



รายงานวิจัย

การพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

อาหารพื้นบ้านเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม : ปลาทุแวกแดดเดียว

Process development and shelf life prolonging of
traditional food for adding value to product: Half-
dried salted fish (*Decapterus maruadsi*)

จริยา สุขจันทรา

พาริตะ ปือราเฮง

คอรุณนิสา มะลุมุ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณบำรุงการศึกษา 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน
เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม : ปลาทุแวกแดดเดียว

ผู้วิจัย จริญญา สุขจันทร์
พาริตะ ปือราเฮง
คอรุณนิสา มะลุม

คณะ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา

ปี 2555

บทคัดย่อ

ปลาเค็ม เป็นอาหารคู่ครัวของคนไทยมาตั้งแต่โบราณจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ยังใช้กรรมวิธีแบบพื้นบ้าน ทำให้รสชาติและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันตามแหล่งผลิต และชนิดของปลาที่นำมาเป็นวัตถุดิบ ดังนั้นจึงศึกษาวิธีการผลิตที่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาปลาทุแวกเค็มซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ โดยศึกษาปริมาณเกลือและระยะเวลาต้องเกลือที่เหมาะสมในการผลิต จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ปรากฏว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับปลาทุแวกเค็มที่ต้องเกลือร้อยละ 6 เป็นเวลา 10 นาที มากที่สุด มีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ความชื้น ไขมัน เกลือ เถ้า และกรดแลกติกเท่ากับร้อยละ 19.32, 54.37, 4.46, 3.81, 5.74 และ 0.26 ตามลำดับและผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ภายใต้สภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบ คือ การบรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และการบรรจุในสภาวะ ที่ใช้สารดูดออกซิเจน โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วันและที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสทุก 5 วัน ตลอดการเก็บรักษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อพิจารณาจากค่า TBA TVB TMA ต่ำสุด ในขณะที่การบรรจุในสภาวะที่ใช้สารดูดออกซิเจนมีแนวโน้มการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาเดียวกัน ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่สามารถลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุดจากการศึกษานี้คือการบรรจุในสภาวะที่ใช้สารดูดออกซิเจน ณ อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ปลาทุแวกแดดเดียว อายุการเก็บรักษา สภาวะการบรรจุ

Research Title: and shelf life Process development prolonging of traditional food for adding value to product: Half-dried salted fish (*Decapterus maruadsi*)

Researchers: Jariya Sukjuntra
Paridah Beraheng
Khoirunnisa Malumu

Faculty: Faculty of Sciences, Technology and Agriculture and Management Sciences

University: Yala Rajabhat University

Academic Year: 2012

Abstract

Half-dried salted fish is a traditional product of Thailand., which of local and traditional process is still used. The sensory characteristics of products vary and depend on sources of production and kinds of raws material. Therefore the suitable process and quality change during storage of the half-dried salted mackerel. Which is quite popular in the three southern border provinces should be studied. Amount of salt and time of brining were investigated. The result of sensory evaluation showed that 10 minutes soaking with 6 % salt had the highest acceptance. This product contained protein, moisture, lipid, salt, ash and lactic acid at the percentage of 19.32, 54.37, 4.46, 3.81, 5.74 and 0.26, respectively. Quality changes of the half-dried salted mackerel packed in polyethylene bags under 3 different conditions; vacuum, with oxygen absorber and control, were monitored during 15 days of storing at room temperature and 30 days in refrigerator. The chemical, physical, microbiological and sensory evaluation were determined every five days. It was found that chemical values (TBA, TVB and TMA) of the product stored in vacuum condition was lesser than others, but the product packed with oxygen absorber had the highest sensory acceptance in the same storage time. From these results it could be concluded that the packaging of half-dried salted mackerel with oxygen absorber and stored at 3-4 °C is the best method.

Keywords : Half-dried salted mackerel shelf life package condition

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปด้วยดี คณะนักวิจัยขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี ม่วงแก้วงาม คณาจารย์จากภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ปี 2555

คณะผู้วิจัย

จริยา สุขจันทร์

พาริตะ ปือราเฮง

คอยรุณนิสา มะลุม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญตาราง	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
คำสำคัญ	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
นิยามของปลาเค็ม	3
ชนิดของปลาเค็ม	3
วัตถุดิบในการผลิตปลาเค็ม	5
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของปลาเค็ม	11
ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาปลาเค็ม	12
บรรจุภัณฑ์	13
ประเภทของสภาวะการบรรจุ	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
วัตถุดิบ	24
อุปกรณ์และเครื่องมือ	24
สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ	25
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	29
การศึกษาการผลิตปลาทุแวกเค็ม	29
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์	35
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	68
ภาพผนวก	75
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	75
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ	85
ภาพผนวก ค. การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์	86
ภาพผนวก ง. แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	91
ภาคผนวก จ. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติก่อนการเก็บรักษา	93
ภาคผนวก ฉ. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างสภาวะการบรรจุ	94
ภาพผนวก ช. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างอายุการเก็บรักษา	120
ภาคผนวก ซ. ประวัติคณะผู้วิจัย	134

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปลาทูแขก (Mackerel guests) (ก) ปลาทูแขกสด, (ข) ปลาทูแขกเค็ม	6
2.2 ปลาอินทรี (Organic fish) (ก) ปลาอินทรีสด, (ข) ปลาอินทรีเค็ม	6
2.3 ปลากุลเลา (Kuela fish) (ก) ปลากุลเลาสด, (ข) ปลากุลเลาเค็ม	6
2.4 ปลาทู (Mackerel) (ก) ปลาทูสด, (ข) ปลาทูเค็ม	7
2.5 ปลานิล (Tilapia) (ก) ปลานิลสด, (ข) ปลานิลเค็ม	7
2.6 ปลาสลิด (Salit fish) (ก) ปลาสลิดสด, (ข) ปลาสลิดเค็ม	7
2.7 ปลาช่อน (Striped snakehead fish) (ก) ปลาช่อนสด, (ข) ปลาช่อนเค็ม	8
2.8 ปลาดูเพียน (ก) ปลาดูเพียนสด, (ข) ปลาดูเพียนเค็ม	8
3.1 ปลาทูแขก <i>Decapterus maruadsi</i> (Schlegel)	24
4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาทูแขกเค็ม	34

