *et al*., 1996)

$$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet} \qquad (2)$$

$$ROO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH^{\bullet} + R^{\bullet} \qquad (3)$$

3.3 ระยะสิ้นสุด

ระยะสิ้นสุดเป็นระยะที่อนุมูลต่างๆ รวมตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ที่คงตัว ดังสมการที่ (4) (5) และ (6)

$$R^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow R\text{-}R \qquad (4)$$

$$R^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR \qquad (5)$$

$$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR + O_2 \qquad (6)$$

เมื่อถึงระยะสิ้นสุดแล้วจะมีสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมในระบบจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบไฮโดรเพอร์รอกไซด์ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน กรดและอัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Madhavi *et al*., 1996)

4. การอบแห้ง

การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรหรือผลิตภัณฑ์อาหารนั้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารและเพิ่มความสะดวกในการจัดเก็บและการขนส่ง ในกระบวนการอบแห้งวัตถุดิบอาหารสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนของการอบแห้ง สัตว์น้ำเป็นกลุ่มของวัตถุดิบที่เสื่อมเสียได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาได้ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ การถนอมรักษาสัตว์น้ำสดนั้นนิยมใช้วิธีการแช่เย็นโดยใช้น้ำแข็งเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียและให้คงคุณภาพเหมือนสัตว์น้ำสด (Dincer, 1995) ในขณะที่เมื่อสัตว์น้ำไม่สามารถนำมาบริโภคสดได้จึงมีความจำเป็นที่ต้องนำมาแปรรูปด้วยวิธีการต่างๆ วิธีและกระบวนการทำแห้งหรืออบแห้งนั้นใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อนและมวลในเวลาเดียวกันโดยในขณะที่ให้ความร้อนกับสัตว์น้ำนั้นจะเป็นการเพิ่มระดับของอุณหภูมิในปลาให้สูงขึ้นและส่งผลให้ความชื้นในสัตว์น้ำระเหยออกจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Jain, 2006) ในขณะเดียวกันการใช้ความร้อนและระยะเวลานานในการอบสัตว์น้ำนั้นจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจนทำให้ในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผ่านการอบแห้งเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติจนทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง สัตว์น้ำที่นิยมนำมาอบแห้งนั้นสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายกลุ่มเช่น ปลา กุ้ง หอย และหมึก คุณภาพของสัตว์น้ำอบแห้งนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกรรมวิธีหรือกระบวนการอบแห้งแล้วยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบ วิธีการเก็บเกี่ยวและวิธีการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง (Esper and Muhlbauer, 1998) นอกจากนั้นยังมีความพยายามในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์

น้ำอบแห้งจากปัจจัยต่างๆ เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตสัตว์น้ำอบแห้งที่มีคุณภาพ (Zakhia *et al*., 1995; Teixeria *et al*., 1998)

Brooker และคณะ (1981) รายงานว่าอัตราการทำแห้งของอาหาร ขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติของอาหารเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง และสภาวะแวดล้อมในระหว่างการทำแห้ง เช่น ชนิดของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น อัตราการแห้งและความชื้นแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial Adjustment Period) เป็นช่วงเริ่มต้นที่อาหารที่ใช้ในการอบแห้ง มีความชื้นเริ่มต้นของอาหารยังสูงอยู่ ผิวของอาหารจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกลางลมร้อนกับอาหาร ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวอาหารมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของกระแสลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลาง อัตราการทำแห้งค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant Rate Period) เป็นช่วงที่น้ำภายในอาหารเคลื่อนที่มายังผิวหน้า พลังงานความร้อนที่อาหารได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากของอาหารอย่างต่อเนื่อง ความชื้นเฉลี่ยของอาหารจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลง ความชื้นของอาหาร ณ เวลานี้ เรียกว่าความชื้นวิกฤต (critical moisture content) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (falling Rate Period) เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารสูงขึ้นเรื่อยๆ อัตราการอบแห้งจะลดลงความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่าความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ซึ่งเป็นความชื้นที่ต่ำสุด ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก จากรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าปลานวลจันทร์ ทะเลมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 85.60 เมื่อผ่านการอบแห้งพบว่าปริมาณความชื้นลดลง วัดปริมาณความชื้นได้ร้อยละ 38.91 ขณะที่รายงานของวราทิพย์และคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพของปลากะตักต้มตากแห้งพบว่า มีปริมาณความชื้นของปลาสดเริ่มต้นร้อยละ 78.40 เมื่อต้มจนสุกแล้วนาไปตากแดดพบว่าปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ โดยปลาหลังต้มมีปริมาณความชื้นร้อยละ 70.59 และหลังจากตากแดดวัดปริมาณความชื้นได้ร้อยละ 33.50

4.1 กระบวนการทำแห้ง

4.1.1 การถ่ายเทความร้อน (heat transfer)

การถ่ายเทความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในตัวอาหารโดยความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหารแล้วส่งถ่ายความร้อนเข้าสู่ภายในอาหารโดยวิธีการนำความร้อน ความร้อนดังกล่าวจะเป็นตัวกลางที่ทำให้ไอน้ำในอาหารกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร (Clucas, 1982)

4.1.2 การระเหยของน้ำออกสู่ภายนอก (outward movement of water)

การระเหยของน้ำออกสู่ภายนอก เกิดขึ้นโดยน้ำในอาหารจะเคลื่อนที่มายังผิวหน้าของอาหารแล้วจะระเหยออกจากผิวหน้าของอาหารโดยจะกระจายตัวสู่บรรยากาศเหนืออาหาร (Clucas, 1982)

5. ผลของการทำแห้งต่อคุณภาพของสัตว์น้ำ

5.1 กลิ่นและรสชาติ

ความร้อนในกระบวนการทำแห้งจะทำให้กลิ่นของอาหารระเหยออกไปด้วย ดังนั้นการสูญเสียสารให้กลิ่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้และความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดในอาหาร ความดันไอของสารที่ระเหยได้และความสามารถในการละลายน้ำ หากเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจะสูญเสียตั้งแต่เริ่มต้นการทำแห้ง ส่วนช่วงหลังของการทำแห้งจะมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งจะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้ ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้สูญเสียกลิ่นอีกอย่างหนึ่งคือ การเกิดออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็น อัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows, 1992)

5.2 สี

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีที่ผิวของอาหารและการสะท้อนแสงของสี ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันของไขมันระหว่างการทำแห้ง โดยเฉพาะการทำแห้งที่ใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงและอาจเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา การเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้และอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการเก็บรักษา ยิ่งเก็บที่อุณหภูมิสูงยิ่งมีสีคล้ำ โดยเฉพาะเมื่ออาหารมีค่าความชื้นมากกว่าร้อยละ 4-5 และอุณหภูมิที่เก็บสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส (Fellows, 1992)

การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำ องค์ประกอบของอาหารมีการสลายตัวและมีการรวมตัวเกิดเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและมีกลิ่นเฉพาะตัว การเกิดปฏิกิริยานี้จะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงรวมถึงสีและรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนไปด้วย ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเกิดคาราเมไลเซชันและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปในอาหารทะเลจะเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fellows, 1992)

อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอนิลที่จะไปรวมกับเอมีน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิและความชื้นของอาหาร มีรายงานการพบปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง ปลาแมคเคอเรลแห้งและปลาเทราท์เค็ม (Fellows, 1992)

5.3 ลักษณะของเนื้อสัมผัส

การเกิดเปลือกแข็ง (Case hardening) ระหว่างการทำแห้งเนื้อสัตว์ เนื้อเยื่อจะเกิดการจับตัวรวมกันและโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติเกิดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและกล้ามเนื้อเหนียวขึ้น อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร การทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ น้ำจะเคลื่อนย้ายระหว่างการทำแห้งและตัวถูกละลายจะเคลื่อนย้ายจากด้านในออกมาด้านนอก กลไกและอัตราการเคลื่อนย้ายของตัวถูกละลายแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง เมื่อน้ำระเหยออกไปจะทำให้ตัวถูกละลายมีความเข้มข้นที่ผิวมากขึ้น ถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงโดยเฉพาะปลาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพที่ซับซ้อนบริเวณผิวและผิวนอกของอาหารจะแข็งขึ้น (Fellows, 1992)

การหดตัวเกิดขึ้นจากการทำแห้ง เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำทำให้เซลล์ของอาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพ ส่วนที่อ่อนกว่าจะหดตัว อาหารที่มีน้ำมากจะเกิดการหดตัวมาก (Fellows, 1992)

5.4 การเกิดออกซิเดชันของไขมัน

ปริมาณ TBARS ใช้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอย่างแพร่หลาย (Fernandez *et al*., 1997) จากรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณ TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 4.32 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง

ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kanner, 1994) อย่างไรก็ตามปริมาณของเพอร์ออกไซด์สามารถยอมรับได้ในสัตว์น้ำต้องมีค่าต่ำกว่า 20 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน จากรายงานของ Shah และคณะ (2009) พบว่าในปลา herring (*Clupea harengus*) ที่ผ่านการอบแห้งนาน 10 วัน มีปริมาณของเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 5.52 เป็น 16.07 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน

5.5. การเกิดไฮโดรไลซีสของไขมัน

การเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันจะต้องมีน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องและมีความร้อนและแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลพลอยได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือกรดไขมันอิสระ การตรวจสอบการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันวัดได้จากปริมาณของกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (Khayat and Schwall, 1983) Bligh และคณะ (1988) กล่าวว่าการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางอาหารแต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากปฏิกิริยาลำดับสองที่เกิดกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดผลกระทบต่ออาหารเช่น เร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ (off-flavors) จากรายงานของ Shah และคณะ (2009) ศึกษาคุณภาพของปลา

herring (*Clupea harengus*) พบว่าในปลา herring ที่ผ่านการอบแห้งนาน 10 วัน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4.55 เป็นร้อยละ 6.86 ขณะที่ Nguyen และคณะ (2012) พบว่าในปลาคอด (*Gadus morhua*) ที่ผ่านหมักเกลือและตากแห้ง พบว่ามีปริมาณของกรดไขมันอิสระร้อยละ 17

5.6 การเกิดฮีสตามีน

จากรายงานของ Jeyasekaran และ Shakila (2003) ศึกษาการปนเปื้อนของฮีสตา-มีนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจากรัฐ Tamil Nadu ประเทศอินเดีย พบว่าในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งมีปริมาณฮีสตามีน 10 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ในขณะที่ปราณีและคณะ (2538) ศึกษาปริมาณฮีสตามีนในปลากะตักตากแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดของประเทศไทย พบว่ามีปริมาณฮีสตามีนอยู่ในช่วง 0.5-142.4 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง

5.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์

จากรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าปลานวลจันทร์ ทะเลที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.23 log CFU ต่อกรัม ขณะที่รายงานของ วราทิพย์และคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพของปลากะตักต้มตากแห้งพบว่า ปลาที่ผ่านการตากแห้ง มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.0 log CFU ต่อกรัม

6. การบรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum Packaging)

การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในฟิล์มที่มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูงจากนั้นดึงอากาศออกจากภาชนะบรรจุและปิดผนึกเพื่อให้บรรยากาศภายในภาชนะบรรจุจะมีสภาพเป็นสุญญากาศ จะเกิดการยุบตัวของฟิล์มรอบๆ ผลิตภัณฑ์เนื่องจากความดันภายในภาชนะบรรจุน้อยกว่าความดันบรรยากาศภายนอก โดยปกติปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในภาชนะบรรจุจะน้อยกว่า 1% ที่สภาวะนี้จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศจำพวก *Pseudomonas* และ *Aeromonas* ได้ (King and Nagel, 1967)

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่จำเป็นต่อการเจริญและกิจกรรมของแบคทีเรียที่ชอบอากาศ (aerobic bacteria) และเชื้อราทุกชนิด แต่จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ (anaerobic bacteria) ได้ นอกจากนี้ออกซิเจนยังสามารถก่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหารที่มีไขมันสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดปริมาณก๊าซออกซิเจนให้ต่ำลงหรือการกำจัดออกจากภาชนะบรรจุ (Parry, 1993)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักสดต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง

2. ศึกษาผลของการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง

บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

1.1. ปลากะตัก (Anchovy; *Stolephorus heterolobus*)

2. สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

2.1 กรดไตรคลอโรอะซีติก (Trichloroacetic acid, TCA)
2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)
2.3 กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3)
2.4 โปรตีนอินดิเคเตอร์ (Methyl red ผสม bromocresol green)
2.5 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)
2.6 ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde, CH_2O)
2.7 กรดเปอร์คลอริก (Perchloric acid, PCA)
2.8 โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH)
2.9 ไดโพแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Dipotassium hydrogen phosphate, KH_2PO_4)
2.10 สารมาตรฐานของ Adenosine Triphosphate (ATP), Adenosine Diphosphate (ADP), Inosine Monophosphate(IMP), Inosine และ Hypoxanthine
2.11 กรดอะซิติก (Acetic acid, CH_3COOH)
2.12 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide, KI)
2.13 โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate, $Na_2S_2O_3$)
2.14 บิวทิเลเตตไฮดรอกซีอะนีโซล (Butylated hydroxyanisole, BHA)
2.15 บิวทิเลเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxytoluene, BHT)
2.16 กรดเอทิลีนไดอะไมนเตตระอะซิติก (Ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA)
2.17 กรดไทโอบารบิทูริค (Thiobarbituric acid, TBA)

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1 อาหาร Plate Count Agar (PCA)
3.2 อาหาร Potato dextrose agar (PDA)

4. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น TB-124
4.2 เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer) ยี่ห้อ Nissei รุ่น AM-8 Ace Homogenizer
4.3 พีเอชมิเตอร์ (pH meter) ยี่ห้อ Eutech Instrument
4.4 ตู้แช่เย็น ยี่ห้อ Mirage
4.5 เครื่องเซนตริฟิวก์ (Centrifuge) ยี่ห้อ HERMLE
4.6 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1100
4.7 เครื่อง Rotary evaporator รุ่น RE-5210
4.8 เครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890A
4.9 เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ mrc. UV-2000RS
4.10 ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ WTB binder
4.11 Boiling water bath ยี่ห้อ memert
4.12 ตะเกียงแอลกอฮอล์
4.13 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Binder
4.14 Conway unit

วิธีการ

1. การจัดหาและเตรียมวัตถุดิบปลากะตัก

ปลากะตักที่ใช้ในการทดลองถูกจับในทะเลบริเวณชายฝั่งอันดามัน ขนาดลำตัวยาว 4.5-5.0 เซนติเมตร ปริมาณ 3,000 กิโลกรัม ถูกขนส่งมายังโรงอบปลา นำปลากะตักสดมาคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกและล้างทำความสะอาดโดยใส่ในตะแกรงก่อนฉีดสเปรย์ด้วยน้ำสะอาด

2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม

ตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักสดจากข้อที่ 1 ถูกนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองคือ ชุดที่ 1 นำตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักสดจากข้อที่ 1 มาต้มในสารละลายน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 15 % ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ชุดที่ 2 ใช้ตัวอย่างปลากะตักสด สุ่มตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้มมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่, โปรตีน, ไขมัน, โซเดียมคลอไรด์ ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ Chng (1992) และปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable count, TVC) หาตามวิธีการของ AOAC (2000)

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น

นำวัตถุดิบปลากะตักสดจากข้อที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ชุดเท่าๆ กัน ชุดที่ 1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักสดในระหว่างการแช่เย็นและชุดที่ 2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในระหว่างการแช่เย็น

3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักสดในระหว่างการแช่เย็น

ตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักสดจากข้อ 3 ในชุดที่ 1 ถูกนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบทางเคมี ชีวเคมีและจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เย็น โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองย่อยดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้เป็นชุดการทดลองการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งโดยนำวัตถุดิบปลากะตักสดไม่มีชีวิตมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด High density polyethylene (HDPE) โดยบรรจุปริมาณถุงละ 2,000 กรัม ซีลปิดปากถุงโดยใช้เครื่องซีลถุงพลาสติกแบบร้อนก่อนนำมาเก็บรักษาด้วยการกลบทับโดยเกล็ดน้ำแข็งโดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักปลากะตักสดต่อน้ำหนักน้ำแข็งเท่ากับ 1:2 (w/w) โดยบรรจุลงในภาชนะที่มีฉนวนขนาด 800 ลิตร ก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยเปลี่ยนน้ำแข็งทุกๆ 24 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้เป็นชุดการทดลองการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ 4 องศาเซลเซียส นำวัตถุดิบปลากะตักสดไม่มีชีวิตบรรจุในถุงพลาสติกชนิด HDPE ปริมาณถุงละ 2,000 กรัม ซีลปิดปากถุงโดยใช้เครื่องซีลถุงพลาสติกแบบร้อน ก่อนนำมาแช่เย็นโดยวิธีการใช้ลมเย็นเป่า (air blast) ที่มีอุณหภูมิของลมเย็นเท่ากับ 4-6 องศาเซลเซียส

สุ่มตัวอย่างปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 ชุดการทดลองทุกๆ 24 ชั่วโมง มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า K, ปริมาณ TVB-N, ปริมาณ TMA-N, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณฮีส-ตามีน, ปริมาณ TVC และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม และความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบ ติดตามผลจนกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณสูงกว่า 10^6 CFU ต่อกรัม โดยทาการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตามวิธีการในข้อ 6

3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในระหว่างการแช่เย็น

ตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักสดจากข้อ 3 ชุดที่ 2 มาต้มในสารละลายน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 15 % ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ลดอุณหภูมิของตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักอย่างรวดเร็ว โดยการนำตัวอย่างที่ผ่านการต้มใส่ภาชนะอลูมิเนียมแล้วแช่ในน้ำเย็น ก่อนนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบทางเคมี ชีวเคมีและจุลินทรีย์ในระหว่างการแช่เย็นโดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองย่อย คือชุดการทดลองที่ 1 การแช่เย็นปลากะตักต้มในเกล็ดน้ำแข็ง และชุดการทดลองที่ 2 แช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าที่ระดับอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส วิธีการทดลอง การสุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์ดัชนีต่างๆ ตามในข้อ 3.1 (โดยไม่ต้องศึกษาค่า K)

4. ศึกษาผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง

ตัวอย่างที่ใช้

- วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ในข้อ 3.1 นำมาต้มในสารละลายน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 15 % ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ลดอุณหภูมิของตัวอย่างวัตถุดิบปลากะตักอย่างรวดเร็ว โดยการนำตัวอย่างใส่ภาชนะอลูมิเนียมแล้วแช่ในน้ำเย็น

- วัตถุดิบปละกะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ในข้อ 3.2

โดยเลือกสุ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่เย็นทั้งหมดในวันที่ 2, 4, 6, 8, 10 (ระยะเวลาของการสุ่มตัวอย่างขึ้นอยู่กับผลของการติดตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณสูงกว่า 10^6 CFU ต่อกรัม จากการทดลองในข้อ 3) และใช้วัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นเป็นชุดควบคุม มาอบโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ จนมีระดับของความชื้นในเนื้อปลากะตักประมาณ 15-20 % (dry basis) จากนั้นสุ่มตัวอย่างปลากะตักในระหว่างการอบแห้งทุกๆ 0.5 ชั่วโมงของการอบใน 6 ชั่วโมงแรก และทุกๆ 1.5 ชั่วโมงภายหลังการอบ 6 ชั่วโมง มาตรวจสอบปริมาณความชื้น, ปริมาณเพอร์ออกไซด์, ค่า TBARS, ปริมาณของกรดไขมันอิสระ, ปริมาณฮีสตามีน, การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน และสี, ปริมาณ TVC ตามวิธีการในข้อ 6 โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

5. ศึกษาผลวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

ตัวอย่างที่ใช้

- ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง ที่ผลิตจากวัตถุดิบปละกะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในข้อ 3.1 ผ่านการต้มสุกและผ่านการอบแห้งจนมีระดับของความชื้นในเนื้อปลากะตักประมาณ 15-20 % นาน 12 ชั่วโมง ในข้อ 4

- ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง ที่ผลิตจากวัตถุดิบปละกะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในข้อ 3.2 และผ่านการอบแห้งจนมีระดับของความชื้นในเนื้อปลากะตักประมาณ 15-20 % นาน 12 ชั่วโมง ในข้อ 4

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลากะตักดังกล่าวมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่ต่างกัน โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองย่อยคือ ชุดทดลองที่ 1 เป็นรูปแบบการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ โดยนำผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด HDPE ปริมาณถุงละ 1,000 กรัม ก่อนพับปิดปากถุงธรรมดา ชุดทดลองที่ 2 เป็นรูปแบบการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ (vacuum) โดยนำผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง

บรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด HDPE ปริมาณถุงละ 1,000 กรัม ปิดปากถุงด้วยเครื่องซีลแบบสุญญากาศ โดยภายในเครื่องจะมีปั้มดูดอากาศทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อดูดอากาศจนหมดเครื่องจะหยุดทำงาน จากนั้นจะเป็นหน้าที่ของขดลวดร้อนที่อยู่ภายในซึ่งซ่อนอยู่ตรงปากถุงบริเวณที่จะทำการซีลพอดี ขดลวดจะเริ่มทำความร้อนในระดับพอเหมาะที่จะละลายพลาสติกของปากถุงทั้งสองด้านที่ถูกกดให้แนบกัน ปิดสนิทละลายติดกันป้องกันอากาศและสิ่งแปลกปลอมกลับเข้าไปในถุง นำผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งแต่ละชุดการทดลองที่ผ่านการบรรจุทั้ง 2 แบบ ไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 เดือน โดยใช้ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นเป็นชุดควบคุม

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งทุกๆ 7 วัน มาตรวจสอบปริมาณความชื้น , ปริมาณเพอร์ออกไซด์, ค่า TBARS, ปริมาณกรดไขมันอิสระ, ปริมาณฮีสตามีน, การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สีและความยอมรับโดยรวม (ตรวจสอบในตัวอย่างที่มีปริมาณ TVC ไม่เกิน $1x10^5$ CFU ต่อกรัมและปริมาณเชื้อราทั้งหมดไม่เกิน $1x10^4$ CFU ต่อกรัม), ปริมาณ TVC และปริมาณเชื้อราทั้งหมด โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตามวิธีการในข้อที่ 6

6. การทดสอบคุณภาพทางเคมี ชีวเคมี ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์

6.1 การวิเคราะห์ค่า K

การวิเคราะห์ค่า K วิเคราะห์ตามวิธีการของ Ryder (1985) โดยสกัดสารประกอบในกลุ่มของนิวคลีโอไทด์จากปลากะตักก่อนตกตะกอนแยกเอาส่วนของโปรตีนและนำมาวิเคราะห์ปริมาณของ adenosine triphosphate (ATP), adenosine diphosphate (ADP), adenosine monophosphate (AMP), inosine monophosphate (IMP), inosine และ hypoxanthine โดยคำนวณออกมาเป็นค่าดัชนีของความสด (K-value) จากสมการต่อไปนี้

$$K\ value = \frac{[Hypoxanthine + Inosine] \times 100}{[ATP+ADP+AMP+IMP+Inosine+Hypoxanthine]}$$

6.2 การวิเคราะห์ปริมาณของ TVB-N

ปริมาณของ TVB-N หาโดยวิธีการใช้ Conway’s micro-diffusion method โดยใช้ 1% ของกรดบอริก (boric acid) และ 0.02 N ของกรดไฮโดรครอริก (hydrochlorice acid) ตามวิธีการของ Siang และ Kim (1992)

6.3 การวิเคราะห์ปริมาณของ TMA-N

ปริมาณของ TMA-N หาโดยวิธีการใช้ Conway’s micro-diffusion method โดยใช้ 1% ของกรดบอริก (boric acid) และ 0.02 N ของกรดไฮโดรคลอริก (hydrochlorice acid) ตามวิธีการของ Siang และ Kim (1992)

6.4 การหาค่าความเป็นกรดด่าง

การหาค่าของความเป็นกรดด่างในปลากะตักหาโดยการใช้วิธีการของ Yong (1992)

6.5 การหาปริมาณของฮีสตามีน

ปริมาณของฮีสตามีนในปลากะตักหาได้โดยวิธีการของ Özogul และคณะ (2002)

6.6 การวิเคราะห์ปริมาณเพอร์ออกไซด์

วิเคราะห์ปริมาณเพอร์ออกไซด์ตามวิธีของ AOAC (1971)

6.7 การวัดค่า TBARS

ค่า TBARS ใช้วิเคราะห์ปริมาณของ malonaldehyde ตามวิธีการของ Rice-Evan และคณะ (1991) โดยใช้ตัวอย่างไขมันที่สกัดออกมาจากปลากะตักมาทำปฏิกิริยากับ TBA reagent จากนั้นวัดค่าของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตรก่อนรายงานค่าออกมาเป็นมิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง

6.8 การวัดหาค่าปริมาณของกรดไขมันอิสระ

ปริมาณของกรดไขมันอิสระในปลากะตักวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (1999)

6.9 การสกัดไขมัน

สกัดไขมันจากตัวอย่างปลากะตัก โดยสกัดไขมันตามวิธีการของ Bligh และ Dyer (1959)

6.10 การหาปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นในปลากะตักหาโดยวิธีการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนได้น้ำหนักคงที่ตามวิธีการของ Chng (1992)

6.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม และความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้มสุกในระหว่างการแช่เย็นที่แตกต่างกัน ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม และความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ระดับคะแนน 1 – 9 โดยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลา

กะตักไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ และคะแนนความยอมรับโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สีและความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นด้วยวิธีการที่แตกต่างกันและเก็บรักษาโดยการบรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สีและความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ระดับคะแนน 1 – 9 โดยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ และคะแนนความยอมรับโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

6.12 การหาปริมาณของจุลินทรีย์

การหาปริมาณ TVC และปริมาณของเชื้อราทั้งหมดหาตามวิธีการของ AOAC (2000)

7. วิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยทำการทาการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s multiple range test (DMRT)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้มแสดงในตารางที่ 2 พบว่าในวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, โซเดียมคลอไรด์และความชื้นร้อยละ 19.01±0.92, 10.52±0.75, 1.57±1.45 และ 75.27±0.19 ตามลำดับ และมีปริมาณ TVC 1.22±0.11 log CFU/g ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, โซเดียมคลอไรด์และความชื้นร้อยละ 17.15±1.04, 8.74±0.98, 4.84±0.87 และ 76.25±0.58 ตามลำดับและปริมาณ TVC 0.65±0.41 log CFU/g องค์ประกอบเคมีของสัตว์น้ำมีบทบาทสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูป โดยทั่วไปโปรตีนในสัตว์น้ำมีสัดส่วนตั้งแต่ 8-20 % ทำให้สัตว์น้ำจัดเป็นแหล่งอาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนสูง (Huss, 1995) Selmi และคณะ (2008) พบว่าในปลาทูน่า (*Thunnus thynnus* (*Linnaeus*)) มีปริมาณโปรตีนและไขมัน 16.21 ± 0.89 และ 10.49 ± 0.87% ในขณะที่ Özkan (2005) พบว่าในปลากะตัก (*Engraulis encrasicholus*) มีปริมาณโปรตีนและไขมัน 18.02±0.92 และ 10.32±0.75% จะเห็นได้ว่าปริมาณโปรตีน, ไขมันและปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบปลากะตักต้ม ($p<0.05$) ปริมาณโปรตีนในวัตถุดิบปลากะตักต้มลดลงเนื่องจากในกระบวนการต้มทำให้เกิดการสูญเสียโปรตีนที่ละลายน้ำ เพปไทด์ที่มีขนาดเล็กและกรดอะมิโนอิสระบางตัวละลายในที่ใช้น้ำต้ม (Opstvedt,1988) ขณะที่เมื่อวัตถุดิบปลากะตักผ่านการต้มจะมีปริมาณไขมันลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zdzisław และคณะ (2011) พบว่าปริมาณไขมันของปลาสวาย (*Pangasius hypophthalmus*) ลดลงจาก 12.14% เหลือ 10.24% เมื่อผ่านการต้มในน้ำเกลือความเข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และปริมาณ TVC ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนถูกทำลายโดยความร้อน สอดคล้องกับรายงานของ Lopez-Sabater และคณะ (1994) ที่พบว่าปริมาณ TVC ในปลาทูน่าจะลดลงเมื่อผ่านการต้ม แต่จะเพิ่มจำนวนขึ้นอีกครั้งเมื่อทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักสด ($p<0.05$) เนื่องจากวัตถุดิบปลากะตักผ่านการต้มในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 15 % ทำให้มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ในระหว่างการต้มในน้ำเกลือ น้ำในวัตถุดิบปลากะตักจะมีเคลื่อนที่ออกและเกลือจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำ (Barat *et al.*, 2002) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ โซเดียมคลอไรด์ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการต้มในน้ำเกลือสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bellagha และคณะ (2007) ที่รายงานว่าวัตถุดิบปลา sardine ที่ผ่านการต้มในสารละลายเกลือ เกลือจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในกล้ามเนื้อของปลา sardine อย่างรวดเร็ว โดยอัตราการเคลื่อนที่ของเกลือเข้าไปในกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือและอุณหภูมิที่ใช้ในการต้ม (Barat *et al.*, 2002)

ตารางที่ 2. ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม

ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) และจุลินทรีย์ (log CFU/g)	วัตถุดิบปลากะตักสด	วัตถุดิบปลากะตักต้ม
ปริมาณโปรตีน	19.01±0.92[a]	17.15±1.04[b]
ปริมาณไขมัน	10.52±0.75[a]	8.74±0.98[b]
ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	1.57±1.45[a]	4.84±0.87[b]
ปริมาณความชื้น	75.27±0.19[a]	76.25±0.58[b]
ปริมาณ TVC	1.22±0.11[a]	0.65±0.41[b]

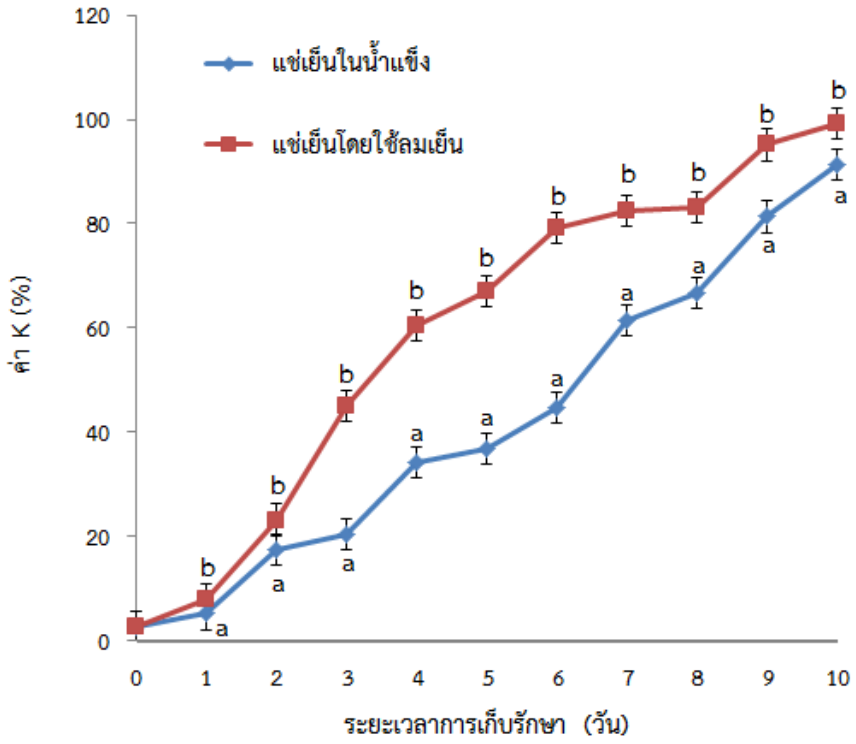
ในแต่ละคอลัมน์ตัวอักษรที่แตกต่างกันบ่งบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น

2.1 ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักสดในระหว่างการแช่เย็น

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีความสดพบว่าในวัตถุดิบปลากะตักสดมีค่า K เริ่มต้นเท่ากับ 2.56±0.20 และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ พบว่าความสดของวัตถุดิบปลากะตักจะลดลงอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 10 วัน โดยพิจารณาจากค่า K ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาดังแสดงในภาพที่ 2 ความสดของวัตถุดิบปลากะตักจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารประกอบนิว-คลีโอไทด์ เริ่มต้นจากการสลายของ ATP ด้วยกระบวนการ dephosphorylation ไปเป็น AMP และเกิดกระบวนการ deamination ไปเป็น IMP โดยขั้นตอนแรกของการสลายตัวของ ATP ในสัตว์น้ำปฏิกิริยาจะถูกเร่งโดยเอนไซม์ภายในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำและจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (สุทธวัฒน์, 2554) จากนั้นเอนไซม์จากจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลง IMP ให้กลายเป็น Inosine, Hypoxanthine, xanthine และ กรดยูริค และพบว่าการสลายตัวหายไปของ IMP ทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสซึ่งเป็นที่ต้องการของสัตว์น้ำสด ในขณะที่ Inosine และ Hypoxanthine มีบทบาทสำคัญทำให้เกิดรสขม แสดงถึงความไม่สดของสัตว์น้ำ โดยปกติ Hypoxanthine จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาสัตว์น้ำไว้เป็นเวลานาน (Surette *et al.,*1988) การเปลี่ยนแปลงของค่า K ในภาพที่ 2 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบคือการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าวัตถุดิบปลากะตักที่แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่า K เพิ่มขึ้นเร็วกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันตั้งแต่การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักในวันแรก

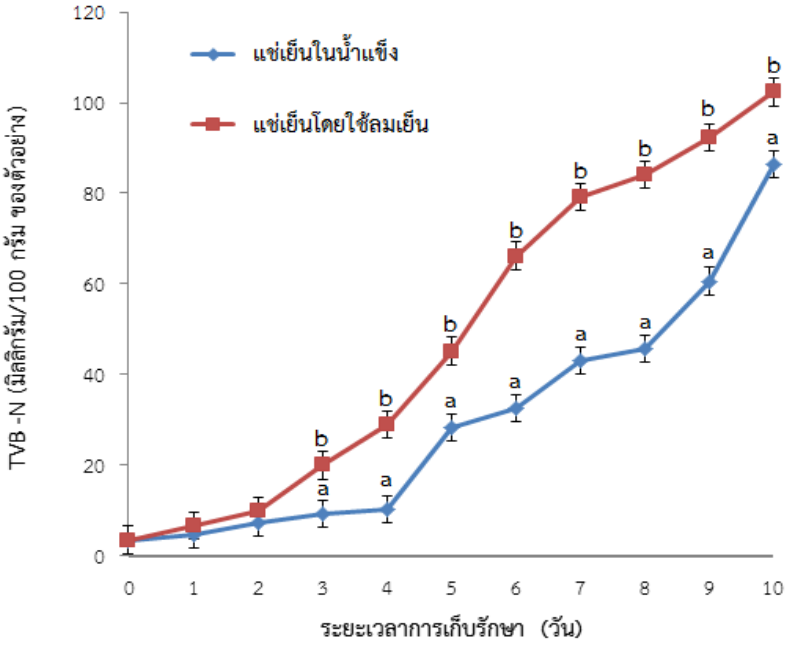
($p<0.05$) การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ ค่า K เพิ่มขึ้นช้ากว่าการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อการสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ได้ (สุทธวัฒน์, 2554) ทั้งนี้จากรายงานของ Olafsdottir และคณะ (1997) พบว่า การลดลงของคุณภาพสัตว์น้ำในระหว่างการเก็บรักษาสามารถชะลอได้จากการลดระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บสัตว์น้ำให้ต่ำลงโดยการแช่เย็นที่ระดับอุณหภูมิ 4 ถึง 6 องศาเซลเซียสหรือแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งที่สามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำได้ประมาณ 0 องศาเซลเซียส (Heen, 1982) Ehira และ Uchiyama (1987) รายงานว่าการสลายตัวของ IMP ที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ 5-nucleotidase ซึ่งเอนไซม์นี้พบว่ามีความเสถียรต่ำเมื่อเก็บรักษาในน้ำแข็ง ดังนั้นจากการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งจึงสามารถลดการทำงานของ 5-nucleotidase ทำให้ค่า K เพิ่มขึ้นช้ากว่าการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานวิจัยของ Öezogul และคณะ (2000) ที่รายงานว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลา Atlantic herring (*Clupea harengus*) โดยการแช่เย็นนาน 16 วัน พบว่าการเก็บรักษาโดยใช้ลมเย็นเป่า 2 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้มีค่า K เพิ่มสูงกว่าการเก็บรักษาในน้ำแข็งตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามภายหลังสัตว์น้ำตายควรมีค่า K ใกล้เคียง 0 สัตว์น้ำที่มีคุณภาพปานกลางมีค่า K เท่ากับ 10-20 ส่วนสัตว์น้ำที่ไม่ได้รับการยอมรับของผู้บริโภคมีค่า K มากกว่า 60 และมีค่าประมาณ 90 เมื่อสัตว์น้ำเน่าเสีย (Saito และคณะ, 1959) จากการเปลี่ยนแปลงของค่า K ในภาพที่ 2 พบว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดจะมีค่า K มากกว่า 60 ซึ่งแสดงถึงความสดของสัตว์น้ำลดลงจนไม่เป็นรับการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 7 วัน และผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน สอดคล้องกับรายงาน ค่า K มากกว่า 60 ในปลา Atlantic herring (*Clupea harengus*) เมื่อผ่านการเก็บรักษาในน้ำแข็งนาน 6 วัน และเก็บรักษาโดยใช้ลมเย็นเป่า 2 องศาเซลเซียสนาน 4 วัน (Öezogul *et al.*, 2000) และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยวิธีการแช่เย็นนาน 10 วัน พบว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าจะมีค่า K เท่ากับ 91.33±2.52 และ 99.1±2.88 ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 2 การเพิ่มขึ้นของค่า K ในวัตถุดิบปลากะตักสดเมื่อผ่านการเก็บรักษานาน 10 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Morkore และคณะ (2010) ซึ่งพบว่าในปลาแซลมอน (*Salmo salar* L.) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน มีค่า K เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 84 และสอดคล้องกับรายงานของ Liu และคณะ (2010) พบการเพิ่มขึ้นของค่า K เป็นร้อยละ 91 ภายหลังการเก็บรักษาปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 29 วัน การเพิ่มขึ้นของค่า K มีความสัมพันธ์กับการยอมรับโดยรวมของปลากะตักแช่เย็นลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Uchiyama และคณะ (1970) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า K ส่งผลให้คุณภาพของสัตว์น้ำและการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพของสัตว์น้ำลดลง



ภาพที่ 2. การเปลี่ยนแปลงค่า K ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า K; ค่า K ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า K ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบแสดงในภาพที่ 3 โดยวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณ TVB-N เริ่มต้นเท่ากับ 3.45±0.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N พบว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษาในวันแรก ($p<0.05$) ของการเก็บรักษาที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบ ปริมาณของ TVB-N เพิ่มขึ้นเนื่องปริมาณของไตรเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลา (Huss, 1988) เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (Benjakul *et al*,. 2003a) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ TVB-N ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบ พบว่าวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณ TVB-N สูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตั้งแต่การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นนาน 3 วัน ($p<0.05$) การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลด

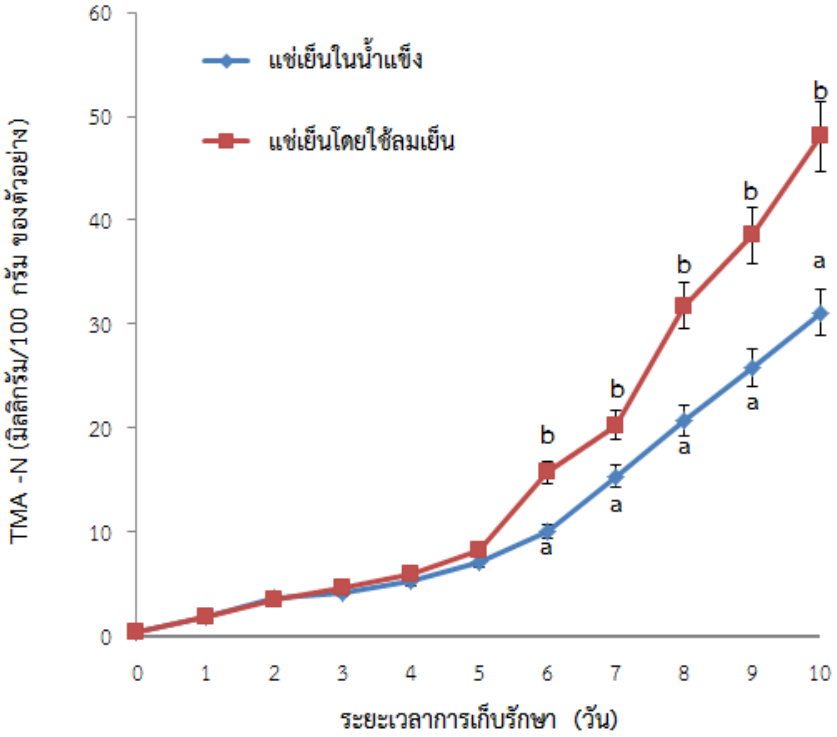
อุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อการเกิดไตรเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาได้ จะเห็นได้ว่าการใช้ระดับของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N จะช้ากว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ในสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาอย่างรวดเร็วใช้เป็นดัชนีที่ใช้แสดงถึงการสิ้นสุดช่วง lag phase ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยระยะดังกล่าวจะแตกต่างกันตามชนิดและขนาดของสัตว์น้ำ จากการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเมื่อพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของ TVB-N พบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 3 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าระยะเวลา lag phase ของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลาขนาดเล็กหลายชนิดในระหว่างการแช่เย็นจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 3 ถึง 9 วัน (Rodriguez *et al*,. 2006) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ TVB-N ในปลากะตักซึ่งพบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 3 วัน ขัดแย้งกับปริมาณ TVC ซึ่งมีช่วงของ lag phase อยู่ที่ 7 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเพิ่มขึ้นของ TVB-N ในช่วงแรกเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญคือ *Shewanella putrefaciens* และ *Pseudomonas* spp. (Woyewoda *et al*., 1986) และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการเก็บรักษาวัตถุดิบโดยการแช่เย็นนาน 10 วัน พบว่าในวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณของค่า TVB-N เท่ากับ 86.45±4.81 และ 102.33±5.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 3 อย่างไรก็ตามปริมาณ TVB-N ที่เหมาะสมต้องมีค่าน้อยกว่า 30 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (Woyewoda *et al.,* 1986) พบว่าในวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งมีค่าสูงกว่า 30 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างในวันที่ 5 และเมื่อเก็บรักษาโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสูงกว่าในวันที่ 4 การเพิ่มขึ้นของค่า TVB-N เป็นเพราะการเพิ่มขึ้นแอมโมเนีย เอมีน และสารระเหยอื่น ๆ เนื่องมาจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (Mazorra-Manzano *et al*., 2000) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านเก็บรักษาโดยการแช่เย็นสอดคล้องกับรายงานของ Mbarki และคณะ (2009) พบว่าในปลาแมกเคอเรล (*Trachurus mediterraneus*) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 48 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 ของตัวอย่าง ขณะที่ Bahmani และคณะ (2011) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N เท่ากับ 48 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษาปลากระบอก (*Liza aurata*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน



ภาพที่ 3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVB-N; ปริมาณ TVB-N ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVB-N ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบแสดงในภาพที่ 4 จากข้อมูลแสดงปริมาณ TMA-N ในภาพที่ 4 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณของ TMA-N เริ่มต้นเท่ากับ 0.35±0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักนาน 10 วัน พบว่าปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษาในวันที่ 3 ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบ TMAO เป็น TMA โดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส กระบวนการรีดักชันของสารประกอบ TMAO มีสาเหตุจากจุลินทรีย์ที่พบในทะเล เช่น *Alteromonas, Photobacterium, Vibrio* และ *S.putrefaciens* หรืออาจมีสาเหตุจาก *Aeromonas* หรือ *Enterobacteriaceae* (สุทธวัฒน์, 2554) ทำให้เกิดกลิ่นคาวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความสดของปลา (Sikorski *et al*., 1990) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักที่ถูกเก็บรักษาโดยการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณ TMA-N สูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งตั้งแต่การเก็บรักษาในวันที่ 6 ($p<0.05$) การใช้ระดับของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N จะช้ากว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นที่ระดับ

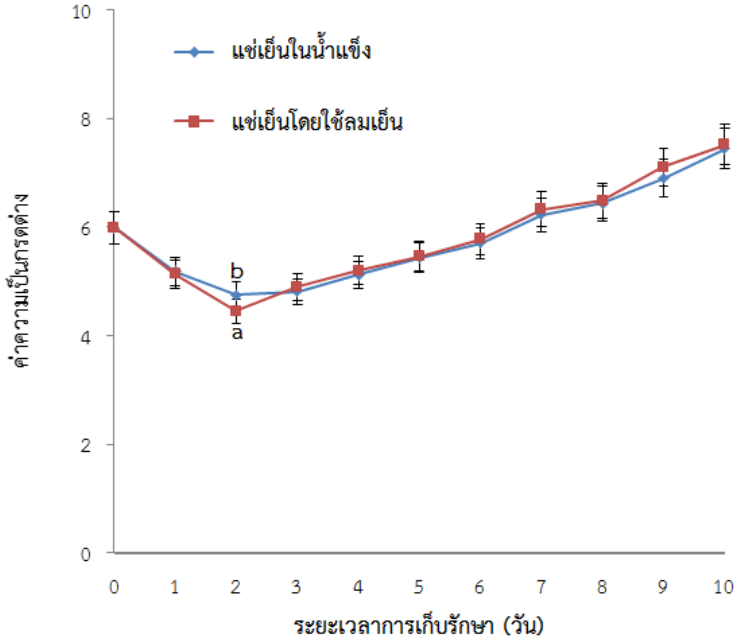
อุณหภูมิสูงกว่า เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ในสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาอย่างรวดเร็วใช้เป็นดัชนีที่ใช้แสดงถึงการสิ้นสุดช่วง lag phase ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเมื่อพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของ TMA-N พบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 6 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าระยะเวลา lag phase ของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลาขนาดเล็กหลายชนิดในระหว่างการแช่เย็นจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 3 ถึง 9 วัน (Rodriguez *et al*,. 2005) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ TMA-N ในปลากะตักซึ่งพบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 6 วัน ขัดแย้งกับปริมาณ TVC ซึ่งมีช่วงของ lag phase อยู่ที่ 7 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ TMA-N ในช่วงแรกเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการรีดักชันของสารประกอบ TMAO คือ *Shewanella putrefaciens* (สุทธวัฒน์, 2554) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาวัตถุดิบ ปลากะตักแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบลมเย็นเป่านาน 10 วันพบว่ามีค่า TMA-N เท่ากับ 30.11±1.42 และ 48.87±2.12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 4 โดยปริมาณ TMA-N สูงสุดที่พบในสัตว์น้ำที่เหมาะสาหรับนำมาบริโภคนั้น ไม่ควรสูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างสัตว์น้ำ (Sikorski *et al.*, 1990) พบว่าในวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งมีค่าสูงกว่า 10 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างในวันที่ 5 และเมื่อเก็บรักษาโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสูงกว่าในวันที่ 3 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านเก็บรักษาโดยการแช่เย็นสอดคล้องกับรายงานของ Rodríguez และคณะ (2006) พบว่าปริมาณ TMA-N ในปลาปลาตาเดียว (*Psetta maxima*) ที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ภายหลังการเก็บรักษานาน 40 วัน และสอดคล้องกับ Mbarki และคณะ (2009) รายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N เป็น 23 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษาปลาแมกเคอเรล (*Trachurus mediterraneus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน



ภาพที่ 4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TMA-N; ปริมาณ TMA-N ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TMA-N ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแสดงในภาพที่ 5 จากข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 5 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 5.99±0.12 และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นพบว่าค่า pH ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าลดลงในการเก็บรักษา 2 วันแรก ($p<0.05$) เนื่องจากเมื่อปลาตายค่า pH จะลดลง จากการเกิดกระบวนการ glycolysis ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ปริมาณของกรดแลคติกขึ้นอยู่กับปริมาณ glycogen ที่สะสมในกล้ามเนื้อปลาก่อนตาย (Huss, 1988) ในวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นจะมีระยะการเกร็งตัว (rigor mortis) ประมาณ 2 วัน ซึ่งระยะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อมีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นระยะที่ยังไม่เกิดการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนโดยเอนไซม์ของปลาเอง และจุลินทรีย์ยังไม่สามารถใช้เนื้อปลาเป็นอาหารได้ ดังนั้นหากยืดช่วงระยะนี้ให้นานขึ้น จะทำให้ปลามีอายุการเก็บนานขึ้น (Fraser and Sumar, 1998) การลดลงของค่า pH ในปลากะตักสอดคล้องกับรายงานของ Aubourg และคณะ, 2007 ที่พบว่ามีการลดลงของค่า pH ในปลา Coho salmon (*Oncorhynchus*

kisutch) ที่ผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นใน 6 วันแรกก่อนมีค่าเพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการเก็บรักษานาน 24 วัน และค่า pH ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในวันที่ 3 ถึง 10 เนื่องจากระหว่างการเปลี่ยนแปลงภายหลังการตายซึ่งผ่านระยะการเกร็งตัวแล้วต่อมาค่า pH จะเพิ่มขึ้น จากกระบวน Autolysis คือการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์โปรตีเอส (Aksnes and Brekken, 1988) ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบเอมีน และเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์จะย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อปลาและผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้การย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, เอมีน และแอมโมเนีย (Özogul *et al*., 2005) เมื่อสิ้นสุดการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักในน้ำแข็งและแบบลมเย็นเป่านาน 10 วันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีค่า pH เท่ากับ 7.44±0.23 และ 7.52±0.24 ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 5 การเพิ่มขึ้นของค่า pH ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาผ่านโดยการแช่เย็น สอดคล้องกับรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลากระบอกแดง (*Mullus barbatus*) แช่เย็นเป็นเวลา 11 วัน ค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 7.06 เป็น 7.84 และสอดคล้องกับรายงานของ Wang และคณะ (2003) ศึกษาการเก็บรักษาปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*) โดยการแช่เย็นเป็นเวลา 21 วัน พบว่าค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 6.32 เป็น 6.48 การเพิ่มขึ้นของค่า pH มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ TVC ในปลากะตักแช่เย็น ซึ่งจุลินทรีย์สามารถผลิตแอมโมเนียและสารประกอบเอมีนที่มีคุณสมบัติเป็นเบส ค่า pH สุดท้ายจึงสามารถบ่งชี้ว่าเกิดการเน่าเสียได้ (Higuera *et al*., 2000)

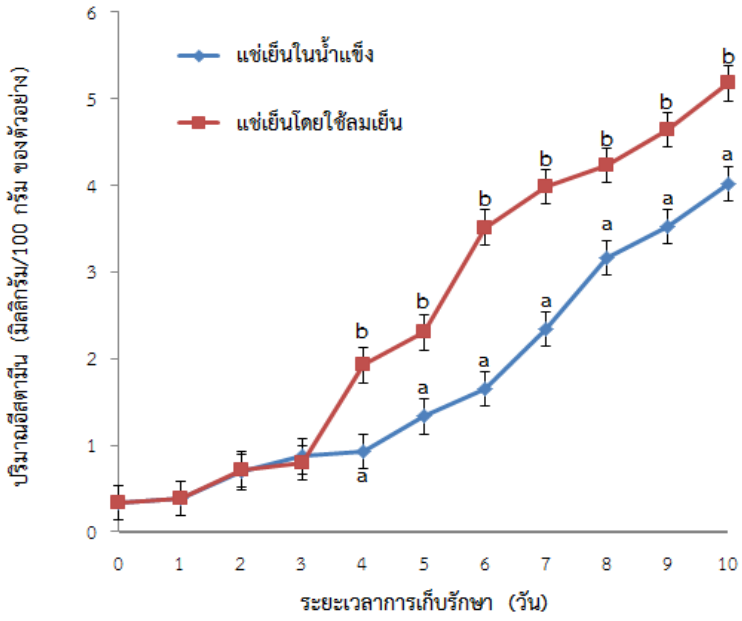


ภาพที่ 5. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่าความเป็นกรดด่าง; ค่าความเป็นกรดด่างที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดด่างระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแสดงในภาพที่ 6 จากข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 6 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้นเท่ากับ 0.34±0.03 และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นพบว่าปริมาณฮีสตามีนในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักที่ถูกเก็บรักษาโดยการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งตั้งแต่การเก็บรักษาในวันที่ 4 ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนเป็นผลมาจากการเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลสของแบคทีเรียที่ย่อยกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระ (free histidine) ทำให้เกิดฮีสตามีนในปลาขึ้น (Arnold and Brown,1978; Taylor, 1986) แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮีสตามีนมีหลายชนิด เมื่อแยกแบคทีเรียจากปลาที่เป็นพิษพบ *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* และ *Hafnia alvei* (Taylor and Speckhard, 1984) โดยทั่วไปสัตว์น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 7-10 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียชนิด mesophilic เช่น *Morganella morganii*, *Hafnia alvei* และ *Raoultella planticola* (Lehane and Olley, 2000) ซึ่งการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งส่งผลทำให้มีปริมาณฮีสตามีนต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ฮิสตีดีนดีคาร์บอกซิเลสในการย่อยกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระได้ดี ปริมาณฮีสตามีนในวัตถุดิบปลากะตักแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันนาน 3 วันมีไม่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ซึ่งมีช่วงของ lag phase อยู่ที่ 7 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนในช่วงแรกเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ Frank และคณะ (1985) กล่าวว่าการเพิ่มของฮีสตามีนจะเกิดจากแบคทีเรียที่สร้างฮีสตามีนจำพวก psychrophilics และ mesophiles อย่างไรก็ตาม Tao และคณะ (2009) รายงานว่าการเก็บรักษาสัตว์น้ำในอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียสไม่สามารถป้องกันการผลิตฮีสตามีนได้อย่างสมบูรณ์สามารถแพร่กระจายเข้าสู่ชั้นเนื้อเมื่อระยะเวลานานขึ้น โดยอัตราการแพร่ของฮีสตามีนขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและอุณภูมิในการเก็บรักษา ดังนั้นการเก็บรักษาปลากะตักในอุณหภูมิที่สูงกว่าจึงส่งผลทำให้มีปริมาณฮีสตามีนที่เพิ่มขึ้นมากกว่า สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีนเท่ากับ 4.01±0.42 และ 5.17±0.12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 6 อย่างไรก็ตามปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจพบในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ยังอยู่ในระดับที่อนุญาตให้พบได้ สอดคล้องกับรายงานของ Aubourg และคณะ (2007) พบว่าในปลาแซลมอน (*Oncorhynchus kisutch*) แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 วัน มีปริมาณฮีสตามีนเพิ่มขึ้น 4.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ขณะที่ Moral (2001) รายงานการเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนเป็น 1.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ภายหลังการเก็บรักษาปลาแฮค (*Merluccius merluccius*, L.) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่า pH ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาผ่านโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณฮีสตามีน การสร้างฮีสตามีนจะเร็วขึ้นที่ค่า pH 5.8 - 7.3 เนื่องจากค่า pH ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการสร้างฮีสตามีนของ *K. pneumoniae* คือ 6.3 (Taylor and Woychik, 1982)

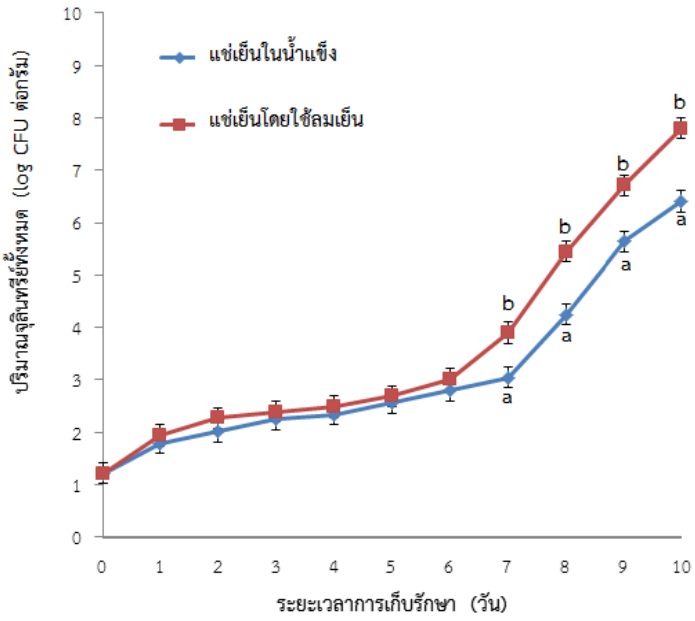


ภาพที่ 6. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบแสดงในภาพที่ 7 จากข้อมูลแสดงในภาพที่ 7 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณ TVC เริ่มต้นเท่ากับ 1.22±0.11 log CFU ต่อกรัม และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นพบว่าปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ($p<0.05$) เนื่องจากในขณะที่ปลายังมีชีวิตอยู่แบคทีเรียไม่สามารถทะลุผ่านผิวหนังเข้าไปในเนื้อเยื่อและไม่สามารถผ่านออกจากลำไส้เข้าไปในเนื้อเยื่อได้ ปริมาณของแบคทีเรียจะอยู่ในระดับสมดุลตลอดเวลา เมื่อปลาตายระบบป้องกันแบคทีเรียจะหยุดการทำงานและผิวหนังตลอดจนเนื้อเยื่อจะสูญเสียความสามารถในการควบคุมการซึมผ่าน ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณและคุณภาพ (สุทธวัฒน์, 2554) การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของวัตถุดิบปลากะตักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น วิธีการจับ อุณหภูมิ สภาวะการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และสภาวะการเก็บรักษาภายหลังการตาย (สุทธวัฒน์, 2554) ปกติในแหล่งน้ำจะมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยมาก ในขณะที่ชายฝั่ง แหล่งน้ำขังและตะกอนจะมีจุลินทรีย์ปริมาณสูง (Sikorski *et. al.,* 1990 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) และเมื่อสิ้นสุดการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักในน้ำแข็งและแบบลมเย็นเป่านาน 10 วันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณ TVC เท่ากับ 6.41±0.41 และ 7.54±0.47 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 7 การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC สอดคล้องกับผลของการแช่เย็นปลาแดง (*Cepola macrophthalma*) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน ทำให้มีปริมาณ TVC ที่เพิ่มขึ้น (Celik *et al*., 2011) และสอดคล้องกับรายงานของการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ในการแช่เย็นปลา anchovy (*Engraulis Encrasicholus*) ในเกล็ดน้ำแข็งนาน 5 วัน (Kilinc, 2007) การเพิ่มขึ้นของ TVC เกิดจากภายหลังจากการตายของสัตว์น้ำจะมีการเจริญของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่มักพบในปลาคือ *Shewanella putrifaciens* และ *Pseudomonas* spp. (Gram and Huss, 1996) ปลาสดมักเกิดการปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ทั่วไป (microflora) ในส่วนต่างๆ ได้ เช่น ลำไส้ เมือก และผิวหนัง พบว่าจุลินทรีย์ที่แยกออกมาได้จากลำไส้เล็กและผิวหนังปลาส่วนใหญ่ คือ *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium* และ *Micrococcus* และเมือกของปลาจะพบแบคทีเรียพวก *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Saricina*, *Serratia*, *Vibrio* และ *Bacillus* และมักพบว่าจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวปลามักจะเป็นชนิดเดียวกับที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่ปลาอาศัยอยู่ซึ่งจำนวนและชนิดของ microflora จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ คุณภาพของน้ำและพันธุ์ปลา (Ray, 1996) โดยทั่วไปปริมาณ TVC ในวัตถุดิบสัตว์น้ำที่เหมาะสำหรับบริโภคควรมีค่าน้อยกว่า 6.0 log CFU/g (ICMSF,1978) วัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณของค่า TVC เกิน 6.0 log CFU/g เมื่อเก็บรักษานาน 10 และ 9 วันตามลำดับ และปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งมีปริมาณต่ำกว่าการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) เนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ และในระหว่างการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งจะมีการเปลี่ยนน้ำแข็งทุกๆ 24 ชั่วโมง ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนบริเวณผิวนอกของวัตถุดิบถูกชะล้างไปกับน้ำที่เกิดการจากการละลายของน้ำแข็ง ปริมาณ TVC ใน

ระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบสอดคล้องกับรายงานของ Öezogul และคณะ (2000) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา Atlantic herring (*Clupea harengus*) โดยการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 16 วัน จะมีปริมาณ TVC เพิ่มขึ้นเร็วกว่าการแช่เย็นในน้ำแข็ง

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ในช่วง 1 ถึง 6 วันของการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลดังกล่าว มีความขัดแย้งกับการตรวจพบปริมาณ TVB-N, TMA-N, และฮีสตามีน ทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงแรกของการเก็บรักษาจะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มของ psychrophilics เป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญคือ *Shewanella putrefaciens* และ *Pseudomonas* spp. (Woyewoda *et al*., 1986) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ TVC ยังทำให้ค่า pH ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในวันที่ 3 ถึง 10 เนื่องจากเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์จะย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อปลาและผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้การย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, เอมีน และแอมโมเนีย (Özogul *et al*., 2005) และส่งผลทำให้ค่า K เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์จากจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลง IMP ให้กลายเป็น Inosine, Hypoxanthine, xanthine และ กรดยูริค และพบว่าการสลายตัวหายไปของ IMP ทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสซึ่งเป็นที่ต้องการของสัตว์น้ำสด ในขณะที่ Inosine และ Hypoxanthine มีบทบาทสำคัญทำให้เกิดรสขม แสดงถึงความไม่สดของสัตว์น้ำ โดยปกติ Hypoxanthine จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาสัตว์น้ำไว้เป็นเวลานานเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ (Surette *et al.*,1988)

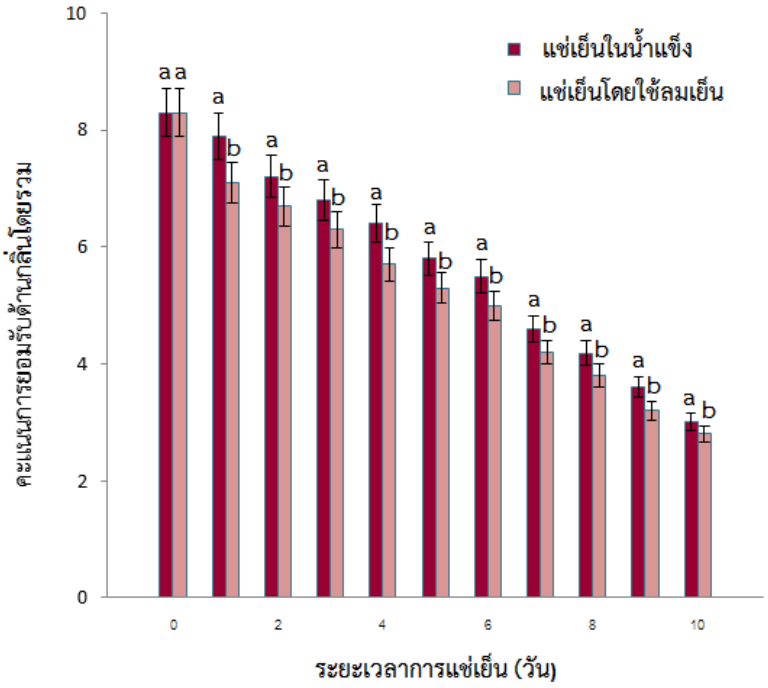


ภาพที่ 7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ทั้งหมดระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดในระหว่างการแช่เย็นที่แตกต่างกัน ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม และความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ระดับคะแนน 1 – 9 โดยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

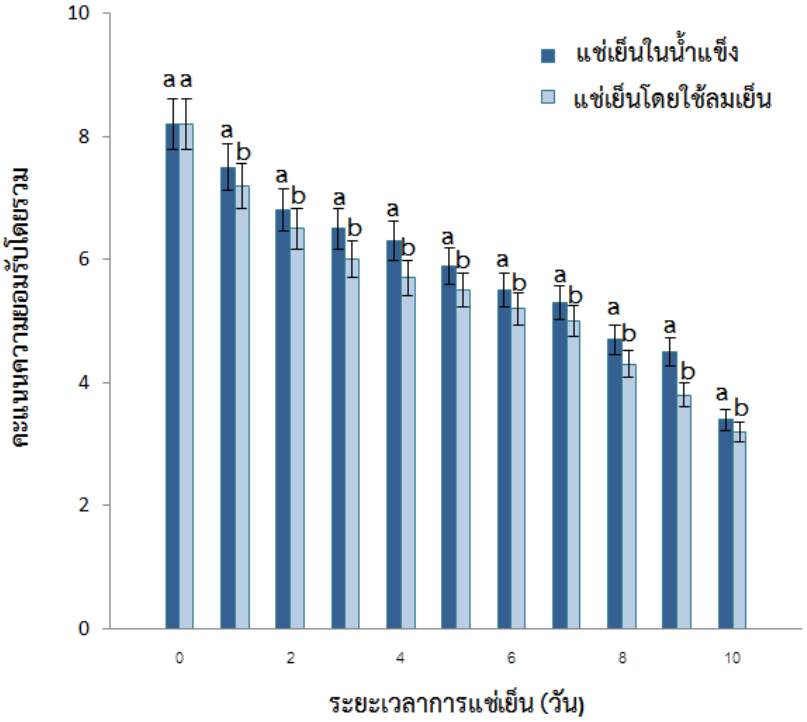
จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนลดลงในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ เมื่อเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเป็นเวลานานจะส่งผลทำให้เกิดกลิ่นคาว และกลิ่นเหม็นเพิ่มขึ้น พบว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 7 วัน ดังแสดงในภาพที่ 8 กลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคลดลงมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TMA-N และ TVB-N ที่เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ ซึ่งเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีนโดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส และการเกิดไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็น (Huss,1988) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความสดของปลา สอดคล้องกับรายงานของ Ashie และคณะ (1996) พบว่าปริมาณ TVB-N, TMA-N ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ลดลง



ภาพที่ 8. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นมากที่สุด, 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดในระหว่างการแช่เย็นที่แตกต่างกัน ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ระดับคะแนน 1 – 9 โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบ พบว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับโดยรวมในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 8 วัน ดังแสดงในภาพที่ 9 เนื่องจากภายหลังการตายของสัตว์น้ำมักเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ ทำให้คุณภาพ

ของสัตว์น้ำลดลงส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Bremner, 2000; Nielsen *et al*., 2002) การยอมรับโดยรวมในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVC พบว่า เมื่อปริมาณ TVC เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าปลาแพะข้างเหลือง (*Upeneus moluccensis*) มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สามารถยอมรับได้ เมื่อผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน ขณะที่การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับค่า K ซึ่งเมื่อค่า K เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง สอดคล้องกับจากรายงานของ Uchiyama และคณะ (1970) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า K ส่งผลให้คุณภาพของสัตว์น้ำและการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพของสัตว์น้ำลดลง

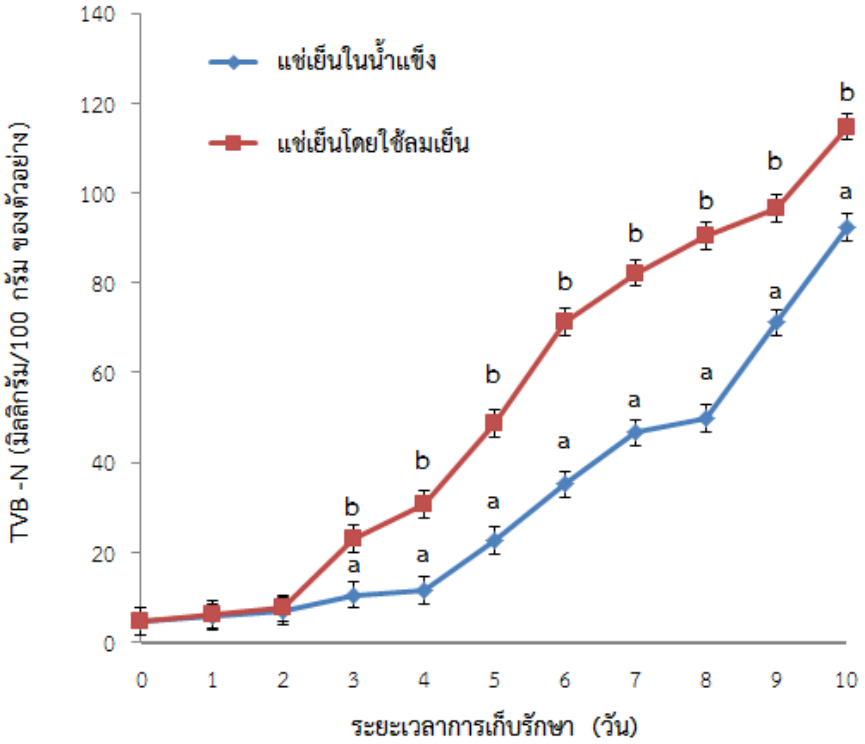


ภาพที่ 9. คะแนนความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนความยอมรับโดยรวม; คะแนนความยอมรับโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความยอมรับโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึงยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

2.2 ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในระหว่างการแช่เย็น

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบแสดงในภาพที่ 10 โดยวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกมีปริมาณ TVB-N เริ่มต้นเท่ากับ 4.56±0.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง พบว่าปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบสด สอดคล้องกับรายงานของ Hernandez-Herrero และคณะ (1999) พบว่าปริมาณ TVB-N ในปลากะตักเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการต้มในน้ำเกลือ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษาในวันแรก ($p<0.05$) ของการเก็บรักษาที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบ ปริมาณของ TVB-N เพิ่มขึ้นเนื่องปริมาณของไตรเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลา (Huss, 1988) ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (Benjakul *et al*,. 2003a) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ TVB-N ในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบ พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกแช่เย็นโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีค่า TVB-N สูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตั้งแต่การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นนาน 3 วัน ($p<0.05$) การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดไตรเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาได้ จะเห็นได้ว่าการใช้ระดับของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N จะช้ากว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ในสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาอย่างรวดเร็วใช้เป็นดัชนีที่ใช้แสดงถึงการสิ้นสุดช่วง lag phase ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยระยะดังกล่าวจะแตกต่างกันตามชนิดและขนาดของสัตว์น้ำ จากการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเมื่อพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของ TVB-N พบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 3 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าระยะเวลา lag phase ของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลาขนาดเล็กหลายชนิดในระหว่างการแช่เย็นจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 3 ถึง 9 วัน (Rodriguez *et al*,. 2005) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ TVB-N ในปลากะตักซึ่งพบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 3 วัน ขัดแย้งกับปริมาณ TVC ซึ่งมีช่วงของ lag phase อยู่ที่ 7 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ TVB-N ในช่วงแรกเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญคือ *Shewanella putrefaciens* และ *Pseudomonas* spp. (Woyewoda *et al*., 1986) และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการเก็บรักษาวัตถุดิบโดยการแช่เย็นนาน 10 วัน พบว่าในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีปริมาณของค่า TVB-N เท่ากับ 92.36±3.18 และ 114.71±7.53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างตามลำดับดัง

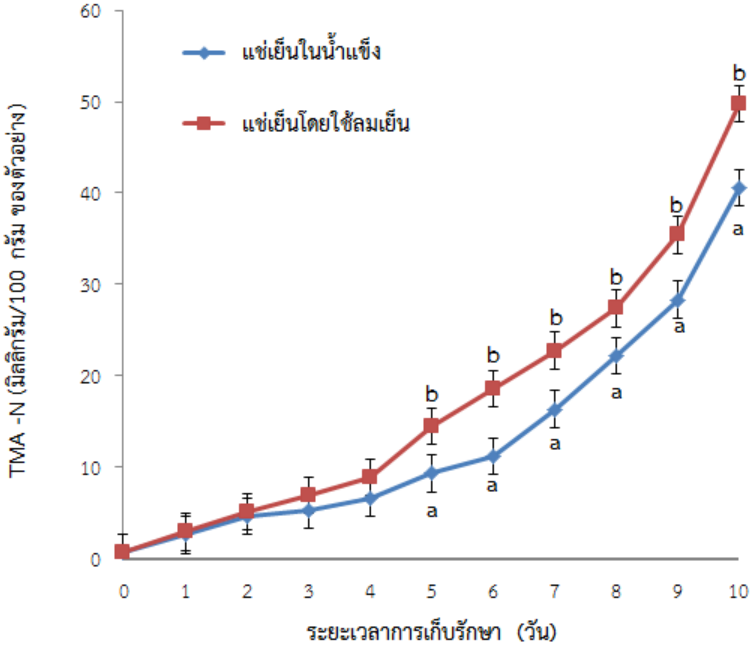
แสดงในภาพที่ 10 การเพิ่มขึ้นของค่า TVB-N เป็นเพราะการเพิ่มขึ้นแอมโมเนีย เอมีน และสารระเหยอื่น ๆ เนื่องมาจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (Mazorra-Manzano *et al.*, 2000) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านเก็บรักษาโดยการแช่เย็นสอดคล้องกับรายงานของ Suryaningrum และ Syamdidi (2013) พบว่าปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio*) ที่ผ่านการต้มในสารละลายน้ำเกลือ มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นเป็น 30.58 เมื่อแช่เย็นนาน 15 วัน



ภาพที่ 10. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVB-N; ปริมาณ TVB-N ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVB-N ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบแสดงในภาพที่ 11 จากข้อมูลแสดงปริมาณ TMA-N ในภาพที่ 11 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีปริมาณของ TMA-N เริ่มต้นเท่ากับ 0.67±1.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักนาน 10 วัน พบว่าปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษาใน

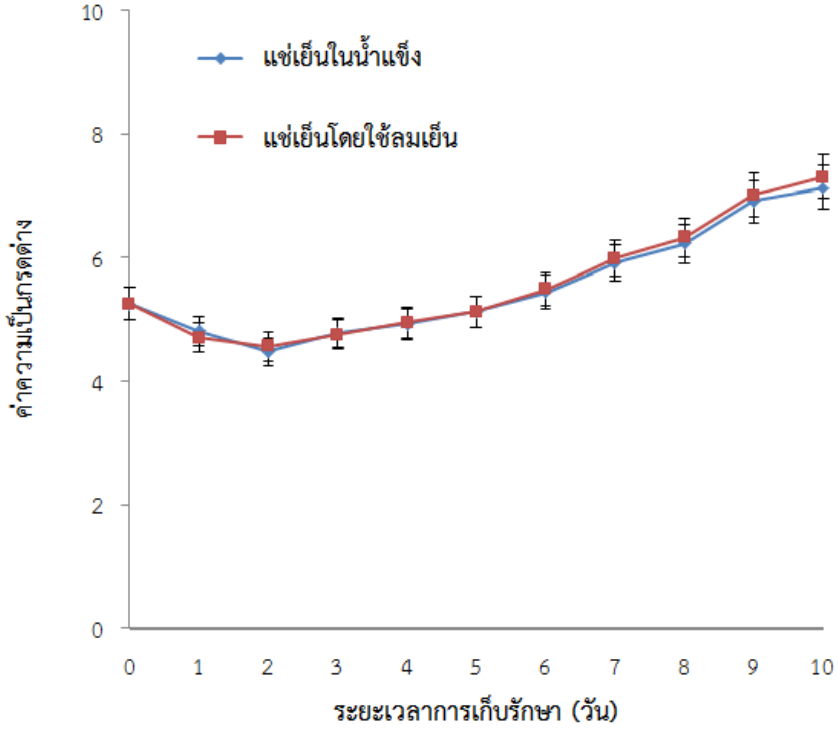
วันที่ 3 ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบ TMAO เป็น TMA โดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส กระบวนการรีดักชันของสารประกอบ TMAO มีสาเหตุจากจุลินทรีย์ที่พบในทะเล เช่น *Alteromonas, Photobacterium, Vibrio* และ *S.putrefaciens* หรืออาจมีสาเหตุจาก *Aeromonas* หรือ *Enterobacteriaceae* (สุทธวัฒน์, 2554) ทำให้เกิดกลิ่นคาว ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลา (Sikorski *et al*., 1990) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ถูกเก็บรักษาโดยการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณ TMA-N สูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งตั้งแต่การเก็บรักษาในวันที่ 5 ($p<0.05$) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ในสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาอย่างรวดเร็วใช้เป็นดัชนีที่ใช้แสดงถึงการสิ้นสุดช่วง lag phase ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเมื่อพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของ TMA-N พบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 5 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าระยะเวลา lag phase ของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลาขนาดเล็กหลายชนิดในระหว่างการแช่เย็นจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 3 ถึง 9 วัน (Rodriguez *et al*,. 2005) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ TMA-N ในปลากะตักซึ่งพบว่าช่วงของ lag phase อยู่ที่ 5 วัน ขัดแย้งกับปริมาณ TVC ซึ่งมีช่วงของ lag phase อยู่ที่ 7 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ TMA-N ในช่วงแรกเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการรีดักชันของสารประกอบ TMAO คือ *Shewanella putrefaciens* (สุทธวัฒน์, 2554) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบลมเย็นเป่านาน 10 วันพบว่ามีค่า TMA-N เท่ากับ 40.53±0.12 และ 49.75±0.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 11 โดยปริมาณ TMA-N สูงสุดที่พบในสัตว์น้ำที่เหมาะสาหรับนำมาบริโภคนั้น ไม่ควรสูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างสัตว์น้ำ (Sikorski และคณะ, 1990) พบว่าในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งมีค่าสูงกว่า 10 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของตัวอย่างในวันที่ 7 และเมื่อเก็บรักษาโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสูงกว่าในวันที่ 5 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านเก็บรักษาโดยการแช่เย็นสอดคล้องกับรายงานของ Goulas และ Kontominas (2005) ที่รายงานว่าปลา chub ต้ม มีปริมาณของ TMA-N มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น



ภาพที่ 11. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TMA-N; ปริมาณ TMA-N ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TMA-N ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแสดงในภาพที่ 12 จากข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 12 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกมีค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 5.25±0.23 และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกแช่เย็นพบว่าค่า pH ในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าลดลงในการเก็บรักษา 2 วันแรก ($p<0.05$) การลดลงของค่า pH เป็นผลมาจากเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรด เช่น *Pseudomonas* ที่ผลิต formic acid, citric acid และ butyric acid ออกมา (Cai *et al*, 1997) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าในปลากะตักต้มค่า pH จะลดลงในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น และค่า pH ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในวันที่ 3 ถึง 10 เนื่องจากกระบวน Autolysis คือการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์โปรตีเอส (Aksnes and Brekken, 1988) ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบเอมีน และเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์จะ

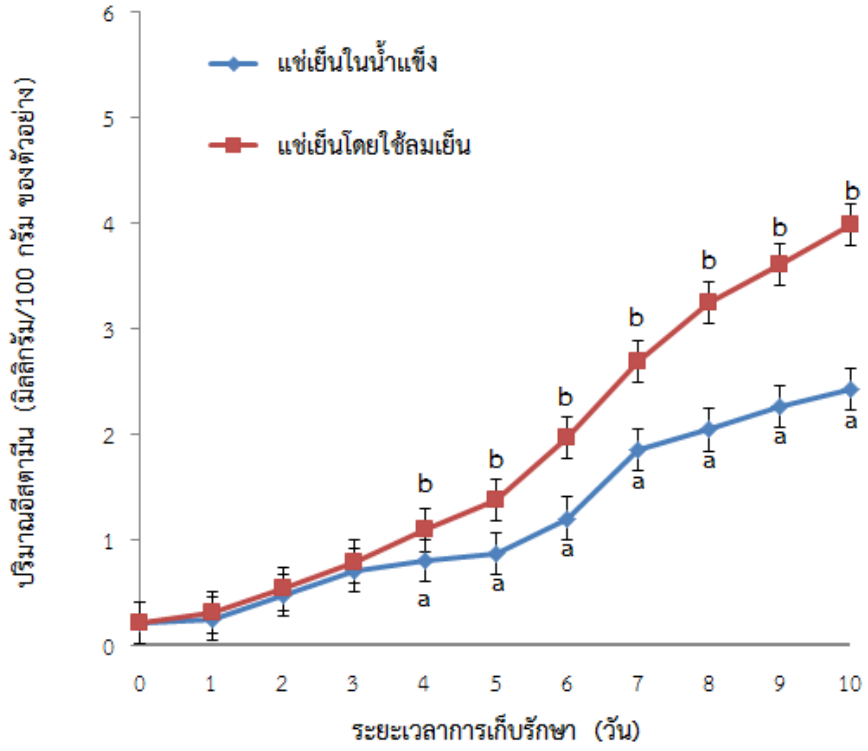
ย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อปลาและผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้การย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, เอมีน และแอมโมเนีย (Özogul *et al*., 2005) และเมื่อสิ้นสุดการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในน้ำแข็งและแบบลมเย็นเป่านาน 10 วันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกมีค่า pH เท่ากับ 7.13±0.19 และ 7.31±0.52 ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 12 การเพิ่มขึ้นของค่า pH ในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาผ่านโดยการแช่เย็น สอดคล้องกับรายงานของ Goulas และ Kontominas (2005) พบว่าปลา chub ต้ม จะมีค่า pH เพิ่มขึ้นเป็น 6.45 เมื่อผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นนาน 15 วัน อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่า pH มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ TVC ในปลากะตักแช่เย็น ซึ่งจุลินทรีย์สามารถผลิตแอมโมเนียและสารประกอบเอมีนที่มีคุณสมบัติเป็นเบส ค่า pH สุดท้ายจึงสามารถบ่งชี้ว่าเกิดการเน่าเสียได้ (Higuera *et al*., 2000) สอดคล้องกับรายงานของ Castro และคณะ (2006) พบว่าค่า pH ในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดสของแบคทีเรียเพื่อย่อยสลาย TMAO คือ 7.2-7.4



ภาพที่ 12. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่าความเป็นกรดด่าง; ค่าความเป็นกรดด่างที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดด่างระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแสดงในภาพที่ 13 จากข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 13 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกมีปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้นเท่ากับ 0.21±0.52 และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกแช่เย็นพบว่าปริมาณฮีสตามีนในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ($p<0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ที่พบในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ การเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนเป็นผลมาจากการเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ฮิสตีดีนดีคาร์บอกซิเลสของแบคทีเรียที่ย่อยกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระ (free histidine) ทำให้เกิดฮีสตามีนในปลา (Arnold and Brown,1978; Taylor, 1986) แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮีสตามีนมีหลายชนิด เมื่อแยกแบคทีเรียจากปลาที่เป็นพิษพบ *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* และ *Hafnia alvei* (Taylor and Speckhard, 1984) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ถูกเก็บรักษาโดยการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งตั้งแต่การเก็บรักษาในวันที่ 4 ($p<0.05$) เนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ฮิสตีดีนดีคาร์บอกซิเลสในการย่อยกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระได้ดี ปริมาณฮีสตามีนในวัตถุดิบปลากะตักแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันนาน 4 วันมีความขัดกับการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณ TVC ซึ่งมีช่วงของ lag phase อยู่ที่ 7 วันของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนในช่วงแรกเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ Frank และคณะ (1985) กล่าวว่าการเพิ่มของฮีสตามีนจะเกิดจากแบคทีเรียที่สร้างฮีสตามีนจำพวก psychrophilics และ mesophiles อย่างไรก็ตาม Tao และคณะ (2009) รายงานว่าการเก็บรักษาสัตว์น้ำในอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียสไม่สามารถป้องกันการผลิตฮีสตามีนได้อย่างสมบูรณ์ สามารถแพร่กระจายเข้าสู่ชั้นเนื้อเมื่อระยะเวลานานขึ้น โดยอัตราการแพร่ของฮีสตามีนขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและอุณภูมิในการเก็บรักษา ดังนั้นการเก็บรักษาปลากะตักในอุณหภูมิที่สูงกว่าจึงส่งผลทำให้มีปริมาณฮีสตามีนที่เพิ่มขึ้นมากกว่า และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีนเท่ากับ 2.43±0.32 และ 3.98±0.12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 13 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) อย่างไรก็ตามปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจพบในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ยังอยู่ในระดับที่อนุญาตให้พบได้ การต้มปลากะตักก่อนการแช่เย็นไม่สามารถทำให้ปริมาณฮีสตามีนลดลงได้ เนื่องจากฮีสตามีนมีความคงตัวต่อการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การหุงต้ม การรมควัน และการให้ความร้อนสำหรับบรรจุกระป๋อง (Hungerford, 2010 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่า pH ในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาผ่านโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นที่

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยังส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณฮีสตามีน การสร้างฮีสตามีนจะเร็วขึ้นที่ค่า pH 5.8 - 7.3 เนื่องจากค่า pH ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการสร้างฮีสตามีนของ *K. pneumoniae* คือ 6.3 (Taylor and Woychik, 1982)

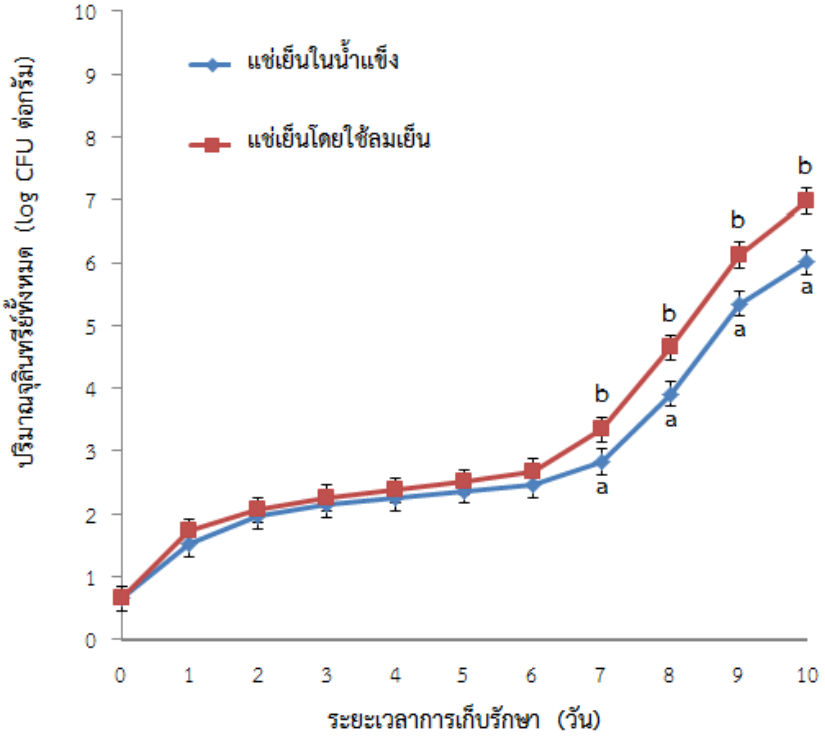


ภาพที่ 13. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบแสดงในภาพที่ 14 จากข้อมูลแสดงในภาพที่ 14 พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกมีปริมาณ TVC เริ่มต้นเท่ากับ 0.65±0.41 log CFU ต่อกรัม จะเห็นได้ว่าปริมาณ TVC เริ่มต้นในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกจะมีปริมาณต่ำ เนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนถูกทำลายโดยความร้อน สอดคล้องกับรายงานของ Lopez-Sabater และคณะ (1994) ที่พบว่าปริมาณ TVC ในปลาทูน่าจะลดลงเมื่อผ่านการนึ่ง แต่จะเพิ่มจำนวนขึ้นอีกครั้งเมื่อทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกแช่เย็นพบว่าค่า TVC ในวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นใน

เกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ($p<0.05$) การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ปริมาณ TVC ต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดี และในระหว่างการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งจะมีการเปลี่ยนน้ำแข็งทุกๆ 24 ชั่วโมง ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนบริเวณผิวนอกของวัตถุดิบถูกชะล้างไปกับน้ำที่เกิดการจากการละลายของน้ำแข็ง ปริมาณ TVC ในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบสอดคล้องกับรายงานของ Öezogul และคณะ (2000) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา Atlantic herring (*Clupea harengus*) โดยการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 16 วัน จะมีปริมาณ TVC เพิ่มขึ้นเร็วกว่าการแช่เย็นในน้ำแข็ง และเมื่อสิ้นสุดการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในน้ำแข็งและแบบลมเย็นเป่านาน 10 วันพบว่าวัตถุดิบปลากะตักมีค่า TVC เท่ากับ 6.01±0.41 และ 6.98±0.47 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 14 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียที่มีบทบาทสำคัญในสัตว์น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ *Shewanella putrifaciens* และ *Pseudomonas* spp. (สุทธวัฒน์, 2554) Cai และคณะ (1997) รายงานว่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในปลาส่วนมากเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram-negative bacteria) คือ *Pseudomonas putrefaciens*, *Psychrobactor*, *Moraxella* spp., *Flavobacterium*, *Acinetobacter* และ *Vibrio* ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้สามารถย่อยสลายโปรตีน ด้วยเอนไซม์โปรตีเอสให้กลายเป็นเปปไทด์ กรดอะมิโน อินโดล เอ-มีน สารประกอบซัลไฟด์ และแอมโมเนีย ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า โดยทั่วไปปริมาณ TVC ในวัตถุดิบสัตว์น้ำที่เหมาะสำหรับบริโภคควรมีค่าน้อยกว่า 6.0 log CFU/g (ICMSF,1978) พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณของค่า TVC เกิน 6.0 log CFU/g เมื่อเก็บรักษานาน 10 และ 9 วันตามลำดับ พบว่าการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การยอมรับในคุณภาพของสัตว์น้ำลดลง (Aubourg *et al*., 1995; Harris and Tall, 1989)

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ในช่วง 1 ถึง 6 วันของการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลดังกล่าว มีความขัดแย้งกับการตรวจพบปริมาณ TVB-N, TMA-N, และฮีสตามีน ทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงแรกของการเก็บรักษาจะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มของ psychrophilics เป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญคือ *Shewanella putrefaciens* และ *Pseudomonas* spp. (Woyewoda *et al*., 1986) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ TVC ยังทำให้ค่า pH ของวัตถุดิบปลากะตักที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในวันที่ 3 ถึง 10 เนื่องจากเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์จะย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อปลาและผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้การย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, เอมีน และแอมโมเนีย (Özogul *et al*., 2005)

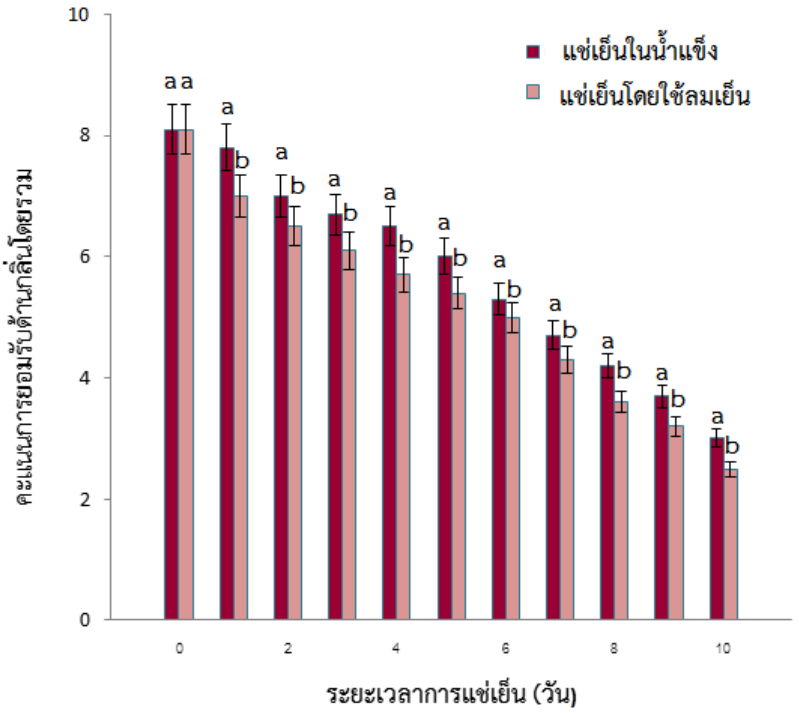


ภาพที่ 14. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็ง (♦), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (■)นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในระหว่างการแช่เย็นที่แตกต่างกัน ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม และความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ระดับคะแนน 1 – 9 โดยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

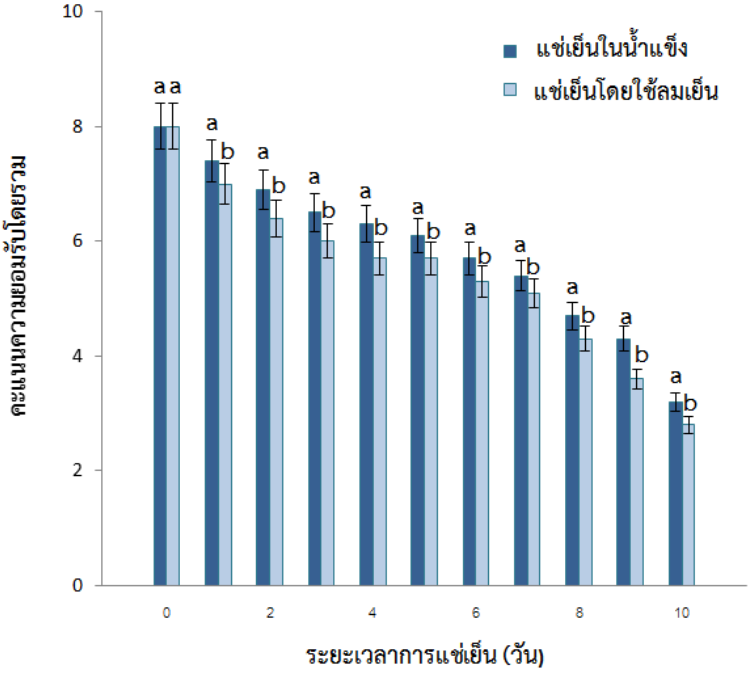
จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม พบว่าคะแนนการยอมรับของกลิ่นโดยรวมมีคะแนนลดลงในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ เมื่อเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเป็นเวลานานจะส่งผลทำให้เกิดกลิ่นคาว และกลิ่นเหม็นเพิ่มขึ้น พบว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 7 วัน ดังแสดงในภาพที่ 15 กลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการ

ยอมรับของผู้บริโภคลดลงมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TMA-N และ TVB-N ที่เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ ซึ่งเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีนโดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส และการเกิดไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็น (Huss,1988) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลา สอดคล้องกับรายงานของ Ashie และคณะ (1996) พบว่าปริมาณ TVB-N, TMA-N ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ลดลง



ภาพที่ 15. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นมากที่สุด, 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นเหม็นและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกในระหว่างการแช่เย็นที่แตกต่างกัน ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ระดับคะแนน 1 – 9 โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบ พบว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับโดยรวมในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 8 วัน ดังแสดงในภาพที่ 16 เนื่องจากสัตว์น้ำมักเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ ทำให้คุณภาพของสัตว์น้ำลดลงส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Bremner, 2000; Nielsen *et al*., 2002) การยอมรับโดยรวมในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVC พบว่าเมื่อปริมาณ TVC เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าปลาแพะข้างเหลือง (*Upeneus moluccensis*) มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สามารถยอมรับได้ เมื่อผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน และสอดคล้องกับรายงานของ Jamasuta (1990) พบว่าการยอมรับของผู้บริโภคในปลาซาร์ดีนต้มลดลงเมื่อผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นนานขึ้น



ภาพที่ 16. คะแนนความยอมรับโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนความยอมรับโดยรวม; คะแนนความยอมรับโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบ

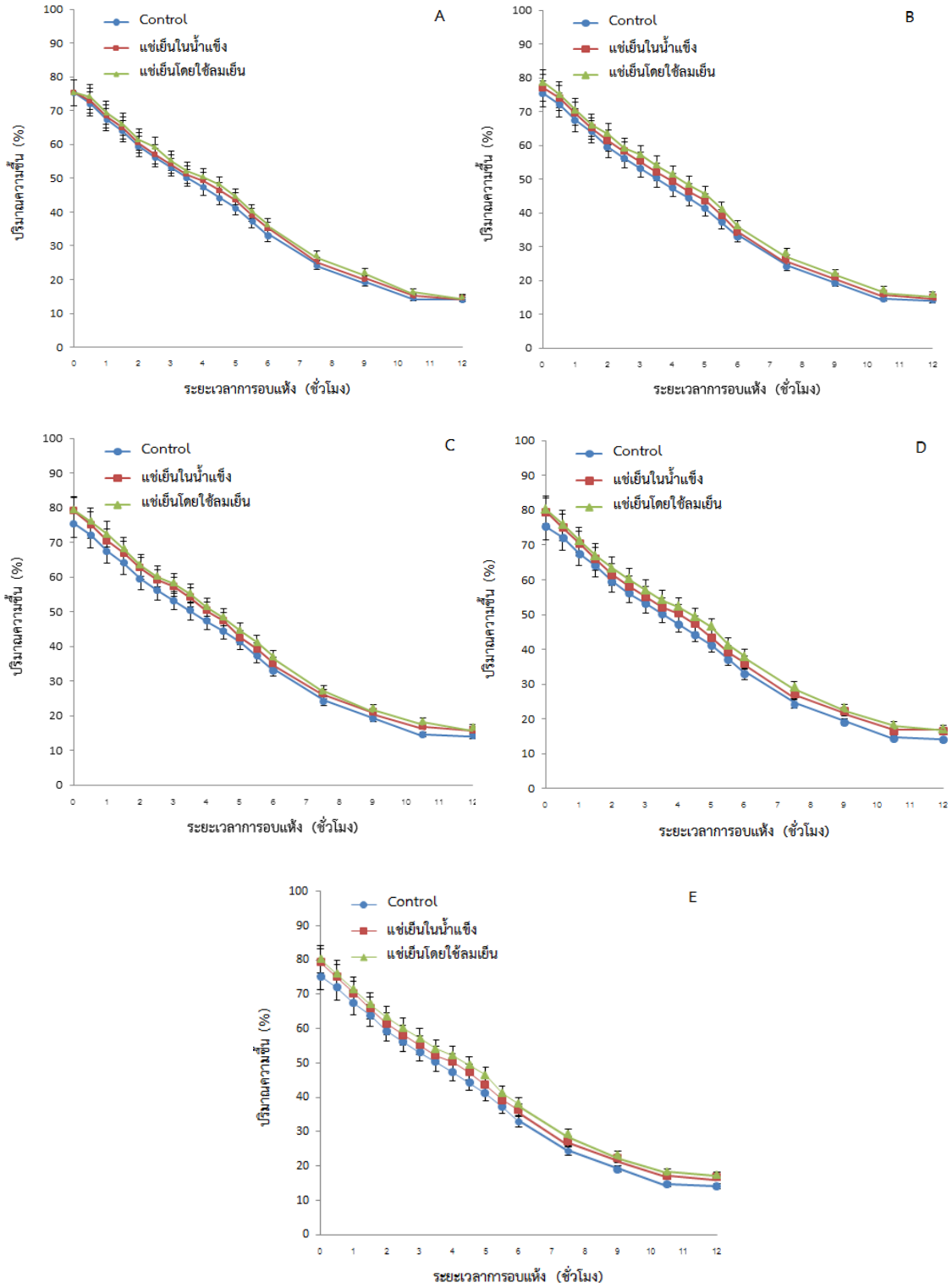
ระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความยอมรับโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึงยอมรับมากที่สุดแสดงว่าวัตถุดิบปลากะตักมีคุณภาพดีที่สุด และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

3. ผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง

3.1 ผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักสดต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 17 โดยวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 75.27±0.19 ในระหว่างการอบแห้งพบว่าทั้งปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่ามีปริมาณความชื้นลดลงตามระยะเวลาของการอบ โดยปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วใน 6 ชั่วโมงแรกของการอบในทุกชุดของการทดลอง การลดลงของปริมาณความชื้นช่วงแรกเป็นช่วงที่น้ำภายในอาหารเคลื่อนที่มายังผิวหน้า พลังงานความร้อนที่อาหารได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากของอาหารอย่างต่อเนื่อง ความชื้นเฉลี่ยของอาหารจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลง ความชื้นของอาหาร ณ เวลานี้ เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (Brooker *et al.*, 1981) สอดคล้องกับรายงานของ Sultana และคณะ (2009) พบว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการอบแห้ง Ribbon fish (*Trichiurus haumela*) ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง พบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 14.52±0.25 และ14.98±1.06 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 17A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 15.02±0.25 และ15.88±1.13 ตามลำดับดังแสดงในภาพ 17B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 16.03±0.32 และ 16.52±1.25 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 17C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 16.61±0.73 และ17.23±1.25 ตามลำดับดังแสดงในภาพ 17D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.52±0.63 และ 22.51±1.71 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 17E ระยะหลังของการอบเป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารสูงขึ้นเรื่อยๆ อัตราการอบแห้งจะลดลงความชื้นจะลดลง

เรื่อยๆจนถึงค่าความชื้นสมดุลซึ่งเป็นความชื้นที่ต่ำสุด ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก (Brooker *et al.*, 1981) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกันในระยะเวลาการอบเดียวกัน พบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในปลากะตักตลอดระยะเวลาในการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง ($p \geq 0.05$) ดังภาพที่ 17 ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบปลากะตักที่ลดลงเกิดจากการสูญเสียน้ำออกจากวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการอบแห้ง (Graham, 1996) สอดคล้องกับรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าปลานวลจันทร์ทะเลมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 85.60 เมื่อผ่านการอบแห้งพบว่าปริมาณความชื้นลดลง วัดปริมาณความชื้นได้ร้อยละ 38.91 และสอดคล้องกับรายงานของวราทิพย์และคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพของปลากะตักต้มตากแห้งพบว่า มีปริมาณความชื้นของปลาสดเริ่มต้นร้อยละ 78.40 เมื่อต้มจนสุกแล้วนำไปตากแดดพบว่าปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ โดยปลาหลังต้มมีปริมาณความชื้นร้อยละ 70.59 และหลังจากตากแดดวัดปริมาณความชื้นได้ร้อยละ 33.50 ปริมาณความชื้นที่ลดลงในระหว่างการอบแห้งปลากะตักมีส่งผลทำให้ปริมาณ TVC ลดลง การอบแห้งเป็นการการระเหยความชื้นออกจากอาหารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารจากปฏิกิริยาเคมีที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (Dincer, 1996)