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณคุณค่าทางสารอาหารของปลาทุแวก	5
2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือ ค่า a_w และการยับยั้งจุลินทรีย์	10
2.3 แรงดันออสโมติกของสารละลายเกลือ	10
2.4 ผลการวิเคราะห์ค่า TMA (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)	20
2.5 ผลการวิเคราะห์ค่า TVB-N (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)	20
2.6 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม) ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)	21
2.7 ผลการวิเคราะห์ค่า TVB-N (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในปลาทรายแดงเค็ม	22
2.8 ผลการวิเคราะห์ค่า TMA (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในปลาทรายแดงเค็ม	22
2.9 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม) ในปลาทรายแดงเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	23
3.1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน	28
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกในปลาทุแวกเค็ม	30
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือและปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็ม	31
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของปลาทุแวกเค็ม	32
4.4 ผลการวัดค่า a_w ในปลาทุแวกเค็ม	33
4.5 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	33
4.6 ลักษณะคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของปลาทุแวกเค็ม	34
4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	36
4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	37
4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	38
4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	40
4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	41
4.13 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	42
4.14 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	43
4.15 ผลการวิเคราะห์ค่า TVB ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	44
4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็น TVB ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	45
4.17 ผลการวิเคราะห์ค่า TMA ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	47
4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็น TMA ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	48
4.19 ผลการตรวจสอบค่า L^* ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	49
4.20 ผลการตรวจสอบค่า L^* ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	50
4.21 ผลการตรวจสอบค่า a^* ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	51
4.22 ผลการตรวจสอบค่า a^* ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	52
4.23 ผลการตรวจสอบค่า b^* ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	53
4.24 ผลการตรวจสอบค่า b^* ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	54
4.25 ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	55
4.26 ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	56
4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	57
4.28 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแยกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	58
4.30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	58
4.31 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	59
4.32 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเอสเชอริเชีย (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	59
4.33 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	60
4.34 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน	60
4.35 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	61
4.36 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน	63

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปลาเค็ม เป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยมีการส่งออกปลาเค็มปลาแห้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2554 รวมทั้งสิ้น 1,381 ตัน (มูลค่าและปริมาณสินค้าออก-ธนาคารแห่งประเทศไทย (ข้อมูลสถิติ), 2554) โดยส่งออกไปยังประเทศฮ่องกง มาเลเซีย จีน อินโดนีเซีย สิงคโปร์ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา แคนาดาและกลุ่มประเทศในยุโรป เป็นต้น จุดเด่นของผลิตภัณฑ์คือ มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะโปรตีนและไอโอดีน อีกทั้งยังมีศักยภาพที่จะส่งไปจำหน่ายยังพื้นที่ที่ห่างไกลจากทะเลได้สะดวก กล่าวคือโอกาสเน่าเสียน้อยกว่าปลาสด ดังนั้นจึงมีผู้นิยมบริโภคปลาเค็มแทนปลาสดและใช้ปรุงเป็นอาหารชนิดต่างๆ จำนวนมาก

การผลิตปลาเค็ม ผู้ผลิตจะอาศัยประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะตัวในการกำหนดปริมาณเกลือและระยะเวลาที่ใช้ในการดองแต่ละครั้งโดยขาดหลักการทางวิทยาศาสตร์มารองรับทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ นั่นคือในกรณีที่ใช้เกลือน้อยเกินไปทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากปริมาณเกลือน้อยเกินไปกว่าที่จะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย แต่ในกรณีที่ใช้ปริมาณเกลือมากเกินไปผลิตภัณฑ์จะมีรสชาติเค็มจัดและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ (จินดารัตน์ พิมพ์สมาน และมณฑิรา นพรัตน์, 2553) ดังนั้นการศึกษาระบวนการผลิตปลาเค็มโดยใช้ปลาทุแวกซึ่งเป็นปลาเนื้อดำที่มีไขมันสูงทำให้รสชาติดีและสามารถจับได้ตลอดปี โดยศึกษาปริมาณเกลือและระยะเวลาการดองเกลือที่เหมาะสมในการผลิต รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปลาทุแวกเค็มภายใต้สภาวะการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มมีคุณลักษณะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงการค้าได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตปลาทุแวกแดดเดียว
2. เพื่อศึกษาปริมาณเกลือและระยะเวลาในการดองเกลือที่เหมาะสมในการผลิตปลาทุแวกแดดเดียว
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการเก็บรักษาปลาทุแวกแดดเดียว

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาวิธีการผลิตปลาหูแหกแดดเดียวให้มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และศึกษาสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้สูงสุด ตลอดจนศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ ทางจุลชีววิทยาและทางประสาทสัมผัสของปลาหูแหกแดดเดียวที่ผลิตได้