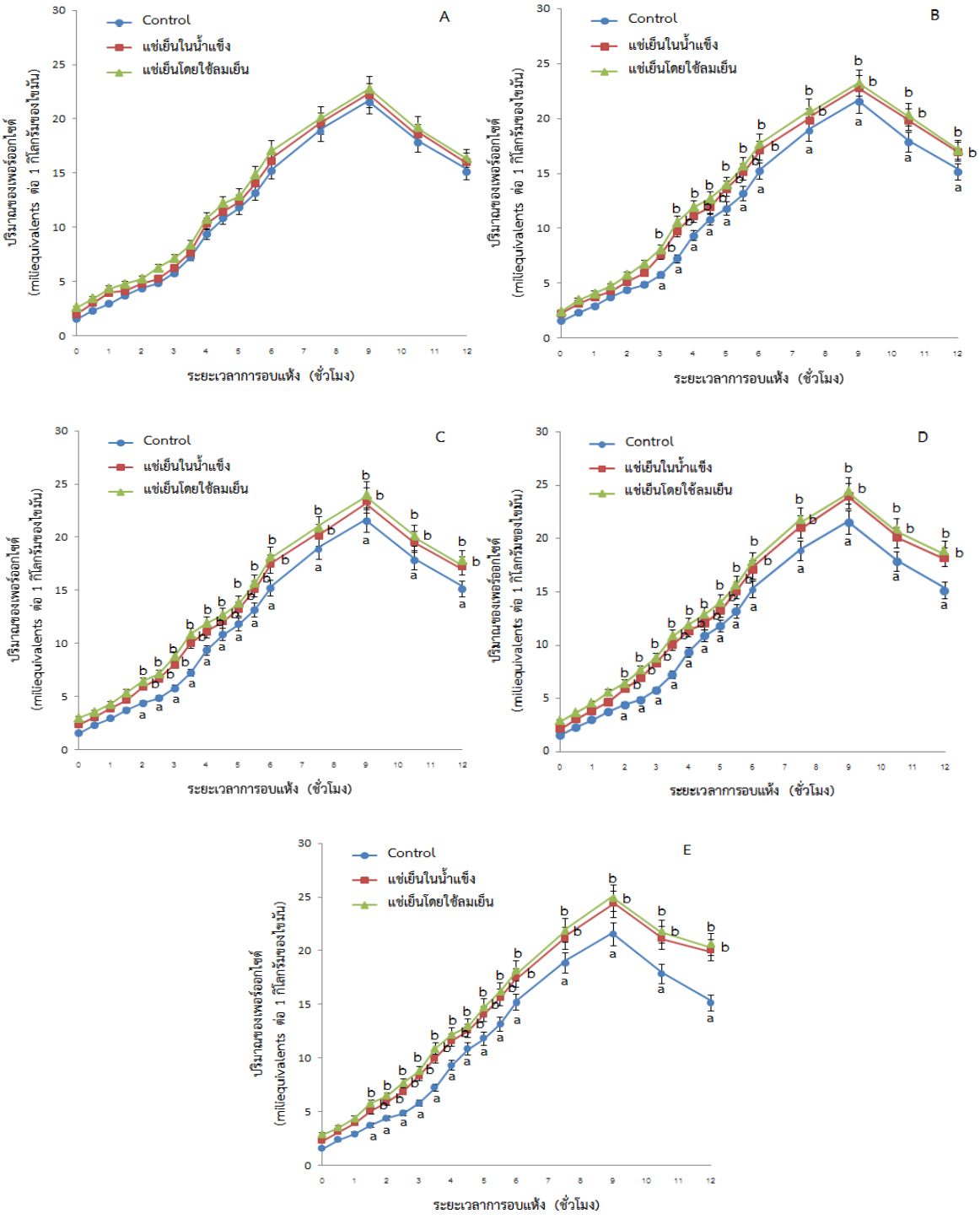


ภาพที่ 17. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณความชื้น; ปริมาณความชื้นที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่าง

กันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ ความชื้น ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันในระหว่างกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะเกิดจาก 2 ลักษณะคือ การเกิดออกซิเดชันของไขมัน และ การเกิดไฮโดรไลซีสของไขมัน ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูป (Pacheco-Aguliar *et al.*, 2000) ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง ทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารประกอบคาร์บอนิลและสารประกอบโพลีเมอร์ไรซ์เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของปลา (Gandemer and Meynier, 1995) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันในระหว่างการอบแห้งวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง ถูกตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเพอร์ออกไซด์, TBARS และกรดไขมันอิสระ การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 18 โดยวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณเพอร์ออกไซด์เริ่มต้น 1.56±0.23 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ในระหว่างการอบแห้งพบว่าทั้งปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าพบว่าปริมาณของเพอร์ออกไซด์ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 9 ชั่วโมง และมีค่าลดลงภายหลังการอบ 9 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง เนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) จากการปริมาณเพอร์ออกไซด์ในระหว่างการอบแห้งจะเห็นได้ว่าในช่วงการอบ 9 ชั่วโมงแรกเป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะขยายตัวของปฏิกิริยาซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็น Peroxide redical ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้ได้สารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมเป็นจำนวนมาก ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้อนุมูลอิสระสะสมในระบบมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้นเรื่อยๆ (Madhavi *et al*., 1996) ซึ่งในกระบวนการอบแห้งปลากะตักโดยใช้ลมร้อนทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับอากาศ และความร้อนตลอดเวลาจึงมีผลทำให้มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Labuza และ Dugan (1971) พบว่าออกซิเจนในอากาศและอุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่ภายหลังการอบแห้งปลากะตัก 9 ชั่วโมง เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะสิ้นสุด เนื่องจากมีสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมในระบบจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน กรดและอัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Madhavi *et al*., 1996) และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 16.15±1.13 และ16.32±0.05 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังแสดงใน

ภาพ 18A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 16.95±1.15 และ 17.02±0.08 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับดัง แสดงในภาพ 18B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 17.25±1.32 และ 17.85.±0.11 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 18C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 18.25±1.13 และ18.85±0.25 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 18D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 20.05±1.61 และ 20.59±0.21 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 18E ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kanner, 1994) การเพิ่มขึ้นของปริมาณเพอร์ออกไซด์สอดคล้องกับรายงานของ Shah และคณะ (2009) พบว่าในปลา herring (*Clupea harengus*) ที่ผ่านการอบแห้งนาน 10 วัน มีปริมาณของเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 5.52 เป็น 16.07 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน อย่างไรก็ตามปริมาณของเพอร์ออกไซด์สามารถยอมรับได้ในสัตว์น้ำต้องมีค่าต่ำกว่า 20 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน จากการติดตามปริมาณเพอร์ออกไซด์ในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 10 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพอร์ออกไซด์ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ในปลากะตักตลอดระยะเวลาในการอบ 12 ชั่วโมง ($p \geq 0.05$) ดังภาพที่ 18

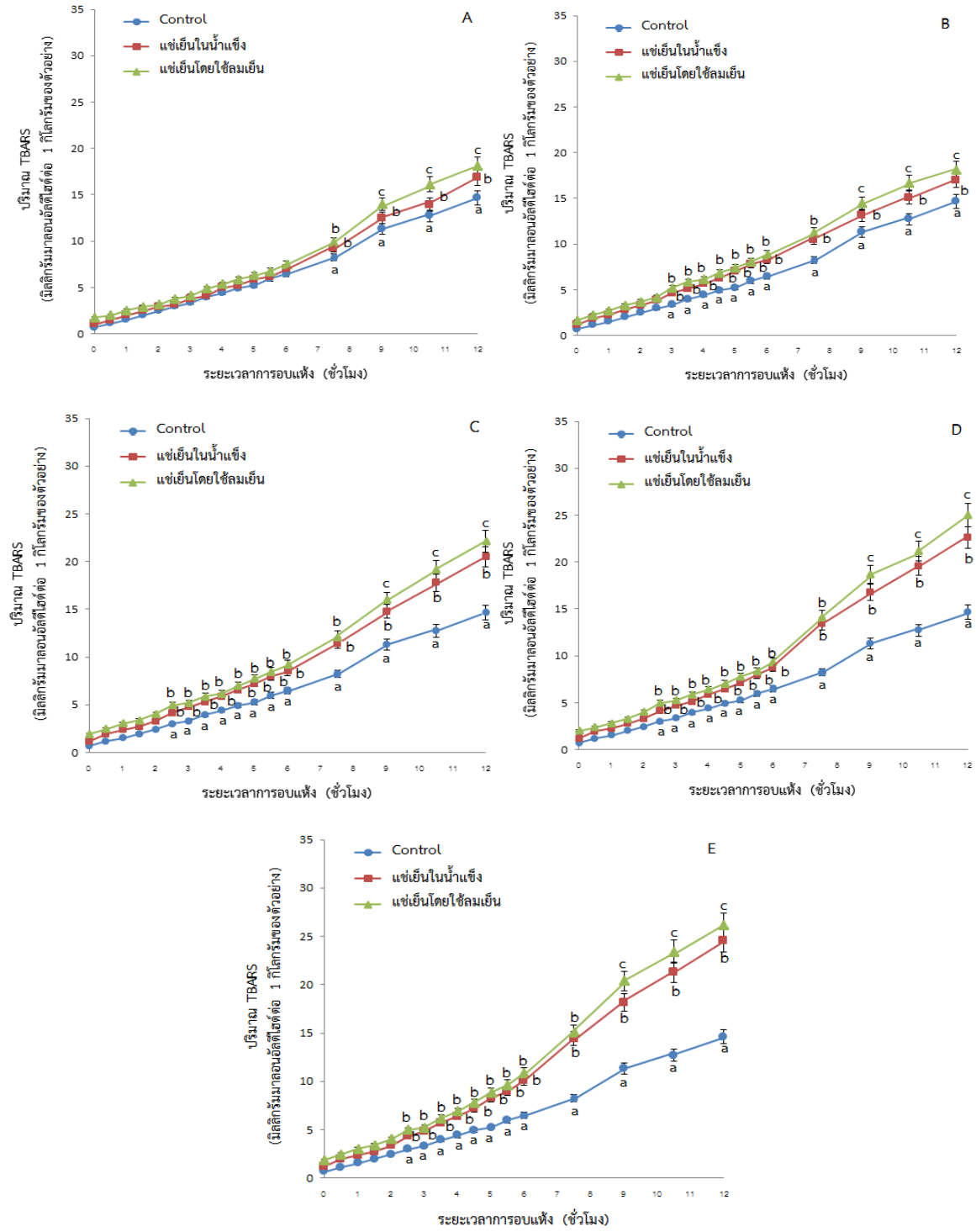


ภาพที่ 18. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเพอร์ออกไซด์; ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่มีตัวอักษรกำกับ

แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเพอร์ออกไซด์ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

ค่า TBARS ใช้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอย่างแพร่หลาย (Fernandez *et al.*, 1997) การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้งแสดงในภาพที่ 19 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS พบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดมีค่า TBARS เริ่มต้น 0.69±1.23 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการอบแห้งพบว่า ค่า TBARS มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการอบ 7 ชั่วโมงแรกและมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการอบ 7 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เกิดจากการเพิ่มขึ้นของมาลอนอัลดีไฮด์ เป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง เมื่อถึงระยะสิ้นสุดแล้วจะมีสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมในระบบจำนวนมาก โดยสารประกอบไฮโดรเพอร์-รอกไซด์ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นมาลอนอัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Madhavi *et al*., 1996) ค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงของการอบ 7-12 ชั่วโมง ช่วงเวลาการอบดังกล่าวสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่เกิดการสลายตัวเนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของสารประกอบอัลดีไฮด์ (Frankel,1991) ทำให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีค่า TBARS 16.87±1.56 และ 18.13±1.15 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 19A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีค่า TBARS 17.22±1.57 และ 19.32±1.18 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 19B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีค่า TBARS 20.51±1.32 และ 22.13.±1.71 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 19C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีค่า TBARS 22.63±1.13 และ 25.02±1.15 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 19D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีค่า TBARS 24.71±1.25 และ 26.14±1.21 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 19E การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เมื่อสิ้นสุดการอบแห้งสอดคล้องกับรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ซึ่งศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 4.32 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง Ke และคณะ (1984) รายงานว่าปลาที่มีค่า TBARS ต่ำกว่า 8 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างจะไม่มีกลิ่นหืน ในขณะที่ปลาที่มีค่า TBARS ระหว่าง 9-20

มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนแต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลาที่มีค่า TBARS มากกว่า 20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนรุนแรงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากติดตามค่า TBARS ในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 6, 8 และ 10 วัน มีค่า TBARS ที่ไม่สามารถยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่า TBARS ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า TBARS ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งตลอดระยะเวลาภายหลังการอบ 9 ชั่วโมง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 19 ในระหว่างการอบแห้งปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นแตกต่างกัน 2 แบบ พบว่า วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งก่อนนำมาต้มและอบแห้งจะมีค่าต่ำกว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าก่อนนำมาต้มและอบแห้ง เนื่องจากอุณหภูมิในระหว่างการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าก่อนนำไปอบแห้งอาจทำให้การลดอุณหภูมิของปลาไม่สม่ำเสมอประกอบกับระหว่างการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าวัตถุดิบจะสัมผัสกับอากาศตลอดเวลาจึงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระขึ้นมากและไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่องทำให้เกิดมาลอนอัลดีไฮด์ ส่งผลให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้น (Chow, 2000) สอดคล้องกับรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าปลาแพะข้างเหลือง (*Upeneus moluccensis*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งจะมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

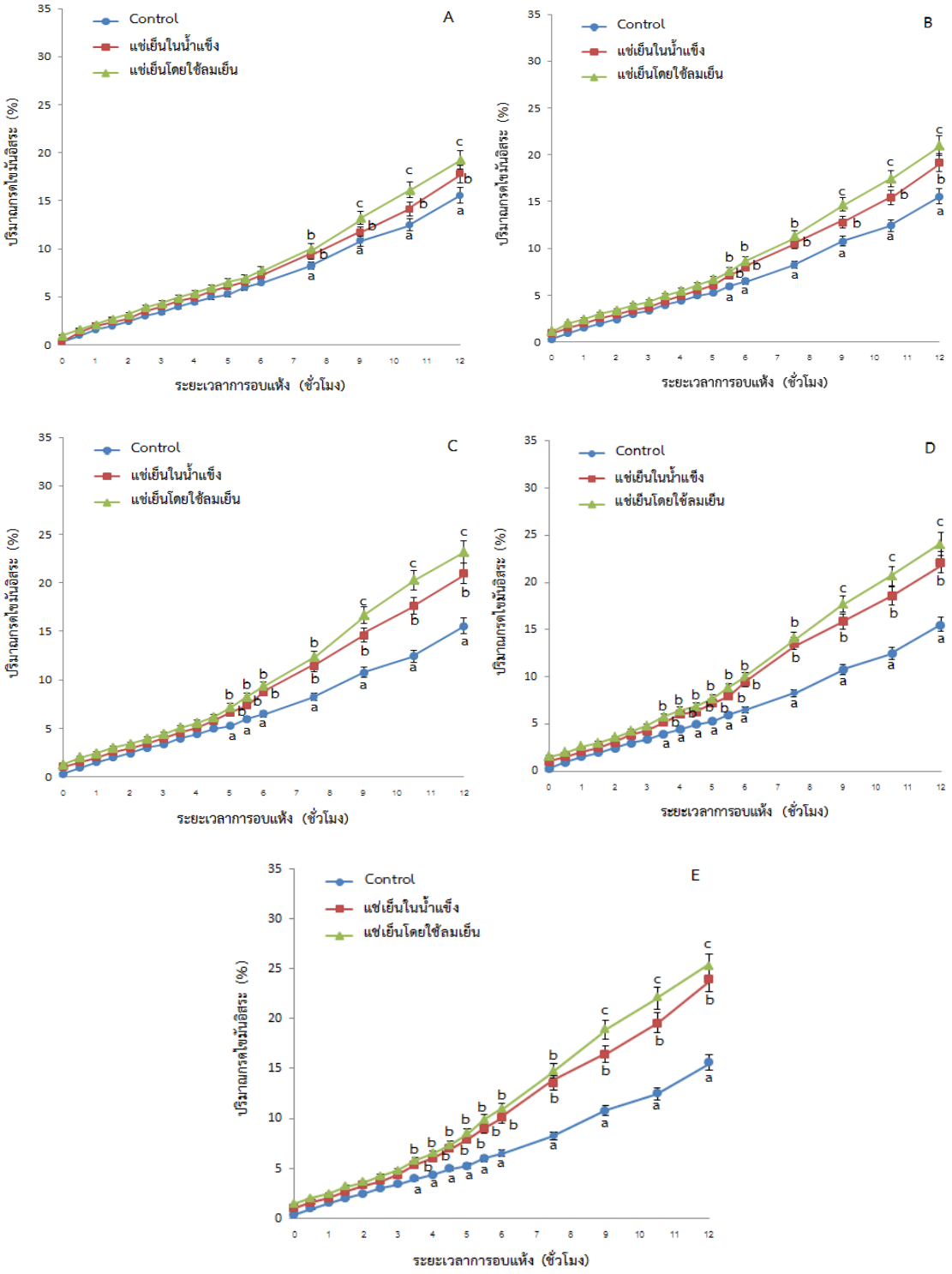


ภาพที่ 19. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D),10(E) วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า TBARS; ค่า TBARS ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า TBARS ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง แสดงในภาพที่ 20 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระ พบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้น 0.33±0.03 % ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง การเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันในสัตว์น้ำเกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายไตรกลีเซอร์ไรด์และฟอสโฟไลปิดโดยเอนไซม์ไลเปสและเอนไซม์ฟอสโฟไลเปสซึ่งมักมีอยู่แล้วในอาหารตามธรรมชาติหรืออาจจะเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์สร้างขึ้น ปฏิกิริยานี้จะต้องมีน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องโดยมีความร้อนและแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลพลอยได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือกรดไขมันอิสระซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เร็วกว่าไขมันอื่น (Khayat and Schwall, 1983) ความร้อนในระหว่างการอบแห้งปลากะตักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับรายงานของ Kilic (2009) พบว่าปริมาณของกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการอบแห้งปลาแซลมอลที่เลือกใช้ระดับอุณหภูมิสูงในการอบแห้ง และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 17.69±1.13 และ 19.27±1.15 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 20A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 19.15±1.15 และ 20.96±1.48 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 20B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 20.98±1.52 และ 23.15.±1.05 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 20C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 22.15±1.13 และ 24.06±1.25 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 20D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 23.86±1.61 และ 25.15±1.21 % ดังแสดงในภาพ 20E Bligh และคณะ (1988) กล่าวว่าการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางอาหารแต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์เนื่องจากปฏิกิริยาลำดับสองที่เกิดกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดผลกระทบต่ออาหารเช่น เร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระสอดคล้องกับรายงานของ Özogul และคณะ (2006) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลาข้างเดียว (*Scophthalmus maximus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19 วัน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.6 และรายงานของ Shah และคณะ (2009) ศึกษาคุณภาพของปลา herring (*Clupea harengus*) พบว่าในปลา herring ที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4.55 เป็นร้อยละ 6.86 และสอดคล้องกับรายงานของ Nguyen และคณะ (2012) พบว่าในปลาคอด (*Gadus morhua*) ที่ผ่านหมักเกลือและตากแห้ง พบว่ามีปริมาณ

ของกรดไขมันอิสระร้อยละ 17 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งตลอดระยะเวลาภายหลังการอบ 9 ชั่วโมง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 20 สอดคล้องกับรายงานของ Karungi และคณะ (2004) พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในปลา Nile perch (*Lates niloticus*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งมีปริมาณต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

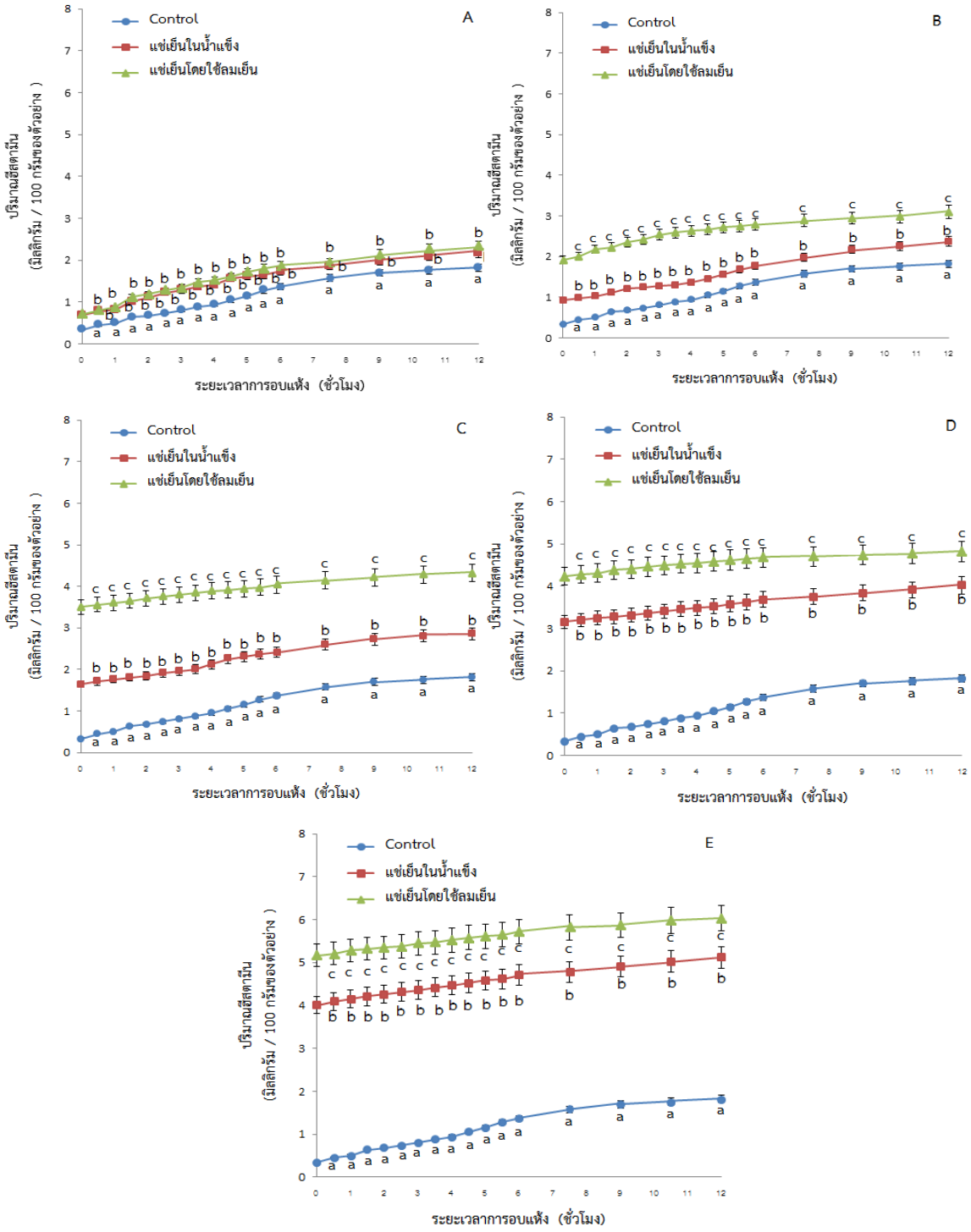


ภาพที่ 20. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดไขมันอิสระ; ปริมาณกรดไขมัน

อิสระที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนในระหว่างการอบแห้งวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน แสดงในภาพที่ 21 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนพบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้น 0.34±0.03 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณฮีสตามีน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณฮีสตามีน 2.17±1.12 และ 2.34±1.15 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 21A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณฮีสตามีน 2.37±1.13 และ 3.10±1.17 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 21B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณฮีสตามีน 2.85±1.16 และ 4.32±1.18 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 21C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณฮีสตามีน 4.02±1.14 และ 4.82±1.15 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 21D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณฮีสตามีน 5.12±1.17 และ 6.03±1.19 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 21E สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) ในขณะที่สหภาพยุโรปกำหนดว่าค่าเฉลี่ยของฮีสตามีนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ 9 ตัวอย่าง ต้องมีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัม โดย 2 ใน 9 ตัวอย่างต้องมีฮีสตามีน ไม่เกิน 10 - 20 มิลลิกรัม/100 กรัม และไม่มีตัวอย่างใดมีฮีสตามีนสูงเกิน 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (The Council of the European Communities, 1991) จากรายงานของ Jeyasekaran และ Shakila (2003) ศึกษาการปนเปื้อนของฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจากรัฐ Tamil Nadu ประเทศอินเดีย พบว่าในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งมีปริมาณฮีสตามีน 10 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ในขณะที่ปราณีและคณะ (2538) ศึกษาปริมาณฮีสตามีนในปลากะตักตากแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดของประเทศไทย พบว่ามีปริมาณฮีสตามีนอยู่ในช่วง 0.5-142.4 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 4, 6, 8, 10 วัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่ามีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งตลอดระยะเวลาในการอบ ($p<0.05$) ดังภาพที่ 21 การเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนขึ้นอยู่กับปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้นในวัตถุดิบปลากะตัก

ฮีสตามีนมีความคงตัวต่อการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การหุงต้ม การรมควัน และการให้ความร้อนสำหรับบรรจุกระป๋อง (Hungerford, 2010 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) ดังนั้นในระหว่างการอบแห้งจึงสามารถตรวจพบฮีสตามีนได้ จากรายงานของปราณี และคณะ (2538) พบว่าฮีสตามีนเป็นสารที่ทนความร้อนสูง ความร้อนที่ใช้ในการประกอบอาหารตามปกติหรือแม้แต่ความร้อนสูงที่ใช้ในกรรมวิธีผลิตอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ ก็ไม่สามารถทำลายฮีสตามีนได้

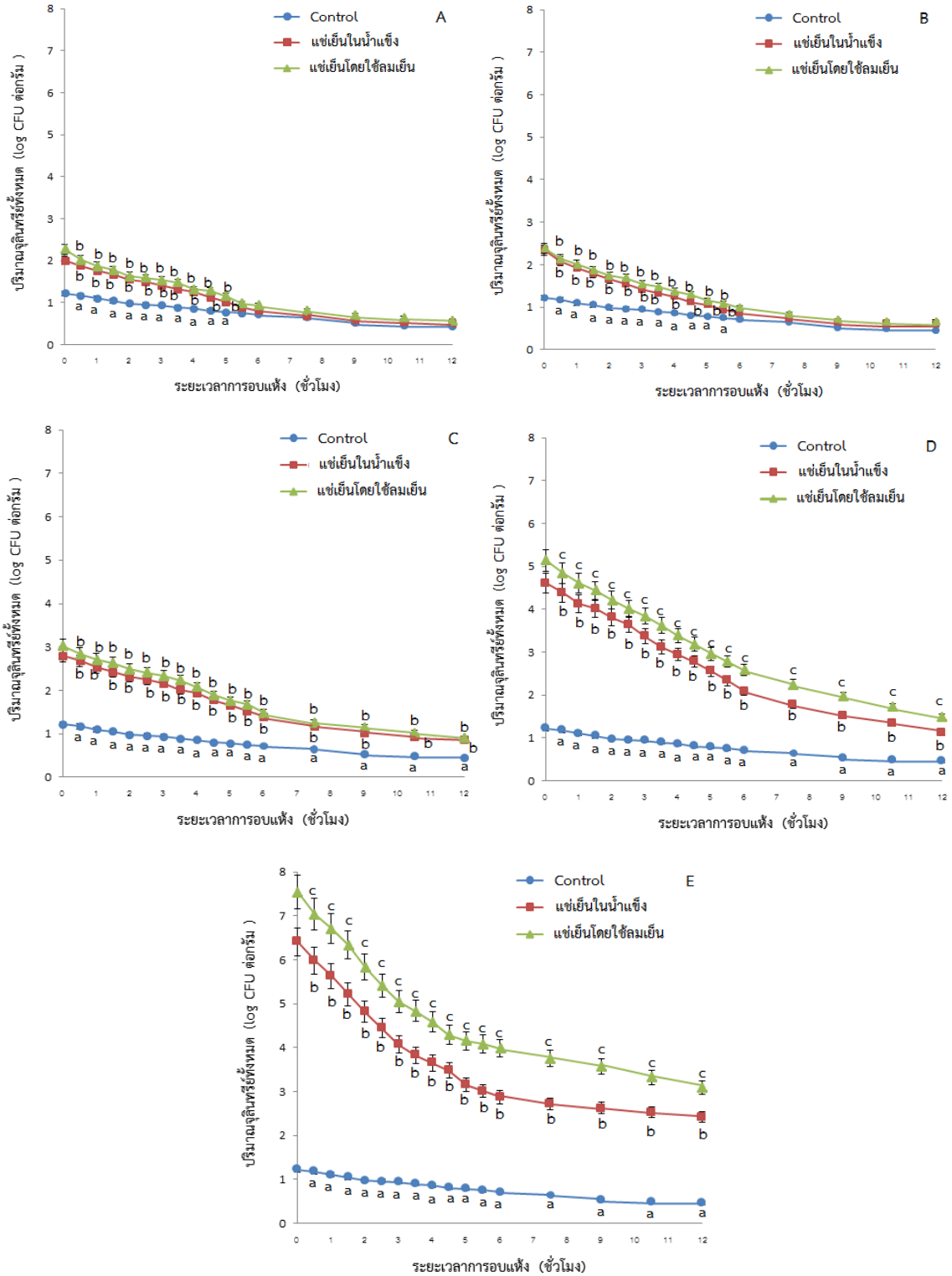


ภาพที่ 21. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับ

แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีน ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง แสดงในภาพที่ 22 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC พบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณ TVC เริ่มต้น 1.02±0.14 log CFU ต่อกรัม เมื่อผ่านการต้มพบว่าปริมาณ TVC ลงเพียงเล็กน้อยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในขั้นตอนของการขนย้ายวัตถุดิบก่อนนำไปอบแห้ง ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณ TVC มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง การลดลงของปริมาณ TVC เนื่องจากอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการอบแห้งสามารถทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนต่ำได้ไปบางส่วน และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง พบว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณ TVC 0.51±0.08 และ 0.58±0.05 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 22A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณ TVC 0.60±0.02 และ 0.68±0.05 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 22B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณ TVC 0.85±0.03 และ 0.91±0.05 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 22C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณ TVC 1.12±0.09 และ 1.49±0.05 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 22D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการ แช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณ TVC 3.12±0.04 และ 4.57±0.05 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 22E อย่างไรก็ตามปริมาณ TVC ในวัตถุดิบสัตว์น้ำที่เหมาะสำหรับบริโภคควรมีค่าน้อยกว่า 6 log CFU ต่อกรัม (ICMSF, 1978) การลดลงของปริมาณ TVC สอดคล้องกับรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าปลานวลจันทร์ ทะเลที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณ TVC 2.23 log CFU ต่อกรัม และสอดคล้องกับรายงานของ วราทิพย์และคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพของปลากะตักต้มตากแห้งพบว่า ปลาที่ผ่านการตากแห้งมีปริมาณ TVC 3.0 log CFU ต่อกรัม อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน ในระยะเวลาการอบเดียวกัน พบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณ TVC ที่เหลืออยู่ในปลากะตักตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในชุดการทดลองที่ใช้วัตถุดิบปลากะตัดสดที่ผ่านการแช่เย็นนาน 8 และ 10 วัน ($p<0.05$) ดังภาพที่ 22 การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดก่อนนำมาอบแห้งโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ปริมาณ TVC ต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้และเมื่อเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเป็นเวลานาน ทำให้วัตถุดิบเริ่มต้นก่อนนำมาอบแห้งมีปริมาณ TVC สูงมากส่งผลต่อคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์สุดท้าย การลดลงของปริมาณ TVC ในระหว่างการอบแห้งสอดคล้องกับปริมาณความชื้น พบว่าปริมาณความชื้นที่ลดลงในระหว่างการอบแห้งปลากะตักมีส่งผลทำให้ปริมาณ TVC ลดลง การอบแห้งเป็นการการระเหยความชื้นออกจากอาหารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารจากปฏิกิริยาที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (Dincer, 1996)

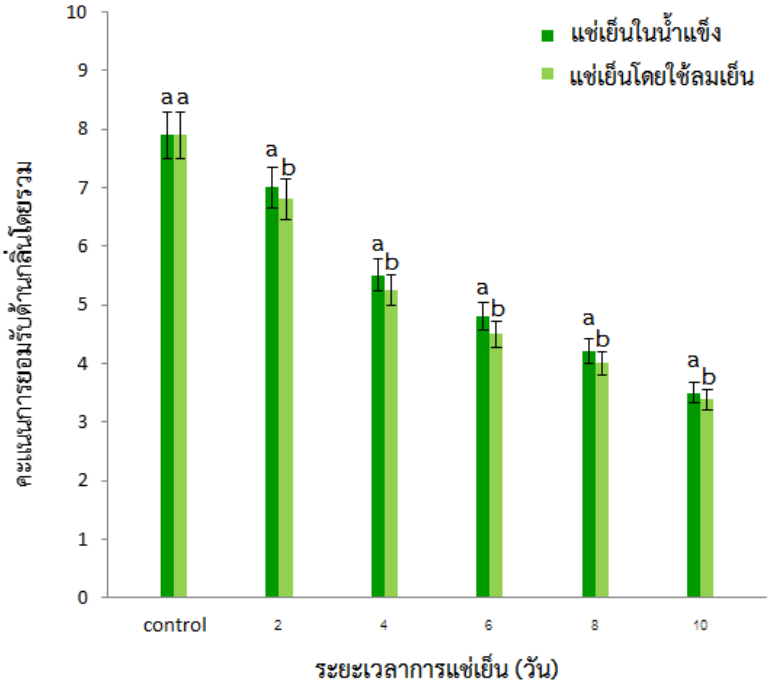


ภาพที่ 22. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกลือน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC ; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่าง

กันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

ภายหลังการอบวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ปลากะตักที่ผ่านการอบแห้งดังกล่าวถูกนำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน และสี ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน และสี โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

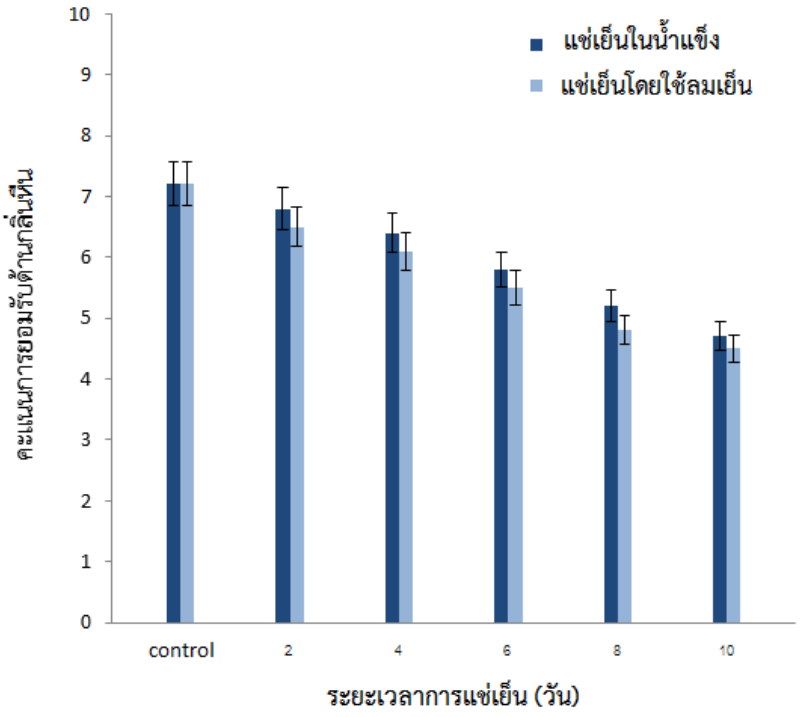
การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมในปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แสดงในภาพที่ 23 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมต่างกันเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) ความร้อนในกระบวนการทำแห้งจะทำให้กลิ่นของอาหารระเหยออกไปด้วย ดังนั้นการสูญเสียสารให้กลิ่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้และความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดในอาหาร ความดันไอของสารที่ระเหยได้และความสามารถในการละลายน้ำ หากเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจะสูญเสียตั้งแต่เริ่มต้นการทำแห้ง ส่วนช่วงหลังของการทำแห้งจะมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งจะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้ (Fellows,1992) คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TBARS เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็น อัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows, 1992) รวมถึงคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVB-N และ TMA ที่เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่นานขึ้น เนื่องจากในระหว่างการแช่เย็นมีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ ซึ่งเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีนโดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส และการเกิดไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็น (Huss,1988) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลา สอดคล้องกับรายงานของ Ashie และคณะ (1996) พบว่าปริมาณ TVB-N, TMA-N ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ลดลง



ภาพที่ 23. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

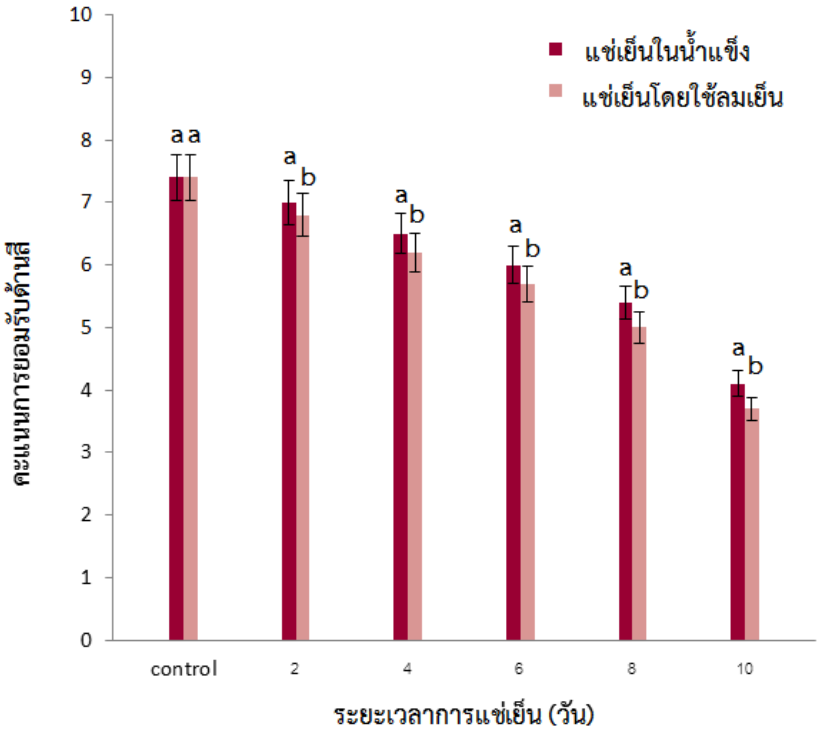
การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนในปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แสดงในภาพที่ 24 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนต่างกันเมื่อเปรียบเทียบที่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ

TBARS เนื่องกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992)



ภาพที่ 24. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีในปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แสดงในภาพที่ 25 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าคะแนนการยอมรับด้านสี มีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีของปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านสีต่างกันเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) การเปลี่ยนสีของวัตถุดิบปลากะตักในระกว่างการอบแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยเฉพาะการทำแห้งที่ใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงและอาจเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา การเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้และอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการเก็บรักษา ยิ่งเก็บที่อุณหภูมิสูงยิ่งมีสีคล้ำ โดยเฉพาะเมื่ออาหารมีค่าความชื้นมากกว่าร้อยละ 4-5 และอุณหภูมิที่เก็บสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส (Fellows, 1992) การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำ องค์ประกอบของอาหารมีการสลายตัวและมีการรวมตัวเกิดเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและมีกลิ่นเฉพาะตัว การเกิดปฏิกิริยานี้จะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงรวมถึงสีและรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนไปด้วย ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเกิดคาราเมไลเซชันและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปในอาหารทะเลจะเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fellows, 1992) อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอนิลที่จะไปรวมกับเอมีน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิและความชื้นของอาหาร มีรายงานการพบปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง ปลาแมคเคอเรลแห้งและปลาเทราท์เค็ม (Fellows, 1992)

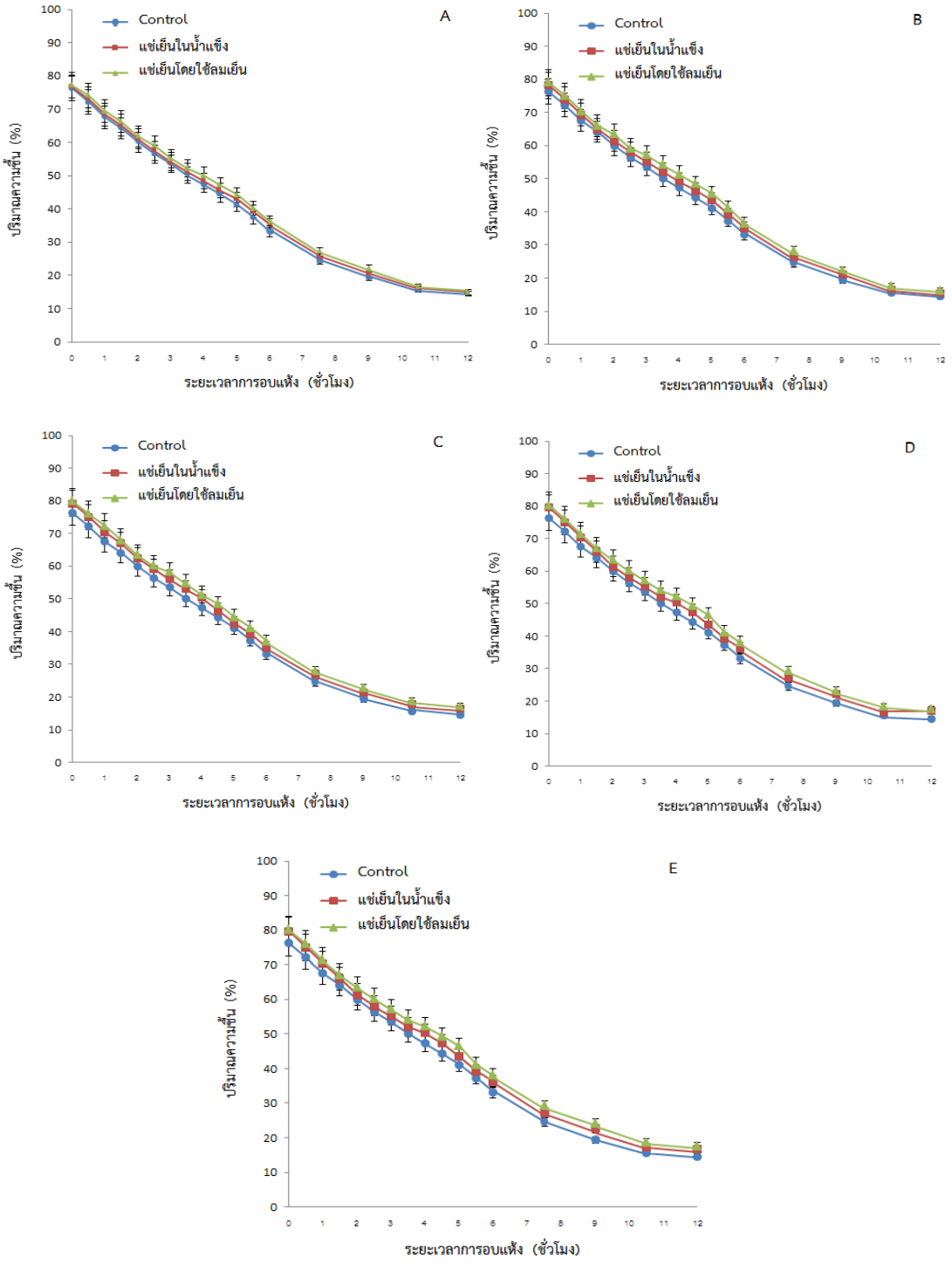


ภาพที่ 25. คะแนนการยอมรับด้านสีของวัตถุดิบปลากะตักสดที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านสี; คะแนนการยอมรับด้านสีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านสีระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

3.2 ผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต้มต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 26 โดยวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 76.25±0.58 ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่ามีปริมาณความชื้นลดลงตามระยะเวลาของการอบ โดยปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วใน 6 ชั่วโมงแรกของการอบในทุกชุดของการทดลอง การลดลงของปริมาณความชื้นช่วงนี้เป็นช่วงอัตราการแห้งคงที่ เป็นช่วงที่น้ำภายในอาหารเคลื่อนที่มายังผิวหน้า พลังงานความร้อนที่อาหารได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากของอาหารอย่างต่อเนื่อง ความชื้นเฉลี่ยของอาหารจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง สอดคล้องกับรายงานของ Sultana และคณะ (2009) พบว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการอบแห้ง Ribbon fish (*Trichiurus haumela*) ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 14.82±0.85 และ 15.18±0.96 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 26A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 15.33±0.55 และ 16.05±0.63 ตามลำดับดังแสดงในภาพ 26B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 16.86±0.52 และ 17.12±0.65 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 26C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 17.05±0.83 และ 17.56±0.87 ตามลำดับดังแสดงในภาพ 26D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.91±0.67 และ 23.01±0.71 ตามลำดับดังแสดงในภาพ 26E ในระหว่างการอบแห้งใน 6 ชั่วโมงสุดท้ายเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารสูงขึ้นเรื่อยๆ อัตราการอบแห้งจะลดลงความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่าความชื้นสมดุล ซึ่งเป็นความชื้นที่ต่ำสุด ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นต่างกันในระยะเวลาการอบเดียวกัน พบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในปลากะตักตลอดระยะเวลาในการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง ($p \geq 0.05$) ดังภาพที่ 26 จากรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าปลานวลจันทร์ ทะเลมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 85.60 เมื่อผ่านการอบแห้งพบว่าปริมาณความชื้นลดลง วัดปริมาณความชื้นได้ร้อยละ 38.91 ขณะที่รายงานของวราทิพย์และคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพของปลากะตักต้มตากแห้งพบว่า มีปริมาณความชื้นของปลาสดเริ่มต้นร้อยละ 78.40 เมื่อต้ม

จนสุกแล้วนำไปตากแดดพบว่าปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ โดยปลาหลังต้มมีปริมาณความชื้นร้อยละ 70.59 และหลังจากตากแดดวัดปริมาณความชื้นได้ร้อยละ 33.50 ปริมาณความชื้นที่ลดลงในระหว่างการอบแห้งปลากะตักมีส่งผลทำให้ปริมาณ TVC ลดลง การอบแห้งเป็นการการระเหยความชื้นออกจากอาหารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารจากปฏิกิริยาเคมีที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (Dincer, 1996)

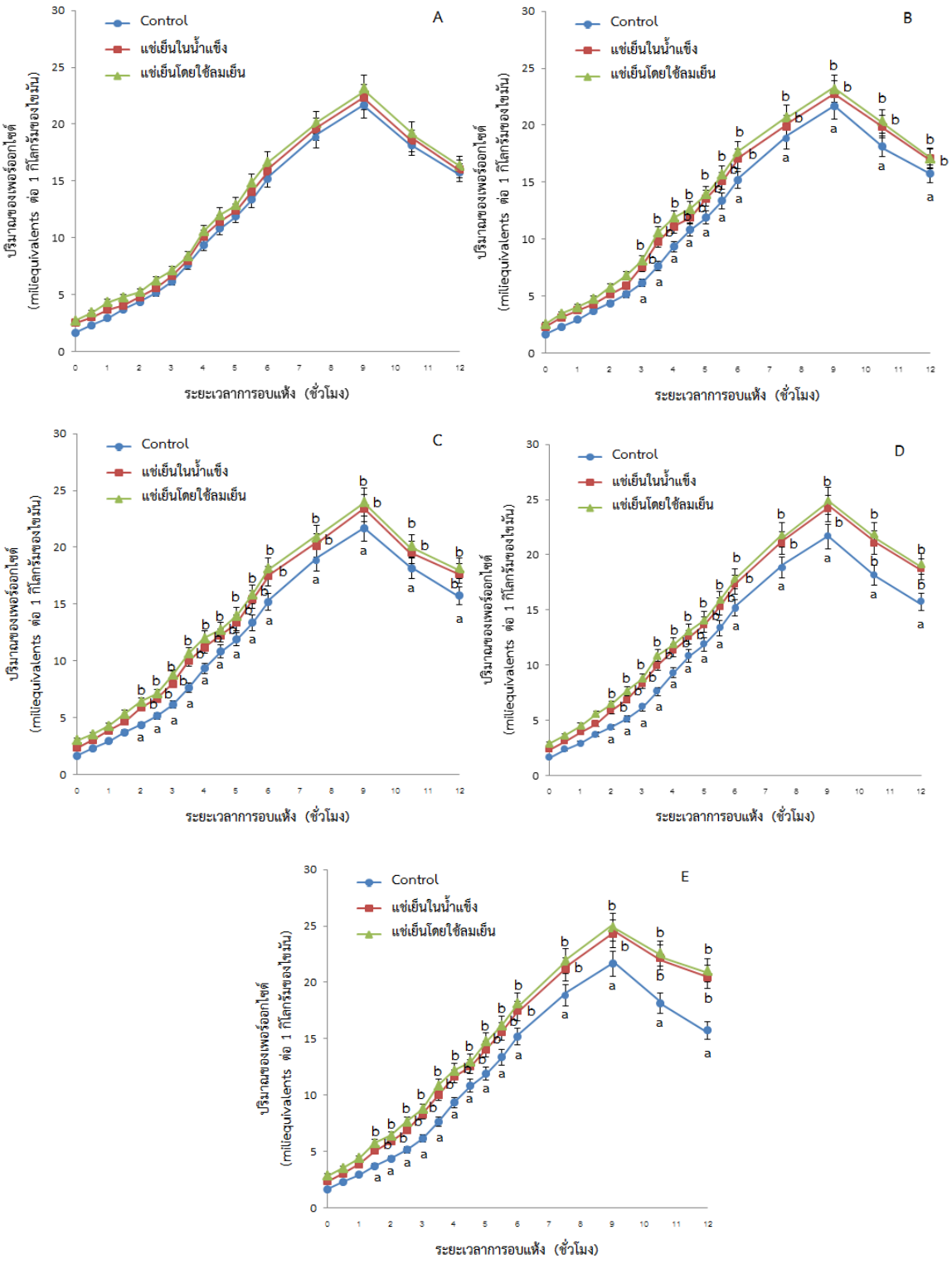


ภาพที่ 26. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน และนำมาอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณความชื้น; ปริมาณความชื้นที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ ความชื้น ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันในระหว่างกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะเกิดจาก 2 ลักษณะคือ การเกิดออกซิเดชันของไขมัน และการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมัน ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูป (Pacheco-Aguliar *et al.*, 2000) ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง ทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารประกอบคาร์บอนิลและสารประกอบโพลีเมอร์ไรซ์เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของปลา (Gandemer and Meynier, 1995) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันในระหว่างการอบแห้งวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ ก่อนนำไปอบแห้ง ถูกตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเพอร์ออกไซด์, TBARS และกรดไขมันอิสระ การเปลี่ยนแปลงเพอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 27 โดยวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณเพอร์ออกไซด์เริ่มต้น 1.65±1.31 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ในระหว่างการอบแห้งปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าพบว่าปริมาณของเพอร์ออกไซด์ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 9 ชั่วโมง และมีค่าลดลงภายหลังการอบ 9 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง เนื่องจากจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) จากการปริมาณเพอร์ออกไซด์ในระหว่างการอบแห้งจะเห็นได้ว่าในช่วงการอบ 9 ชั่วโมงแรกเป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะขยายตัวของปฏิกิริยา ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็น Peroxide redical ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้ได้สารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมเป็นจำนวนมาก ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้อนุมูลอิสระสะสมในระบบมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้นเรื่อยๆ (Madhavi *et al*., 1996) ซึ่งในกระบวนการอบแห้งปลากะตักโดยใช้ลมร้อนทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับอากาศ และความร้อนตลอดเวลาจึงมีผลทำให้มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Labuza (1971) พบว่าออกซิเจนในอากาศและอุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่ภายหลังการอบแห้งปลากะตัก 9 ชั่วโมง เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะสิ้นสุด เนื่องจากมีสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมในระบบจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน กรดและอัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Madhavi *et al*., 1996) และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 16.05±1.13 และ16.32±1.25 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 27A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่

เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 17.05±1.12 และ 17.59±0.98 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับดังแสดงในภาพ 27B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 17.68±1.22 และ 18.12.±1.41 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 27C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 18.71±1.13 และ 19.15±1.25 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 27D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 20.47±1.52 และ 21.15±1.21 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมันตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 27E ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kanner, 1994) การเพิ่มขึ้นของปริมาณเพอร์ออกไซด์สอดคล้องกับรายงานของ Shah และคณะ (2009) พบว่าในปลา herring (*Clupea harengus*) ที่ผ่านการอบแห้งนาน 10 วัน มีปริมาณของเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 5.52 เป็น 16.07 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน จากการติดตามปริมาณเพอร์ออกไซด์ในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ ก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 10 วัน มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ จากรายงานของ Shah และคณะ (2009) พบว่าในปลา herring (*Clupea harengus*) ที่ผ่านการอบแห้งนาน 10 วัน มีปริมาณของเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 5.52 เป็น 16.07 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพอร์ออกไซด์ในวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ในปลากะตักตลอดระยะเวลาในการอบ 12 ชั่วโมง ($p \geq 0.05$) ดังภาพที่ 27

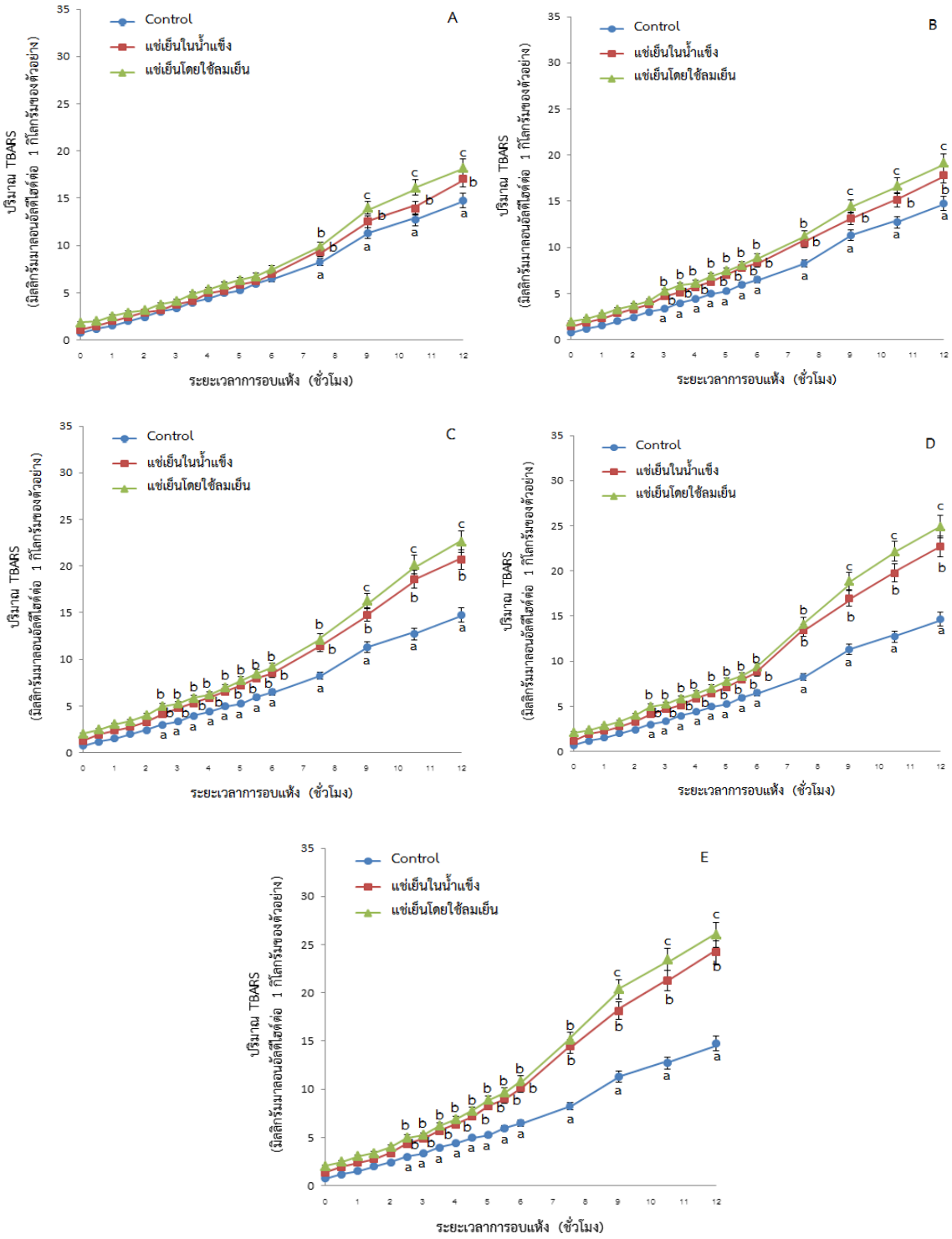


ภาพที่ 27. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเพอร์ออกไซด์; ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่มีตัวอักษรกำกับ

แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเพอร์ออกไซด์ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

ค่า TBARS ใช้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอย่างแพร่หลาย (Fernandez *et al.*, 1997) การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน ก่อนนำไปอบแห้งแสดงในภาพที่ 28 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มมีค่า TBARS เริ่มต้น 0.77±0.13 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการอบแห้งพบว่า ค่า TBARS มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการอบ 7 ชั่วโมงแรกและมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการอบ 7 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เกิดจากการเพิ่มขึ้นของมาลอนอัลดีไฮด์ เป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง เมื่อถึงระยะสิ้นสุดแล้วจะมีสารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมในระบบจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบไฮโดรเพอร์รอกไซด์ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นมาลอนอัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Madhavi *et al*., 1996) ค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงของการอบ 7-12 ชั่วโมง ช่วงเวลาการอบดังกล่าวสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่เกิดการสลายตัวเนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ สารประกอบอัลดีไฮด์ (Frankel,1991) ทำให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้นและเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีค่า TBARS 17.02±1.26 และ 18.25±1.32 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 28A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีค่า TBARS 17.81±1.45 และ 19.12±1.64 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 28B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีค่า TBARS 20.67±1.22 และ 22.63.±1.51 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 28C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีค่า TBARS 22.71±1.21 และ 24.95±1.35 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 28D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีค่า TBARS 24.22±1.25 และ 26.02±1.55 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 28E Ke และคณะ (1984) รายงานว่าปลาที่มีค่า TBARS ต่ำกว่า 8 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างจะไม่มีกลิ่นหืน ในขณะที่ปลาที่มีค่า TBARS ระหว่าง 9-20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนแต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลาที่มีค่า TBARS มากกว่า 20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนรุนแรงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากติดตามค่า TBARS ในวัตถุดิบปลา

กะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ ก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มการอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 6, 8 และ 10 วัน มีค่า TBARS ที่ไม่สามารถยอมรับได้ การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS สอดคล้องกับรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 4.32 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่า TBARS ในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า TBARS ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งตลอดระยะเวลาภายหลังการอบ 9 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 28 ในระหว่างการอบแห้งปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นแตกต่างกัน 2 แบบ พบว่า วัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งก่อนนำมาต้มและอบแห้งจะมีค่าต่ำกว่าวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าก่อนนำมาต้มและอบแห้ง เนื่องจากอุณหภูมิในระหว่างการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่าก่อนนำไปอบแห้งอาจทำให้การลดอุณหภูมิของปลาไม่สม่ำเสมอประกอบกับระหว่างการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าวัตถุดิบจะสัมผัสกับอากาศตลอดเวลาจึงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระขึ้นมากและไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่องทำให้เกิดมาลอนอัลดีไฮด์ ส่งผลให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้น (Chow, 2000) สอดคล้องกับรายงานของ Özyurt และคณะ (2009) พบว่าปลาแพะข้างเหลือง (*Upeneus moluccensis*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งจะมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

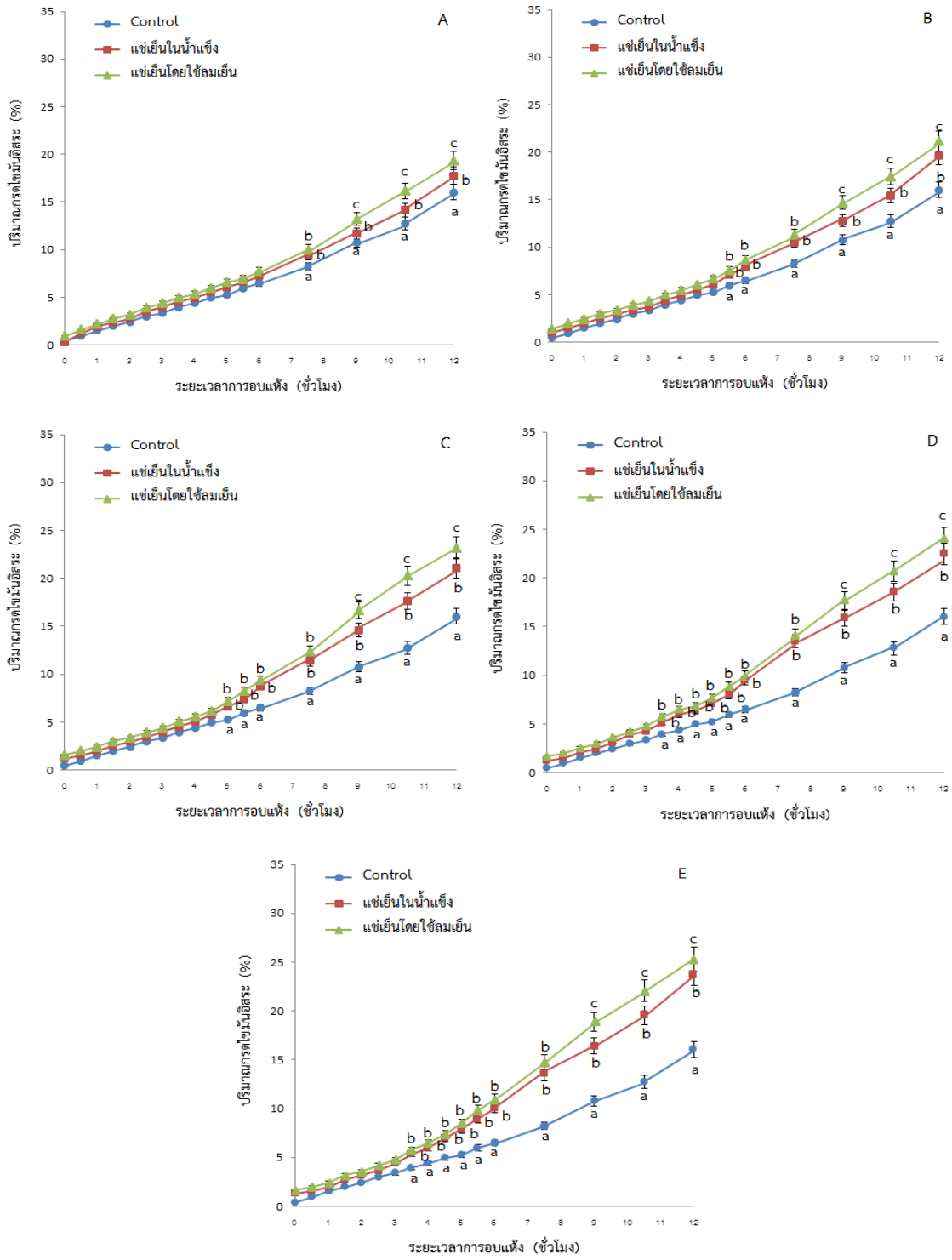


ภาพที่ 28. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D),10(E) วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า TBARS; ค่า TBARS ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า TBARS ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน ก่อนนำไปอบแห้ง แสดงในภาพที่ 29 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระ พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้น 0.46±0.09 % ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระเนื่องการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันในสัตว์น้ำเกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายไตรกลีเซอร์ไรด์และฟอสโฟไลปิดโดยเอนไซม์ไลเปสและเอนไซม์ฟอสโฟไลเปสซึ่งมักมีอยู่แล้วในอาหารตามธรรมชาติหรืออาจจะเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์สร้างขึ้น ปฏิกิริยานี้จะต้องมีน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องโดยมีความร้อนและแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลพลอยได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือกรดไขมันอิสระซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เร็วกว่าไขมันอื่น (Khayat and Schwall, 1983) ความร้อนในระหว่างการอบแห้งปลากะตักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Kilic (2009) พบว่าปริมาณของกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการอบแห้งปลาแซลมอลที่เลือกใช้ระดับอุณหภูมิสูงในการอบแห้ง และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 17.75±0.13 และ 19.32±0.14 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 29A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 19.67±0.15 และ 21.21±0.38 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 29B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 21.09±0.52 และ 23.17.±0.65 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 29C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 22.48±0.13 และ 24.02±0.25 % ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 29D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 23.76±0.62 และ 25.27±0.81 % ดังแสดงในภาพ 29E Bligh และคณะ (1988) กล่าวว่าการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางอาหารแต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากปฏิกิริยาลำดับสองที่เกิดกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดผลกระทบต่ออาหารเช่นเร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระสอดคล้องกับรายงานของ Özogul และคณะ (2006) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลาข้างเดียว (*Scophthalmus maximus*) โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19 วัน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20.6 ขณะที่รายงานของ Shah และคณะ (2009) ศึกษาคุณภาพของปลา herring (*Clupea harengus*) พบว่าในปลา herring ที่ผ่านการอบแห้งนาน 10 วัน มีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4.55 เป็นร้อยละ 6.86 และจากรายงานของ Nguyen และคณะ (2012) พบว่าในปลาคอด (*Gadus morhua*) ที่ผ่านหมักเกลือและ

ตากแห้ง พบว่ามีปริมาณของกรดไขมันอิสระร้อยละ 17 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งตลอดระยะเวลาภายหลังการอบ 9 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 29 สอดคล้องกับรายงานของ Karungi และคณะ (2004) พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในปลา Nile perch (*Lates niloticus*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งมีปริมาณต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

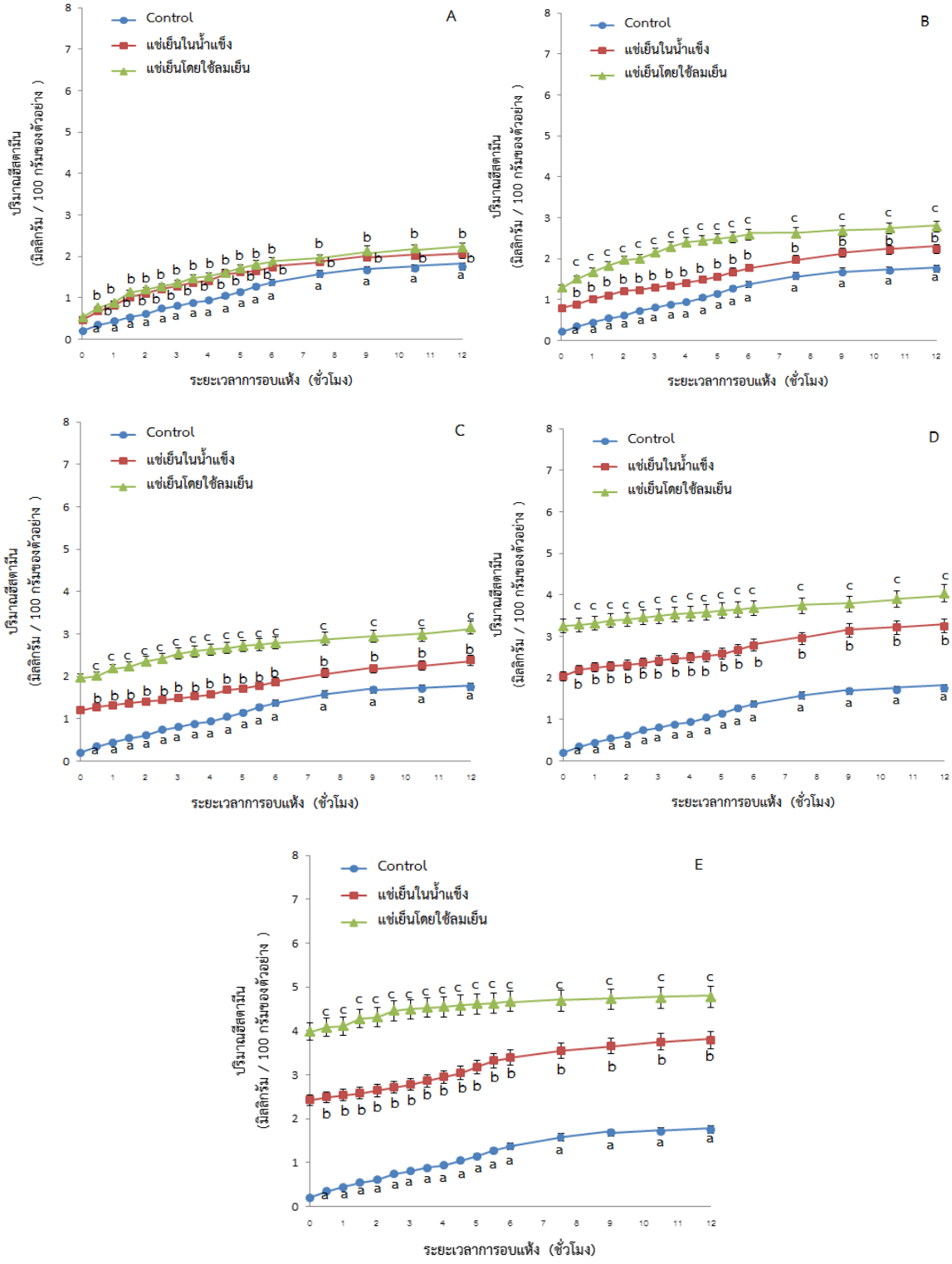


ภาพที่ 29. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดไขมันอิสระ; ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระ ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนในระหว่างการอบแห้งวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8, 10 วัน แสดงในภาพที่ 30 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้น 0.21±0.31 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณฮีสตามีน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณฮีสตามีน 2.06±0.12 และ 2.21±0.15 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 30A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณฮีสตามีน 2.24±0.23 และ 2.78±0.27 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 30B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณฮีสตามีน 2.38±0.26 และ 3.16±0.28 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 30C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณฮีสตามีน 3.25±0.14 และ 4.07±0.15 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 30D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณฮีสตามีน 3.79±0.17 และ 4.77±0.19 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 30E สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) ในขณะที่สหภาพยุโรปกำหนดว่า ค่าเฉลี่ยของฮีสตามีนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ 9 ตัวอย่าง ต้องมีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัม โดย 2 ใน 9 ตัวอย่างต้องมีฮีสตามีน ไม่เกิน 10 - 20 มิลลิกรัม/100 กรัม และไม่มีตัวอย่างใดมีฮีสตามีนสูงเกิน 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (The Council of the European Communities, 1991) การตรวจพบฮีสตามีนสอดคล้องกับรายงานของ Jeyasekaran และ Shakila (2003) ศึกษาการปนเปื้อนของฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจากรัฐ Tamil Nadu ประเทศอินเดีย พบว่าในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งมีปริมาณฮีสตามีน 10 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง และสอดคล้องกับรายงานของปราณีและคณะ (2538) ศึกษาปริมาณฮีสตามีนในปลากะตักตากแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดของประเทศไทย พบว่ามีปริมาณฮีสตามีนอยู่ในช่วง 0.5-142.4 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ใช้วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน 2 แบบ เป็นระยะเวลา 4, 6, 8, 10 วัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่ามีปริมาณฮีสตามีนะสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งตลอดระยะเวลาในการอบ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 30 การเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนขึ้นอยู่กับปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้นในวัตถุดิบปลากะตัก

ฮีสตามีนมีความคงตัวต่อการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การหุงต้ม การรมควัน และการให้ความร้อนสำหรับบรรจุกระป๋อง (Hungerford, 2010 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) ดังนั้นในระหว่างการอบแห้งจึงสามารถตรวจพบฮีสตามีนได้ Shakila และคณะ (2001) รายงานว่าฮีสตามีนในปลาแมคเคอเรลเค็มตากแห้งจะมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบและสุขลักษณะในการผลิต แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างการอบแห้งปลากะตักพบว่าปริมาณฮีสตามีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยจากรายงานของปราณี และคณะ (2538) พบว่าฮีสตามีนเป็นสารที่ทนความร้อนสูง ความร้อนที่ใช้ในการประกอบอาหารตามปกติหรือแม้แต่ความร้อนสูงที่ใช้ในกรรมวิธีผลิตอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ ก็ไม่สามารถฮีสตามีนได้

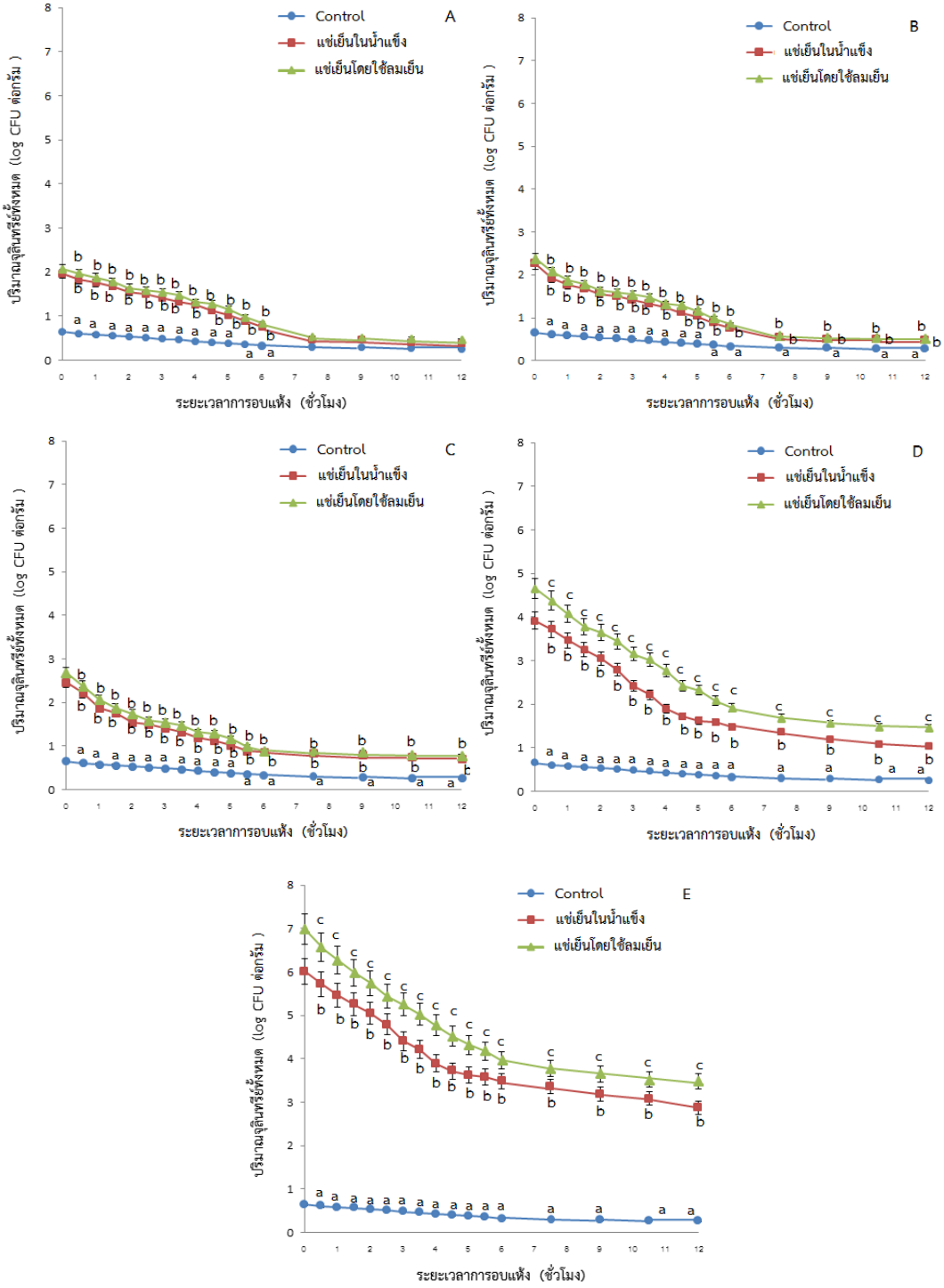


ภาพที่ 30. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D), 10(E) วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีน ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ ก่อนนำไปอบแห้ง แสดงในภาพที่ 31 จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC พบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณ TVC เริ่มต้น 0.65±0.41 log CFU ต่อกรัม ในระหว่างการอบแห้งพบว่าปริมาณ TVC มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในทุกชุดของการทดลอง การลดลงของปริมาณ TVC เนื่องจากอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการอบแห้งสามารถทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ไปบางส่วน และเมื่อสิ้นสุดการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงพบว่าวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 2 วัน มีปริมาณ TVC 0.38±0.21 และ 0.46±0.25 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 31A ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 4 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณ TVC 0.47±0.12 และ 0.51±0.15 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 31B โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 6 วัน มีปริมาณ TVC 0.71±0.23 และ 0.76±0.24 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 31C ในขณะที่วัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการอบมีปริมาณ TVC 1.03±0.19 และ 1.45±0.25 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 31D และเมื่อสิ้นสุดการอบวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน มีปริมาณ TVC 2.87±0.14 และ 3.48±0.16 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 31E อย่างไรก็ตามปริมาณ TVC ในวัตถุดิบสัตว์น้ำที่เหมาะสำหรับบริโภคควรมีค่าน้อยกว่า 6 log CFU ต่อกรัม (ICMSF, 1978) การลดลงของปริมาณ TVC สอดคล้องกับรายงานของ Hwang และคณะ (2012) ศึกษาคุณภาพของปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าปลานวลจันทร์ ทะเลที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณ TVC 2.23 log CFU ต่อกรัม และสอดคล้องกับรายงานของ วราทิพย์และคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพของปลากะตักต้มตากแห้งพบว่า ปลาที่ผ่านการตากแห้งมีปริมาณ TVC 3.0 log CFU ต่อกรัม อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นต่างกัน ในระยะเวลาการอบเดียวกันพบว่าการใช้วิธีการแช่เย็นที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณ TVC ที่เหลืออยู่ในปลากะตักต้มตลอดระยะเวลาการอบ 12 ชั่วโมง ในชุดการทดลองที่ใช้วัตถุดิบปลากะตัดต้มที่ผ่านการแช่เย็นนาน 8 และ 10 วัน ($p<0.05$) ดังภาพที่ 31 การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มก่อนนำมาอบแห้งโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ปริมาณ TVC ต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้และเมื่อเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มโดยการแช่เย็นทั้ง 2 แบบเป็นเวลานาน ทำให้วัตถุดิบเริ่มต้นก่อนนำมาอบแห้งมีปริมาณ TVC สูงมากส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย การลดลงของปริมาณ TVC ในระหว่างการอบแห้งสอดคล้องกับปริมาณความชื้น พบว่าปริมาณความชื้นที่ลดลงในระหว่างการอบแห้งปลากะตักมีส่งผล

ทำให้ปริมาณ TVC ลดลง การอบแห้งเป็นการการระเหยความชื้นออกจากอาหารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารจากปฏิกิริยาที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (Dincer, 1996)



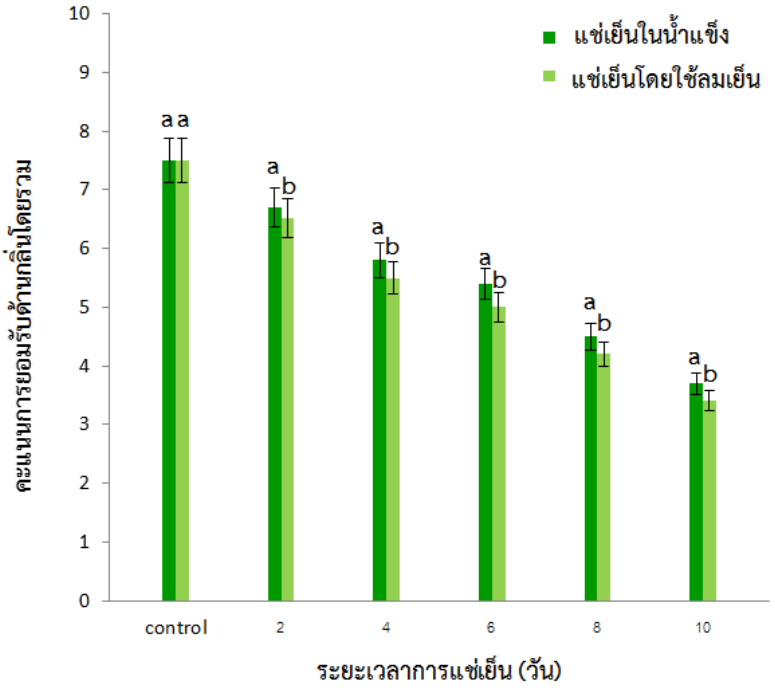
ภาพที่ 31. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง (■), แช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲)นาน 2(A), 4(B), 6(C), 8(D),

10(E) วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC ; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน)

ภายหลังการอบวัตถุดิบปลากะตักที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ปลากะตักที่ผ่านการอบแห้งดังกล่าวถูกนำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน และสี ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน และสี โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมในปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แสดงในภาพที่ 32 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมต่างกันเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) ความร้อนในกระบวนการทำแห้งจะทำให้กลิ่นของอาหารระเหยออกไปด้วย ดังนั้นการสูญเสียสารให้กลิ่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้และความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดในอาหาร ความดันไอของสารที่ระเหยได้และความสามารถในการละลายน้ำ หากเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจะสูญเสียตั้งแต่เริ่มต้นการทำแห้ง ส่วนช่วงหลังของการทำแห้งจะมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งจะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้ ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้สูญเสียกลิ่นอีกอย่างหนึ่งคือ การเกิดออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็น อัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows, 1992) คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TBARS เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า TBARS เป็นค่าตรวจวัดปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของเพอร์ออกไซด์ เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน (Madhavi *et al.,* 1996) รวมถึงคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVB-N และ TMA ที่เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่นานขึ้น เนื่องจากในระหว่างการแช่เย็นมีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ ซึ่งเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีนโดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส และการเกิดไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็น (Huss,1988) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลา สอดคล้องกับ

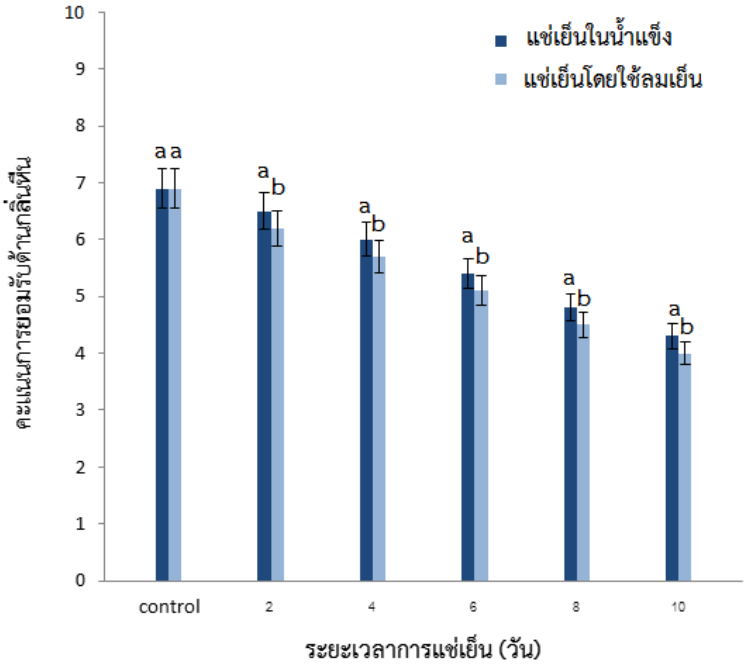
รายงานของ Ashie และคณะ (1996) พบว่าปริมาณ TVB-N, TMA-N ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ลดลง



ภาพที่ 32. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนในปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แสดงในภาพที่ 33 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่า

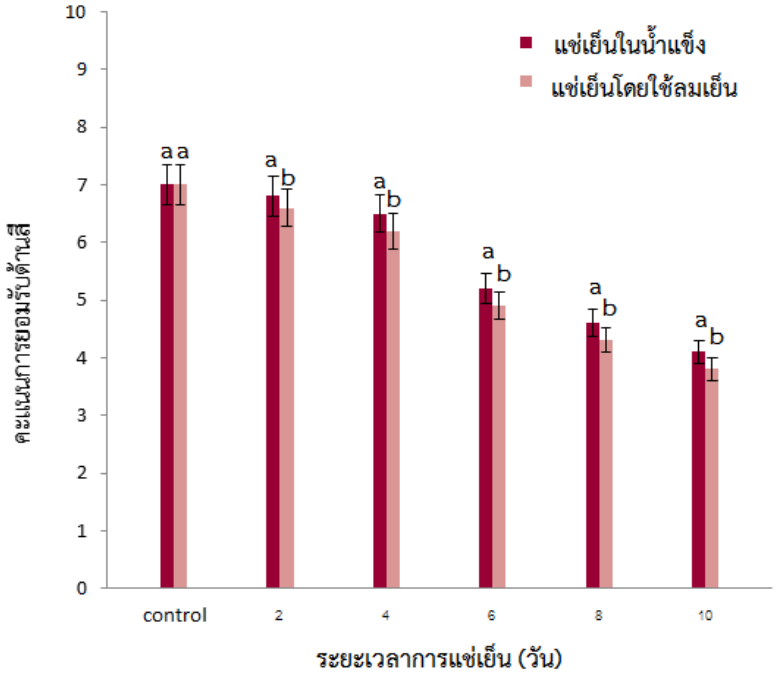
คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนต่างกันเมื่อเปรียบเทียบที่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) คะแนนการยอมรับปลากะตักต้มอบแห้งทางด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมาผลิตมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBARS ซึ่งค่า TBARS เป็นค่าตรวจวัดปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของเพอร์ออกไซด์ เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน (Jian *et al.*, 2011)



ภาพที่ 33. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีในปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ แสดงในภาพที่ 34 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าคะแนนการยอมรับด้านสี มีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็น

นานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีของปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านสีต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) การเปลี่ยนสีของวัตถุดิบปลากะตักในระกว่างการอบแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยเฉพาะการทำแห้งที่ใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงและอาจเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา การเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้และอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการเก็บรักษา ยิ่งเก็บที่อุณหภูมิสูงยิ่งมีสีคล้ำ โดยเฉพาะเมื่ออาหารมีค่าความชื้นมากกว่าร้อยละ 4-5 และอุณหภูมิที่เก็บสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส (Fellows, 1992) การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำ องค์ประกอบของอาหารมีการสลายตัวและมีการรวมตัวเกิดเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและมีกลิ่นเฉพาะตัว การเกิดปฏิกิริยานี้จะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงรวมถึงสีและรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนไปด้วย ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเกิดคาราเมไลเซชันและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในอาหารทะเลจะเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fellows, 1992) อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอนิลที่จะไปรวมกับเอมีน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิและความชื้นของอาหาร มีรายงานการพบปฏิกิริยาเมลลาร์ด เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง ปลาแมคเคอเรลแห้งและปลาเทราท์เค็ม (Fellows, 1992)



ภาพที่ 34. คะแนนการยอมรับด้านสีของวัตถุดิบปลากะตักต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของ

คะแนนการยอมรับด้านสี; คะแนนการยอมรับด้านสีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านสีระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

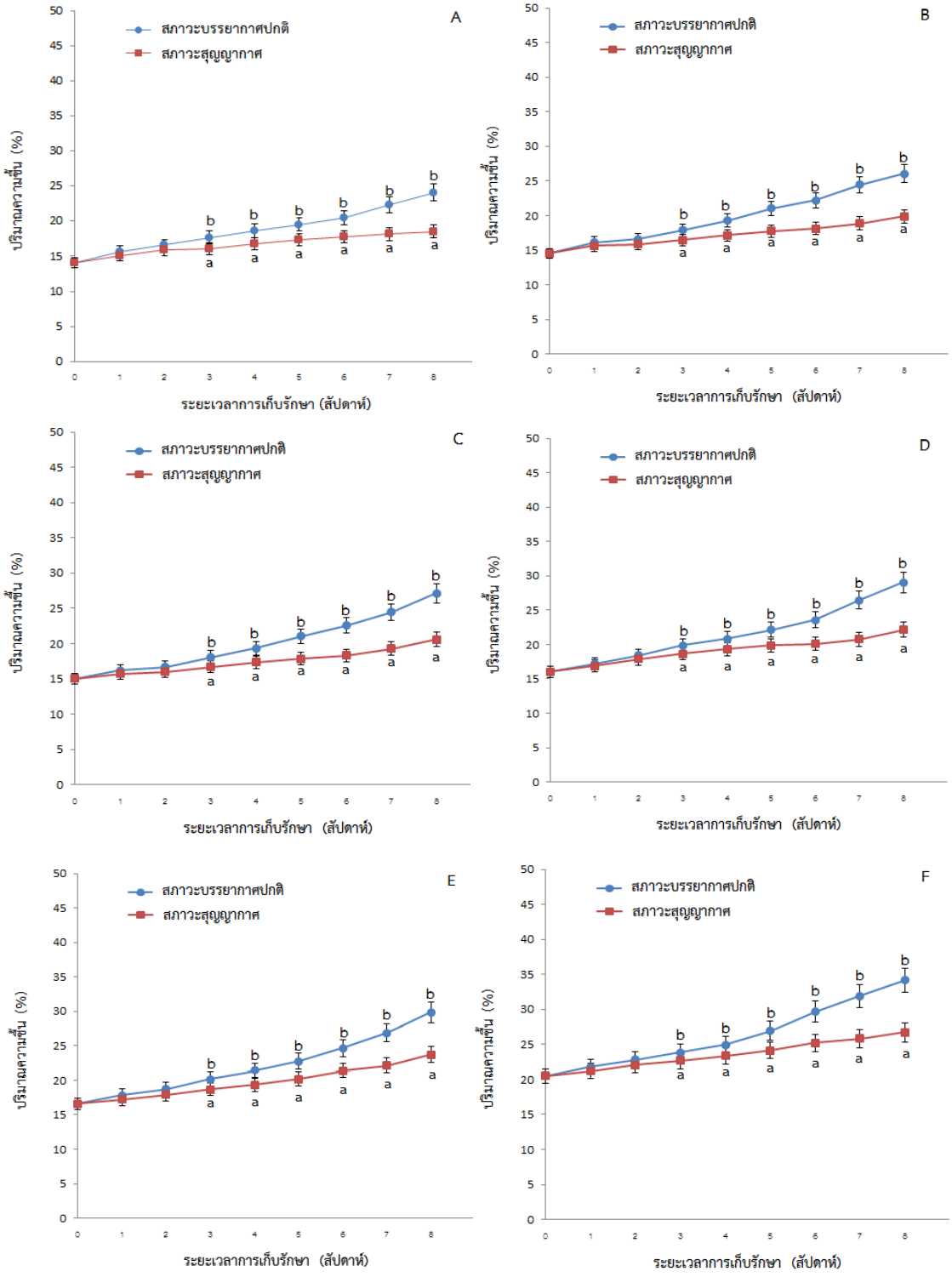
4. ผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน

4.1 ผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักสดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 35 และ 36 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีความชื้นเริ่มต้น 14.02±0.13 % และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณความชื้น 24.12±0.25 และ 18.52±0.06 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 35A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 26.05±0.15 และ 19.87±0.08 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 35B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 27.15±0.65 และ 20.57±0.16 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 35C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 29.02±0.72 และ 22.16±0.21 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 35D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 29.84±1.25 และ 23.71±0.43 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 35E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 34.16±1.32 และ26.69±0.76 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 35F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกันในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 35

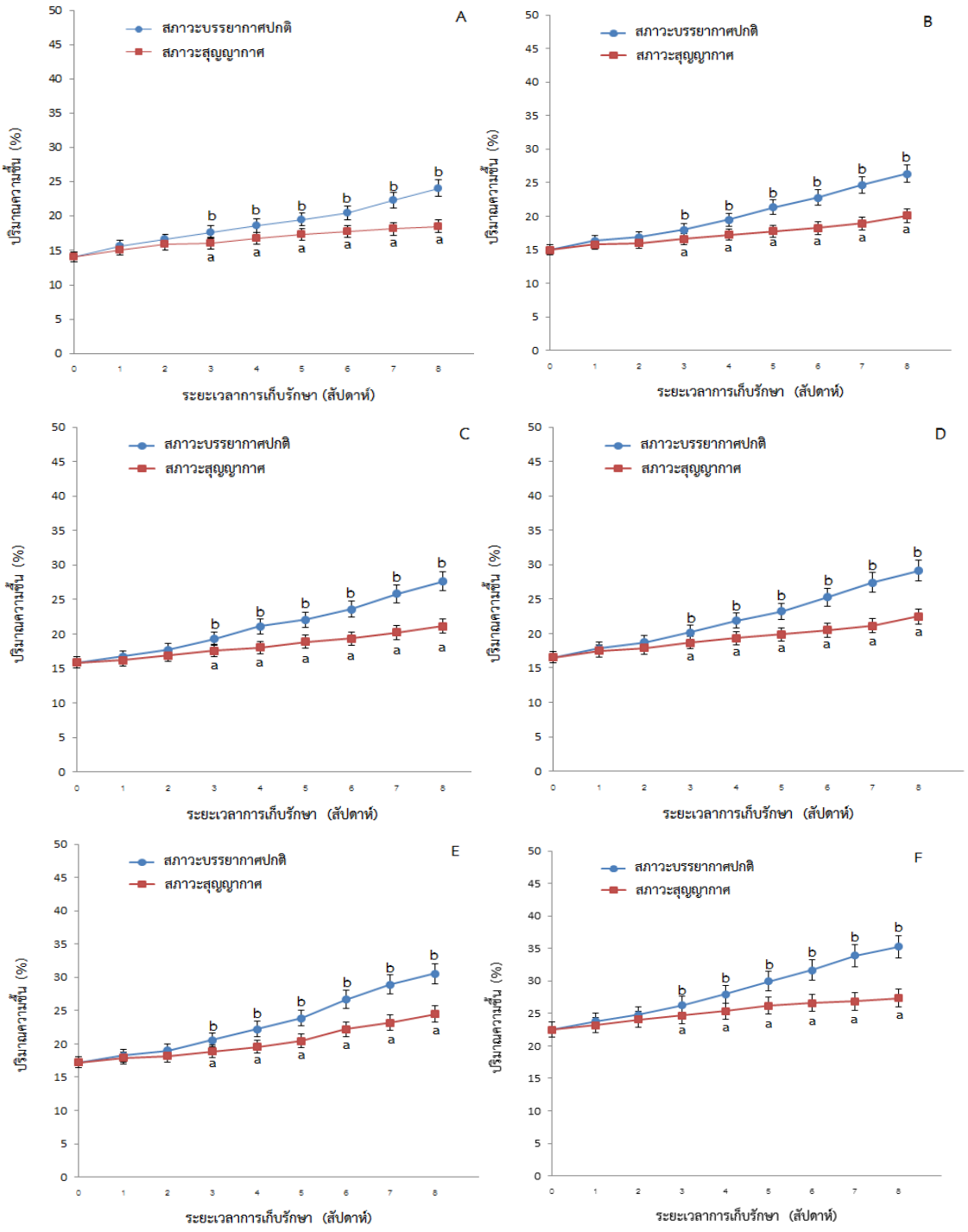
ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีความชื้นเริ่มต้น 14.02±0.13 % และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสด

ที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณความชื้น 24.12±0.25 และ 18.52±0.06 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 36A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 26.32±0.35 และ 20.07±0.12 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 36B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 27.63±0.75 และ 21.14±0.18 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 36C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 29.15±1.25 และ 22.47±0.26 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 36D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 30.53±1.32 และ 24.48±0.31 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 36E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 35.24±1.45 และ 27.36±0.56 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 36F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 36 ซึ่ง Hermandez และ Giacun (1998) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในอาหารกึ่งแห้ง มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา ซึ่งปกติอาหารกึ่งแห้งจะมีความดันไอสูงเมื่อเก็บอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาหารจะทำ ให้เกิดการถ่ายเทหรือซึมผ่านของไอน้ำจากด้านในภาชนะบรรจุไปสู่ภายนอกเพื่อสร้างสมดุลระหว่างด้านในภาชนะบรรจุกับสภาวะแวดล้อม ทำให้ความชื้นของอาหารลดลง จากผลการทดลองครั้งนี้เก็บรักษาในสภาวะแบบสุญญากาศมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีทำให้การเปลี่ยนแปลงของความชื้นเกิดขึ้นน้อยมาก สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าปริมาณความชื้นของปลากะตักต้มตากแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติ มีปริมาณสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ โดยวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น



ภาพที่ 35. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณความชื้น;

ปริมาณความชื้นที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 36. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้

ลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณความชื้น; ปริมาณความชื้นที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 37 และ 38 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เริ่มต้น 15.13±0.25 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนจะลดลงในสัปดาห์ที่ 7 ถึง 8 ในขณะที่ปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 37 การลดลงของปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) สอดคล้องกับรายงานของ Takiguchi (1996) พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ของปลากะตักตากแห้งบรรจุในบรรยากาศปกติ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 19.21±0.65 และ 15.19±0.28 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 37A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 19.85±0.69 และ 16.25±0.32 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 37B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 21.78±0.75 และ 17.05±0.46 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 37C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 22.51±0.81 และ 17.32±0.59 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 37D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสด

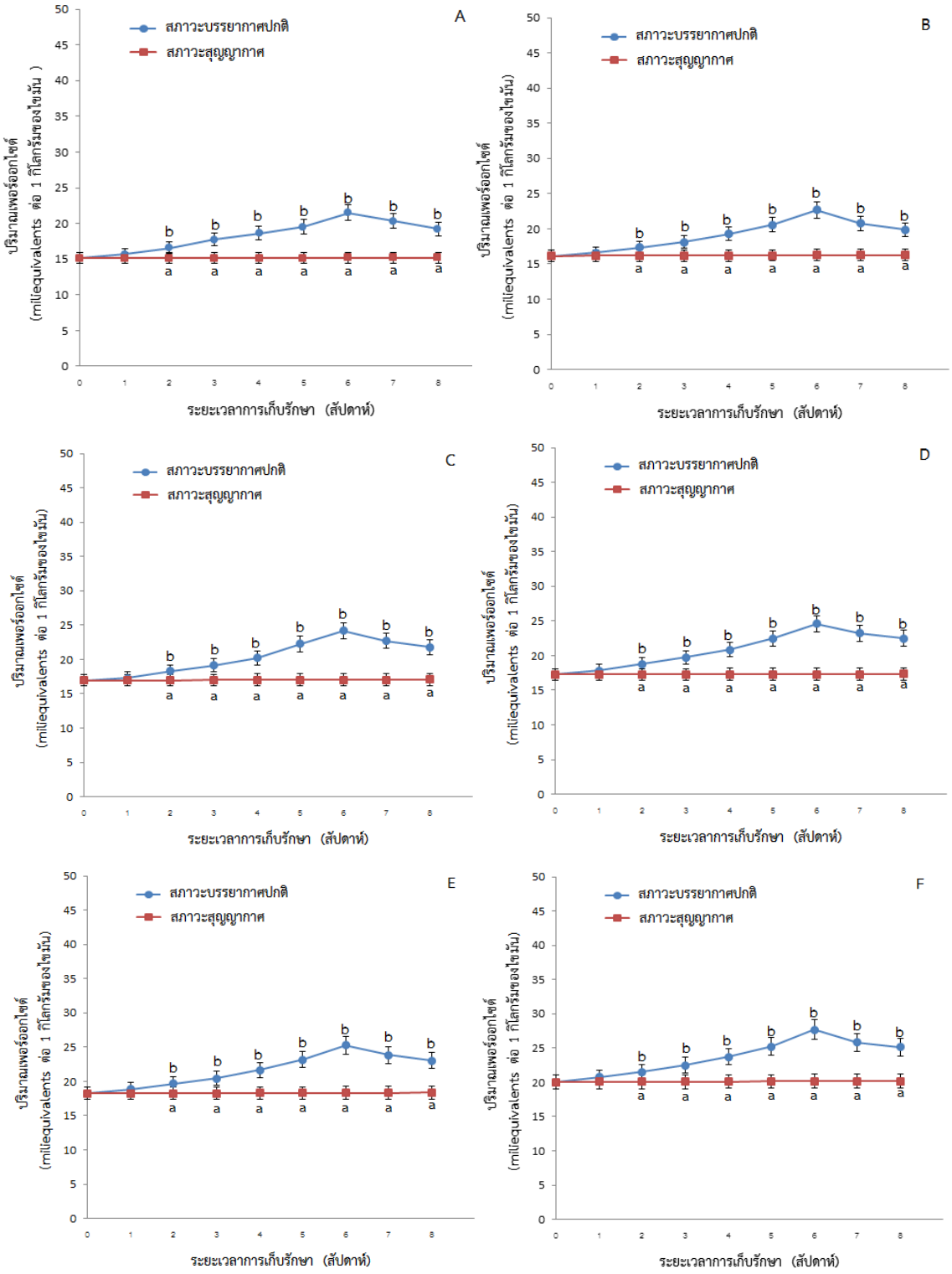
ที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 23.06±0.95 และ 18.35±0.61 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 37E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 25.14±1.12 และ 20.16±0.84 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 37F

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนจะลดลงในสัปดาห์ที่ 7 ถึง 8 การลดลงของปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์ เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) สอดคล้องกับรายงานของ Takiguchi (1996) พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ของปลากะตักตากแห้งบรรจุในบรรยากาศปกติ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บ ในขณะที่ปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 38 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 20.31±0.25 และ 16.39±0.05 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 38B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 22.02±0.31 และ 17.12±0.08 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 38C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 22.75±0.36 และ 17.93±0.12 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 38D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 23.36±0.42 และ 18.92±0.19 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 38E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 25.67±0.61 และ 20.67±0.22 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 38F

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่าน

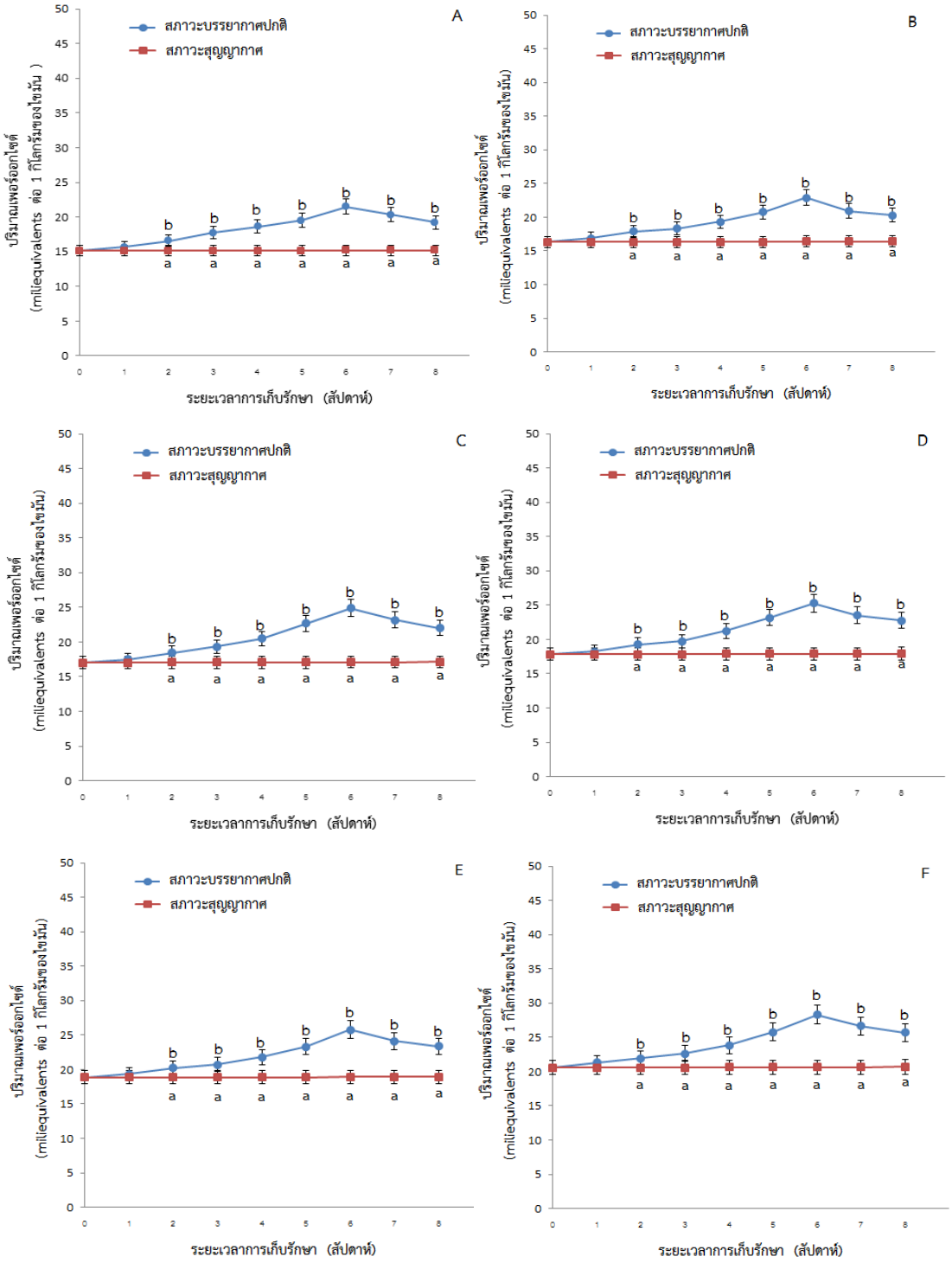
การเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเพอร์ออกไซด์สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 37 และ 38 เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาวะที่มีอากาศส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง ทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารประกอบคาร์บอนิลและสารประกอบโพลีเมอร์ไรซ์เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของปลา (Gandemer and Meynier, 1995)

ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kanner, 1994) อย่างไรก็ตามปริมาณของเพอร์ออกไซด์สามารถยอมรับได้ในสัตว์น้ำต้องมีค่าต่ำกว่า 20 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ พบว่า เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ภายหลังการเก็บรักษานาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 10 วัน เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Labuza, 1971; Koelsch *et al*, 1991)



ภาพที่ 37. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเพอร์

ออกไซด์; ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเพอร์ออกไซด์ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 38. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็น

โดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเพอร์ออกไซด์; ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเพอร์ออกไซด์ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

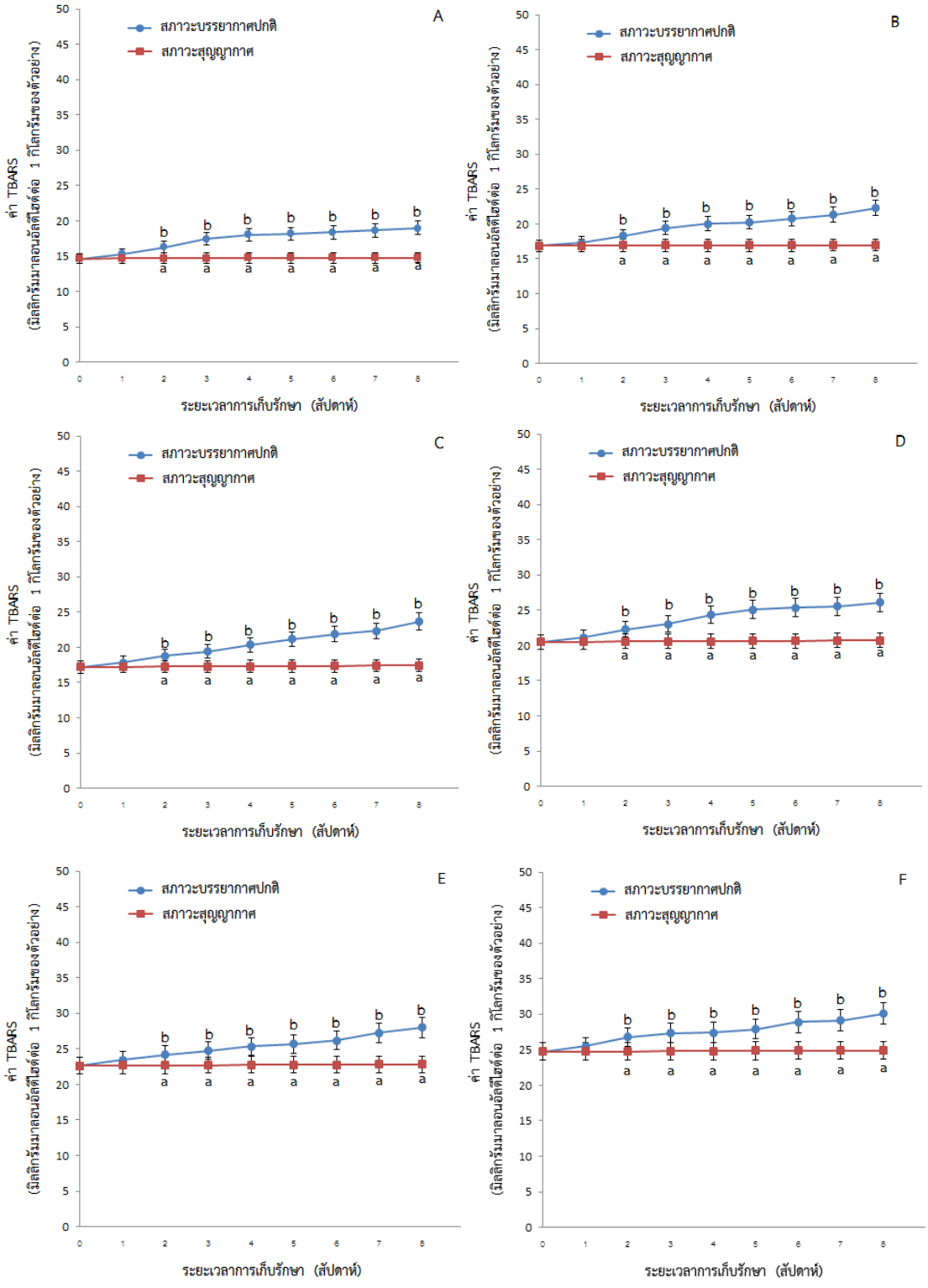
การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 39 และ 40 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีค่า TBARS เริ่มต้น 14.65±0.12 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 39 การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นมาลอนอัลดีไฮด์ (Fellows, 1992) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีค่า TBARS 18.98±0.45 และ 14.49±0.14 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 39A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีค่า TBARS 22.31±0.51 และ 16.95±0.19 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 39B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 23.66±0.65 และ 17.45±0.21 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 39C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีค่า TBARS 26.11±0.72 และ 20.72±0.29 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 39D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 28.02±0.91 และ 22.81±0.48 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างดังภาพที่ 39E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีค่า TBARS 30.05±1.03 และ 24.90±0.61 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 39F

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 40 การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็น มาลอนอัลดีไฮด์ (Fellows, 1992) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีค่า TBARS 21.61±0.57 และ 18.22±0.24 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 40B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 25.15±0.73 และ 19.51±0.28 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 40C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีค่า TBARS 28.11±0.86 และ 22.36±0.39 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 40D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 30.63±1.21 และ 25.23±0.61 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างดังภาพที่ 40E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีค่า TBARS 32.14±1.34 และ 26.29±0.82 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 40F

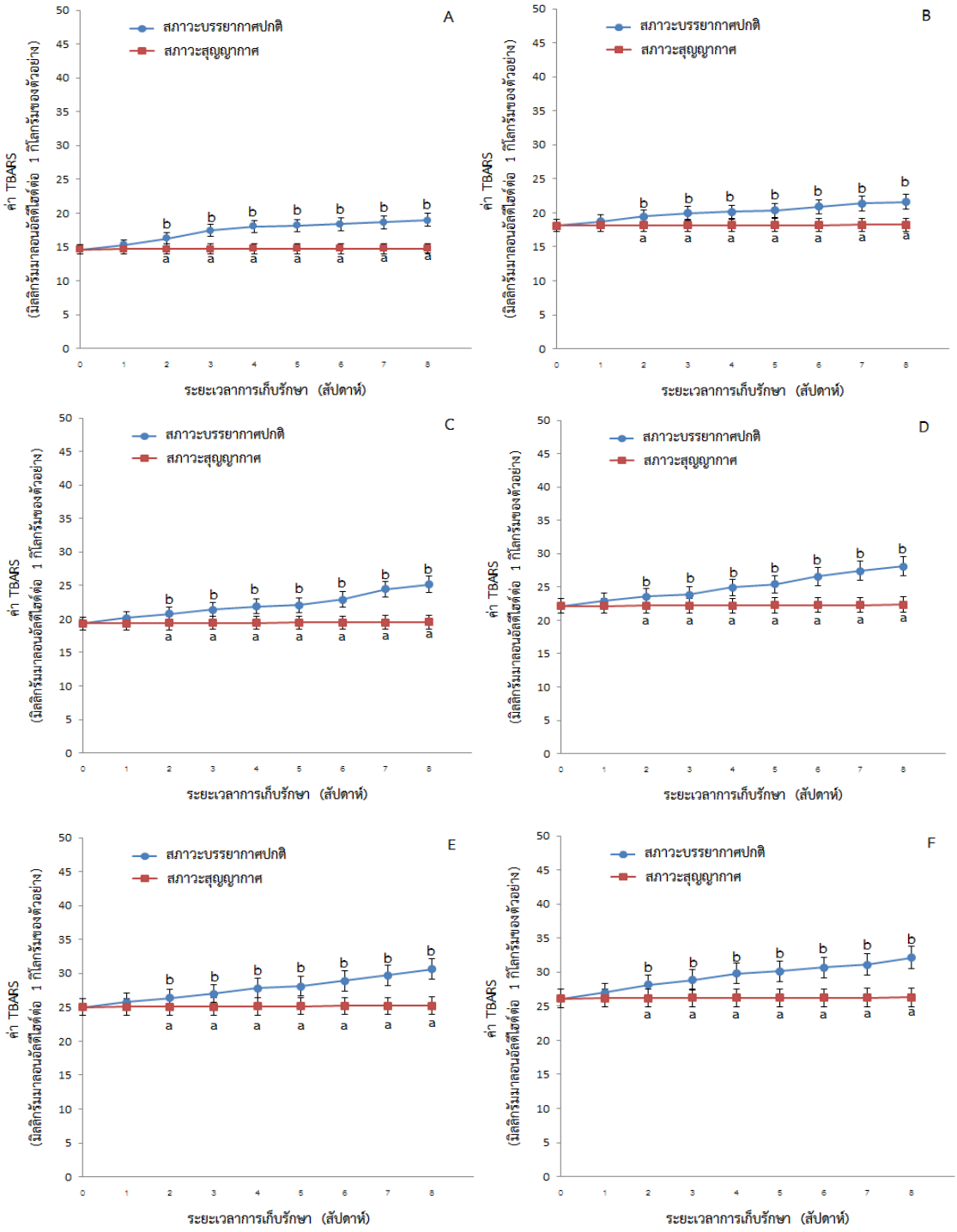
อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่า TBARS สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 30 และ 40 การบรรจุผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS น้อยกว่าการบรรจุในสภาวะปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการบรรจุแบบสุญญากาศที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย (วรรณวิภา, 2546)

ค่า TBARS ใช้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอย่างแพร่หลาย (Fernandez และคณะ , 1997) Ke และคณะ (1984) รายงานว่าปลาที่มีค่า TBARS ต่ำกว่า 8 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างจะไม่มีกลิ่นหืน ในขณะที่ปลาที่มีค่า TBARS ระหว่าง 9-20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนแต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลาที่มีค่า TBARS มากกว่า 20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนรุนแรงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศนาน 2 เดือน พบว่า เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ ค่า TBARS ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ภายหลังการเก็บรักษานาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ค่า TBARS ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 6, 8, 10 วัน การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีค่า TBARS ต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Labuza, 1971; Koelsch *et al.*, 1991) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS น้อยกว่าการบรรจุในสภาวะปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการบรรจุแบบสุญญากาศที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย



ภาพที่ 39. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ (■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า TBARS; ค่า

TBARS ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า TBARS ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 40. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้

ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า TBARS; ค่า TBARS ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า TBARS ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

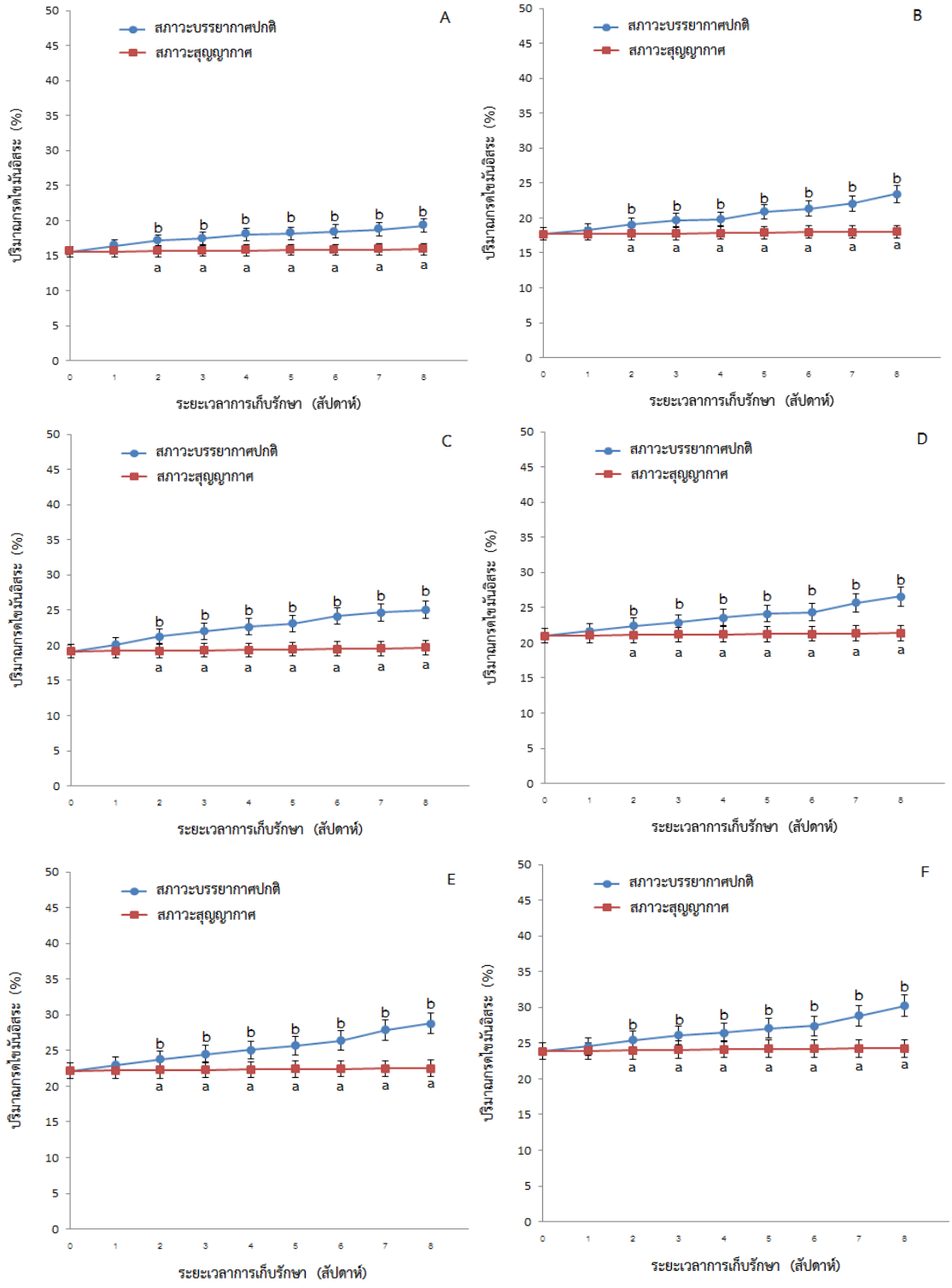
การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 41 และ 42 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้น 15.56±0.03 % ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 41 ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์และฟอสโฟลิปิด จากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและฟอสโฟไลเปส (Hernaadez-Herrero *et al*, 1999) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 19.25±0.32 และ 15.92±0.05 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 41A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 23.41±0.64 และ 18.04±0.09 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 41B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 25.03±0.78 และ 19.66±0.11 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 41C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 26.57±0.86 และ 21.39±0.18 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 41D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 28.76±0.94 และ 22.51±0.22 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 41E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็น

ในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ30.22±1.08 และ 24.26±0.32 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 41F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 41

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 42 ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์และฟอสโฟลิปิด จากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและฟอสโฟไลเปส (Hernaadez-Herrero *et al.*, 1999) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 25.78±0.81 และ 19.64±0.11 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 42B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 26.62±0.98 และ 21.42±0.16 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 42C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 29.84±1.02 และ 23.45±0.21 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 42D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 30.82±1.17 และ 24.36±0.38 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 42E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 32.14±1.24 และ 25.51±0.56 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 42F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 42

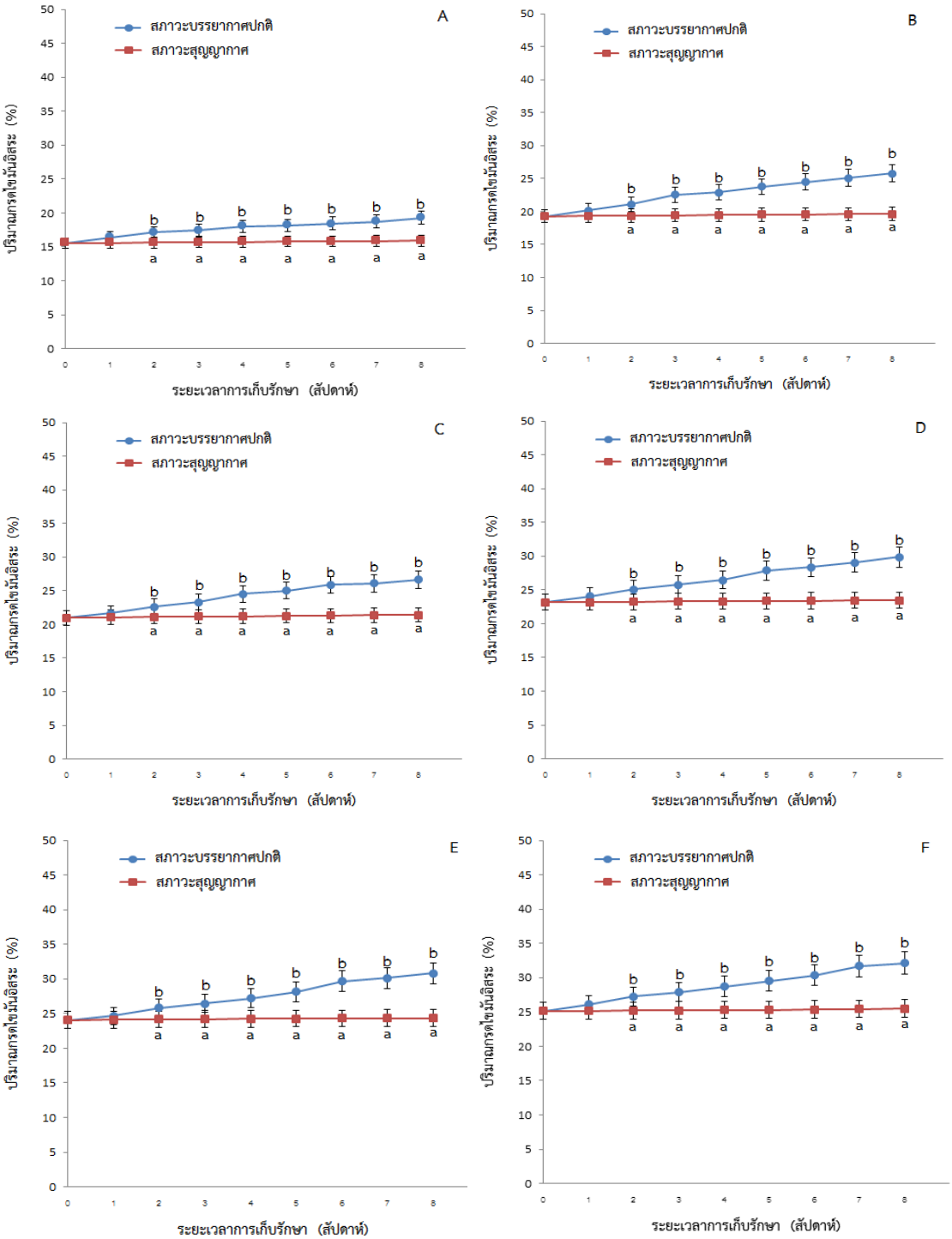
การเกิดไฮโดรไลซีสจะต้องมีน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องโดยมีความร้อนและแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลพลอยได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือกรดไขมันอิสระ การตรวจสอบการเกิดไฮโดรไล

ซีสของไขมันวัดได้จากปริมาณของกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (Khayat และ Schwall, 1983) Bligh และคณะ (1988) กล่าวว่าการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางอาหารแต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากปฏิกิริยาลำดับสองที่เกิดกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดผลกระทบต่ออาหารเช่น เร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพอร์ออกไซด์และค่า TBARS สอดคล้องกับรายงานของ Kilic (2009) พบว่าปริมาณของเพอร์ออกไซด์ ค่า TBARS และกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปลา salmon อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาสภาวะบรรยากาศปกติ



ภาพที่ 41. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดไขมัน

อิสระ; ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 42. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็น

โดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดไขมันอิสระ; ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

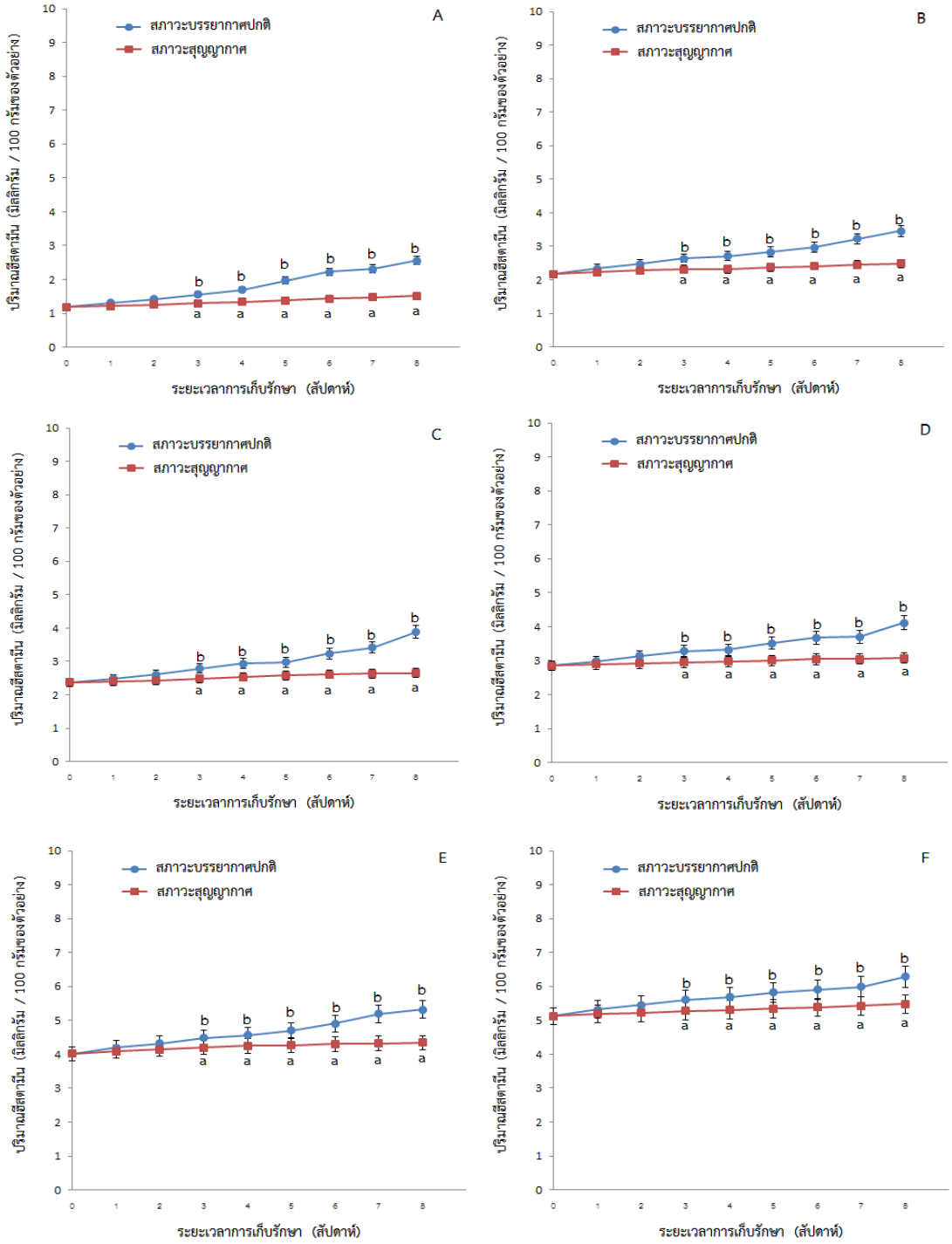
การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 43 และ 44 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้น 1.18±0.13 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 43 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 2.56±0.31 และ 1.51±0.17 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 43A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 3.45±0.46 และ 2.48±0.22 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 43B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 3.88±0.52 และ 2.65±0.29 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 43C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 4.12±0.65 และ 3.07±0.32 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 43D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตา-มีน 5.32±0.78 และ 4.34±0.45 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 43E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 6.19±0.94 และ 5.48±0.51 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 43F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบ

ปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 43

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 44 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 3.79±0.49 และ 2.59±0.24 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 44B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 4.22±0.69 และ 3.35±0.36 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 44C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 5.78±0.82 และ 4.62±0.41 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 44D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 6.02±0.97 และ 5.21±0.48 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 44E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 7.25±1.17 และ 6.37±0.64 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 44F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 44

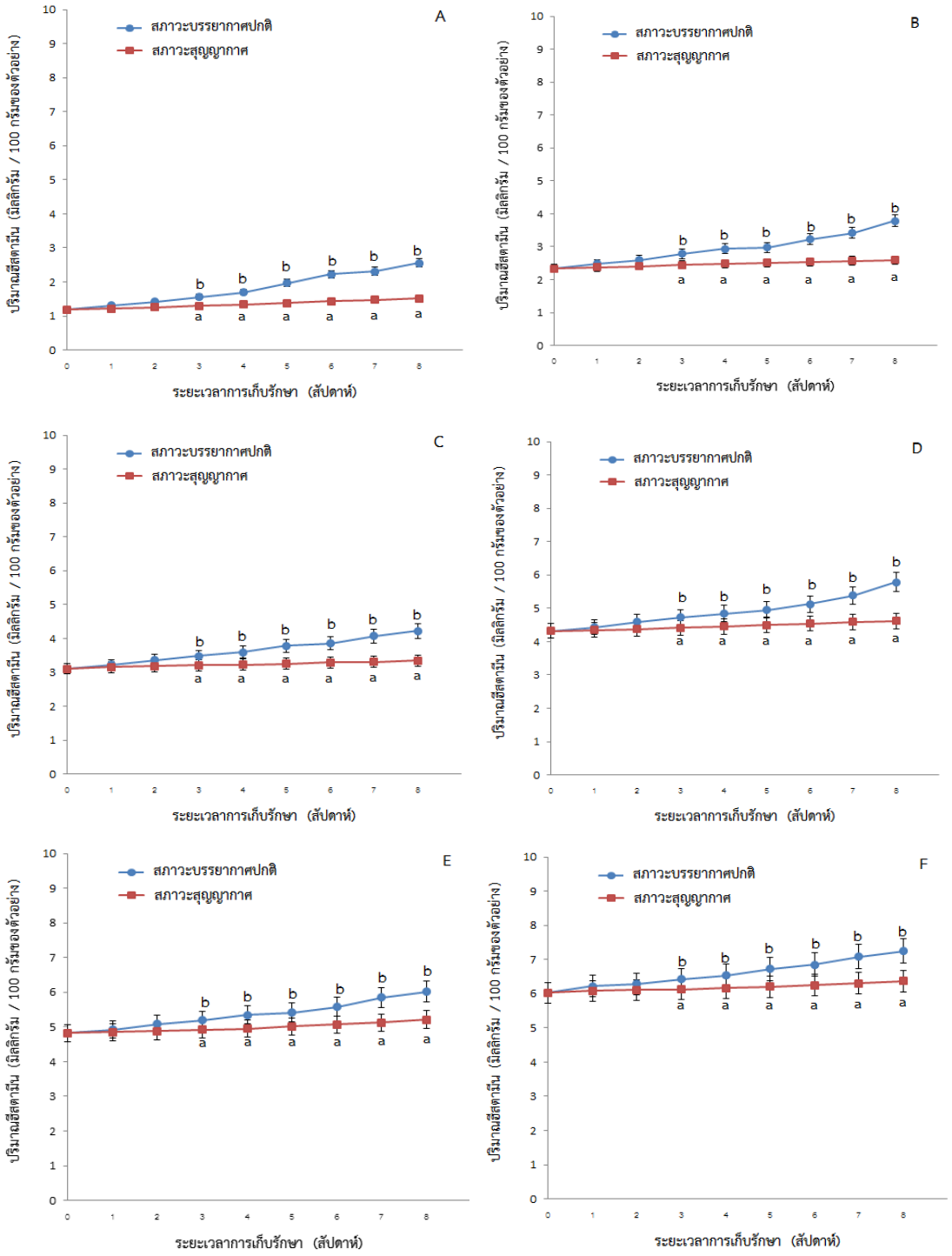
การเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนขึ้นอยู่กับปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้นในวัตถุดิบปลากะตัก ฮีสตามีนมีความคงตัวต่อการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การหุงต้ม การรมควัน และการให้ความร้อนสำหรับบรรจุกระป๋อง (Hungerford, 2010 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) ดังนั้นในระหว่างการอบแห้งจึงสามารถตรวจพบฮีสตามีนได้ จากรายงานของปราณี และคณะ (2538) พบว่าฮีสตามีนเป็นสารที่ทนความร้อนสูง ความร้อนที่ใช้ในการประกอบอาหารตามปกติหรือแม้แต่ความร้อนสูงที่ใช้ในกรรมวิธีผลิตอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ ก็ไม่สามารถทำลายสารนี้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Shakila และคณะ (2001) พบว่าฮีสตามีนในปลาแมคเคอเรลเค็มตากแห้งจะมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบและสุขลักษณะในการผลิต เพราะฮีสตามีนจะถูกสร้างขึ้นมากที่สุดในช่วงของ

ปลาสดและขั้นตอนการผลิตซึ่งหลังจากเป็นผลิตภัณฑ์แล้วสภาวะต่าง ๆ จะไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างฮีสตามีน แต่อย่างไรก็ตามหากไม่ควบคุมสุขลักษณะในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็อาจเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายฮีสติดีนในเนื้อปลาเป็นฮีสตามีนได้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) ในขณะที่สหภาพยุโรปกำหนดว่า ค่าเฉลี่ยของฮีสตามีนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ 9 ตัวอย่าง ต้องมีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัม โดย 2 ใน 9 ตัวอย่างต้องมีฮีสตามีน ไม่เกิน 10 - 20 มิลลิกรัม/100 กรัม และไม่มีตัวอย่างใดมีฮีสตามีนสูงเกิน 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (The Council of the European Communities, 1991) อย่างไรก็ตามปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งยังอยู่ในระดับที่อนุญาตให้พบได้ การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณฮีสตามีนต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติอาจเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายฮีสติดีนในเนื้อปลาเป็นฮีสตามีนได้ ซึ่งปริมาณฮีสตามีนที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตัก ในขณะที่การบรรจุในสภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ (Salmimen, 1996) จึงสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนได้ สอดคล้องกับรายงานของ เยาวลักษณ์ (2539) พบว่าเมื่อเก็บรักษากุ้งแห้งโดยการบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่ากุ้งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติ และสอดคล้องกับ Özogul และคณะ (2003) พบว่าในปลา sardine (*Sardina pilchardus*) เมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติจะมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ



ภาพที่ 43. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



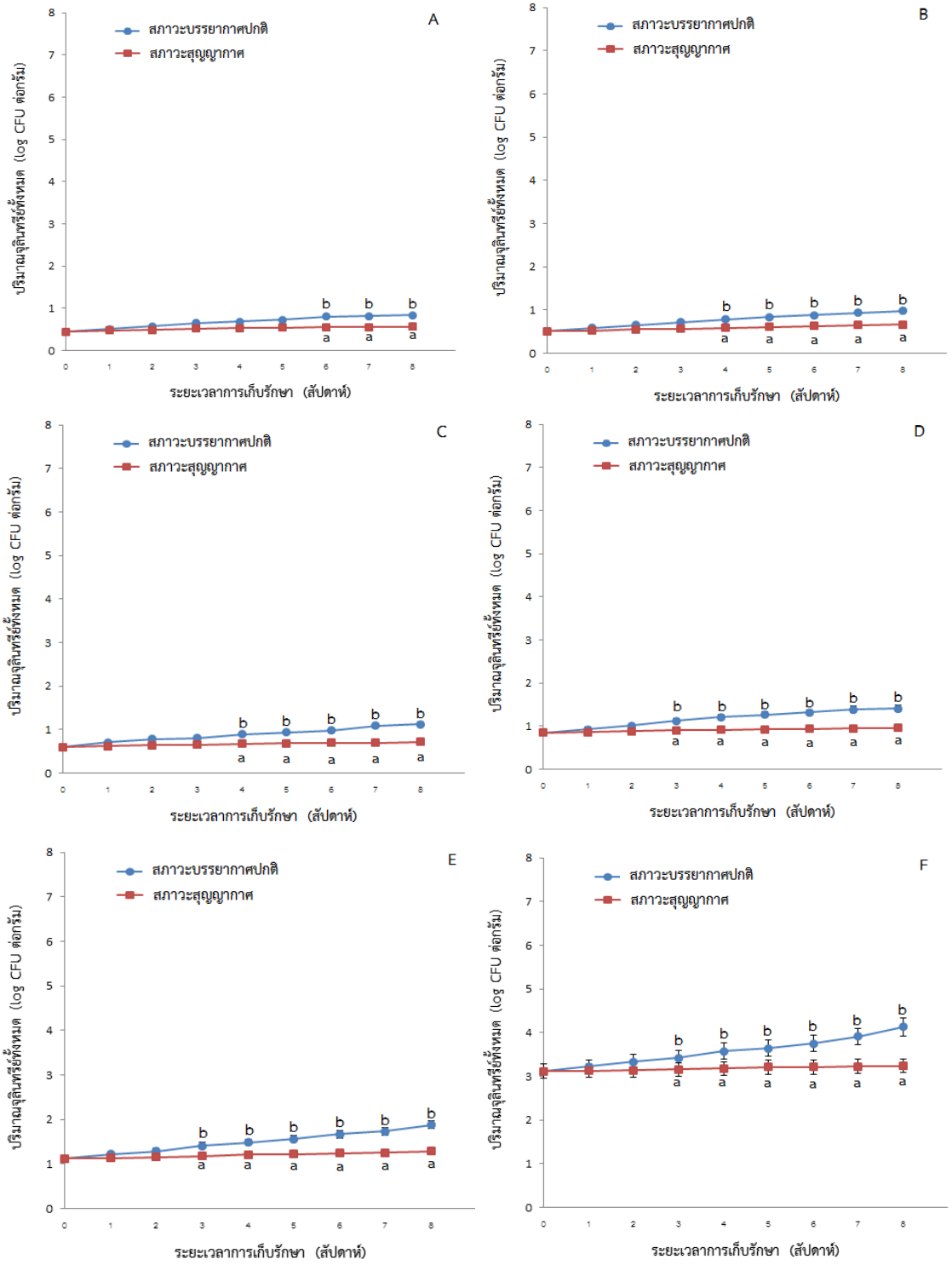
ภาพที่ 44. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (■), สภาวะสุญญากาศ(▲) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับ

อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 45 และ 46 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณ TVC เริ่มต้น 0.45±0.14 log CFU ต่อกรัม ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 45 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณ TVC 0.84±0.21 และ 0.57±0.16 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 45A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 0.98±0.35 และ 0.72±0.19 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 45B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 1.12±0.40 และ 0.72±0.21 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 45C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 1.41±0.56 และ 0.96±0.29 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 45D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 1.88±0.62 และ 1.29±0.32 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 45E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 4.13±0.74 และ 3.24±0.48 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 45F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 45

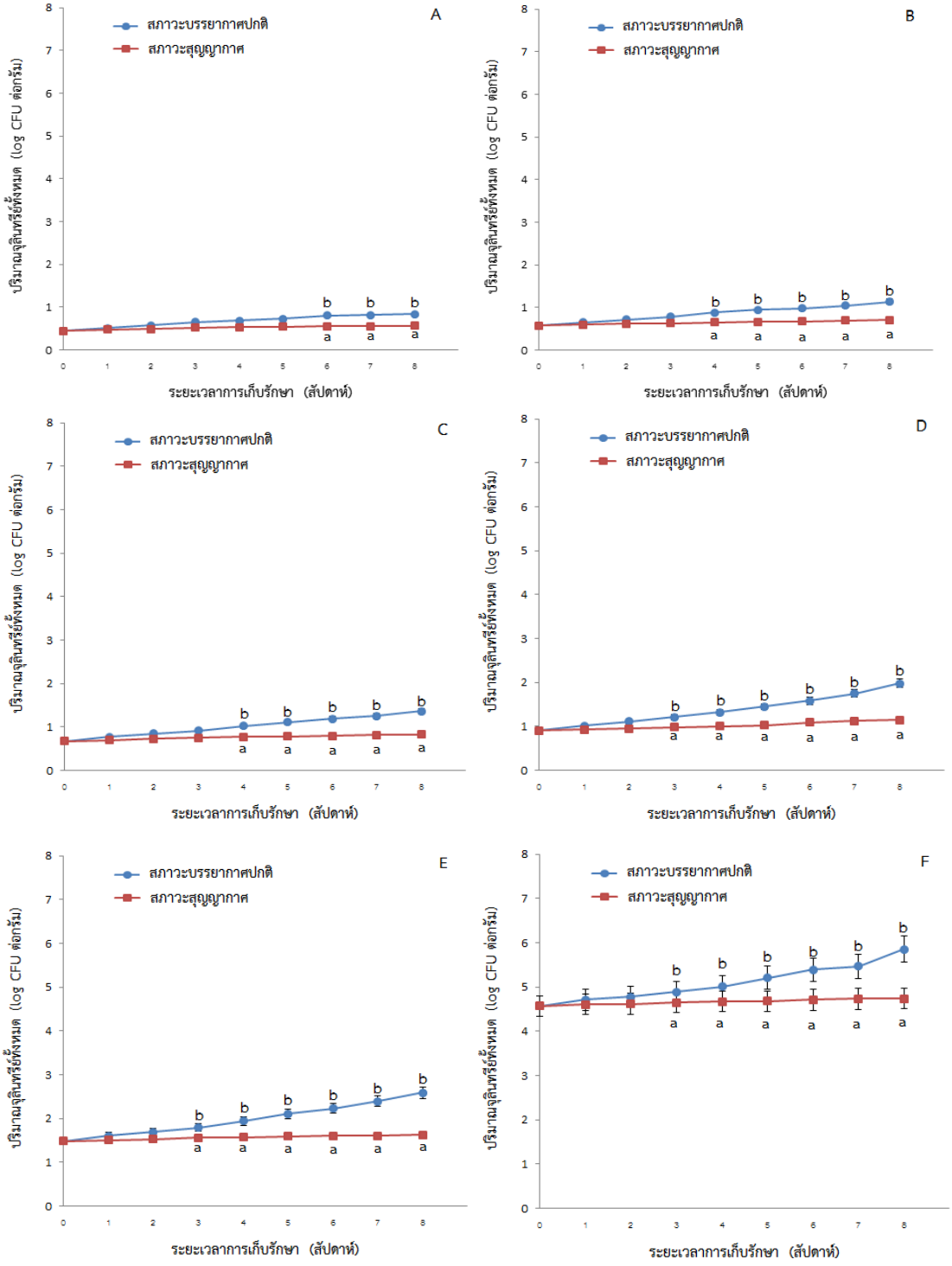
ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 46 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 1.14±0.42 และ 0.71±0.19 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 46B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 1.36±0.53 และ 0.83±0.26 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 46C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 1.98±0.67 และ 1.15±0.38 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 46D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 2.59±0.98 และ 1.63±0.52 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 46E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 5.85±1.14 และ 4.74±0.81 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 46F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 46

การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณ TVC ต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งมีออกซิเจน ประกอบกับมีความชื้นเพิ่มขึ้นจึงเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ในขณะที่การบรรจุในสภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ (Salmimen, 1996) จึงสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนได้ สอดคล้องกับรายงานของ เยาวลักษณ์ (2539) พบว่าเมื่อเก็บรักษากุ้งแห้งโดยการบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่ากุ้งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติ และสอดคล้องกับ Özogul และคณะ (2003) พบว่าในปลา sardine (*Sardina pilchardus*) เมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติจะมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ



ภาพที่ 45. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 46. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับ

อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

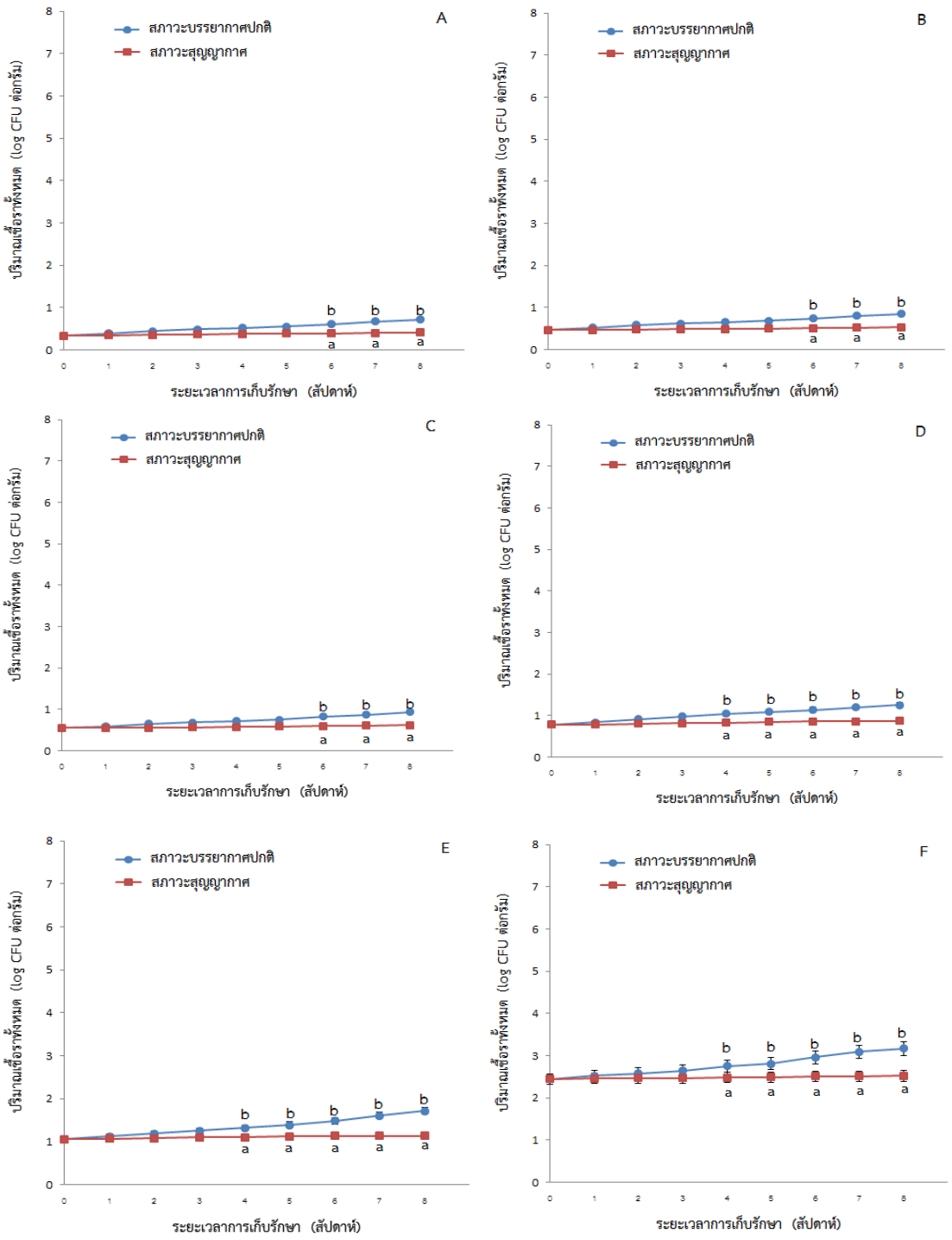
การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 47 และ 48 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณเชื้อราทั้งหมดเริ่มต้น 0.34±0.03 log CFU ต่อกรัม ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 47 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.72±0.26 และ 0.41±0.06 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 47A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.85±0.32 และ 0.53±0.09 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 47B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ เชื้อราทั้งหมด 094±0.41 และ 0.62±0.12 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 47C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.26±0.54 และ 0.87±0.16 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 47D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.72±0.62 และ 1.14±0.21 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 47E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 3.17±0.75 และ 2.52±0.27 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 47F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อ

สิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 47

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 48 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.92±0.35 และ 0.61±0.12 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 48B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.12±0.46 และ 0.75±0.15 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 48C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.43±0.55 และ 0.94±0.19 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 48D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.84±0.68 และ 1.26±0.24 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 48E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 3.65±0.77 และ 3.05±0.31 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 48F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 48

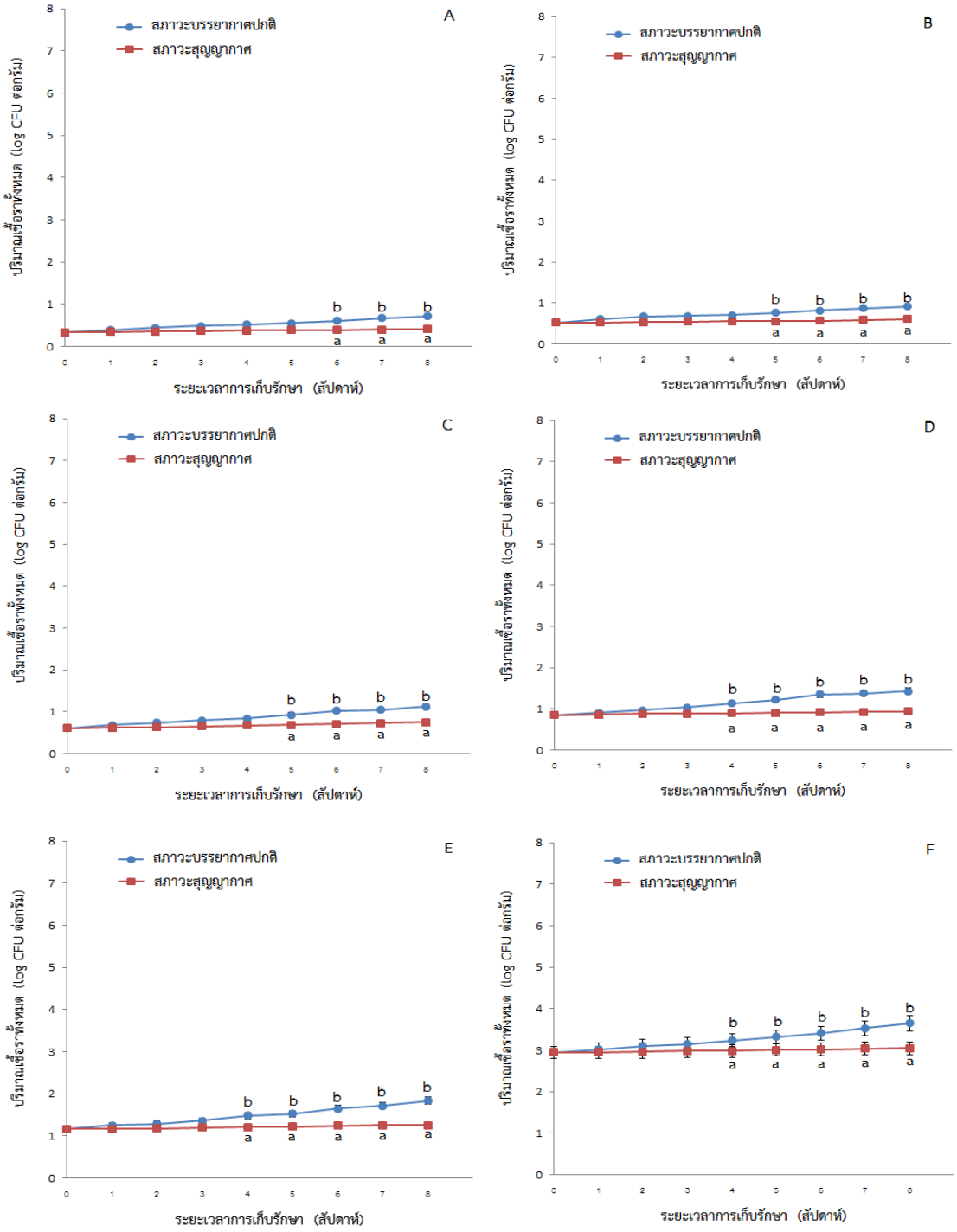
การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของเชื้อราสอดคล้องกับปริมาณ TVC และความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้ง เนื่องจากเชื้อราทนต่อสภาพแห้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย เชื้อราบางชนิดสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 เชื้อราที่พบมากในอาหารที่ผ่านกระบวนการตากแห้ง ทำเค็ม รมควัน หรือทั้ง 3 อย่างร่วมกัน (cured food) คือเชื้อราในกลุ่ม *Wallemia* หรือ *Oaspora* ซึ่งสามารถเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า a_w 0.75 เชื้อราชนิดนี้ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำบนผิวปลา นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราที่อยู่ในกลุ่ม *Aspergillus* spp. ก็เจริญได้ในอาหารประเภทนี้เช่นกัน เชื้อราไม่ได้ทำให้รสชาติหรือ

เนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงแต่เชื้อราจะทำให้สีของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อราทำให้อาหารไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และนอกจากนี้เชื้อรายังสร้างสารพิษพวกไมโครทอกซินได้ ในกระบวนการสังเคราะห์อาหารของเชื้อราจะได้น้ำเป็นผลพลอยได้ทำให้เกิดความชื้นขึ้นในอาหารและทำให้แบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม halophilic เจริญทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย (FAO,1981)



ภาพที่ 47. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเชื้อราทั้งหมด; ปริมาณเชื้อราทั้งหมดที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อราทั้งหมดระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 48. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการต้มและอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเชื้อราทั้งหมด; ปริมาณเชื้อราทั้งหมดที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อราทั้งหมดระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