คำสำคัญ

ปลาเค็ม ปลาหูแหก สารดูดออกซิเจน การเก็บรักษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ปลาหูแหกเค็ม หมายถึง ปลาเค็มที่ทำมาจากปลาหูแหกแช่น้ำเกลือ ปริมาณเกลือที่ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 3, 6 และ 9 ใช้เวลาในการดองเกลือ 10 และ 20 นาที แล้วนำไปตากแห้งจนกระทั่งค่า $a_w=0.85-0.90$ และบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรและกรรมวิธีการผลิตปลาหูแหกแดดเดียวที่สามารถผลิตได้ในระดับการค้า
2. ทราบถึงปริมาณเกลือและระยะเวลาในการดองเกลือที่เหมาะสมของปลาหูแหกแดดเดียว
3. ทราบถึงระยะเวลาการเก็บรักษาปลาหูแหกแดดเดียวภายใต้สภาวะการบรรจุ 3 แบบ เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกรูปแบบที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์
4. สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ทดแทนการผลิตและจำหน่ายในรูปแบบเดิม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นที่ทราบกันดีว่าปลาเป็นอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งของคนไทย จนมีสำนวนที่ติดปากว่า “กินข้าวกินปลา” หรือกล่าวถึงความอุดมสมบูรณ์ในด้านอาหารของไทยว่า “ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว” แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปลาเป็นอาหารสำคัญยิ่งของคนไทยตั้งแต่โบราณ แต่เมื่อสภาพของบ้านเมืองเปลี่ยนแปลงการที่จะจับปลามารับประทานจึงเป็นเรื่องยากมากขึ้น คนส่วนใหญ่ได้หันไปใช้วิธีการซื้อมารับประทานจึงมีผู้จับและผู้เลี้ยงจำหน่าย แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีปลาจำนวนมากที่เหลือจากการจำหน่ายหรือรับประทานปลาก็จะเน่าเสีย ดังนั้นจึงมีการถนอมปลาด้วยวิธีการต่างๆ ตั้งแต่อุตสาหกรรมใหญ่ๆ เช่น ปลาบรรจุกระป๋อง ปลาแช่แข็ง เป็นต้น ส่วนอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือนอาจทำเป็นปลาแห้ง ปลาจุก หรือปลาเค็ม การเก็บถนอมปลาไว้ได้นานอย่างหนึ่งก็คือการทำปลาแห้งและปลาเค็ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาเค็มนั้นสามารถจะเก็บไว้ได้นานและได้รับความนิยมหากทำให้เค็มและแห้งด้วย (ปลาเค็ม, 2553) ทั้งนี้ในปัจจุบันกระบวนการผลิตปลาเค็มยังใช้กรรมวิธีการผลิตแบบพื้นบ้านซึ่งรสชาติและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก็จะแตกต่างกันตามแหล่งที่ผลิตเนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานและการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากนัก (จินดารัตน์ พิมพ์สมาน และมณฑิรา นพรัตน์, 2553)

1. นิยามของปลาเค็ม

ปลาเค็ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสด เช่น ปลาอินทรี ปลาเก๋า ที่ตัดแต่งแล้วมาทำเค็ม โดยใช้เกลือเคล้าให้ทั่วหรือแช่ในน้ำเกลือแล้วตั้งทิ้งไว้ในระยะเวลาที่เหมาะสม อาจทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น อาจแช่ในน้ำเกลือหรือน้ำมันด้วยก็ได้ (มผช.312/2547)

2. ชนิดของปลาเค็ม (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545)

ปลาเค็ม แบ่งตามปริมาณเกลือ ต่อ 100 กรัม น้ำหนักเนื้อ ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. ปลาเค็มน้อย (light cure) มีเกลือต่ำกว่าร้อยละ 10 (ใช้น้ำเกลือร้อยละ 17)
2. ปลาเค็มปานกลาง (medium cure) มีเกลือร้อยละ 10-14
3. ปลาเค็มจัด (heavy cure) มีเกลือเกินกว่าร้อยละ 14 (ใช้น้ำเกลือร้อยละ 22 ขึ้นไป)

ผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม ควรมีคุณลักษณะที่ดี ดังนี้ (มพข.312/2547)

1. ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องเป็นปลาชนิดเดียวกัน มีรูปทรงและขนาดใกล้เคียงกัน ภายในช่องท้องต้องไม่มีเศษลำไส้ติดอยู่ ลำตัวและผิวหนังต้องไม่แตก ฉีก หรือขาด

2. สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาเค็ม

3. กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเหม็นเน่า รสขม

4. ลักษณะเนื้อ

ต้องแน่น ไม่แข็งกระด้างหรือนิ่มละ

5. สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

6. วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีสังเคราะห์ทุกชนิด

7. วอเตอร์แอกติวิตี้

ต้องไม่เกิน 0.85-0.90

หมายเหตุ วอเตอร์แอกติวิตี้ เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์

8. เกลือ

ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

9. จุลินทรีย์

9.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^5 โคโลนีต่อกรัม

9.2 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.3 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 10 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.4 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3. วัตถุดิบในการผลิตปลาเค็ม

วัตถุดิบในการผลิตปลาเค็ม จะประกอบด้วย ปลาและเกลือ ดังนี้

3.1 ปลา (fish)

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2545) กล่าวว่า ปลาที่สามารถนำมาทำปลาเค็มได้ เป็นทั้งปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม (ภาพที่ 2.1-2.8) ปลาน้ำจืดที่นิยมใช้ทำปลาเค็ม เช่น ปลาสลิด ปลาช่อน ปลานิล ส่วนปลาน้ำเค็มนั้นมีหลายชนิด เช่น ปลาอินทรี ปลาทุบ ปลาทุบแขก ปลาเกะ เป็นต้น ประโยชน์ของการทำปลาเค็มที่สำคัญ คือสามารถถนอมปลาไม่ให้เน่าเสียและเก็บไว้รับประทานได้นาน แต่อย่างไรก็ตามถือเป็นอาหารหลักที่ให้โปรตีนมากไม่ค่อยได้ เนื่องจากมีความเค็มมากจึงไม่สามารถรับประทานได้จำนวนมากพอกับความต้องการของร่างกาย แต่มักจะรับประทานเพราะความอร่อยเป็นสำคัญ

เนื้อปลาทุบแขกโดยทั่วไปมีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญ คือ โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณคุณค่าทางสารอาหารของปลาทุบแขก

คุณค่าทางสารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	140.00 แคลอรี
โปรตีน	20.00 กรัม
ไขมัน	6.70 กรัม
แคลเซียม	170.00 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	60.00 มิลลิกรัม
เหล็ก	11.90 มิลลิกรัม
วิตามินซี	9.20 มิลลิกรัม
ไนอะซิน	9.20 มิลลิกรัม
วิตามินบี2	0.62 มิลลิกรัม
วิตามินบี1	0.03 มิลลิกรัม

ที่มา: ชีววิทยาของปลาทุบแขก (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.1 ปลาทูแซก (*Decapterus maruadsi* (Schlegel) (ก) ปลาทูแซกสด, (ข) ปลาทูแซกเค็ม
ที่มา : ปลาทูแซก (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.2 ปลาอินทรี (Organic fish) (ก) ปลาอินทรีสด, (ข) ปลาอินทรีเค็ม
ที่มา : ปลาอินทรี (2554)

(ก)