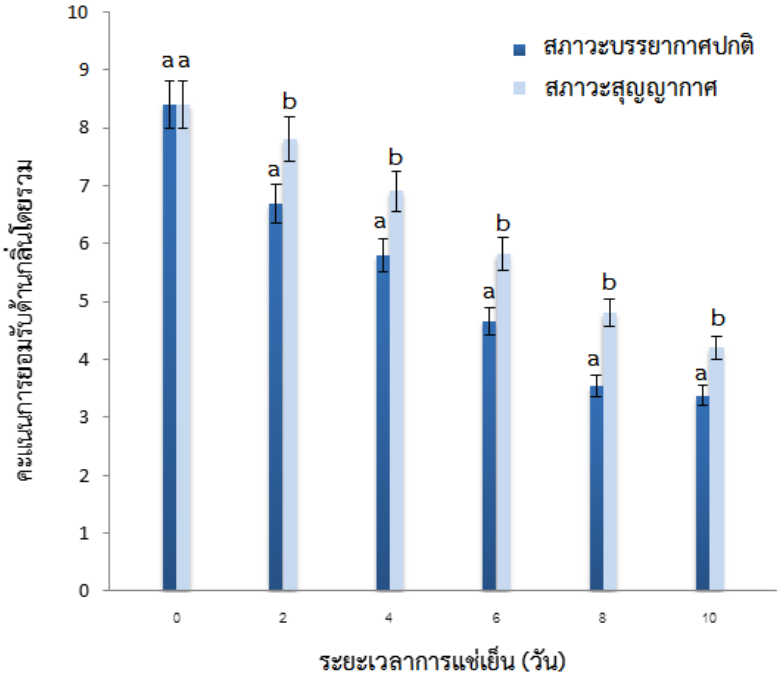
ภายหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่า นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน ถูกนำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สี และความยอมรับโดยรวม สี ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สี และความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 49 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนของการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติ การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน

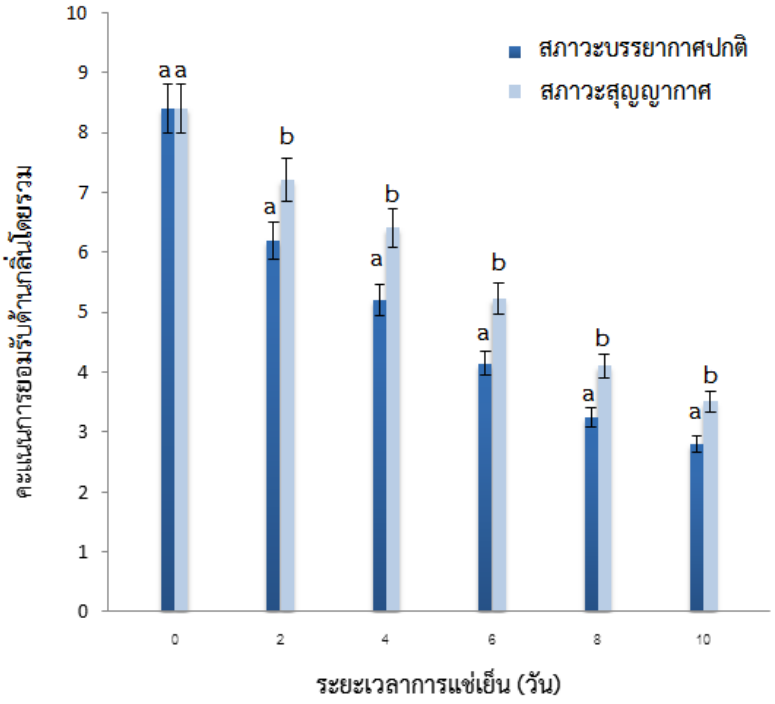
การทดสอบการยอมรับด้านกลิ่นทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 50 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนของการการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติ การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นทั้งหมดมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก

วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน

คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพวัตถุดิบเริ่มต้น กลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเป็นผลมากจากปริมาณ TMA-N และ TVB-N ที่เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นที่นานขึ้น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นมีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ ซึ่งเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีนโดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส และการเกิดไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็น (Huss,1988) ส่งผลทำให้การยอมรับทางด้านกลิ่นทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่เก็บรักษาโดยผ่านการแช่เย็นที่นานขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นทำให้ตัวอย่างมีกลิ่นเหม็นจากสารประกอบที่ระเหยได้เช่น แอมโมเนียและไตรเมธิลเอมีนและกลิ่นเปรี้ยวจากการเสื่อมเสียของโปรตีนประกอบกับกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจึงเป็นผลให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงในทุกอุณหภูมิและทุกสภาวะการเก็บรักษา โดยกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992) โดยในระหว่างการอบแห้งปลากะตักปริมาณของเพอร์ออกไซด์ และค่า TBARS มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะขยายตัวของปฏิกิริยา ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็น Peroxide redical ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้ได้สารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมเป็นจำนวนมาก ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้อนุมูลอิสระสะสมในระบบมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้นเรื่อยๆ (Madhavi *et al*., 1996) ซึ่งในกระบวนการอบแห้งปลากะตักโดยใช้ลมร้อนทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับอากาศ และความร้อนตลอดเวลาจึงมีผลทำให้มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Labuza (1971) พบว่าออกซิเจนในอากาศและอุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 49. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

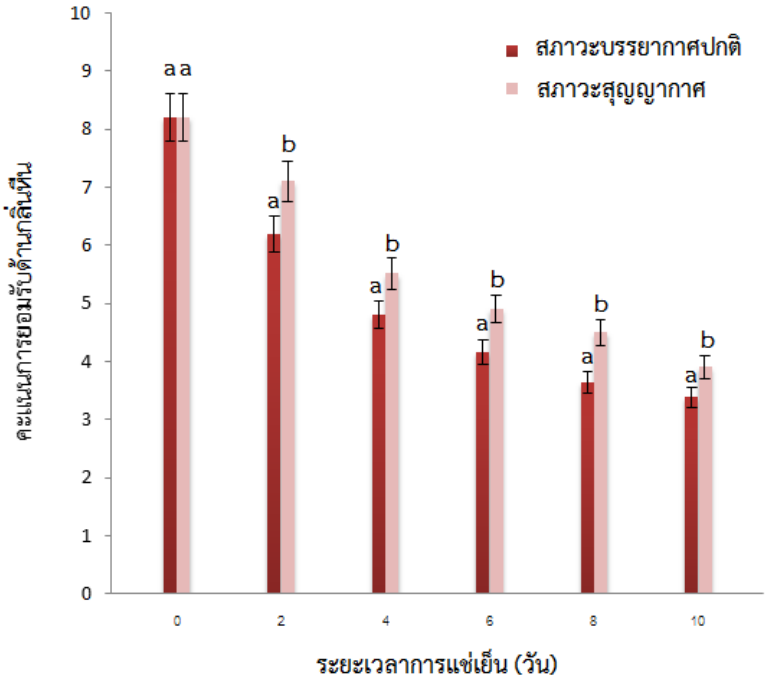


ภาพที่ 50. คะแนนการยอมรับสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการการยอมรับด้านกลิ่นทั้งหมดที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นทั้งหมดระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

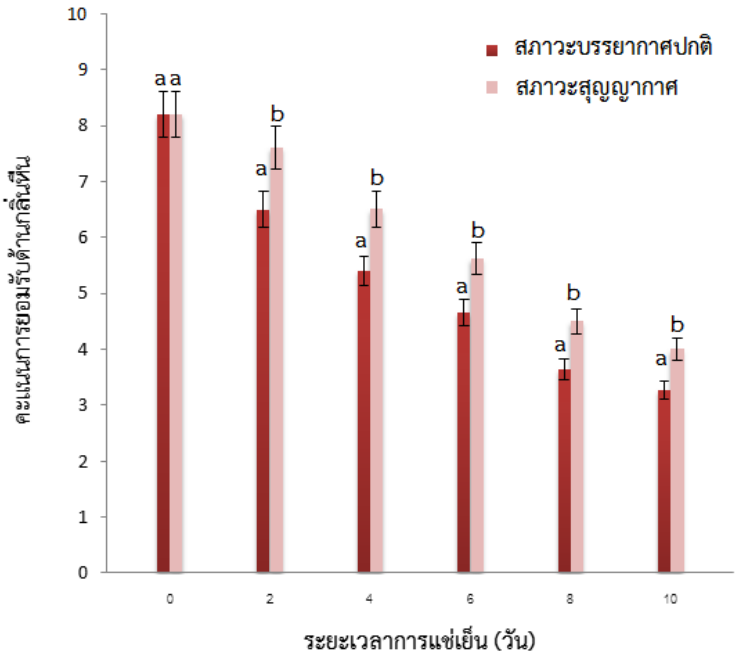
การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 51 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 52 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน

คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBARS เนื่องกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS และปริมาณเพอร์ออกไซด์ส่งผลทำให้คะแนนด้านกลิ่นลดลงในทุกอุณหภูมิและทุกสภาวะการเก็บรักษา



ภาพที่ 51. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



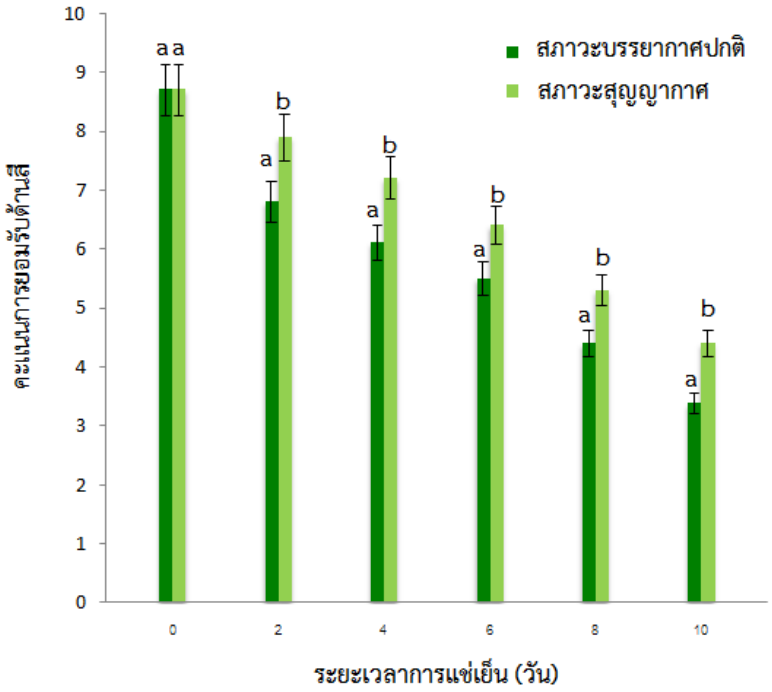
ภาพที่ 52. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืน; คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือ เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 53 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านสีมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านสีแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาใน

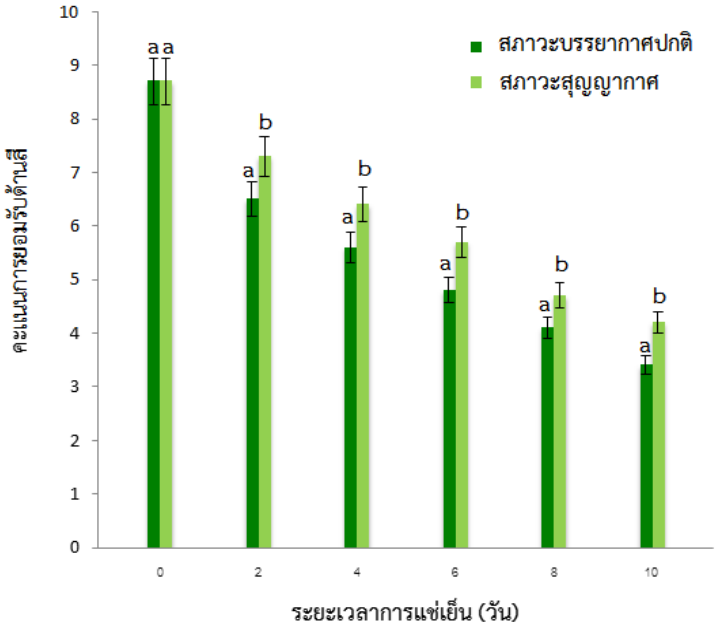
สภาวะปกติการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 54 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านสีมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านสีแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่นาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่นาน 8 วัน

การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำ องค์ประกอบของอาหารมีการสลายตัวและมีการรวมตัวเกิดเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและมีกลิ่นเฉพาะตัว การเกิดปฏิกิริยานี้จะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงรวมถึงสีและรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนไปด้วย ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเกิดคาราเมไลเซชันและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในอาหารทะเลจะเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fellows, 1992) อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอนิลที่จะไปรวมกับเอมีน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิและความชื้นของอาหาร มีรายงานการพบปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง ปลาแมคเคอเรลแห้งและปลาเทราท์เค็ม (Fellows, 1992)



ภาพที่ 53. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านสี; คะแนนการยอมรับด้านสีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านสีระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



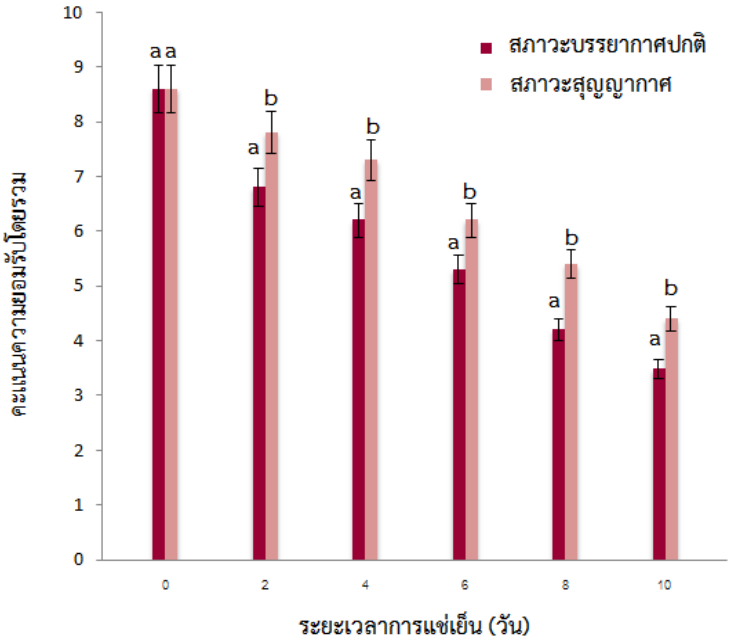
ภาพที่ 54. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านสี; คะแนนการยอมรับด้านสีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านสีระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 55 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนด้านความยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนด้านความยอมรับโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อ

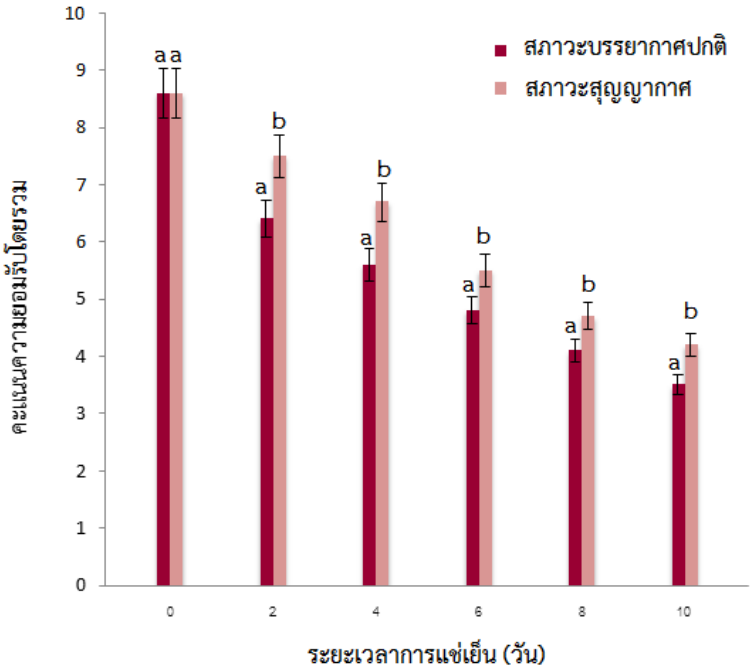
ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการความยอมรับโดยรวม มีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศความยอมรับโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 56 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนความยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนความยอมรับโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการทดสอบด้านความยอมรับโดยรวม มีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการทดสอบด้านความยอมรับโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน

คะแนนด้านความยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVC การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งมีออกซิเจน ประกอบกับมีความชื้นเพิ่มขึ้นจึงเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ในขณะที่การบรรจุในสภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ (Salmimen, 1996) และสอดคล้องกับ Özogul และคณะ (2003) พบว่าในปลา sardine (*Sardina pilchardus*) เมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติจะมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศส่งผลทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง และมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBARS เนื่องกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS และปริมาณเพอร์ออกไซด์ส่งผลทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงในทุกอุณหภูมิและทุกสภาวะการเก็บรักษา



ภาพที่ 55. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนความยอมรับโดยรวม; คะแนนความยอมรับโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความยอมรับโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึงยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



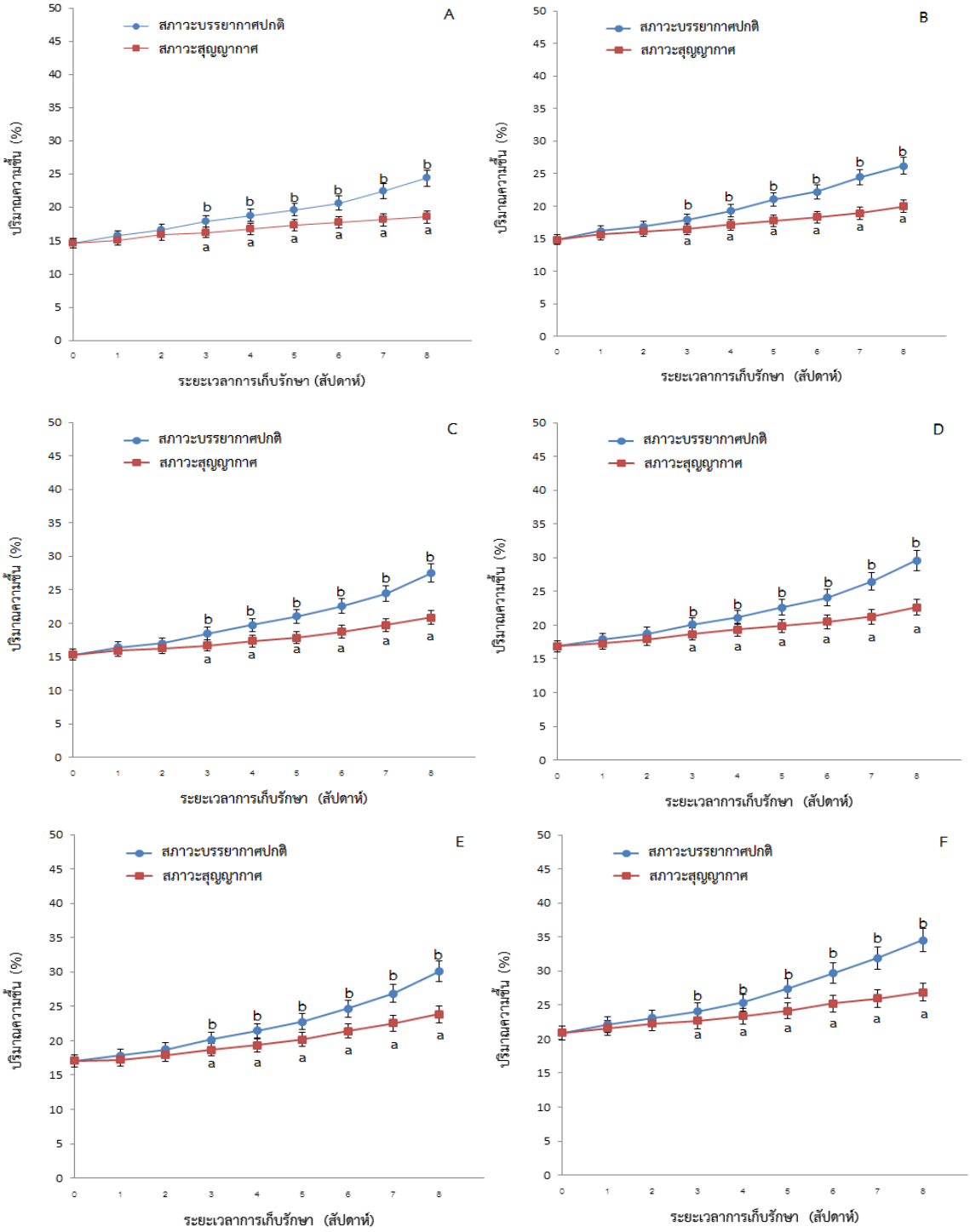
ภาพที่ 56. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนความยอมรับโดยรวม; คะแนนความยอมรับโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านความยอมรับโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึงยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

4.2 ผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 57 และ 58 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีความชื้นเริ่มต้น 14.59±0.21 % และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณความชื้น 24.46±0.35 และ 18.61±0.27 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 57A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 26.19±0.42 และ 19.96±0.30 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 57B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 27.45±0.53 และ 20.85±0.37 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 57C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 29.58±0.64 และ 22.62±0.45 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 57D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 30.06±0.78 และ 23.82±0.53 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 57E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 34.51±0.89 และ 26.89±0.66 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 57F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 57

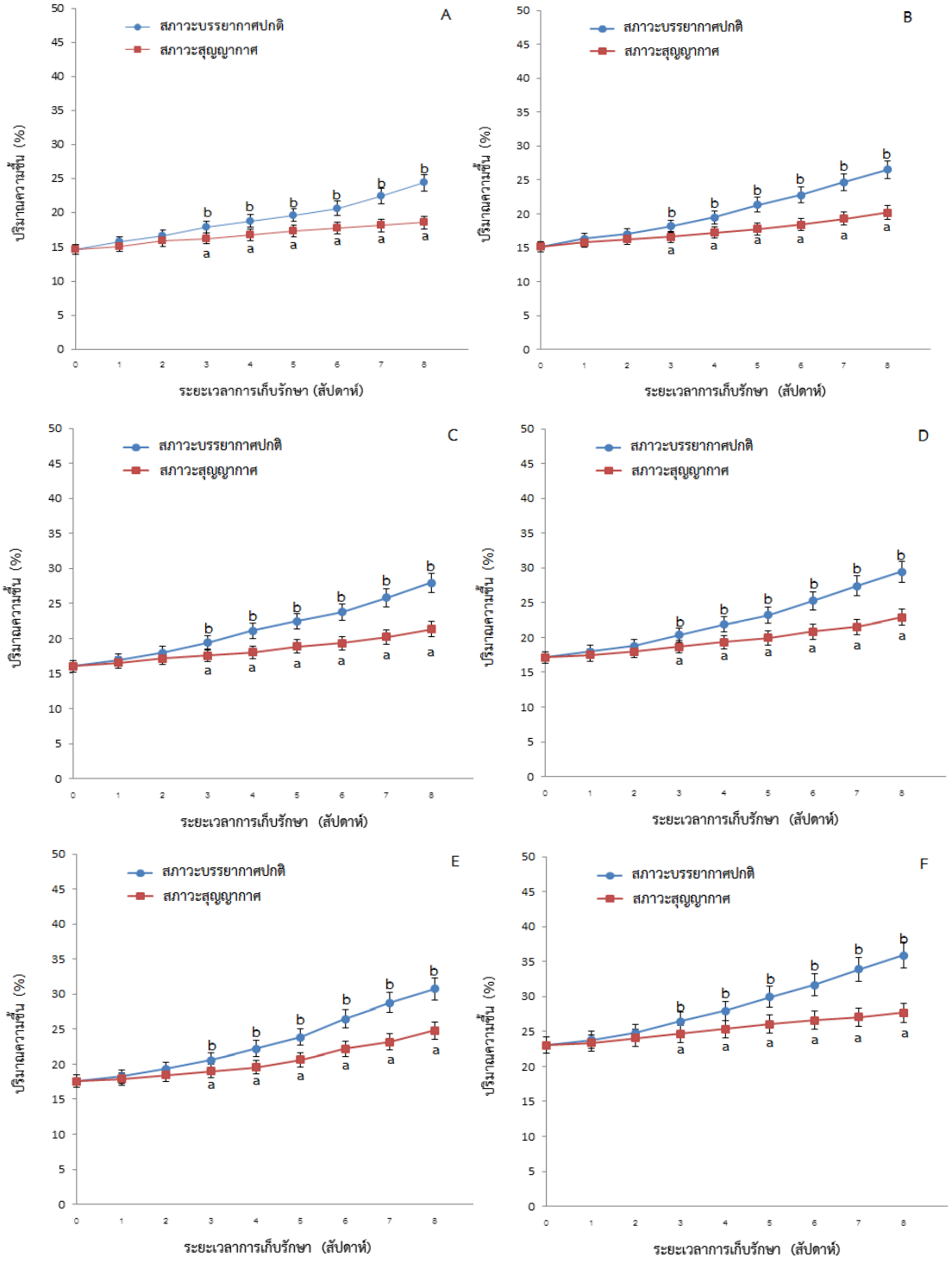
เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 26.52±0.48 และ 20.15±0.32 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 58B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 27.94±0.59 และ 21.34±0.44 % ตามลำดับ ดังภาพที่

58C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 29.43±0.65 และ 22.91±0.54 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 58D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้น 30.75±0.76 และ 24.78±0.62 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 58E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นแบบใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณความชื้น 35.92±0.89 และ 27.69±0.76 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 58F อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 57 และ 58 ซึ่ง Hermandez และ Giacun (1998) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในอาหารกึ่งแห้ง มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา ซึ่งปกติอาหารกึ่งแห้งจะมีความดันไอสูงเมื่อเก็บอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาหารจะทำ ให้เกิดการถ่ายเทหรือซึมผ่านของไอน้ำจากด้านในภาชนะบรรจุไปสู่ภายนอกเพื่อสร้างสมดุลระหว่างด้านในภาชนะบรรจุกับสภาวะแวดล้อม ทำให้ความชื้นของอาหารลดลง จากผลการทดลองครั้งนี้เก็บรักษาในสภาวะแบบสุญญากาศมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีทำให้การเปลี่ยนแปลงของความชื้นเกิดขึ้นน้อยมาก สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่า ปริมาณความชื้นของปลากะตักต้มตากแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติ มีปริมาณสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ โดยวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น



ภาพที่ 57. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณความชื้น; ปริมาณ

ความชื้นที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 58. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดย

ใช้ลมเย็นเป่านาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณความชื้น; ปริมาณความชื้นที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

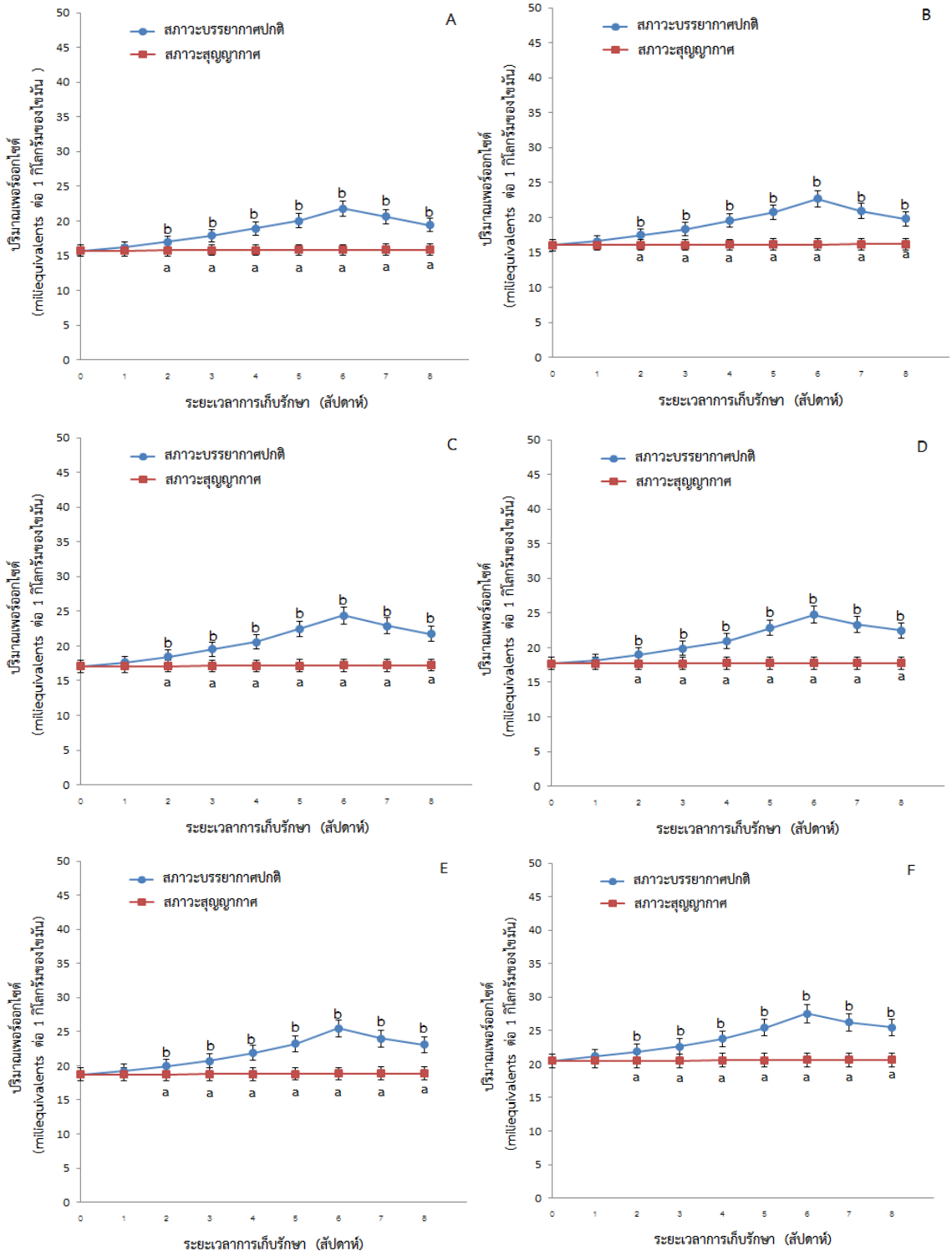
การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 59 และ 60 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เริ่มต้น 15.73±0.15 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนจะลดลงในสัปดาห์ที่ 7 ถึง 8 ในขณะที่ปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 59 การลดลงของปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) สอดคล้องกับรายงานของ Takiguchi (1996) พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ของปลากะตักตากแห้งบรรจุในบรรยากาศปกติ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 19.41±0.36 และ 15.87±0.18 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 59A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 19.80±0.41 และ 16.18±0.22 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 59B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 21.75±0.65 และ 17.23±0.29 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 59C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 22.46±0.71 และ 17.79±0.33 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 59D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้ม

สุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 23.12±0.85 และ 18.87±0.42 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 59E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 25.47±1.03 และ 20.65±0.54 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 59F

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนจะลดลงในสัปดาห์ที่ 7 ถึง 8 การลดลงของปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์ เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) สอดคล้องกับรายงานของ Takiguchi (1996) พบว่าปริมาณเพอร์ออกไซด์ของปลากะตักตากแห้งบรรจุในบรรยากาศปกติ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บ ในขณะที่ปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 60 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 20.39±0.49 และ 16.47±0.25 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 60B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 22.34±0.61 และ 17.79±0.33 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 60C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 23.01 ±0.79 และ 18.29±0.40 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 60D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 23.97±0.92 และ 19.32±0.48 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 60E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเพอร์ออกไซด์ 26.19±1.13 และ 21.34±0.62 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 60F

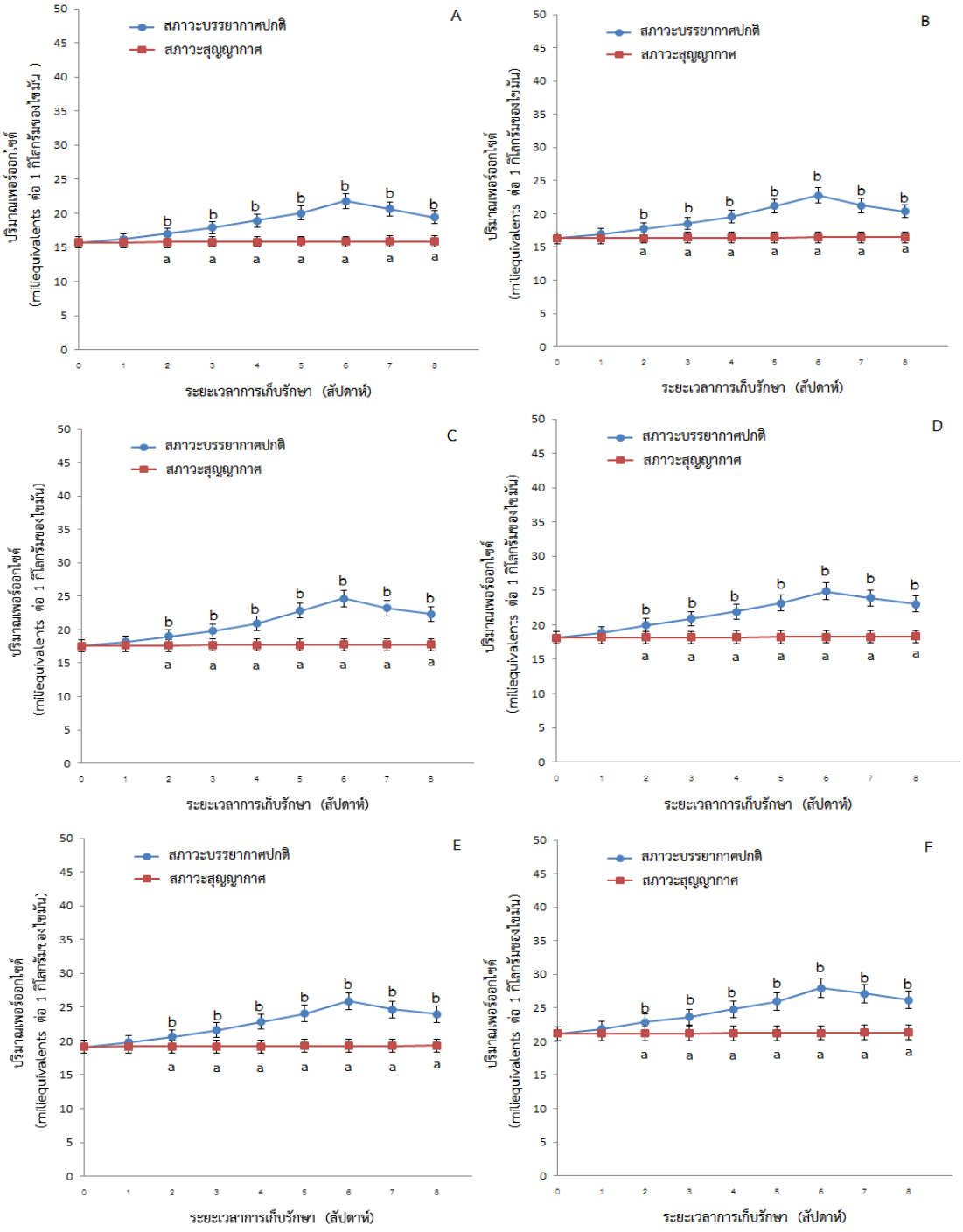
อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเพอร์ออกไซด์สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 59 และ 60 เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาวะที่มีอากาศส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง ทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารประกอบคาร์บอนิลและสารประกอบโพลีเมอร์ไรซ์เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของปลา (Gandemer and Meynier, 1995)

ปริมาณของเพอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kanner, 1994) อย่างไรก็ตามปริมาณของเพอร์ออกไซด์สามารถยอมรับได้ในสัตว์น้ำต้องมีค่าต่ำกว่า 20 miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ พบว่า เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ภายหลังการเก็บรักษานาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 10 วัน เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Labuza, 1971; Koelsch *et al*, 1991)



ภาพที่ 59. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเพอร์

ออกไซด์; ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเพอร์ออกไซด์ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 60. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่

เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเพอร์ออกไซด์; ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเพอร์ออกไซด์ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

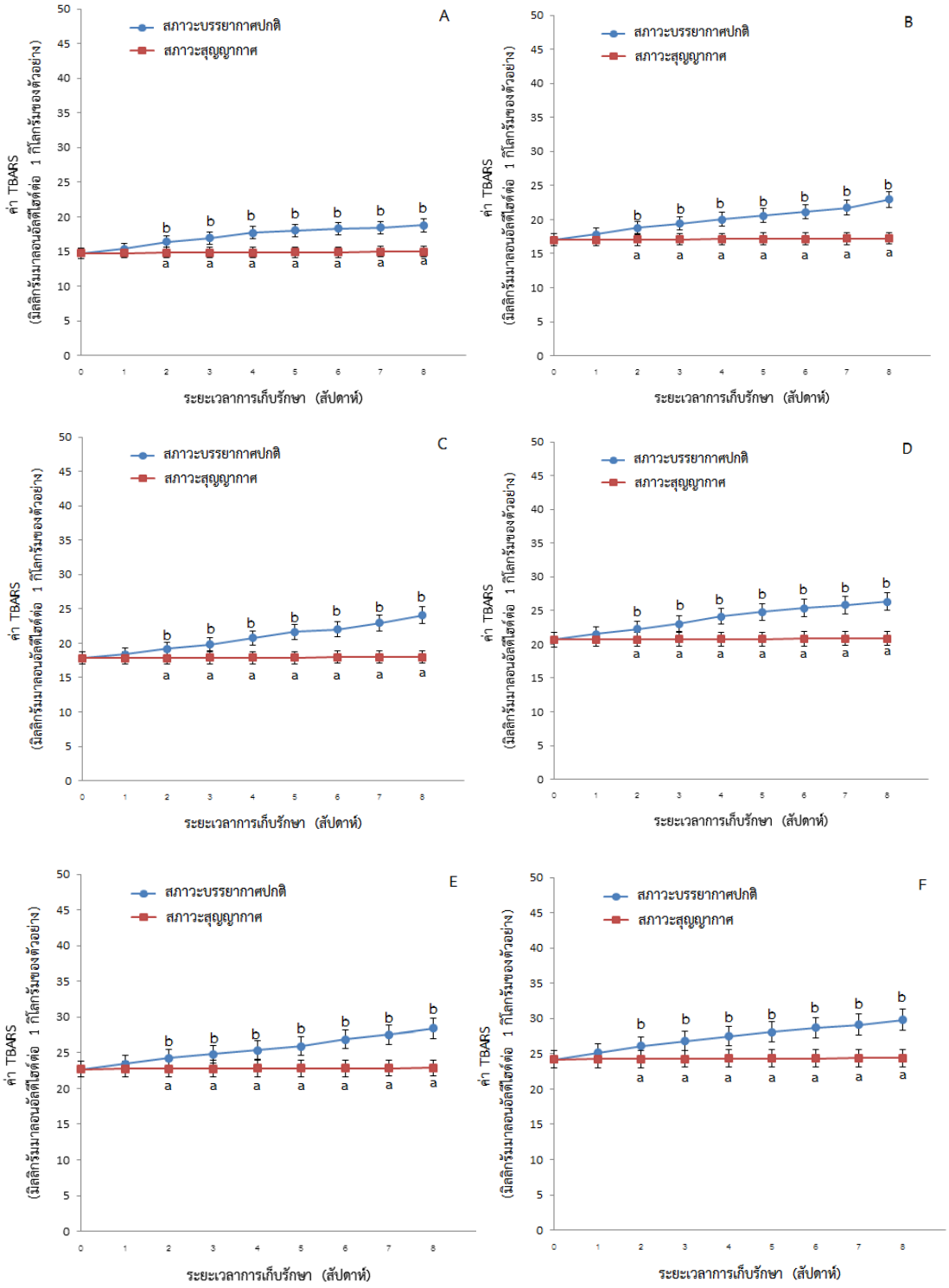
การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 61 และ 62 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีค่า TBARS เริ่มต้น 14.75±0.22 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 61 การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นมาลอนอัลดีไฮด์ (Fellows, 1992) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีค่า TBARS 18.79±0.41 และ 14.95±0.28 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 61A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีค่า TBARS 22.96±0.64 และ 17.23±0.44 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 61B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 24.05±0.75 และ 17.98±0.51 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 61C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีค่า TBARS 26.32±0.82 และ 20.87±0.69 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 61D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 28.45±0.97 และ 22.86±0.75 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างดังภาพที่ 61E และเมื่อสิ้นสุด

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีค่า TBARS 29.82±1.18 และ 24.41±0.81 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 61F

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 62 การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็น มาลอนอัลดีไฮด์ (Fellows, 1992) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีค่า TBARS 24.69±0.79 และ 18.43±0.58 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 62B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 25.91±0.83 และ 19.32±0.64 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 62C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีค่า TBARS 28.55±0.96 และ 22.81±0.79 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 62D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBARS 30.16±1.22 และ 25.14±0.91 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างดังภาพที่ 62E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีค่า TBARS 31.95±1.32 และ 26.24±1.07 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างตามลำดับ ดังภาพที่ 62F

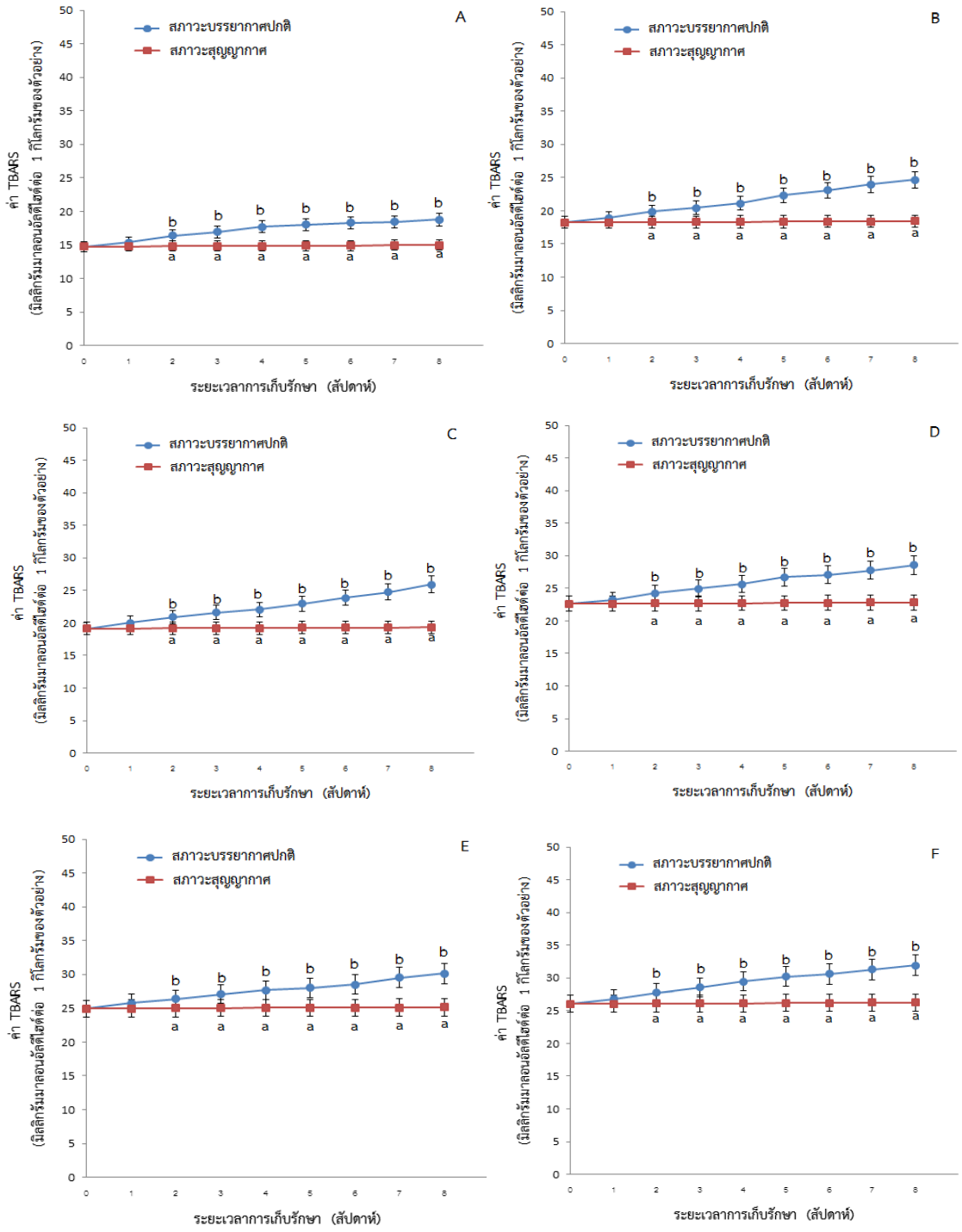
อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่า TBARS สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 62 การบรรจุผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS น้อยกว่าการบรรจุในสภาวะปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการบรรจุแบบสุญญากาศที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย (วรรณวิภา, 2546)

ค่า TBARS ใช้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ถูกนำมาใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอย่างแพร่หลาย (Fernandez และคณะ , 1997) Ke และคณะ (1984) รายงานว่าปลาที่มีค่า TBARS ต่ำกว่า 8 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่างจะไม่มีกลิ่นหืน ในขณะที่ปลาที่มีค่า TBARS ระหว่าง 9-20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนแต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลาที่มีค่า TBARS มากกว่า 20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง จะมีกลิ่นหืนรุนแรงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ นาน 2 เดือน พบว่า เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ ค่า TBARS ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ ภายหลังการเก็บรักษานาน 2, 4, 6, 8, 10 วัน ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ค่า TBARS ที่ไม่สามารถยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นทั้ง 2 แบบ นาน 6, 8, 10 วัน การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีค่า TBARS ต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Labuza, 1971 และ Koelsch และคณะ, 1991) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS น้อยกว่าการบรรจุในสภาวะปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการบรรจุแบบสุญญากาศที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย



ภาพที่ 61. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า TBARS; ค่า TBARS ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า TBARS ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 62. การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับ

อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของค่า TBARS; ค่า TBARS ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า TBARS ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

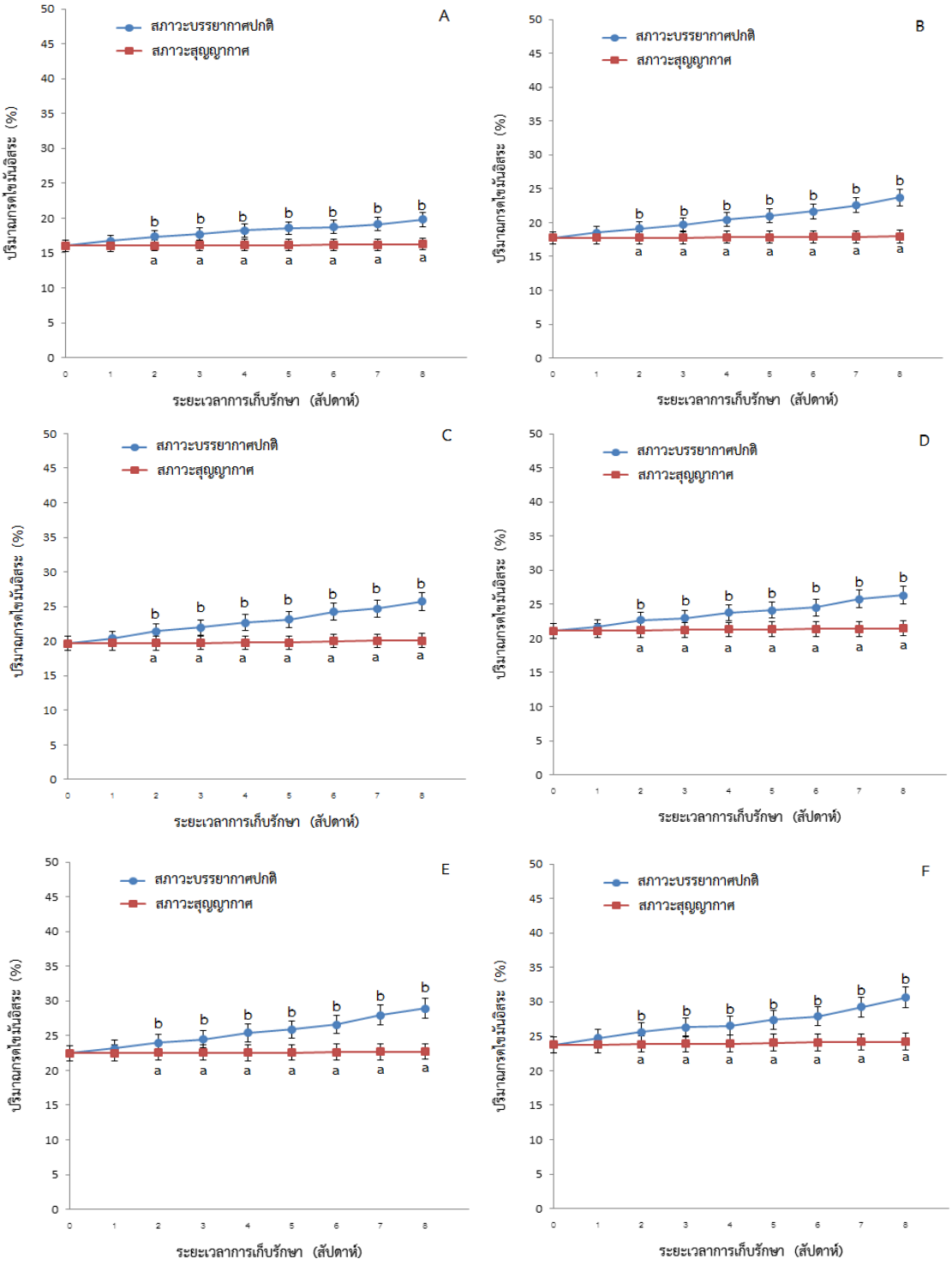
การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำมาต้มและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 63 และ 64 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้น 15.56±0.03 % ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 63 ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์และฟอสโฟลิปิด จากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและฟอสโฟไลเปส (Hernaadez-Herrero *et al*, 1999) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 19.81±0.22 และ 16.25±0.06 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 63A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 23.69±0.54 และ 17.94±0.19 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 63B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 25.76±0.68 และ 20.08±0.25 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 63C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 26.32±0.76 และ 21.45±0.36 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 63D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 28.93±0.87 และ 22.71±0.46 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 63E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 30.65±0.98 และ

24.21±0.52 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 63F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 63

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 64 ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์และฟอสโฟลิปิด จากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและฟอสโฟไลเปส (Hernaadez-Herrero *et al*, 1999) เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 25.86±0.71 และ 19.62±0.21 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 64B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 26.49±0.88 และ 21.64±0.39 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 64C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 29.87±0.94 และ 23.47±0.50 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 64D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 30.78±1.07 และ 24.32±0.66 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 64E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ 32.49±1.28 และ 25.56±0.78 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 64F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 64

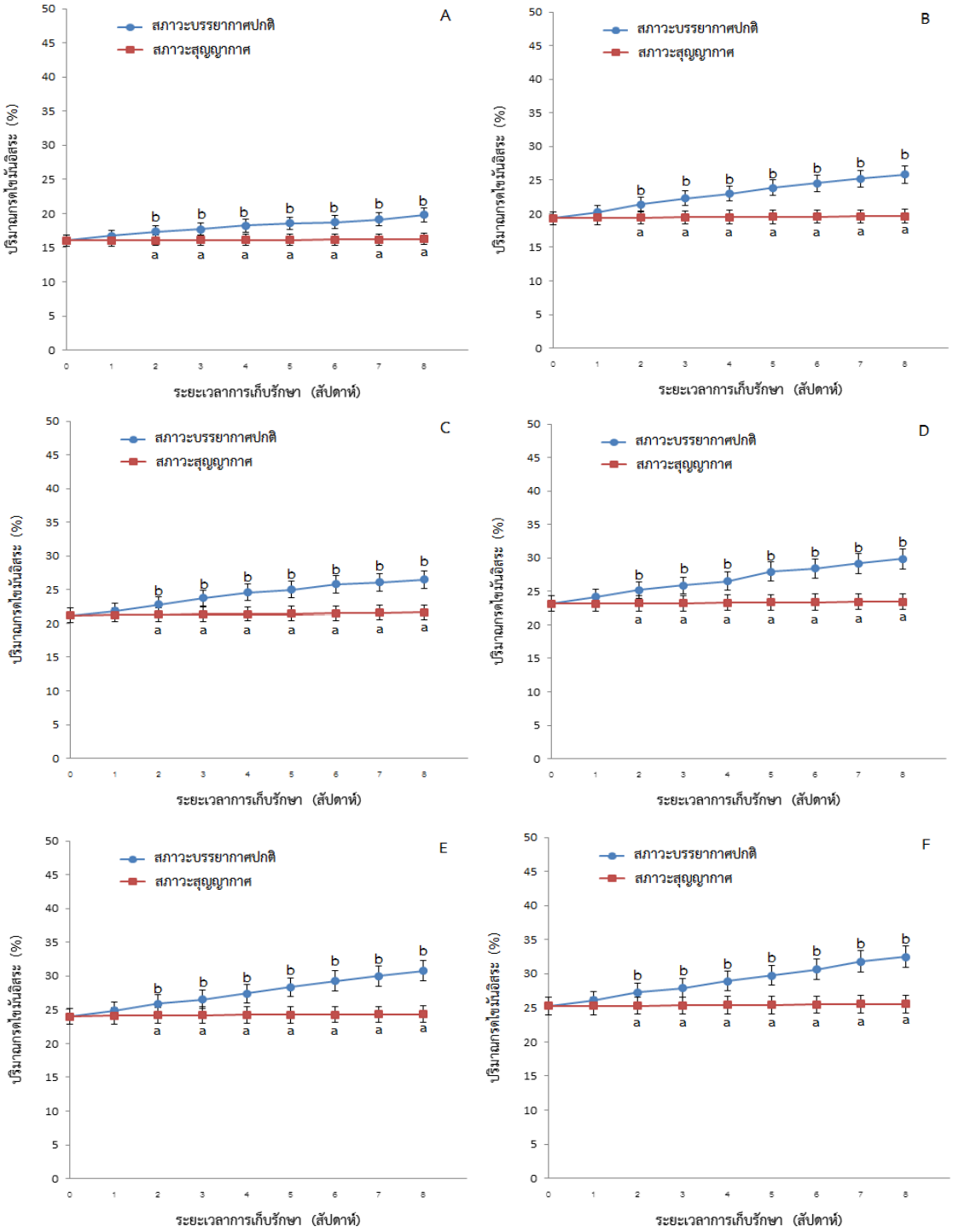
การเกิดไฮโดรไลซีสจะต้องมีน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องโดยมีความร้อนและแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลพลอยได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือกรดไขมันอิสระ การตรวจสอบการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันวัดได้จากปริมาณของกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (Khayat and Schwall, 1983) Bligh

และคณะ (1988) กล่าวว่าการเกิดไฮโดรไลซีสของไขมันไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางอาหารแต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากปฏิกิริยาลำดับสองที่เกิดกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดผลกระทบต่ออาหารเช่น เร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลองปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพอร์ออกไซด์และค่า TBARS สอดคล้องกับรายงานของ Kilic (2009) พบว่าปริมาณของเพอร์ออกไซด์ ค่า TBARS และกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปลา salmon อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาสภาวะบรรยากาศปกติ



ภาพที่ 63. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดไขมันอิสระ;

ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 64. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่

เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณกรดไขมันอิสระ; ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 65 และ 66 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้น 1.76±0.24 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 65 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 2.79±0.38 และ 1.93±0.29 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 65A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 3.24±0.45 และ 2.37±0.32 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 65B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 3.41±0.51 และ 2.56±0.39 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 65C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 3.89±0.65 และ 2.64±0.44 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 65D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 4.41±0.78 และ 3.47±0.56 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 65E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 5.34±0.86 และ 5.05±0.63 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 65F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจาก

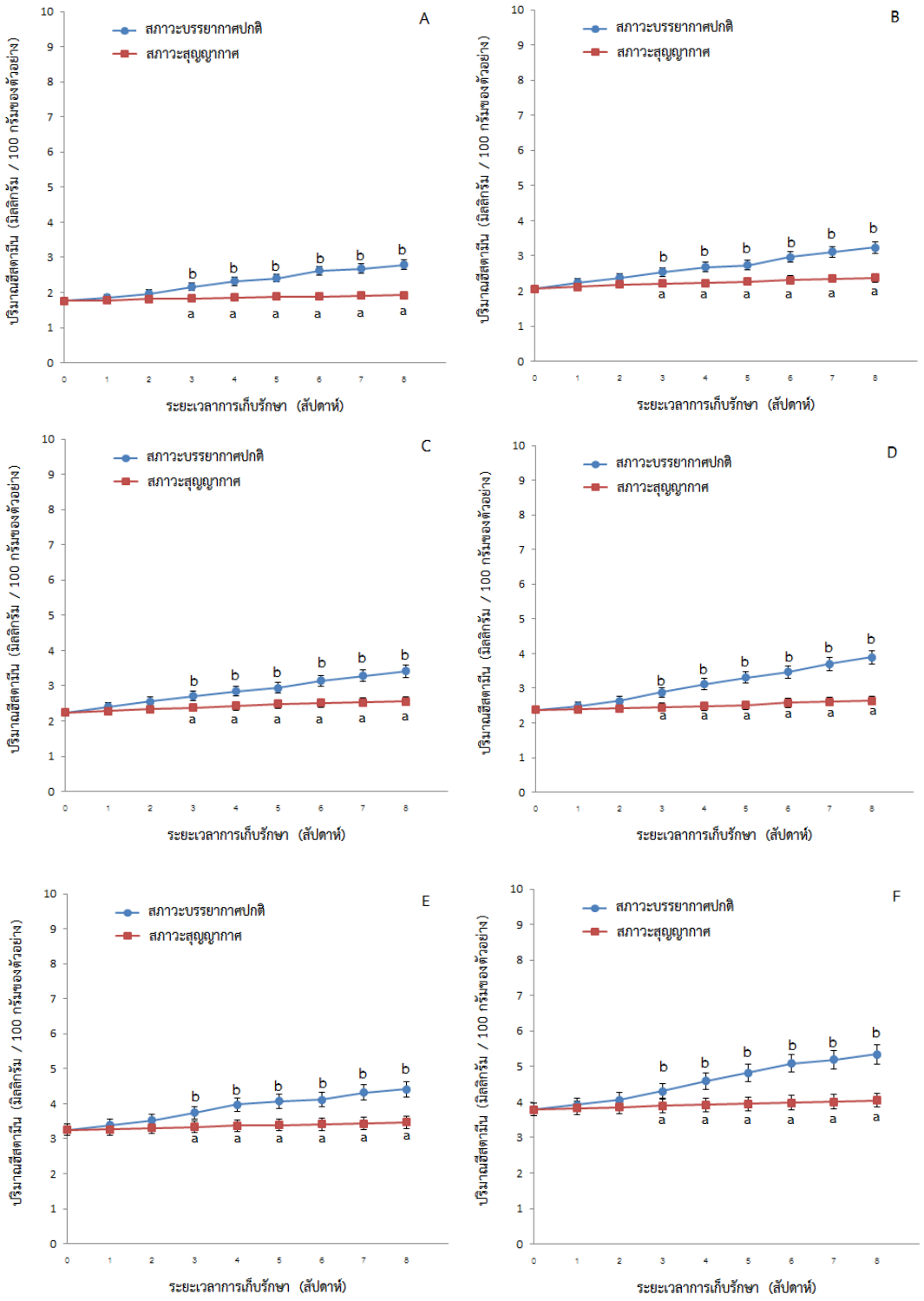
วัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 65

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 66 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 3.46±0.53 และ 2.45±0.34 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 66B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 3.98 ±0.72 และ 3.11±0.51 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 66C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 4.33±0.72 และ 3.46±0.58 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 66D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณฮีสตามีน 5.79±0.91 และ 4.33±0.67 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 66E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณฮีสตามีน 6.01±1.07 และ 5.09±0.79 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังภาพที่ 66F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน ในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศภายหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 66

การเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนขึ้นอยู่กับปริมาณฮีสตามีนเริ่มต้นในวัตถุดิบปลากะตัก ฮีสตามีนมีความคงตัวต่อการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การหุงต้ม การรมควัน และการให้ความร้อนสำหรับบรรจุกระป๋อง (Hungerford, 2010 อ้างโดย สุทธวัฒน์, 2554) ดังนั้นในระหว่างการอบแห้งจึงสามารถตรวจพบฮีสตามีนได้ จากรายงานของปราณี และคณะ (2538) พบว่าฮีสตามีนเป็นสารที่ทนความร้อนสูง ความร้อนที่ใช้ในการประกอบอาหารตามปกติหรือแม้แต่ความร้อนสูงที่ใช้ในกรรมวิธีผลิตอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ ก็ไม่สามารถทำลายสารนี้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ

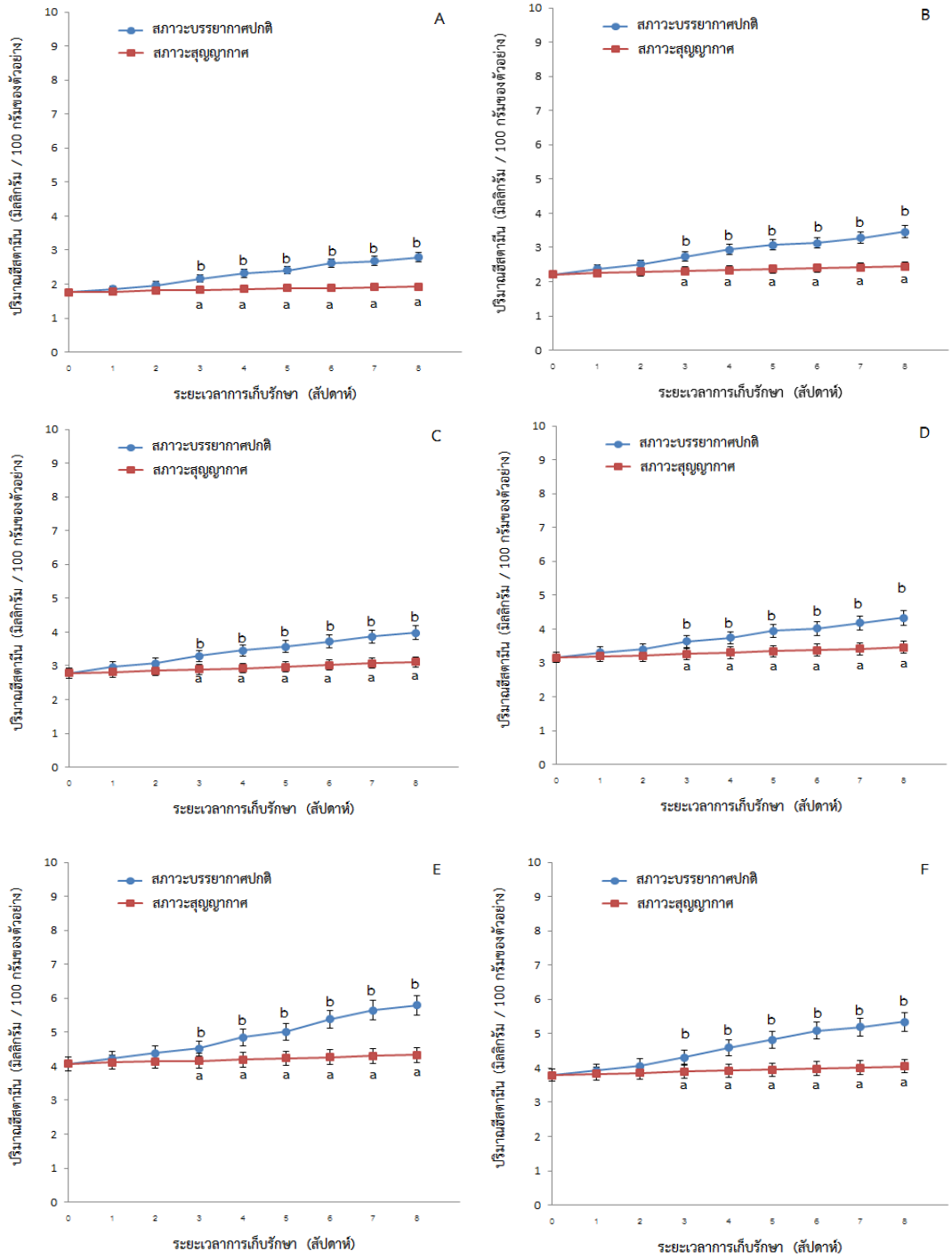
Shakila และคณะ (2001) พบว่าฮีสตามีนในปลาแมคเคอเรลเค็มตากแห้งจะมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบและสุขลักษณะในการผลิตเพราะฮีสตามีนจะถูกสร้างขึ้นมากที่สุดในช่วงของปลาสดและขั้นตอนการผลิตซึ่งหลังจากเป็นผลิตภัณฑ์แล้วสภาวะต่าง ๆ จะไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างฮีสตามีน แต่อย่างไรก็ตามหากไม่ควบคุมสุขลักษณะในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็อาจเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายฮีสติดีนในเนื้อปลาเป็นฮีสตามีนได้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดระดับของฮีสตามีนปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดพิษในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ไว้ 50 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้พบ คือ 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (FDA, 2001) ในขณะที่สหภาพยุโรปกำหนดว่า ค่าเฉลี่ยของฮีสตามีนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ 9 ตัวอย่าง ต้องมีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัม โดย 2 ใน 9 ตัวอย่างต้องมีฮีสตามีน ไม่เกิน 10 - 20 มิลลิกรัม/100 กรัม และไม่มีตัวอย่างใดมีฮีสตามีนสูงเกิน 20 มิลลิกรัม/100 กรัม (The Council of the European Communities, 1991) อย่างไรก็ตามปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งยังอยู่ในระดับที่อนุญาตให้พบได้

การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณฮีสตามีนต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติอาจเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายฮีสติดีนในเนื้อปลาเป็นฮีสตามีนได้ ซึ่งปริมาณฮีสตามีนที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลากะตัก ในขณะที่การบรรจุในสภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ (Salmimen, 1996) จึงสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนได้ สอดคล้องกับรายงานของเยาวลักษณ์ (2539) พบว่าเมื่อเก็บรักษากุ้งแห้งโดยการบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่ากุ้งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติ และสอดคล้องกับ Özogul และคณะ (2003) พบว่าในปลา sardine (*Sardina pilchardus*) เมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติจะมีปริมาณฮีสตามีนสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ



ภาพที่ 65. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณฮีสตามีน; ปริมาณ

ฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 66. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฮีสตามีนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดย

ใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณฮีสตามีน; ปริมาณฮีสตามีนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณฮีสตามีนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

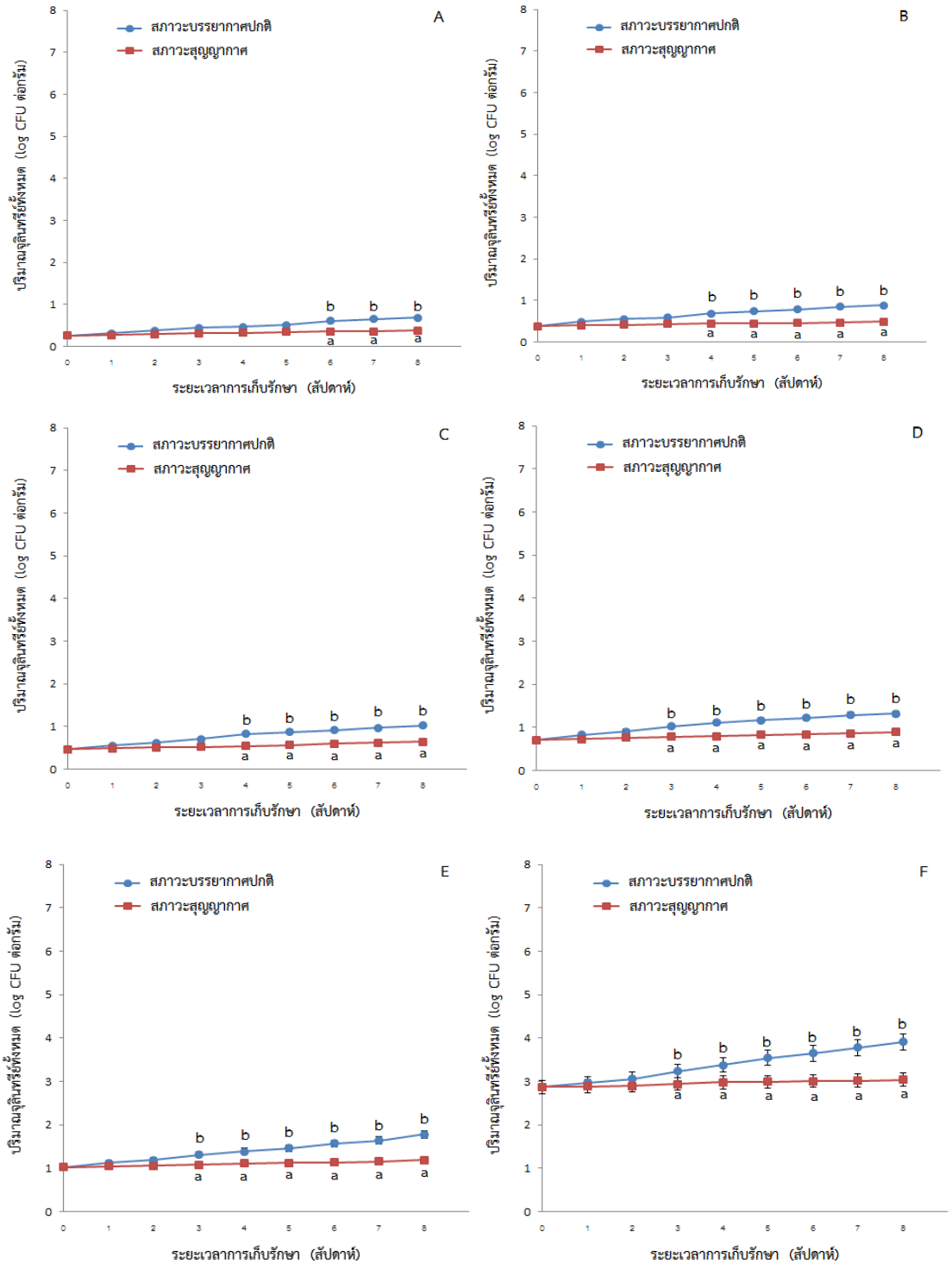
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 67 และ 68 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณ TVC เริ่มต้น 0.26±0.04 log CFU ต่อกรัม ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 67 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณ TVC 0.69±0.25 และ 0.38±0.09 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 67A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 0.88±0.38 และ 0.49±0.14 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 67B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 1.02±0.45 และ 0.64±0.26 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 67C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 1.32±0.54 และ 0.89±0.31 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 67D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 1.78±0.69 และ 1.19±0.44 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 67E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 3.91±0.95 และ 3.04±0.76 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 67F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะ

บรรยากาศปกติมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 67

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 68 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 1.09±0.48 และ 0.59±0.18 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 68B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 1.16±0.49 และ 0.66±0.28 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 68C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 1.45±0.58 และ 0.93±0.41 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 68D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณ TVC 2.51±0.77 และ 1.64±0.61 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 68E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณ TVC 4.77±1.04 และ 3.69±0.85 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 68F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TVC ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 68

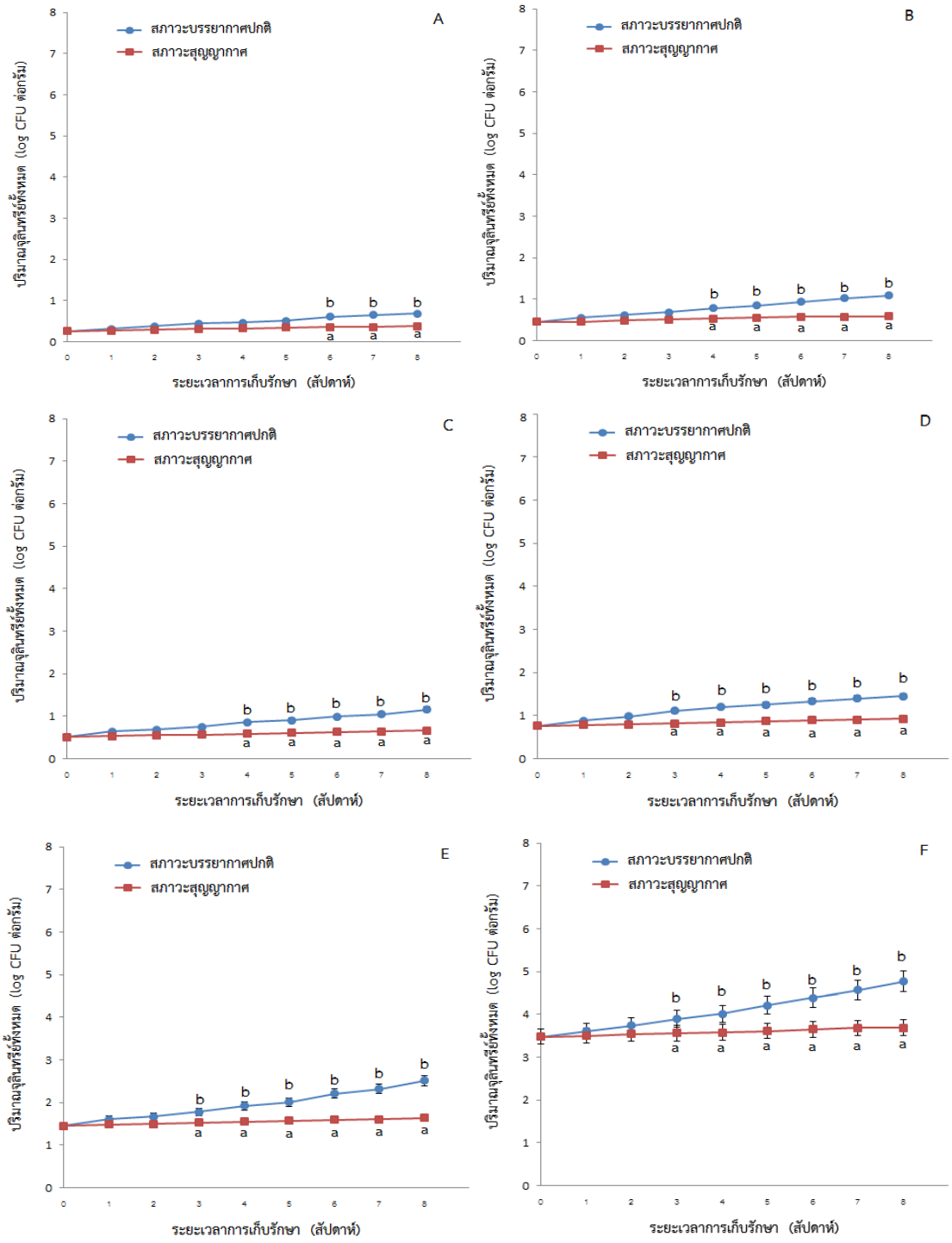
การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณ TVC ต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งมีออกซิเจน ประกอบกับมีความชื้นเพิ่มขึ้นจึงเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ในขณะที่การบรรจุในสภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ (Salmimen, 1996) จึงสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนได้ สอดคล้องกับรายงานของ เยาวลักษณ์ (2539) พบว่าเมื่อเก็บรักษากุ้งแห้งโดยการบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่ากุ้งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติ และ

สอดคล้องกับ Özogul และคณะ (2003) พบว่าในปลา sardine (*Sardina pilchardus*) เมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติจะมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ



ภาพที่ 67. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ

70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 68. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC ของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดย

ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณ TVC; ปริมาณ TVC ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณ TVC ระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

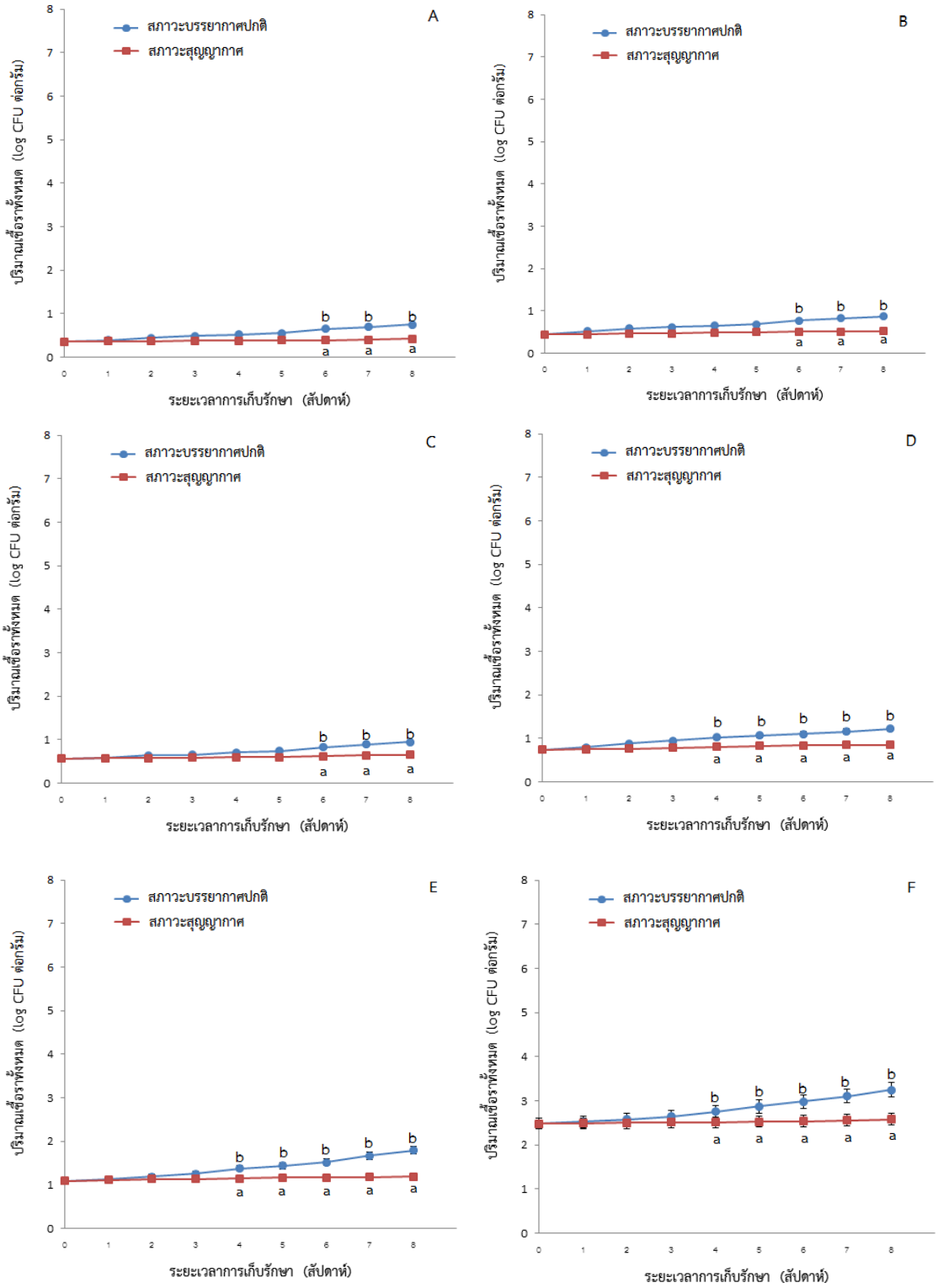
การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นที่แตกต่างกัน 2 แบบ นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 69 และ 70 โดยผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นหรือวันที่ 0 มีปริมาณเชื้อราทั้งหมดเริ่มต้น 0.36±0.12 log CFU ต่อกรัม ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 69 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เย็นพบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.75±0.28 และ 0.42±0.15 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 69A เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.87±0.36 และ 0.52±0.19 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 69B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.95±0.43 และ 0.65±0.22 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 69C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.18±0.58 และ 0.85±0.31 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 69D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.79±0.72 และ 1.19±0.42 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 69E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 3.25±0.85 และ 2.58±0.67 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 69F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นใน

น้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 69

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน พบว่าปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ ในทุกชุดของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 70 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 2 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 0.97±0.45 และ 0.66±0.24 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 70B ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.22±0.61 และ 0.82±0.30 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 70C และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.47±0.74 และ 1.06±0.49 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 70D ในขณะที่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 1.96±0.82 และ 1.36±0.58 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 70E และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 10 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด 3.87±1.07 และ 3.21±0.81 log CFU ต่อกรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 70F อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) ดังภาพที่ 70

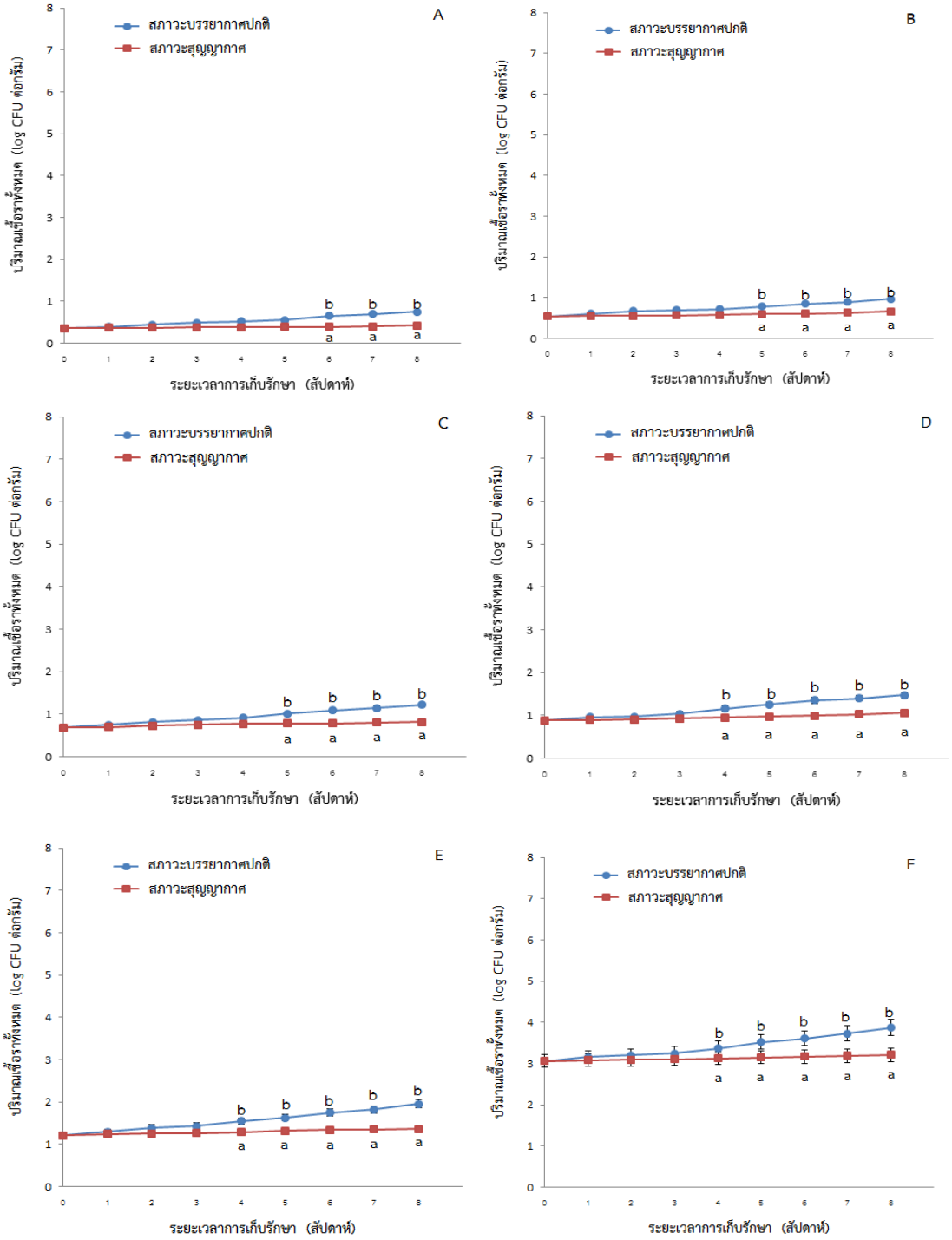
การศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักต้มแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกันพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในระยะเวลาของการเก็บรักษาเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) การเพิ่มขึ้นของเชื้อราสอดคล้องกับปริมาณ TVC และความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้ง เนื่องจากเชื้อราทนต่อสภาพแห้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย เชื้อราบางชนิดสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 เชื้อราที่พบมากในอาหารที่ผ่านกระบวนการตากแห้ง ทำเค็ม รมควัน หรือทั้ง 3 อย่างร่วมกัน (cured food) คือเชื้อราในกลุ่ม *Wallemia* หรือ *Oaspora* ซึ่งสามารถเจริญ

ได้ดีในอาหารที่มีค่า a_w 0.75 เชื้อราชนิดนี้ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำบนผิวปลา นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราที่อยู่ในกลุ่ม *Aspergillus* spp. ก็เจริญได้ในอาหารประเภทนี้เช่นกัน เชื้อราไม่ได้ทำให้รสชาติหรือเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงแต่เชื้อราจะทำให้สีของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อราทำให้อาหารไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และนอกจากนี้เชื้อรายังสร้างสารพิษพวกไมโครทอกซินได้ ในกระบวนการสังเคราะห์อาหารของเชื้อราจะได้น้ำเป็นผลพลอยได้ทำให้เกิดความชื้นขึ้นในอาหารและทำให้แบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม halophilic เจริญทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย (FAO,1981)



ภาพที่ 69. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็ง นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเชื้อรา

ทั้งหมด; ปริมาณเชื้อราทั้งหมดที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อราทั้งหมดระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)



ภาพที่ 70. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (●), สภาวะสุญญากาศ(■) ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่

เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 0(A), 2(B), 4(C), 6(D), 8(E), 10(F) วัน ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของปริมาณเชื้อราทั้งหมด; ปริมาณเชื้อราทั้งหมดที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อราทั้งหมดระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน)

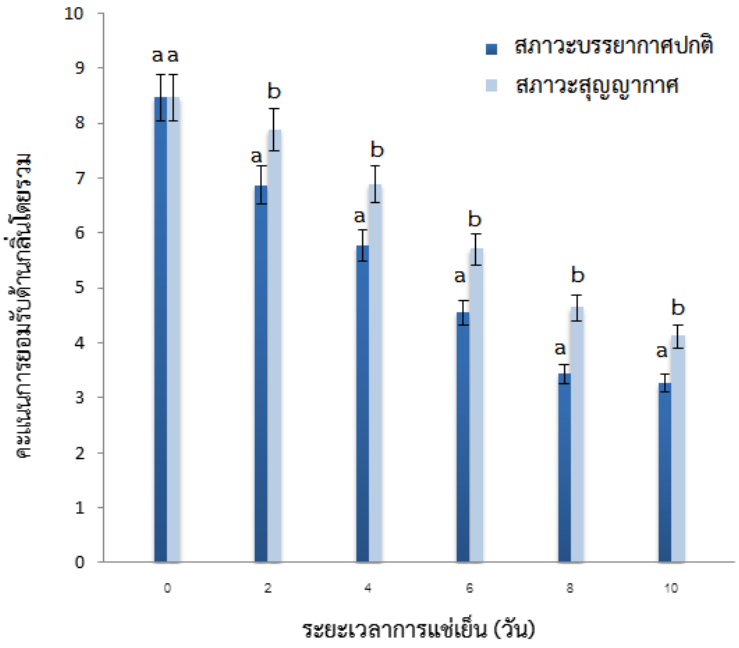
ภายหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและใช้ลมเย็นเป่า นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน ถูกนำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สี และความยอมรับโดยรวม สี ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นหืน สี และความยอมรับโดยรวม โดยอาศัยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 71 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน

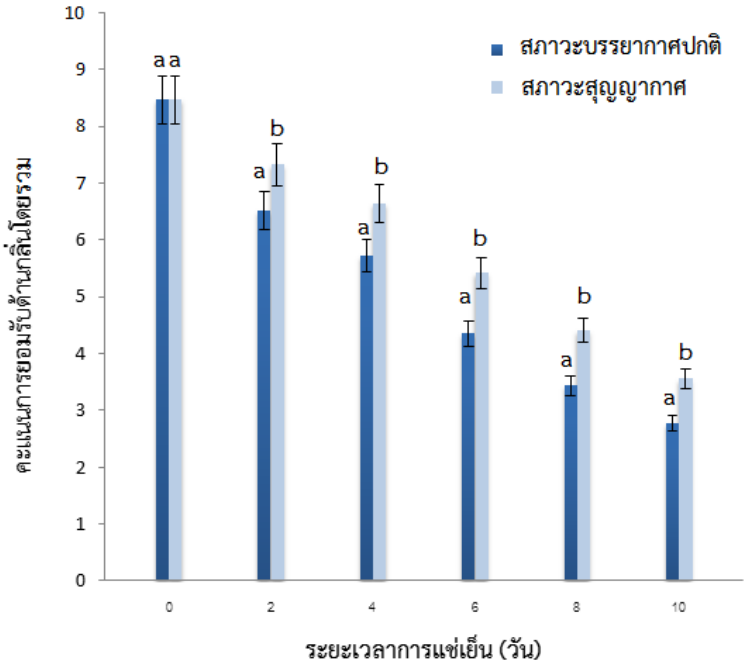
การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 72 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการทดสอบการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็น

โดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน

คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพวัตถุดิบเริ่มต้น กลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเป็นผลมาจากปริมาณ TMA-N และ TVB-N ที่เพิ่มขึ้นในวัตถุดิบปลากะตักสดที่ผ่านการแช่เย็น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ ซึ่งเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีนโดยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส และการเกิดไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเน่า (Huss,1988) ส่งผลทำให้การยอมรับทางด้านกลิ่นทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่เก็บรักษาโดยผ่านการแช่เย็นที่นานขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นทำให้ตัวอย่างมีกลิ่นเหม็นจากสารประกอบที่ระเหยได้เช่น แอมโมเนียและไตรเมธิลเอมีนและกลิ่นเปรี้ยวจากการเสื่อมเสียของโปรตีนประกอบกับกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจึงเป็นผลให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงในทุกอุณหภูมิและทุกสภาวะการเก็บรักษา โดยกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992) โดยในระหว่างการอบแห้งปลากะตักปริมาณของเพอร์ออกไซด์ และค่า TBARS มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบในกลุ่มของ carbonyl, hydrocarbon, ketones และ alcohol โดยสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Frankel,1991) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะขยายตัวของปฏิกิริยา ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็น Peroxide redical ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้ได้สารประกอบไฮโดรเพอร์ออกไซด์สะสมเป็นจำนวนมาก ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้อนุมูลอิสระสะสมในระบบมากขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้นเรื่อยๆ (Madhavi *et al*., 1996) ซึ่งในกระบวนการอบแห้งปลากะตักโดยใช้ลมร้อนทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับอากาศ และความร้อนตลอดเวลาจึงมีผลทำให้มีปริมาณเพอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Labuza (1971) พบว่าออกซิเจนในอากาศและอุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 71. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



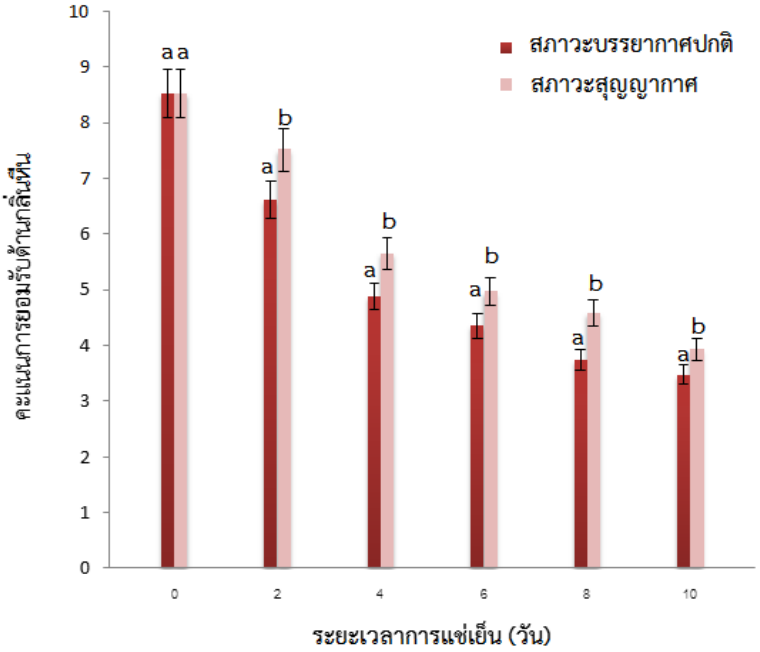
ภาพที่ 72. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นโดยรวม 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 73 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนของการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลา

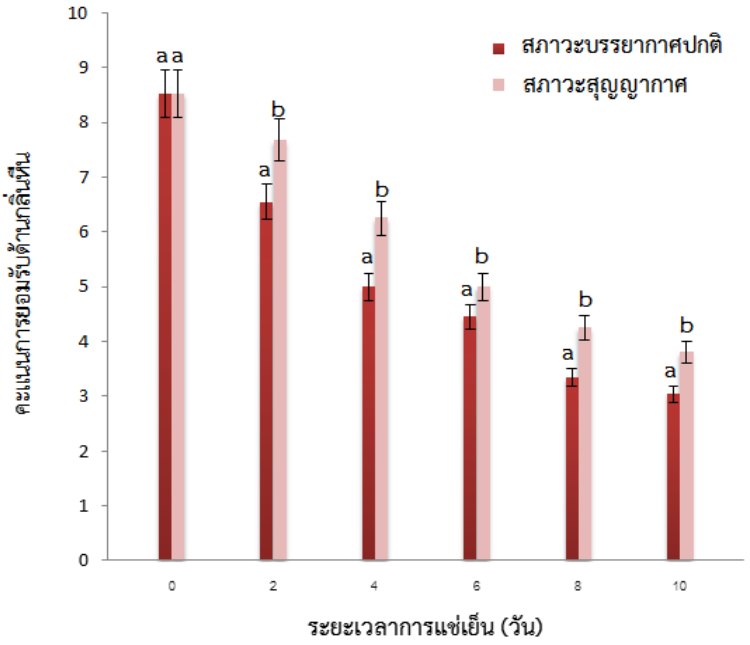
กะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับกลิ่นหืนแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 74 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนของการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติ การยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 4 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านกลิ่นหืนมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน

คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นหืนมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBARS เนื่องกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS และปริมาณเพอร์ออกไซด์ส่งผลทำให้คะแนนด้านกลิ่นลดลงในทุกอุณหภูมิและทุกสภาวะการเก็บรักษา



ภาพที่ 73. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



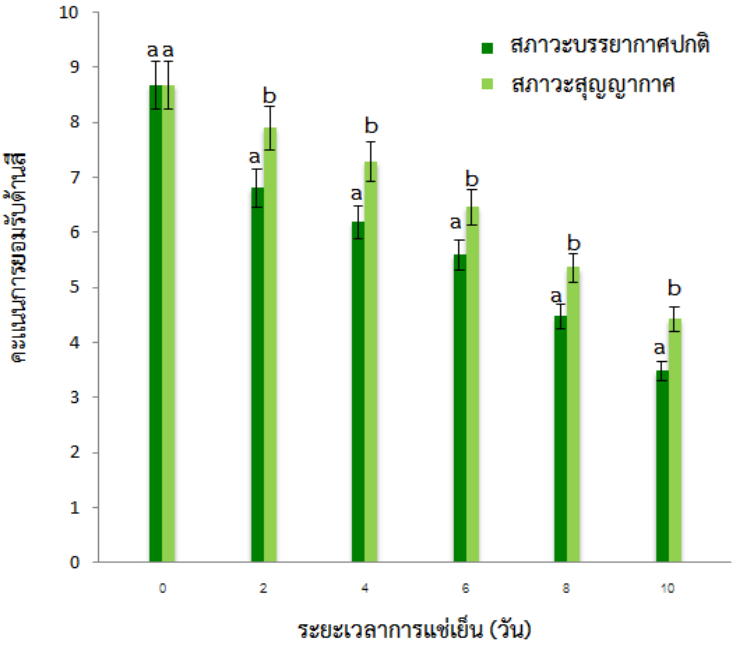
ภาพที่ 74. คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งไม่มีกลิ่นหืน และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 75 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนของการยอมรับด้านสีมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านสีแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติ การยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่

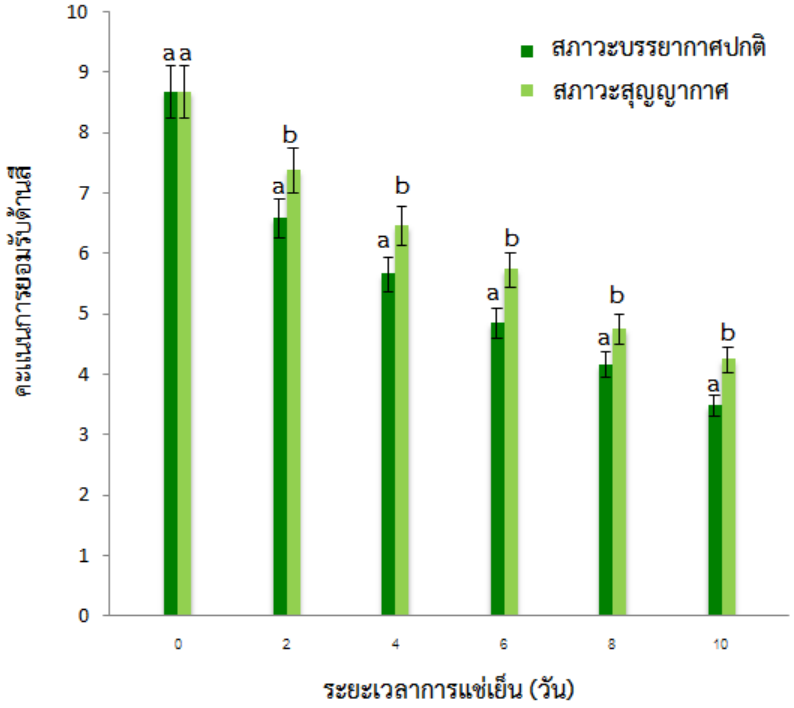
ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 76 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนของการยอมรับด้านสีมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนการยอมรับด้านสีแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่นาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศการยอมรับด้านสีมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่นาน 8 วัน

การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำ องค์ประกอบของอาหารมีการสลายตัวและมีการรวมตัวเกิดเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและมีกลิ่นเฉพาะตัว การเกิดปฏิกิริยานี้จะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงรวมถึงสีและรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนไปด้วย ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเกิดคาราเมไลเซชันและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในอาหารทะเลจะเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fellows, 1992) อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอนิลที่จะไปรวมกับเอมีน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิและความชื้นของอาหาร มีรายงานการพบปฏิกิริยาเมลลาร์ด เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง ปลาแมคเคอเรลแห้งและปลาเทราท์เค็ม (Fellows, 1992)



ภาพที่ 75. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านสี; คะแนนการยอมรับด้านสีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านสีระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



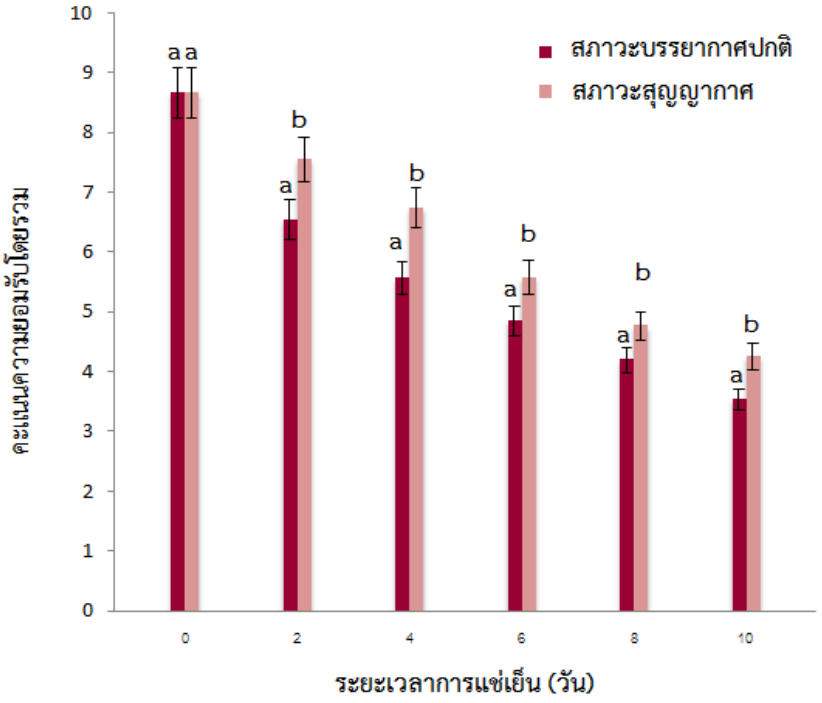
ภาพที่ 76. คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนการยอมรับด้านสี; คะแนนการยอมรับด้านสีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับด้านสีระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; คะแนนการยอมรับทางด้านสี 1 คะแนน หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลแดงเข้มมาก และ 9 คะแนน หมายถึง ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีสีน้ำตาลปนเหลืองและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ แสดงในภาพที่ 77 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนความยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนความยอมรับโดยรวมของ

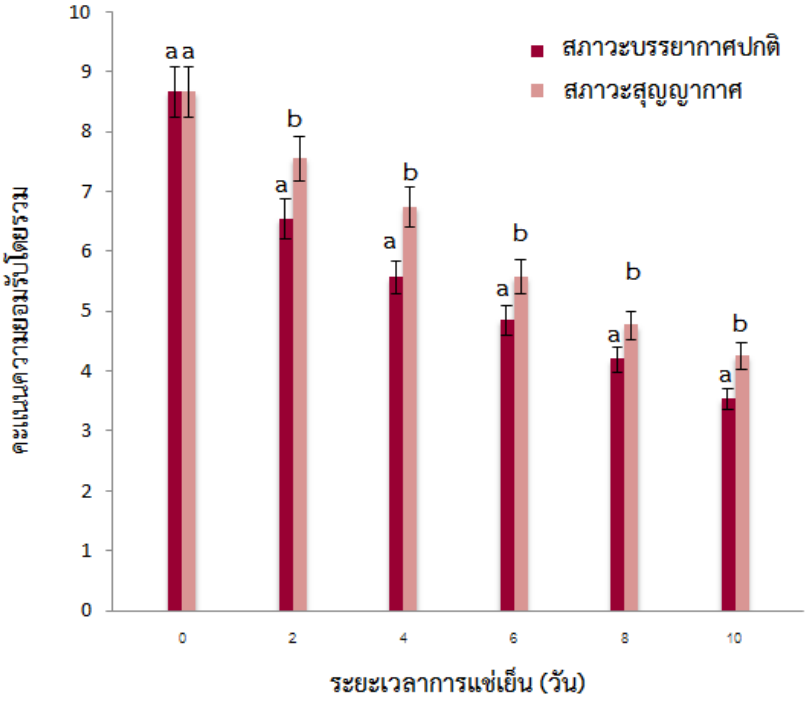
ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนความยอมรับโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติความยอมรับโดยรวม มีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 8 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศความยอมรับโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 10 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบคือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศแสดงในภาพที่ 78 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบนาน 2 เดือน (ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) พบว่าคะแนนความยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบพบว่ามีค่าคะแนนความยอมรับโดยรวมแตกต่างกันในทุกชุดของการทดลอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผ่านการเก็บรักษาในสภาวะปกติความยอมรับโดยรวม มีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 6 วัน และเมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศความยอมรับโดยรวมมีคะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 8 วัน

คะแนนด้านความยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อใช้วัตถุดิบที่ผ่านการแช่เย็นนานขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVC การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVC ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งในสภาวะบรรยากาศปกติซึ่งมีออกซิเจน ประกอบกับมีความชื้นเพิ่มขึ้นจึงเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ในขณะที่การบรรจุในสภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ (Salmimen, 1996) และสอดคล้องกับ Özogul และคณะ (2003) พบว่าในปลา sardine (*Sardina pilchardus*) เมื่อเก็บรักษาในสภาวะปกติจะมีปริมาณ TVC สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศส่งผลทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง และมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TBARS เนื่องกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์และทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและดีไฮเดรชันหรือออกซิเดชันได้เป็นอัลดีไฮด์ คีโตนและกรดอินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นหืน (Fellows,1992) สอดคล้องกับรายงานของ วรรณวิภา (2546) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS และปริมาณเพอร์ออกไซด์ส่งผลทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงในทุกอุณหภูมิและทุกสภาวะการเก็บรักษา



ภาพที่ 77. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนความยอมรับโดยรวม; คะแนนความยอมรับโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความยอมรับโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึงยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ



ภาพที่ 78. คะแนนความยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 2 เดือน (ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งผลิตจากวัตถุดิบปลากะตักต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่านาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 วัน) (n=3) (ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ±SD ของคะแนนความยอมรับโดยรวม; คะแนนความยอมรับโดยรวมที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความยอมรับโดยรวมระหว่างชุดทดลองที่แตกต่างกันในระยะเวลาอบเดียวกัน) หมายเหตุ; 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งคุณภาพต่ำที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึงยอมรับมากที่สุดแสดงว่าผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

1. องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบปลากะตักสดและปลากะตักต้ม พบว่าปริมาณโปรตีน, ไขมันและปริมาณ TVC ในวัตถุดิบปลากะตักสดมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบปลากะตักต้ม ($p<0.05$) ในขณะที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในวัตถุดิบปลากะตักต้มมีปริมาณสูงกว่าวัตถุดิบปลากะตักสด ($p<0.05$)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการแช่เย็น

จากการติดตามผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการการแช่เย็นแตกต่างกัน 2 แบบคือการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งและการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า นาน 10 วัน พบว่าคุณภาพของวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในวัตถุดิบที่เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่า การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกโดยการแช่เย็นในเกล็ดน้ำแข็งทำให้ปริมาณ TVB-N, TMA-N, TVC, ค่า K และฮีสตามีนต่ำกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีใช้ลมเย็นเป่า เนื่องจากการใช้น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อการเกิดไตรเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน แอมโมเนียและสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของปลาได้ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ฮิสตีดีนดีคาร์บอกซิเลสในการย่อยกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระเป็นฮีสตามีนได้ดี

3. วิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง

การเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกแช่เย็นต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้งพบว่า ปริมาณความชื้นและ TVC ในปลากะตักลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ขณะที่ปริมาณของเพอร์ออกไซด์, TBARS, กรดไขมันอิสระและฮีสตามีน มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) และในวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกที่ผ่านการแช่เย็นโดยใช้ลมเย็นเป่าก่อนนำไปอบแห้งส่งผลทำให้ปริมาณของเพอร์ออกไซด์, ปริมาณ TBARS และกรดไขมันอิสระที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งสูงกว่าการเก็บรักษาในเกล็ดน้ำแข็ง

4. วิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน

จากผลของวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติและเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ พบว่าในสภาวะของการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติผลิตภัณฑ์ปลากะตักอบแห้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันอย่างรวดเร็วจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาผลของวิธีการแช่เย็นและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในปลากะตักต้มอบแห้งพบว่าวิธีการแช่เย็นวัตถุดิบปลากะตักเริ่มต้นส่งผลต่อคุณภาพและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้งและผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำข้อมูลจากโครงการวิจัยไปปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งที่มีคุณภาพสูง รวมทั้งจัดเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงอุตสาหกรรมการผลิตปลากะตักต้มอบแห้งของประเทศไทย เพื่อผลิตให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงเพื่อรองรับการแข่งขันด้านการผลิต และเตรียมความพร้อมในการรองรับการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษาวัตถุดิบปลากะตักสดและต้มสุกโดยการแช่เย็น

2. ควรมีการศึกษาการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดระยะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้ง

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2547. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545. เอกสารฉบับที่ 30/2547.