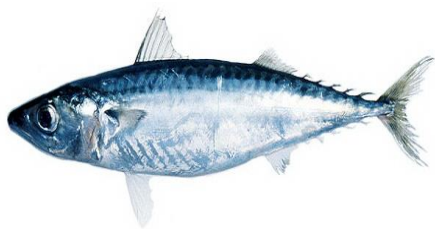


(ข)



ภาพที่ 2.3 ปลากุลเลา (Kuela fish) (ก) ปลากุลเลาสด, (ข) ปลากุลเลาเค็ม
ที่มา : ปลากุลเลา (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.4 ปลาหู (Mackerel) (ก) ปลาหูสด, (ข) ปลาหูเค็ม
ที่มา : ปลาหู (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.5 ปลานิล (Tilapia) (ก) ปลานิลสด, (ข) ปลานิลเค็ม
ที่มา : ปลานิล (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.6 ปลาสลิด (Salit fish) (ก) ปลาสลิดสด, (ข) ปลาสลิดเค็ม
ที่มา : ปลาสลิด (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.7 ปลาส่อน (Striped snakehead fish) (ก) ปลาส่อนสด, (ข) ปลาส่อนเค็ม
ที่มา : ปลาส่อน (2554)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 2.8 ปลาดูเพียน (ก) ปลาดูเพียนสด, (ข) ปลาดูเพียนเค็ม
ที่มา : ปลาดูเพียน (2554)

3.2 เกลือ (salt)

เกลือที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาอยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือทราบกันในชื่อของเกลือแกง แต่เดิมมนุษย์ใช้เกลือเพื่อป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ของสัตว์น้ำในสภาพห้องธรรมดาปริมาณการใช้เกลือในการหมักปลาเค็มจะใช้ที่ความเข้มข้นสูง โดยปกติต้องให้มีเกลือในผลิตภัณฑ์ปริมาณร้อยละ 6 ทำให้ปลาเค็มที่ได้มีรสชาติเค็มจัดและลักษณะของผลิตภัณฑ์จะแห้งมีผิวหน้าเหี่ยวยุบมองดูไม่น่ารับประทาน แต่ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาทต่อการถนอมรักษาสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นปริมาณการใช้เกลือจึงลดลงเพื่อให้รสชาติดีขึ้น

เกลือที่เหมาะสมในการหมักเนื้อสัตว์ควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้วนิยมใช้เกลือสินเธาว์ที่ปราศจากโลหะหนักมากกว่าเกลือสมุทร เนื่องจากเกลือสมุทราอาจมีแบคทีเรียที่ทนความเค็มสูง (Halophilic bacteria) และมีอนุมูลของสารพวกแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึม

ของน้ำเกลือทำให้สามารถในการละลายของโปรตีนลดลง โลหะหนัก เช่น ทองแดง ถ้ามีอยู่ในเกลือที่ใช้หมักเนื้อจะมีผลเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมัน แต่ถ้าเกลือสมุทรได้ผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้วก็สามารถนำมาใช้ในการหมักได้ นอกจากนี้เกลือที่เติมไอโอดีนไม่เหมาะที่จะใช้ในการหมักเนื้อซึ่งใช้ร่วมกับไนเตรท เนื่องจากไอโอดีนจะเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ช่วยเร่งการเปลี่ยนสารไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้เป็นผลให้มีสารไนเตรทตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์มาก

การใช้เกลือเป็นสารหมักทำหน้าที่ถนอมรักษาเนื้อสัตว์โดยป้องกันหรือยับยั้งและลดการกระทำของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในระหว่างกระบวนการนี้เกลือจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อสัตว์ในขณะที่น้ำบางส่วนในเนื้อจะไหลซึมออกมาเนื่องจากค่าความออสโมติกที่ต่างกันของสารละลายเกลือและน้ำที่อยู่ในเนื้อ (meat juice) การปล่อยให้เนื้อหมักอยู่ในเกลือเป็นเวลานาน ทำให้ความชื้นของชิ้นเนื้อลดลงและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็ม (ประสาร สวัสดิ์ชิตัง, 2536) ซึ่งปัทมกร พรหมจันทร์ (2546) ศึกษาว่า มีการใช้เกลือในอาหารเช่น เนื้อสด ผลิตภัณฑ์ปลา เพื่อช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่อาหารเกลือที่มีความเข้มข้นสูงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ โดยโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์สามารถไปจับกับโมเลกุลของน้ำได้ บทบาทและหน้าที่ของเกลือในผลิตภัณฑ์ปลากึ่งแห้งมีดังต่อไปนี้

1. เกลือสามารถดึงน้ำออกจากตัวปลา เนื่องจากความเข้มข้นของเกลือกับตัวปลาต่างกันจึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวล ทำให้น้ำในตัวปลาลดลงและความเข้มข้นของเกลือจะเพิ่มขึ้น
2. ประจุบวกของเกลือสามารถรวมกับประจุลบของโปรโตพลาสซึม (protoplasm) ในเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดสารที่เป็นพิษกับจุลินทรีย์
3. เกลือทำให้ระบบเอนไซม์ของจุลินทรีย์เปลี่ยนไป โดยเฉพาะเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนทำให้ยับยั้งหรือทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้
4. น้ำเกลือสามารถลดปริมาณของออกซิเจนที่สัมผัสกับเนื้อปลาหรือจุลินทรีย์ ทำให้มีผลกับจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน
5. เกลือมีคุณสมบัติร่วมกับสารอื่นๆ เช่น เมื่อเกลือร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดจะทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย

คุณสมบัติในการถนอมอาหารของเกลือ

เกลือไม่จัดอยู่ในกลุ่มสารกันบูด แต่สามารถป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้ เนื่องจากเกลือช่วยลด a_w ของอาหารให้ต่ำลงเนื่องจากเกลือละลายได้ในน้ำทำให้ a_w ของอาหารลดลง ปริมาณเกลือที่เติมมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการเน่าเสียของอาหาร ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือ ค่า a_w และการยับยั้งจุลินทรีย์

NaCl (ร้อยละ)	a_w	การยับยั้งจุลินทรีย์
10	0.94	<i>Cl. Botulinum, Salmonella sp.</i>
16	0.90	แบคทีเรียทั่วไป
282	0.86	<i>Staphylococci sp.</i>

ที่มา : นูริฮาลาล สาและ และซูลีนิ ดอโลมะมะ (2550)

a_w ของสารละลายเกลือบริสุทธิ์ สามารถหาได้ คือ

a_w คือค่าความดันไอของสารละลายต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกันสามารถคำนวณได้ดังนี้ (McLaughlin and Magee, 1998)

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

P = ความดันไอของสารละลาย

P_o = ความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

N_2 = จำนวนโมเลกุลของสารละลาย

เมื่อเกลือละลายในน้ำทำให้เกิดแรงดันออสโมติก เซลล์ของจุลินทรีย์จะสูญเสียน้ำและหยุดการเจริญ แรงดันออสโมติกจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้นและมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เกลือมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ อนุมูลของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์เมื่อมีปริมาณมาก เกลือมีคุณสมบัติในการทำลายโปรตีนพลาสมาซึมยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีนบางชนิด การย่อยสลายโปรตีนถูกยับยั้งและการสร้างโปรตีนพลาสมาซึมของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งจุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ จากคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้เกลือถูกใช้เป็นตัวคัดเลือกชนิดของจุลินทรีย์และยินยอมให้เจริญในอาหาร ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แรงดันออสโมติกของสารละลายเกลือ

ความเข้มข้นของเกลือ (ร้อยละ)	แรงดันออสโมติก (KPa)	
	โซเดียมไนเตรด	โซเดียมคลอไรด์
1	432	598
5	1670	2750
20	-	11770

ที่มา : นูริฮาลาล สาและ และซูลีนิ ดอโลมะมะ (2550)

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของปลาเค็ม

ปลาเค็มจัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งเนื่องจาก เมื่อทำการแช่น้ำเกลือเสร็จแล้วต้องนำไปทำให้แห้ง โดยสามารถทำได้ 2 แบบ คือ ตากแห้งโดยอาศัยแสงแดดธรรมชาติ (natural drying) กับการใช้เครื่องมือช่วยให้ผลิตภัณฑ์แห้ง (mechanical drying) เช่น ใช้ตู้อบ เตารมควัน (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งโดยทั่วไปจะมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเก็บอยู่ในสภาวะธรรมชาติ ซึ่งผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว ดังนั้นการออกแบบการบรรจุและการเก็บรักษาจะช่วยยืดระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ (Paine and Paine, 1992)

4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ผลิตภัณฑ์อาหารตากแห้งเสื่อมคุณภาพได้โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของไขมันทำให้เกิดการหืนในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากปลาประกอบไปด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายวิธีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว อาจทำได้โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือเติมวัตถุกันหืน เช่น BHA (Butylated hydroxytoluene) และ BHT (Butylated hydroxyanisole) (Karel, 1975)

4.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพบมากในปลาเค็มได้แก่ *Serratia*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Alcaligenes* และ *Pseudomonas* ทำให้เกิดสีแดงขึ้นในผลิตภัณฑ์และการเสื่อมเสียของอาหารทั้งแห้งส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา เพราะเชื้อราหลายชนิดสามารถเจริญได้ในช่วงค่า a_w 0.80 โดยเฉพาะเชื้อราที่สามารถเจริญที่ความชื้นต่ำซึ่งสามารถเจริญได้ที่ค่า a_w 0.65

การเสียของปลาเค็มสาเหตุหนึ่งมาจากจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำกว่า 0.75 จะเป็นตัวทำให้ปลาเค็มเสื่อมสภาพ ได้แก่ แบคทีเรียซึ่งแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ 1. แบคทีเรียพวกติดสีแกรมบวก เซลล์รูปกลม ไม่เคลื่อนที่คือ *Sarcina littoralis* 2. แบคทีเรียชอบเกลือจะมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเรียกว่าการเสียดังกล่าวว่า reddening ซึ่งมีสาเหตุจากการปนเปื้อนของเชื้อที่ติดมากับเกลือ นอกจากนี้การเสียของปลาเค็มอาจเกิดจากยีสต์และราได้เช่นกัน เช่น ยีสต์ที่เป็นสาเหตุของการเสียของปลาคอด (cod) มีชื่อว่า *Sporendium epizoum* (*Hemispore stellate*) และเรียกว่าการเสียดังกล่าวว่า dun spoilage โดยบริเวณลำตัวของปลาเค็มจะเป็นจุดสีเทาเข้มหรือดำ แต่สามารถกำจัดออกได้โดยหมักปลาเค็มในถ้ำน้ำเกลือที่ผสมกรดซอร์บิก (sorbic acid) ซึ่งวิธีนี้อาจใช้ได้ผลสำหรับกำจัด red halophilic bacteria ด้วยเช่นกัน (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545)

4.4 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนว่าผลิตภัณฑ์นั้นเกิดการเสื่อมเสีย คือการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะบ่งชี้ว่าเกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ หรือเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ทดสอบทางประสาทสัมผัสจะเป็นการบอกถึงการยอมรับของผู้บริโภคหรือเรียกคืนผลิตภัณฑ์ (นุรฮิลาล สาและ และซูลีนิ ดอโละมะ, 2550)

การเปลี่ยนแปลงของปลาเค็มมีลักษณะ ดังต่อไปนี้ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545)

1. การเกิดสนิมปลาเค็ม (rust) พบมากที่สุด โดยผิวหนังของปลาเค็มมีลักษณะคล้ายสนิมเหล็ก ซึ่งเป็นผลมาจากการเติมออกซิเจน (oxidation) อาจป้องกันโดยเก็บปลาในหีบห่อที่ทำด้วย โพลีเอทิลีน (polyethylene) หรือเซลลูล็อฟ (cellophane)

2. การเกิดสีชมพู (pink) เกิดจากแบคทีเรียชอบเกลือ ได้แก่ *Sarcina salinaria* ซึ่งติดมากับเกลือ วิธีป้องกันต้องไม่ให้ปลาถูกอากาศและเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