กรมประมง. 2555. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553. เอกสารฉบับที่ 12/2555.

ปราณี ศรีสมบูรณ์, จันทร์ฉาย แจ้งสว่าง และมาลี เจริญวิทย์วรกุล. 2538. การศึกษาฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาบางชนิด. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 25 : 35-42.

ไพโรจน์ ซ้ายเกลี้ยง. 2533. การประมงปลากะตัก. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 43 : 339-348.

วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์, อรวรรณ คงพันธุ์, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, จณิสตา ภัทรวิวัฒน์, วรรณวิภา สุวรรณรักษ์และจิราภรณ์ รุ่งทอง. 2547. ผลของความสดและกระบวนการผลิตต่อคุณภาพปลากะตักต้มตากแห้ง. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 57 : 27-32.

วรรณวิภา สุวรรณรักษ์. 2546. ดัชนีชี้วัดคุณภาพปลากะตักต้มตากแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน จังหวัดภูเก็ต. 2539. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการศึกษาชีวประวัติปลากะตัก.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2554. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โฮเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล. 2539. ผลของกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรวรรณ คงพันธุ์, วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, จณิสตา ภัทรวิวัฒน์, วรรณวิภา สุวรรณรักษ์ และจิราภรณ์ รุ่งทอง. 2546. คุณภาพปลากะตักต้มตากแห้งของไทย. การสัมมนาวิชาการประมง ณ กรมประมง. หน้า 119.

Aksnes, A. and Brekken, B. 1988. Tissue degradation, amino acid liberation and bacterial decomposition of bulk stored capelin. J. Sci. Food Agric. 45 : 53-60.

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

AOAC. 1999. Free fatty acid. Offical methods of analysis, 16th ed. Association of official analytical chemists, Gaithersburg.

AOAC. 2000. Microbiological methods. Official methods of analysis, 17th ed. Association of official analytical chemists. Gaithersburg.

Arnold, S. H., and Brown, W. D. 1978. Histamine toxicity from fish products. In Adv. Food Res. 24 : 114-154.

Ashie, A., Smith, P., and Simpson, K. 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 36 : 87-121.

Aubourg, S., Gallardo, J. M., Medina, I. and Perez-Martin, R. 1995. Fluorescent compound formation in sardine muscle during refrigeration and frozen storage. Food Chem. 3 : 579-583.

Aubourg, S., Quitral, V., Larraín, M. A., Rodríguez, A., Gómez, J., Maier, L. and Vinagre, J. 2007. Autolytic degradation and microbiological activity in farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during chilled storage. Food Chem. 104 : 369-375.

Aubourg, S., Sotelo, C. G. and Gallardo, J. M. 1997. Quality assessment of sardines during storage by measurement of fluorescent compounds. J. Food Sci. 62 : 295-298.

Bahmani, Z. A., Reza, M., Hosseini, S. V., Regenstein, J. M., Bohme, K., Alishahi, A. and Yadollahi, F. 2011. Chilled storage of golden gray mullet (*Liza aurata*). J. Food Sci. Tech. 44 : 1894-1900.

Barat, J. M., Gallart-Jornet, L., Andres, A., Akse, L., Carlehog, M. and Skjerdal, O. T. 2006. Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stage. J. Food Eng. 73 : 9-19.

Barat, J.M., Rodriguez-Barona, S., Andres, A. and Fito, P. 2002. Influence of increasing Brine concentration in the cod-salting process. J. Food Sci. 67 : 1922-1925.

Bellagha, S., Sahli, A., Farhat, A., Kechaou, N. and Glenza, A. 2007. Studies on salting and drying of sardine (*Sardinella aurita*): experimental kinetics and modeling. J. Food Eng. 78 : 947–952

Ben, B., Juan, M., Villa, T. G. and Barros, J. 1999. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. J. Food Sci. 64 : 20-24.

Benjakul, S., Visessanguan, W. and Tueksuban, J. 2003a. Changes in physicochemical properties and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*) during post-mortem storage in ice. Food Chem. 80 : 535-544.

Bilinski, E., Jonas, R. E. E. and Lua, Y. C. 1978. Chill storage and the development of rancidity in frozen pacific herring. J. Fish. Res. Board. Can. 35, 473-477.

Bligh, E. G., Dyer, W. J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Chem. 37: 911-917.

Bligh, E. G., Shaw, S. J. and Woyewoda, D. A. 1988. Effects of drying and smoking on lipids of fish, pp. 41-52. *In* J.R. Burt. ed. Fish Smoking and Drying : The effect of smoking and drying on the nutritional properties of fish. Elsevier applied Sci. London.

Botta, J. R. and Shaw, D. H. 1976. Chemical and sensory analysis of rundnose grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) stored in ice. J. Food Sci. 41 : 1285-1288.

Bremmer, H. A. 2000. Towards a practical definition of quality for food science. Critical Reviews Food Sci. Nutrition. 40 : 83-90.

Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W. and Hall, C. W. 1981. Drying Cereal Grains. The AVI Publ. Co. Inc. Westport. Connecticut. USA. p. 265.

Cai, P., Herrison, M. A., and Silva, J. L. 1997. Toxin production by *Clostridium botulinum* type E in packaged channel catfish. J. Food. Prot. 60 : 1358-1363.

Castro, C. B., Pires, D. O., Medeiros, M. S., Loiola, L.L., Arantes. R. C. M., Thiago, C. M. and Berman, E. 2006. Cnidaria. *In* Lavrado HP, Ignacio BL eds. Biodiversidade bentica da costa central a Zona Economica Exclusiva Brasileira. Museu acional. Rio de Janeiro. Livros. p. 147–192.

Celik, U., Altınelataman, C., Kısla, D. and Dincer, T. 2011. Proximate composition of red band fish (*Cepola macrophthalma, Linnaeus*, 1758) and its quality changes during refrigerated storage (4±2°C). J. Fisheries Aquatic Sci. 11: 609-614.

Chng, N. M. 1992. Determination of moisture. *In* K. Miwa and L.S. Jai eds. Laboratory manual analytical method and procedures for fish and fish product. pp. A1.1-A1.3. Southeast Asian Fisheries Development Center.

Chotimarkorn, C. 2011. Quality changes of anchovy (*Stolephorus heterolobus*) under refrigerated storage of different practical industrial methods in Thailand. J. Food Sci. Tech.

Chow, C. K. 2000. Fatty acids in foods and their implications. Marcel Dekker Inc., New York.

Clucas, I. J. 1982. Fish handling, Preservation and processing in the tropical: part 2. Tropical products institute.

Decker, E. A. and Hultin, H. O. 1990. Factors influencing catalysis of lipid oxidation by the soluble fraction of mackerel muscle. J. Food Sci. 55 : 947-950.

Dincer, I. 1995. Cooling parameters and film conductances of spherical product cooled in air flow. Apply Energy. 50 : 269-280.

Dincer, I. 1996. Sun drying of sultana grapes. Drying Technology. 14 : 1827-1838.

Ehira, S. and Uchiyama, H. 1987. Determination of fish freshness using the K value and comments on some other biochemical changes in relation to freshness. *In*: Kramer D. E., Liston J eds. Seafood Quality Determination. Elsevier Science Publisher B. V. Amsterdam. pp. 1850-207.

Esper, A. and Muhlbauer, W. 1998. Solar drying an effective mean of food reservation. Renewable Energy. 15 : 95-100.

FAO. 1981. The prevention of losses in cured fish. FAO Fisheries Technical Paper No. 291. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

FDA. 2001. FDA and EPA guidance levels. *In* : Fish and fishery products harzards and controls guide. 3rd edition. Department of Health and Human Services. Washington. DC.

Fernandez, J., Perez-Alvarez, J. A. and Fernandez-Lopez, J. A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chem. 59 : 343-353.

Fellows, P. 1992. Food Processing Technology: Principles and Practice. Ellis Horwood Limited, West Sussex.

Frank, H. A., J. D. Baranoski., M. Chongsiriwatana, P. A. Brust and R. J. Premaratne. 1985. Identification and decarboxylase activities of bacteria isolated from decomposed mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) after incubation at 0 and 32 °C . Int. J. Food Microbiol. 2 : 331-340.

Frankel, E. N. 1991. Review: Recent advances in lipid oxidation. J. Sci. Food Agric. 54 : 495-511.

Fraser, O. P., and Sumar, S. 1998. Compositon changes and spoilage fish (part II) microbiological induced deterioration. Nutr. Food Sci. 6 : 325-329.

Gandemer, G. and Meynier, A. 1995. The importance of phospholipids in the development of flavour and off-flavour in meat products. *In* K. Lundstrom. I.Hansson, & E. Wiklund eds. Composition of meat in relation to processing, nutritional and sensory quality: from farm to fork. pp. 119-128.

Goulas, A. E. and Kontominas, M. G., 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. Food Chem. 93 : 511-520.

Graham, W. G. 1996. Methods for preservation and extension of shelf life. Int. J. Food Microbiol. 33 : 51-64.

Gram, L. and Huss, H. H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. Int. J. Food Microbiol. 33 : 121-137.

Harris, P., Tall, J. 1989. Rancidity in fish. *In* J.C. Allen and R.J. Hamilton eds. Rancidity in food. pp. 25-59. Backie Academic and Professional. London.

Heen, E. 1982. Developments in chilling and freezing of fish. Int. J. Refrigeration. 5 : 45-49.

Hernandez-Herrero, M., Roig-Sagues, A., Lopez-Sabater, E., Rodriguez-Jerez, J. and Mora-Ventura, M. 1999. Total volantile basic nitrogen and other hysicochemical and microbiological characteristic as related to repining of salted anchovies. J. Food Sci. 64 : 344-347.

Higuera-Ciapara, I., Noriega, y. and Orozco L. O. 2000. Mandatory aspects of the seafood HACCP system for the USA, Mexico and Europe. Food Control. 11: 225-229.

Huang, C. H., Hultin, H. O. and Jafa,. S. S. 1993. Some aspects of Fe^{2+} catalyzed in fish sarcoplasmic reticular lipid. J. Agri. Food Chem. 41 : 1886-1892.

Hultin, H. O., 1994. Oxidation of lipids in seafood. *In* F. Shahidi and F. J.R. Botta eds. Seafood Chemistry. Processing Technology and Quality. pp. 124-215. Blackie Academic and Processional. London.

Hungerford, J.M. 2010. Scombroid poisoning: A Review. Toxicon. 56 : 231-243.

Huss, H. H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO. 348.

Huss, H. H. 1988. Fresh Fish-Quality and Quality Changes. FAO. 29.

Hwang, C. C., Lin, C. M., Kung, H. F., Huang, Y. L., Hwang, D. F., Su, Y. C. and Tsai, Y. H. 2012. Effect of salt concentrations and drying methods on the quality and Formation of histamine in dried milkfish (*Chanos chanos*). Food Chem. 135 : 839-844.

ICMSF. 1987, ICMSF Methods 1, 2nd.

Jain, D. 2006. Determination of connective heat and mass transfer coefficients for solar drying of fish. Biosystems Engineering. 94 : 429-435.

Jain, D., Pathare, P.B. 2007. Study the drying of open sun drying of fish. J. Food Eng. 78 : 1315-1319.

Jamasuta, G. P. 1990. Penerapan sistem diskontitinus marinading suhu rendah pada pembuatan pindang kukus ikan lemuru. Laporan Penelitian Universitas Udayana Denpasar.

Jeyasekaran, G. and Shakila, R. J. 2003. Occurrence of biogenic amine forming bacteria in cured Fishery products of thoothukkudi region of Tamil Nadu, India. Asian Fish. Sci. 16 : 195-202.

Kanner, J. 1994. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. Meat Sci. 36, 169-189.

Kanner, J., German, B. and Kinsella, J. F. 1987. Intiation of lipid peroxidation in biological systems. Critical Reviews Food Sci. Nutrition. 25 : 317-364.

Karungi, C., Byaruhanga, Y. B. and Muyonga, J. H. 2004. Effect of pre-icing duration on quality deterioration of iced nile perch (*Lates niloticus*). Food Chem. 85 : 13-17.

Ke, P. E., Cervantes, E. and Martinez, R. C. 1984. Determination of thiobarbituric reactive substances (TBARS) in fish tissue by and improve spectrophotometric method. J. Sci. Food Agric. 35 : 1248-1254.

Khayat, A. and Schwall, D. 1983. Lipid oxidation in seafood. Food technol. 9 : 130-140.

Kilic, B. 2009. Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. J. Aquat. Food Prod. Technol. 18 : 3-17.

Kilinc, B. 2007. Microbiological, sensory and color changes of anchovy (*Engraulis Encrasicholus*) patties during refrigerated storage. J. Muscle Food. 20 : 129-137.

King, A. D., and Nagel, C. W. 1967. Growth inhibition of *Pseudomonas* by carbon dioxide. J. Food Sci. 32 : 575.

Koelsch, C. M., Downes, T. W. and Labuza, T. P. 1991. Hexanal formation via lipid oxidation as a function of oxygen concentration. Measurement and kinetics. J. Food Sci. 56 : 816-834.

Koizumi, C., Terashima, H., Wada, S. and Nonaka, J. 1980. Lipid oxidation of salted freez-dried fish meats at different equilibrium relative humidities. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries. 44 : 209-216.

Labuza, T. P. and Dugan Jr., L. R. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2 : 355-405.

Lakshmisha, I. P., Ravishankar, C.N., Ninan, G., Mohan, C.O. and Gopal, T.K. 2008. Effect of freezing time on the quality of indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during frozen storage. J. Food Sci. 73 : 345-353.

Lehane, L. and Olley, J. 2000. Histamine fish poisoning revisited. Int. J. Food Microbiol. 30 : 1-37.

Liu, S., Fan, W., Zhong, S., Ma, C., Li, P., Zhou, K., Peng, Z. and Zhu, M. 2010. Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0°C based on sensory, microbiological, biochemical and physical attributes. J. Biotechnol. 9 : 692-701.

Lopez-Sabater, I. E., Rodríguez-Jerez, J. J., Roig-Sagues, A. X. and Teresa Mora-Ventura, M. A. 1994. Bacteriological quality of tuna fish (*Thunnus thynnus*)Destined for canning : Effect of tuna handling on presence of histidine decarboxylase bacteria and histamine level. J. Food Prot. 57: 318 –323.

Madhavi, D. L., Jadhav, S. J., Nimbulkar, S. S. and Kulkani, A. D. 1996. Lipid oxidation in biological and food systems. *In* Food Antioxidants. (Madhavi,D.L.,Deshpande, S.S. And Salunkhe, D.K.eds.). Marcel Dekker. Inc. New York.

Mazorra-Manzano, M .A., Pacheco-Aguilar, R.., Dîaz-Rojas, E.I. and Lugo-Danchez, M. E. 2000. Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. J. Food Sci. 65: 774 –779

Mbarki, R., Sadok, S. and Barkallah, I. 2009. Quality changes of the mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) during chilled storage : The effect of low-dose gamma irradiation. J. Chem. Phys. 78 : 288–292.

Moral, C. A. 2001. Production of biogenic amines and their potential use as quality control indices for hake (*Merluccius merluccius*, L.) stored in ice. J. Food Sci. 66 : 1030-1032.

Morkore, T., Rodbotten, M., Vogt, G., Fiaera, S. O., Kristiansen, I. O. and Manseth, E. 2010. Relevance of season and nucleotide catabolism on changes in fillet quality during chilled storage of raw atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Food Chem. 119 : 1417-1425.

Nguyen, M. V., Thorarinsdottir, K. A., Thorkelsson, G., Gudmundsdottir, A. and Arason, S. 2012. Influences of potassium ferrocyanide on lipid oxidation of salted cod (*Gadus morhua*) during processing, storage and rehydration. Food Chem. 131 : 1322-1331.

Nielson. J., Hylding. G. and Larsen. E. 2002. Eating quality of fish. A review. J. Aquat. Food Pro. Technol. 11 : 125-141.

Norhana, W. N. M., Poole, E. S., Deeth, C. H. and Dykes, A. G. 2011. Effects of nisin, EDTA and salts of organic acids on *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* and native microflora on fresh vacuum packaged shrimps stored at 4° C. J. Food Microbiol.12 : 68-75.

Nourooz-Zadeh, J., Tajaddini-Sarmadi, J., Birlouez-Aragon, I. and Woff, S. P. 1991. Measurement of hydroperoxide in edible oil using ferrous oxidation in xylenol orange assay. J. Agri. Food. Chem. 43 : 17-21.

Öezogul, F., Taylor, K. D., Öuantick, P. and Öezogul, Y. 2000. Chemical microbiological and sensory evaluation of atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. Food Chem. 71 : 267-273.

Opstvedt, J. 1988. Influence of drying and smoking on protein quality. *In*. J.R. Burt. ed. Fish Smoking and Drying : The Effect of Smoking and Drying on the Nutritional Properties of Fish. pp. 23-40. Elsevier Applied Science. London.

Özogul, Y., Özogul, F., Kuley, E., Özkutuk, A. S., Gokbulut, C. and Kose, S. 2006. Biochemical, sensory and microbiological attributes of wild turbot (*Scophthalmus maximus*), from the black sea, during chilled storage. Food Chem. 99 : 752-758.

Özogul, F., Özogul, Y. and Kuley, E. 2008. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wide white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice at chill temperature (4°C). Food Chem. 108 : 933-941.

Özogul, Y., Özyurt, G., Özogul, F., Kuley, E. and Polat, A. 2005. Freshness assessment of european eel (*Anguilla anguilla*) by sensory chemical and microbiological methods. Food Chem. 92, 745-751.

Özogul F., Taylor K. D. A. and Özogul Y. 2002. Biogenic amines formation in Atlantic Herring (*Clupea harengus*) stored under modified atmosphere packaging using a rapid HPLC method. J. Food Sci. Technol. 37 : 515-522.

Özkan Ö. 2005. Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. J. Sci. Food. Agric. 85 : 2015–2020.

Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S. and Özogul, F. 2009. Sensory microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. Food Chem. 114 : 505-510.

Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M.E. and Robles-Burgueno, M. R. 2000. Postmortem biochemical and functional characteristic of monterey sardine muscle stored at 0 $^{\circ}$C. J. Food Sci. 65 : 40-47.

Parry, R. T. 1993. Principles and applications of modified atmosphere packaging of Food. ed. by R.T. Parry. pp. 1-18. Glasgow. UK, Blackie.

Petillo, D. and Hultin, H. O., 1995. Antioxidant loss in atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) light and dark muscle. *In* IFT Annual Meeting. p. 180.

Pons- Sanchez-Cascado, S., Vidal-Carou, M. C., Nunes, M. L. and Veciana-Nogues, M. T. 2006. Sensory analysis to assess the freshness of mediterranean anchovies (*Egraulis encrasicholus*) stored in ice. Food Control. 17 : 564-569.

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

Rodríguez, A., Losada, V., Larraín, M. A., Quitral, V., Vinagr, J. and Aubourg, S. P. 2007. Development of lipid changes related to quality Loss during the frozen storage of farmed Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). J. Am. Oil Chem. Soc 84 : 727-734.

Rodríguez, O., Velázquez, J. B., Piñeiro, C., Gallardo, J. M. and Aubourg, S. P. 2006. Effects of storage in slurry Ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). Food Chem. 95 : 270-278.

Rodriguez, O., Losada, V., Aubourg, S. and Barrous-Velazquez. J. 2005. Sensory, microbial and chemical effects of a slurry ice system on horse mackerel (*Trachurus trachurus*). J. Sci. Food Agric. 85 : 235-242.

Ryder, J. M. 1985. Determination of adenosine triphosphate and its breakdown product in fish muscle by the high performance liquid chromatography. J. Agri. Food. Chem. 33 : 678-680.

Rice-Evans, C. A., Diplock, A. T. and Symis, M. C. R. 1991. Technique in free radical research. *In* R. H. Burton ed. Laboratory technique in biochemistry and molecular biology. pp. 141-146. Elsvier. Amsterdam.

Saito, T., Arai, K. and Matuyoshi, M. 1959. A new method for estimating the freshness of fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries. 24 : 749-750.

Salmimen, A. 1996. The effect of ethanol and oxygen absorption on the shel-life of packed slice rye bread. J. Technol. Sci. 9 : 29–42.

Shah, A., Tokunaga, C., Kurihara, H. and Takahashi, K. 2009. Changes in lipids and their contribution to the taste of migaki-nishin (dried herring fillet) during drying. Food Chem. 115 : 1011-1018.

Siang, N. C. and Kim,. L. L.1992. Determination of trimethyllamine oxide (TMAO-N), trimethylamine (TMA-N), total volatile basic nitrogen (TVB-N) by conway's microdiffusion method. *In* K. Miwa and L. S. Jai eds. Laboratory manual on analytical methods procedures for fish and fish products. pp. B 3.1-B 3.7. Southeast Asian Fisheries Development Center.

Sikorski, Z. E., Kolakowska, A. and Burt, J. R. 1990. Postharvest biochemical and Microbial changes. *In* Z.E. Sikorski Ed. Seafood: Resources. Nutritional Composition andPreservation. pp. 55-75. Boca Raton FL. USA.

Smith, J. G. M., Hardy, R., McDonal, I. and Templeton, J. 1980. The storage of herring (*Clupea harengus*) in ice, refrigerated sea water and at ambient temperature. Chemical and sensory assessment. J. Sci. Food Agric. 31 : 375-385.

Sohn, J. H., Taki, Y., Ushio, H., Kohata, T., Shioya, I. and Ohshima, T. 2005. Lipid oxidations in ordinary and dark muscles of fish: Influences on rancid off-odor development and colour darkening of yellowtail flesh during ice storage. J. Food Sci. 70 : 490-496.

Sultana B., Anwar F. and Ashraf M., 2009. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. Molecules. 14 : 2167-2180.

Surette, M. E., Gill, T. A. and Leblanc, P. J. 1988. Biochemical basis of postmortem nucleotide catabolism in cod (*Gadus morhua*) and its relationship to spoilage. J. Agric Food Chem. 36 : 19-22.

Suryaningrum, T. D. and Syamdidi, S. 2013. Quality deterioration of boiled salted carpfish (*Cyprinus carprio*), Processed using different cooking methods, during chilling storage. J. Squalen Bulletin of Marine & Fisheries Postharvest & Biotechnology. 8 : 77-86.

Takiguchi, A. 1996. Changes in free amino acid composition caused by lipid oxidation in pulverized niboshi (boiled and dried anchovy (*Engraulis japonicas*)) during storage. Fish. Sci. 62 : 240-245.

Tao, F., Yokozawa, M. and Zhang, Z., 2009. Modelling the impacts of weather and climate variability on crop productivity over a large area: a new process-based model development, optimization, and uncertainties analysis. Agric. For. Meteorol. 149 : 831-850.

Taylor, S. L. 1986. Histamine food poisoning : Toxicology and clinical aspects. CRC Crit. Rev. Toxicol. 17, 91-128.

Taylor, S. L. and Speckhard, M. W. 1984. Inhibition of bacterial histamine production by sorbate and other antimicrobial agents. J. Food Protect. 47 : 508-511.

Taylor, S.L. and N.A. Woychik. 1982. Simple medium for assessing quantitative production of histamine by enterobacteriaceae. J. Food Prot. 45 : 747-751

Teixeira, M. B. F. and Tobinaga, S. 1998. A diffusion model for describing water Transport in round spuid mantle during drying with a moisture-dependent effective diffusivity. J. food Eng. 36 : 169-181.

The Council of the European Communities. 1991. Official Journal of the European Communities : Council Directive of 22 July 1991 laying down the health conditions for the production and the placing on the market of fishery products (91/493/EEC). Belgium.

Tokur, B., Ozkütük, S., Atici, E., Ozyurt, G. and Ozyurt, C. E. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (-18 °C). Food Chem. 99 : 335-341.

Tokur, B., Polat, A., Beklevik, G.and Özkütük, S. 2004. Changes in the quality of fishburger produced from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) during frozen storage (-18 °C). Eur. Food Res. Technol. 218 : 420-423.

Uchiyama, H., Ehira, S., Kobayashi, H. and Shimizu, W. 1970. Significance in measuring Volatile base and trimethylamine nitrogen and nucleotides in fish muscle as indices of freshness of fish. Bull. Jap. Soc. Fish. 36 : 177-182.

Undelend, I., Hall, G. and Lingnert, H. 1999. Lipid oxidation in fillets of herring (*Clupea harengus*) during ice storage. J. Agri. Food. Chem. 47 : 524-532.

Wang, H., Gesualdo, A. M., Chan and E. C. 2003. Biochemical and physicochemical characteristics of muscle and natural actomyosin isolated from young atlantic salmon (*Salmo salar)* fillets stored at 0 and 4 °C. Food Chem. Toxicol. 68 : 784-789.

Watanabe, F., Goto, M., Abe, K. and Nakano, Y. 1996. Glutathione peroxidase activity during storage of fish muscle. J. food Sci. 61 : 734-735.

Wootton, M., Silalahi, J. and Wills, R. B. H. 1989. Amine levels in some asian seafood products. J. Sci. Food Agric. 49 : 503-506.

Woyewoda, A. D., Shaw, S. J., Ke, P. J. and Burns, B. G. 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. *In* Halifax NS ed. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Science. 1448 : 125-134.

Yong, L. P. 1992. Measurement of pH. *In* K. Miwa and L. S. Jai eds. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. pp. A 3.1. Southeast Asian Fisheries Development Center.

Zakhia, N., Bohuon, P. and Collignan, A. 1995. A modeling of fish drying kinetics using a combination of surface response methodology and diffusion model. Drying Technology. J. food Sci. 13 : 2038-2096.

Zdzisław, D., Grzegorz, B. and Dominika, P. 2011. Effects of diferent heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius Hypophthalmus*). Acta Sci. Pol. 10 : 359-373.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ก 1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร
2. ชุดกลั่นโปรตีน
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ปิเปตขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
6. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
7. ลูกแก้ว

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข็มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยาใช้คอปเปอร์ซัลเฟต (Cu_2SO_4) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียม ซัลเฟต (N_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 40 (ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร)
4. สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3) เข้มข้นร้อยละ 4 (ละลายกรดบอริก 40 กรัมด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร)
5. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มอล
6. อินดิเคเตอร์เป็นสารผสมระหว่างเมทิลลีนบลู เมทิลเรด และโบรโมคลีซอลกรีน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 – 2 กรัม ใส่ลงในขวดย่อย
2. เติมสารตัวเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข็มข้น 20 มิลลิลิตร
3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ดูดควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว แล้วให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟูริก ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีนให้หมดสารสะลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
6. จัดชุดกลั่น
7. รองรับสิ่งที่กลั่นโดยนำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดบอริก (H_3BO_3) เข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด โดยให้ปลายสายยางที่ต่อจากเครื่องควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก

8. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปต ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างแล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 มิลลิลิตร

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนได้สารละลายสีชมพู

10. ทำ blank ด้วยวิธีเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2 – 9

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 6.25}{W}$$

โดย A = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)
W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)
14 = น้ำหนักสมมูลย์ของไนโตเจน
6.25 = แฟกเตอร์

ก 2. วิธีวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลั่น สำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน
2. หลอดตัวอย่าง
3. ลำสี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยลำลี
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4. เตรียมสารละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาตร 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา

5. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน

6. ทำการสกัดเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่น ด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

7. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจากซอคเลตลงในขวดกลมจนหมด

8. ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ

9. นำขวดหาไขมันอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

10. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ก 3. วิธีวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมครอไรด์ (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. Hot plate
2. ตู้ดูดควัน
3. บิวเรต ขนาด 50 และ 20 มิลลิลิตร
4. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. กระดาษกรอง Whateman No.1

สารเคมี

1. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 นอร์มอล
2. สารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนท 0.1 นอร์มอล
3. กรดไนตริกเข้มข้น
4. 5% Ferric alum indicator

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอนในช่วง 1-2 กรัม ในขวดรูปชมพู่

2. เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 นอร์มอล 10-20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. ต้มสารละลายในตู้ดูดควันประมาณ 10 นาที แล้วทิ้งให้เย็น

4. กรองสารละลายที่ได้ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5. เติมสารละลาย Ferric alum ลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วย สารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนท 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีชมพูอ่อน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโซเดียมครอไรด์ (ร้อยละ)} = \frac{\{(\text{มล.} \times \text{N})\ AgNO_3 - (\text{มล.} \times \text{N})\ KSCN\}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ก 4. การวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และ ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) โดยวิธี Conway's micro-diffusion method (Siang และ Kim, 1992)

สารเคมี

1. 4% Trichloroacetic acid (TCA): ละลาย TCA 40 กรัม ในน้ำกลั่น 960 มิลลิลิตร

2. สารละลาย mixed indicator: ละลาย bromocresol green (BCG) 0.01 กรัมและ methyl red (MR) 0.02 กรัม ในเอทานอล 10 มิลลิลิตร

3. สารละลาย Inner ring (1% boric solution + indicator): ชั่ง boric acid 10 กรัมใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร เติมเอทานอล 200 มิลลิลิตร หลังจากกรดบอริกละลายเติม mixed indicator 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายอิ่มตัว Potassium carbonate (K_2CO_3): ละลาย K_2CO_3 60 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเล็กน้อย 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง

5. 0.02 N Hydrochloric acid: เจือจางสารละลายมาตรฐาน 1N HCl 20 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

6. สารละลายฟอร์มาลดิไฮด์ร้อยละ 10 (เติม $MgCO_3$ 10 กรัม ลงใน Formalin 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วกรองผ่านกระดาษกรองทำให้เจือจาง 3 เท่า ด้วยน้ำกลั่น)

7. วาสลีน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัมมาเติม 4% TCA จำนวน 8 มิลลิลิตร

2. โฮโมจิไนส์ให้ละเอียด ทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3. นำสารผสมกรองผ่านกระดาษกรอง Whateman เบอร์ 41 ปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร

4. ทาวาสลีนที่ขอบฝาจานคอนเวย์

5. นำสารละลายตัวอย่างและสารละลายต่างๆ เติมลงใน Conway ตามลำดับดังนี้

1) Sealing agent

2) Inner ring – 1% boric acid with indicator 1 มิลลิลิตร

3) Outer ring – สารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (กรณีที่เป็น blank test ใช้ 4% TCA 1 มิลลิลิตรแทน)

4) Outer ring - สารละลายอิ่มตัว K_2CO_3 1 มิลลิลิตร

6. หลังจากเติมสารทั้งหมดลงไปแล้ว ควรรีบปิดฝา Conway ทันที และหนีบด้วย Clip จากนั้นผสมสารละลายที่อยู่ใน outer ring โดยหมุนเบาๆ

7. วาง Conway ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หรืออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 100 นาที หรืออุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

8. ไตเตรทสารละลาย inner ring ด้วย 0.02 N HCl จนสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N)(14)(A-B)(V)(100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = Normality ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท

A = มิลลิลิตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท blank

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและสารละลายไตรคลอโรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

การหาค่า TMA-N

1. ทำเช่นเดียวกันกับการหา TVB-N ข้อ 1-4

2. นำสารละลายตัวอย่างและสารละลายต่างๆ เติมลงใน Conway ตามลำดับดังนี้

1) Sealing agent

2) Inner ring – 1% boric acid with indicator 1 มิลลิลิตร

3) Outer ring – สารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (กรณีที่เป็น blank test ใช้ 4% TCA 1 มิลลิลิตรแทน)

4) Outer ring – สารละลายฟอร์มาดิไฮด์ร้อยละ 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับตัวอย่าง

3. หลังจากเติมสารทั้งหมดลงไปแล้ว ควรรีบปิดฝา Conway ทันที และหนีบด้วย Clip จากนั้นผสมสารละลายที่อยู่ใน outer ring โดยหมุนเบาๆ

4. วาง Conway ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หรืออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 100 นาที หรืออุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

5. ไตเตรทสารละลาย inner ring ด้วย 0.02 N HCl จนสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N)(14)(C-B)(V)(100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = Normality ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท

C = มิลลิลิตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท blank

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและสารละลายไตรคลอโรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

ก 5. วิธีการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Yong, 1992)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช
2. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร โฮโมจิไนส์เป็นเวลา 2 นาที
2. วัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่องวัดพีเอช

ก 6. วิธีการสกัดไขมัน (Bligh และ Dyer, 1959)

วิธีการ

1. นำตัวอย่างเนื้อปลา 25 กรัม
2. เติมคลอโรฟอร์มต่อเมทานอลต่อน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 50 ต่อ 100 ต่อ 50 (ปริมาตรต่อปริมาตรต่อปริมาตร) 200 มิลลิลิตร ก่อนนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ ที่ความเร็วรอบ 9500 ต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

3. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยโฮโมจีไนเซอร์อีกครั้ง เป็นเวลา 30 วินาที นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวก์ 3000g ที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที

4. แยกชั้นคลอโรฟอร์ม นำไประเหยคลอโรฟอร์มออกไปให้หมดด้วยเครื่อง Rotary evaporator เก็บไขมันที่ได้ใส่ในขวดสีชา พ่นก๊าซไนโตรเจนลงไปแล้วปิดฝาขวดให้แน่นเก็บในตู้แช่แข็ง

ก 7. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (AOAC, 1999)

วิธีการ

1. ชั่งไขมันที่สกัดได้ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่
2. เติม เอทานอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร
3. เติมอินดิเคเตอร์ (ฟีนอฟทาลีน) 3-5 หยด
4. นำไปไตเตรตด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N จนเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\% \text{ กรดไขมันอิสระ} = \frac{(\text{ปริมาตร KOH})(N)(28.2)}{\text{น้ำหนักตัวอย่างไขมัน}}$$

เมื่อ N = Normality ของ KOH ที่ใช้ไตเตรท

ก 8. การวิเคราะห์ความชื้น (Chng, 1992)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอะลูมิเนียม พร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซสเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความร้อน หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก

2. ทำตามข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง

5. นำออกจากตู้อบไฟฟ้าแล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก

6. อบซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}$$

ก 9. การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสด (K-value) (Ryder, 1985)

สารเคมี

1. กรดเปอร์คลอริก (Perchloric acid, PCA) ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

2. สารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) ความเข้มข้น 10 นอร์มอล ประมาณ 6-8 หยด

3. สารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล

4. สารมาตรฐานของ Adenosine Triphosphate (ATP), Adenosine Diphosphate (ADP), Inosine Monophosphate(IMP), Inosine และ Hypoxanthine

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. เครื่องเซนตริฟิวก์ (Centrifuge)
3. pH meter
4. กระดาษกรองเบอร์ 0
5. เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
6. บีกเกอร์
7. แท่งแก้งคน
8. หลอดเซนตริฟิวก์ (Centrifuge)
9. กรวยกรอง
10. ขวดรูปชมพู่

วิธีการ

1. สกัดสารประกอบในกลุ่มของนิวคลีโอไทด์จากเนื้อปลาที่เก็บรักษาโดยวิธีการตกตะกอนแยกเอาส่วนของโปรตีนออกก่อน

2. ชั่งตัวอย่างปลา 5 กรัมผสมกับกรดเปอร์คลอริก (Perchloric acid, PCA) ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์เซอร์ ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวก์ (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 9000 rpm อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

3. นำส่วนใส 10 มิลลิลิตร มาปรับ pH ให้ได้ 3 ด้วยสารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) ความเข้มข้น 10 นอร์มอล ประมาณ 6-8 หยด แล้วปรับ pH ใหม่ให้ได้ 6.5-6.8 ด้วยสารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล เพื่อตกตะกอน potassium perchlorate เก็บที่ 0 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

4. กรองเพื่อกำจัดตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 0 เก็บตัวอย่างที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ –70 องศาเซลเซียส เพื่อรอการตรวจวัด

5. กรองตัวอย่างด้วยเมมเบรนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 นาโนเมตร แล้วฉีดตัวอย่างสู่เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่บันทึกข้อมูลด้วย Dial array Detector (DAD) ที่ 254 นาโนเมตร ใช้คอลัมน์ RP-C18 stainless-steel ขนาด 25 เซนติเมตร x 3.9 มิลลิเมตร โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ ไดโพแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Dipotassium hydrogen phosphate, KH_2PO_4) ความเข้มข้น 0.04 โมลาร์ และไดโพแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.06 โมลาร์ pH 7.0 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวอย่างที่ฉีด (injection volume) 5 นาโนลิตร และอัตราเร็วการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่เท่ากับ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที

6. การหาระยะเวลาของสารแต่ละชนิดที่ถูกหน่วงอยู่ในคอลัมน์ (retention time) ทำโดยฉีดสารมาตรฐานของ Adenosine Triphosphate (ATP), Adenosine Diphosphate (ADP), Inosine Monophosphate(IMP), Inosine และ Hypoxanthine โดยรายงานข้อมูลในลักษณะของค่า K ที่ได้

การคำนวณ

$$\text{K value} = \frac{[\text{Hypoxanthine} + \text{Inosine}]}{[\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{Inosine} + \text{Hypoxanthine}]} \times 100$$

ก 10. การวิเคราะห์ปริมาณของฮีสตามีน (Özogul และคณะ, 2002)

วิธีการ

1. นำตัวอย่างเนื้อปลา 10 กรัม ผสมกับกรดไตรคลอโรอะซีติก (trichloroacetic acid;TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 2. นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยโฮโมจีไนเซอร์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

3. นำส่วนใส 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายด่างของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรและเบนโซอิลคลอไรด์ (benzoyl chloride) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้ผสมกันเป็นเวลา 1 นาที

4. ทิ้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที แล้วเติมสารละลายด่างของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร การสกัดสารประกอบกลุ่มไบโอจีนิกเอมีนออกมาเป็นสองเท่าด้วย diethyl ether และ pooled ether ปริมาตร 2 มิลลิลิตร สารสกัดอาจระเหยภายใต้ไอน้ำจากก๊าซไนโตรเจน ส่วนที่เหลือก็หายไปกับ acetonitrile ก่อนการวิเคราะห์ ส่วน HPLC ใช้ Shimadzu 6A ที่ติดตั้ง Spherisorb 5 Si C18 column (4.6×250 mm) และเครื่องตรวจจับ diode array (รุ่น SPD-M20A) ที่ 254 นาโนเมตร

ก 11. การวิเคราะห์ปริมาณเพอร์ออกไซด์ (AOAC, 1971)

สารเคมี

1. กรดอะซิติก (CH_3COOH)
2. คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$)
3. สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
4. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. บิวเรต ขาตั้ง
3. ขวดรูปชมพู่
4. กระบอกตวง
5. บิกเกอร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายผสมของกรดอะซิติก (CH_3COOH) และคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) อัตราส่วน 3: 2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลาย

3. เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว

4. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน

5. เติมสารละลายแป้ง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ไทเทรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป คำนวณปริมาณของเพอร์ออกไซด์จากสมการ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเพอร์ออกไซด์} = \frac{\text{normality ของ } Na_2S_2O_3 \times \text{ปริมาตรของ } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (g)}} \times 1000$$

รายงานค่าเป็น miliequivalents ต่อ 1 กิโลกรัมของไขมัน

ก 12. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริค (Rice-Evan และคณะ, 1991)

สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. เติมสารละลายผสมแอนติออกซิแดนท์ 5 หยด และสารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตระอะซิติก (EDTA)
3. สารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตระอะซิติก (EDTA)
4. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
5. สารละลายกรดไทโอบาร์บิทูริค

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โฮโมจิไนเซอร์
2 ชุดกลั่น
3. boiling water bath
4. เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร
5. บีกเกอร์
6. ขวดก้นกลม 150 มิลลิลิตร
7. ปิเปต
8. จุกยาง

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์สำหรับปั่น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผสมนาน 2 นาที

2. เทลงในขวดก้นกลม ขนาด 150 มิลลิลิตร ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น 46.5 มิลลิลิตรแล้วเทผสมกันกับสารละลายตัวอย่าง

3. เติมสารละลายผสมแอนติออกซิแดนท์ 5 หยด และสารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตระอะซิติก (EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 4 นอร์มอล ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตรลงไปเพื่อปรับ pH ให้เป็น 1.5

4. ต่อเข้ากับชุดกลั่น แล้วเริ่มการกลั่นอย่างรวดเร็ว จนได้ของเหลวจากการกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด

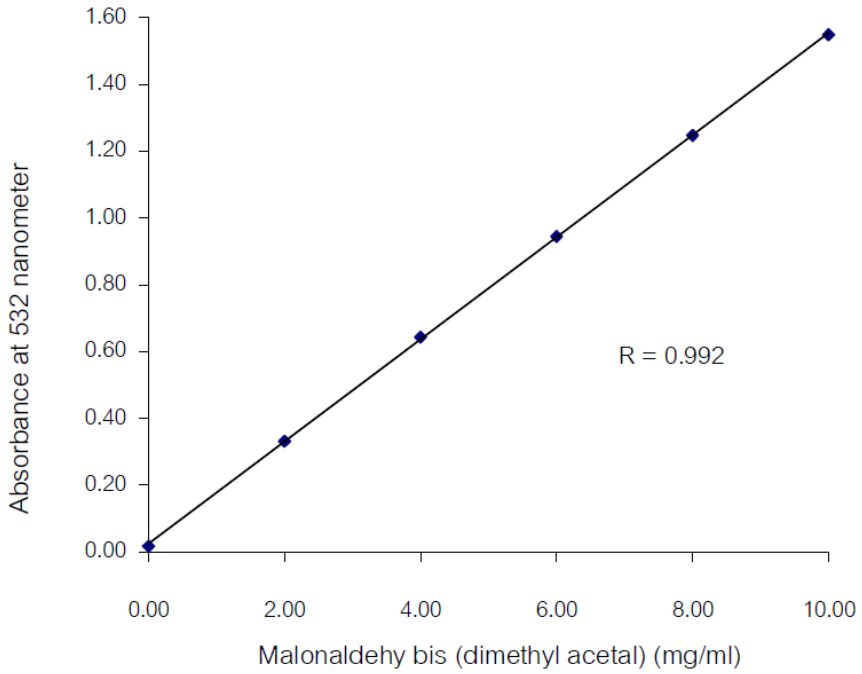
5. เติมสารละลายกรดไทโอบาร์บิทูริค ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน นำไปให้ความร้อนใน boiling water bath นาน 35 นาที จากนั้นใช้น้ำหล่อเย็นนาน 10 นาที

6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร นำค่าที่วัดได้มาคำนวณปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริค

การคำนวณ

$$\text{TBA value} = \frac{500 \times T}{70}$$

โดยค่า T คือค่าความเข้มข้นของมาลอนัลดีไฮด์ (MA) หน่วยเป็นมิลลิกรัม / มิลลิลิตร ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน รายงานค่าเป็นมิลลิกรัมมาลอนัลดีไฮด์ ต่อ 1 กิโลกรัมของตัวอย่าง



รูปผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณมาลอนอัลดิไฮด์ โดยใช้ Malonaldehy bis (dimethyl acetal)

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ข 1. การวิเคราะห์ปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยเทคนิคการ pour plate

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate conut agar (PCA)

2. เปปโตน (peptone water) ร้อยละ 0.1 ในหลอดทดลองปริมาตร 9 มิลลิลิตรและในขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในถุงทนร้อน เติมเปปโตนร้อยละ 0.1 จากขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเข้าเครื่องตีป่น 1-2 นาที

2. เจือจางสารละลายตัวอย่างให้มีระดับความเจือจาง 10^{-2} 10^{-4} โดยใช้เปปโตนร้อยละ 0.1 ในหลอดทดลองปริมาตร 9 มิลลิลิตร

3. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จากแต่ละระดับความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ

4. เททับด้วยอาหาร PCA ประมาณ 15-20 มิลลิลิตร แกว่งจานเพาะเชื้อเบาๆแล้วทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว

5. บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง (กรณีวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง)

6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีระหว่างอยู่ 30-300 โคโลนี และรายงานผลเป็นจำนวน Colony Forming Unit (CFU) ต่อกรัมตัวอย่าง

การคำนวณ

Totel viable count = ค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนี × ระดับความเจือจาง
(CFU/กรัมตัวอย่าง)

ข 2. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราทั้งหมด (AOAC, 2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)

2. เปปโตน (peptone water) ร้อยละ 0.1 ในหลอดทดลองปริมาตร 9 มิลลิลิตรและในขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในถุงทนร้อน เติมเปปโตนร้อยละ 0.1 จากขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเข้าเครื่องตีป่น 1-2 นาที

2. เจือจางสารละลายตัวอย่างให้มีระดับความเจือจาง 10^{-2} 10^{-4} โดยใช้เปปโตนร้อยละ 0.1 ในหลอดทดลองปริมาตร 9 มิลลิลิตร

3. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จากแต่ละระดับความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ

4. เททับด้วยอาหาร PDA ประมาณ 15-20 มิลลิลิตร แกว่งจานเพาะเชื้อเบาๆแล้วทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว

5. บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3-5 วัน

6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีระหว่างอยู่ 30-300 โคโลนี และรายงานผลเป็นจำนวน Colony Forming Unit (CFU) ต่อกรัมตัวอย่าง โดยการคำนวณสูตรเดียวกับปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ค 1. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวัตถุดิบปลากะตักในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา 10 วัน

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด กำหนดให้

9 = ยอมรับมากที่สุด	4 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย
8 = ยอมรับมาก	3 = ไม่ยอมรับปานกลาง
7 = ยอมรับปานกลาง	2 = ไม่ยอมรับมาก
6 = ยอมรับน้อย	1 = ไม่ยอมรับมาก
5 = เฉยๆ	

ปัจจัย	**คะแนนการยอมรับ**				
รหัส	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่นทั้งหมด	_____	_____	_____	_____	_____
ความยอมรับโดยรวม	_____	_____	_____	_____	_____

.....ขอบคุณ.....

ค 1. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวัตถุดิบปลากะตักแช่เย็นในระหว่างการอบแห้ง

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด กำหนดให้

9 = ยอมรับมากที่สุด
8 = ยอมรับมาก
7 = ยอมรับปานกลาง
6 = ยอมรับน้อย
5 = เฉยๆ
4 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย
3 = ไม่ยอมรับปานกลาง
2 = ไม่ยอมรับมาก
1 = ไม่ยอมรับมาก

ปัจจัย	**คะแนนการยอมรับ**				
รหัส	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่นทั้งหมด	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่นหืน	_____	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____	_____

.....ขอบคุณ.....

ค 1. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด กำหนดให้

9 = ยอมรับมากที่สุด
8 = ยอมรับมาก
7 = ยอมรับปานกลาง
6 = ยอมรับน้อย
5 = เฉยๆ
4 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย
3 = ไม่ยอมรับปานกลาง
2 = ไม่ยอมรับมาก
1 = ไม่ยอมรับมาก

ปัจจัย	**คะแนนการยอมรับ**				
รหัส	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่นทั้งหมด	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่นหืน	_____	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____	_____
ความยอมรับโดยรวม	_____	_____	_____	_____	_____

.....ขอบคุณ.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวระวิวรรณ สวัสดิ์อุบล
รหัสประจำตัวนักศึกษา 5440320104

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (ความปลอดภัยอาหาร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี	2553

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
ทุนจากสถานวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพสัตว์น้ำประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2555

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Rawiwan Sawatubon and Chatchawan Chotimarkorn. 2013. Postmortem changes of anchovy (*Stolephorus heterolobus*) under refrigerated storage. The Journal of Interdisciplinary Network. 2 : 238-245.

Rawiwan Sawatubon and Chatchawan Chotimarkorn. 2014. Effects of various salting methods on the quality of anchovy (*Stolephorus heterolobus*). *In* Proceeding of the 1st Joint ACS AGFD- ACS ICSCT on Agricultural and Food Chemistry, Thailand. 4-5 March 2014. p. 260-265.