3. การเน่าเสียซึ่งเกิดขึ้นบริเวณด้านนอกของปลาที่ใส่เกลือน้อย ลักษณะเป็นเมือก มีกลิ่นเหม็น โดยมีสาเหตุจากจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ ซึ่งสามารถเจริญได้แม้ในที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส วิธีป้องกันโดยจุ่มปลาลงในน้ำส้มสายชูร้อยละ 0.03 ก่อนที่จะเก็บรักษาปลา

4. การเน่าเสียเนื่องจากกระบวนการพิวรีฟิเคชัน (putrefactive process) ลักษณะที่พบบ่อยที่สุดคือ เกิดสีแดงบริเวณกระดูกสันหลังของปลาและมีกลิ่นเหม็นเน่า เนื่องจากเกลือแพร่ซึมเข้าไปถึงบริเวณนั้นช้าเกินไป วิธีป้องกันคือทำให้อัตราการซึมซับของเกลือเร็วขึ้น เช่น โดยการผ่าท้องปลาหรือใส่เกลือปลาที่อุณหภูมิต่ำๆ

5. การเกิดหนอน ซึ่งเกิดจากตัวหนอนของแมลงวันเป็นส่วนใหญ่ วิธีกำจัดหนอนแมลงวันโดยนำปลาไปแช่น้ำเกลือ หนอนแมลงวันจะลอยขึ้นมาสามารถตักออกได้

5. ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาปลาเค็ม

พรพล รมย์นุกูล (2545) กล่าวว่า สภาพในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านกระบวนการถนอมและแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ซึ่งปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการเก็บรักษาอาหารแห้ง ได้แก่

1. ความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนในบรรยากาศ อาหารที่ได้จากการทำแห้งนั้นจะมีปริมาณความชื้นต่ำ ดังนั้นถ้าเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นความสัมพัทธ์สูงจะเป็นผลทำให้อาหารแห้งดูดความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบ ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารดังกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศของสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษาอาหารแห้งก็มีผลต่ออายุการเก็บ

รักษา เนื่องจากออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหารแห้ง ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืนเกิดการทำลายของคุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามินบางชนิด เป็นต้น

2. อุณหภูมิและแสงในขณะการเก็บรักษา โดยทั่วไปถ้าเก็บอาหารแห้งไว้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้คุณภาพของอาหารแห้งเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลงเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารแห้งนั้นเกิดได้เร็วขึ้น เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาล เป็นต้นนอกจากนี้ แสงก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารแห้ง

3. สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อนต่างๆในสภาพที่เก็บรักษาอาหารแห้ง สัตว์ เช่น หนูและแมลงต่างๆชอบไปแทะกัดกินอาหารแห้ง ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาหารแห้งได้ จุลินทรีย์ในสภาวะที่เก็บรักษาก็สามารถปนเปื้อนไปในอาหารแห้งได้และเมื่อสภาวะเหมาะสม จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถเจริญก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพหรือเน่าเสียของอาหารได้ นอกจากนี้สิ่งปนเปื้อนต่างๆในบรรยากาศที่เก็บรักษาอาหารแห้ง เช่น ฝุ่นละอองต่างๆยังสามารถปนเปื้อนในอาหารแห้งทำให้คุณภาพของอาหารแห้งด้อยลงได้

6. บรรจุภัณฑ์ (package)

บรรจุภัณฑ์ (package) หมายถึง ศาสตร์และศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการคุ้มครองปกป้องสินค้าจากผู้ผลิตจนถึงมือลูกค้าอย่างปลอดภัยด้วยต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม (บรรจุภัณฑ์, 2554)

ลักษณะของการบรรจุภัณฑ์ มี 3 ลักษณะ คือ

1. การบรรจุขั้นแรก (primary peckaging) หมายถึง สิ่งห่อหุ้มตัวสินค้าที่อยู่ในขั้นสุดท้ายโดยทำหน้าที่รักษาและป้องกันสินค้ามิให้เสียหาย เช่น ขวดสุรา ขวดยา หลอดยาสีฟัน ฯลฯ

2. การบรรจุภัณฑ์ขั้นที่สอง (secondary peckaging) หมายถึง สิ่งห่อหุ้มการบรรจุภัณฑ์ขั้นแรกเพื่อทำหน้าที่รักษาป้องกันมิให้สินค้าเสียหายรวมทั้งทำหน้าที่รักษาและป้องกันความเสียหายรวมทั้งทำหน้าที่ในการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค เช่น กล่องสุรา กล่องยา กล่องยาสีฟัน ฯลฯ

3. การบรรจุภัณฑ์ (shipping peckaging) หมายถึง บรรจุภัณฑ์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำหน้าที่ในการเก็บรักษาและขนส่งสินค้า เช่น การบรรจุภัณฑ์ คอนเทนเนอร์

6.1 บรรจุภัณฑ์พลาสติก

ปูน คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541) กล่าวว่า บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้อยู่แยกตามน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น ดังนี้

6.1.1 โพลีเอทิลีน (polyethylene : PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก เนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE ผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรส์เซชัน

(polymerrisation) ของก๊าซเอธีลีน (ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน PE แบ่งเป็น 4 ประเภทตามค่าความหนาแน่น คือ

1. โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร LDPE เป็นพลาสติกที่ใช้มากและชื่อสามัญเรียกว่า ฤงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิล์มหัดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เป็นต้น มีคุณสมบัติยืดตัวได้ดี ทนต่อการดและต่างต่างๆ ไป ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี โครงสร้างของ PE จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นถุงหรือของบรรจุอาหารทั้งอาหารสดและอาหารแห้ง แต่ข้อจำกัดของ LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย นอกจากนี้ LDPE ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ขนมขบเคี้ยว และของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดาคุณภาพของอาหารจะแปรเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน LDPE ยังมีคุณสมบัติดูดฝุ่นในอากาศมาเกาะติดตามผิว ทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก LDPE นี้เมื่อทิ้งไว้นานๆจะเปราะด้วยฝุ่น ส่วนโพลีเอไมด์ (polyamide : PA) เป็นเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) จัดอยู่ในกลุ่มพลาสติกวิศวกรรม คุณสมบัติที่สำคัญของ PA คือ เหนียว แกร่ง ขยายตัวได้มาก ทนต่อสารเคมี ทนต่อการขีดข่วน การขัดสี ทนต่อความร้อน ดูดซึมน้ำได้มาก แต่ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม amide ในโครงสร้างลดลงจะสามารถลดการดูดน้ำและความชื้นได้ เนื่องจากพลาสติกทั้ง 2 ชนิด มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาใช้ร่วมกันทำให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับปลาเค็ม (สุปรานี เกิดวาจา, 2544)

2. โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นตรง (Linear low density polyethylene หรือ LLDPE) เป็น PE ชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นตรง คุณสมบัติจะอยู่ระหว่าง LDPE และ HDPE แต่จะนิ่ม และเหนียวมากกว่า LDPE และ HDPE ได้รับการแปรรูปเป็นฟิล์มถึง ร้อยละ 65 เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการหีบห่อ เช่น ถุงบรรจุอาหารแช่แข็ง เป็นต้น (PE, 2554) LLDPE เป็นการผลิตภายใต้สภาวะความดันต่ำ มีคุณสมบัติที่เหนียวกว่า LDPE ธรรมดาส่งผลให้ LLDPE แข็งตลาดของ LDPE แต่ข้อจำกัดของ LLDPE คือ ขุ่นกว่า จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงนิยมผสมเม็ดพลาสติกทั้ง 2 ประเภทเข้าด้วยกันโดยมี LDPE และ LLDPE ในอัตราส่วน 50/50

3. โพลีเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (medium density polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีคุณสมบัติ คือ มีความโปร่งใส นิ่ม ยืดหยุ่น มีความเหนียวสูง มีความทนทานต่อสารเคมีจำพวกกรด-ด่างได้ปานกลาง ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี ใช้ได้เหมาะสมกับอุณหภูมิตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียสถึง 80 องศาเซลเซียส มีความคงรูปต่ำแต่มีความปลอดภัยสามารถใช้กับอาหารและยาได้ (Plastic, 2555)

4. โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร HDPE มีคุณสมบัติ คือมีความเหนียวและทนต่อการซึมผ่านได้ดีกว่าโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่างกัน จากการใช้ HDPE มาแทนที่ LDPE น้ำหนักของบรรจุภัณฑ์สามารถลดลงได้มากกว่าร้อยละ 40 เนื่องจากมีผิวบางกว่านิยมใช้ผลิตเป็นถุงร้อนสำหรับการใช้งานทั่วไป สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป ข้อสังเกตถุงร้อนที่ผลิตจาก HDPE จะมีสีขาวขุ่นใช้ห่อหรือบรรจุอาหารได้เกือบทุกชนิด โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค แต่มีข้อจำกัด คือยังไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้นักและไม่ควรใช้ HDPE กับอาหารร้อน (พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, 2543)

การใช้งานของ PE ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. นิยมใช้ทำถุงบรรจุขนมปัง เนื่องจาก PE ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีจึงช่วยป้องกันมิให้ขนมปังแห้ง เนื่องจากสูญเสียความชื้นออกไป นอกจากนั้นราคาของ PE ไม่สูงเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับราคาขนมปัง
2. นิยมใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้สด เนื่องจาก PE ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย ในบางกรณีจำเป็นต้องเจาะรูที่ถุงเพื่อช่วยระบายไอน้ำที่พืชคายออกมาก็
3. ฟิล์ม PE ชนิดยืดตัวได้ (stretch film) นิยมใช้ห่ออาหารสดพร้อมปรุง เนื้อสด และอาหารทั่วไป รูปแบบที่นิยมใช้คือ ใช้ถาดรองอาหารแล้วห่อด้วยฟิล์มยืดตัวได้
4. PE เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แต่อากาศผ่านเข้าออกได้ มีลักษณะขุ่นและทนความร้อนได้พอควร เป็นพลาสติกที่นำมาใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม (PE, 2554)
5. PE ไม่นิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูง เช่น เนย ถั่วทอด ขนมขบเคี้ยว (สังฆพงษ์เทพ พูลสุข และประกิจ จันทรหงษ์, 2542)

6.1.2 โพลีโพรพิลีน (polypropylene : PP)

PP มักรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันการความชื้นได้ดีมากกว่าครึ่งหนึ่งของ PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปฟิล์ม อย่างไรก็ตาม การป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้ PP เชื่อมติดได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟิล์มประเภท OPP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของ PP คือมีจุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (hot-fill)

การใช้งานของ PP กับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

1. ใช้บรรจุอาหารร้อน เช่น ถุงร้อน (ชนิดใส)

2. ใช้บรรจุอาหารที่ต้องผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยที่ PP จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัสดุที่ใช้ผลิตของประเภทนี้ ซึ่งนิยมเรียกว่า retort pouch ของนี้สามารถใช้แทนกระป๋องโลหะได้บางครั้งจึงเรียกว่า flexible can

3. ใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้

4. ใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมันอายุการเก็บรักษาไม่สูง เช่น คุกกี้ ถั่วทอด เป็นต้น

5. ใช้ทำกล่องอาหาร ลัง ถาด และตะกร้า

บรรจุภัณฑ์ขนส่งอีกประเภทหนึ่งที่มีการใช้ PP อย่างมากมาย คือ ถุงพลาสติกสาน ที่มีขนาดบรรจุมาตรฐาน 50 กิโลกรัมซึ่งทนทานต่อการใช้งาน วิวัฒนาการทางด้านนี้ได้ก้าวไปสู่การผลิตถุงขนาดใหญ่ที่บรรจุสินค้าได้ เป็นต้น ที่เรียกว่า FIBC (flexible intermediate bulk containers)

6.1.3 โพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate : PET)

PET บรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการคิดค้นขึ้นมาเพื่อการบรรจุน้ำอัดลม โดยเฉพาะคุณสมบัติเด่นทางด้านความใสแวววับเป็นประกาย ทำให้ได้รับความนิยมในการบรรจุน้ำมันพืชและน้ำดื่ม นอกจากขวดแล้ว PET ในรูปฟิล์มซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นทำเป็นซองสำหรับบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้ ฟิล์ม PET ยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรงยืดและแรงกระแทกเสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลวสูง แต่ข้อด้อย คือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนและเปิดฉีกยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม PET อย่างเดียวน้อยมาก แต่มักใช้เคลือบชั้นกับพลาสติกอื่นๆ นอกจากขวดและฟิล์มแล้ว PET ยังสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นถาด ด้วยการพัฒนา PET ให้มีผลึกตกผลึก (crystalline) กลายมาเป็น CPET หรือ crystallized วัสดุ PET จะสามารถทนอุณหภูมิได้สูง จึงเหมาะสำหรับทำเป็นถาดบรรจุภัณฑ์อาหารใช้ได้ทั้งเตาอบและเตาไมโครเวฟ

พิจารณาจากในแง่ของสิ่งแวดล้อม PET นับได้ว่าเป็นพลาสติกเพียงไม่กี่ประเภทที่สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นเม็ดพลาสติกที่เป็นโมโนเมอร์ (monomer) และทำการผลิตใหม่ได้ด้วยการใช้กระบวนการ depolymerising วัสดุ PET ที่มีคุณภาพดีและมูลค่าค่อนข้างสูงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตสินค้าอย่างอื่นได้ เช่น ในเมืองไทยมีการนำขวด PET น้ำดื่มกลับมาผลิตใหม่เป็นพรม ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ทำให้ขวด PET ได้รับความนิยมมากขึ้น และแย่งตลาดของขวด PVC นอกจากนี้ยังนิยมใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์แบบกึ่งดัด

6.1.4 โพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride : PVC)

PVC เป็นพลาสติกที่สามารถแปรเปลี่ยนคุณสมบัติได้ โดยการเติมสารเคมีปรุงแต่ง (additives) ต่างๆ เช่น plasticizer, modifier และ fillers ทำให้ PVC นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ มากกว่าอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โดย PVC มักใช้ในรูปแบบของขวด ฟิล์ม และแผ่น แม้ว่าเคยมีข่าวจะเลิกใช้ PVC ในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากมีสารตกค้างของไวนิลคลอไรด์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งในตับได้ แต่

วิวัฒนาการทางด้านการผลิตในปัจจุบัน ทำให้สามารถผลิต PVC ที่มีไวนิลคลอไรด์ตกค้างน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ส่งผลให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PVC นี้ปลอดภัยสำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร

ในแง่ของการผลิตฟิล์ม PVC จะผลิตยากกว่าฟิล์ม PE หรือ PP จุดเด่นของฟิล์ม PVC คือ ทนต่อน้ำมันและกันกลิ่นได้ดี ใส แข็งแรงทนทานต่อการเสียดสี ในขณะที่ความต้านทานต่อการซึมผ่านของความชื้นอยู่ในขั้นปานกลาง อุณหภูมิใช้งานของ PVC ไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิการใช้งานเกินกว่า 137 องศาเซลเซียส จะเริ่มเปลี่ยนคุณภาพ ขวด PVC สามารถใช้แทนขวดแก้ว เนื่องจากเบาและแตกไม่แตก แต่ระยะหลังถูกแย่งตลาดโดยขวด PET เนื่องจากเหตุผลทางด้านสิ่งแวดล้อม

การใช้งานของ PVC กับผลิตภัณฑ์อาหาร

1. นิยมใช้ทำฟิล์มยืดสำหรับห่อเนื้อสด ผักและผลไม้สด เนื่องจากความใสและมันวาวทำให้เห็นผลิตภัณฑ์ได้ดีและอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสม
2. นิยมใช้ทำถาดบรรจุอาหารแห้ง เช่น ขนมปังกรอบ คุกกี้ ช็อกโกแลตและอื่นๆ เพื่อแบ่งเป็นสัดส่วนและป้องกันการแตกหัก
3. นิยมใช้ทำถาดหรือกล่องบรรจุอาหารสด
4. นิยมใช้ทำขวดบรรจุน้ำมันพืชปรุงอาหาร

6.1.5 โพลิสไตรีน (polystyrene : PS)

PS ใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ โดยการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนเป็นรูปถ้วย ถาด ในกรณีที่มีการเติมสารพองตัว (blowing agent) PS จะสามารถผลิตออกมาเป็นโฟมที่เรียกว่า EPS นำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันการสั่นกระแทก (cushioning) เมื่อทำเป็นฟิล์ม PS จะมีความใสแวววับเป็นประกายแต่เนื่องจากฉีกขาดได้ง่ายและป้องกันการซึมผ่านความชื้นและก๊าซได้ต่ำการใช้ฟิล์ม PS จึงจำกัดอยู่เพียงการใช้ห่อสินค้า เช่น ผลไม้ ดอกไม้ เป็นต้น หรือทำการบลิสเตอร์แพค ถาดที่ขึ้นรูปจากแผ่น PS จะมีความใสและแข็งแรงพอสมควร ในสภาวะปกติ PS จะเปราะมีการพัฒนาด้วยการเติมสาร butadiene เพื่อเพิ่มความแข็งแรงซึ่งรู้จักกันในนามของ HIPS (high impact polystyrene)

การใช้ของ PS กับผลิตภัณฑ์อาหาร

1. นิยมใช้ช่องหน้าต่างของกล่องกระดาษ
2. ใช้ห่อผัก ผลไม้สด และดอกไม้สด เนื่องจากความใสและยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ง่าย
3. ใช้ทำโฟมทั้งเป็นภาชนะบรรจุและแผ่นฉนวนกับความร้อน
4. นิยมใช้ทำถ้วย ถาด หรือแก้วน้ำสำหรับใช้ครั้งเดียว
5. ใช้ทำถาดหลุมสำหรับขนมปังกรอบ คุกกี้ ช็อกโกแลต และอื่นๆ ก่อนบรรจุใส่กล่อง

บรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารที่ต้องให้ความระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัยและการเลือกใช่มากที่สุด โดยเฉพาะใช้ในการบรรจุอาหารร้อน หรือต้องไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนซึ่งอาจต้องซึ่งอาจเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อ การปรุงสุก หรือการอุ่นอาหารพร้อมบรรจุภัณฑ์

อันตรายที่อาจเกิดจากใช้ภาชนะพลาสติกอย่างไม่ถูกต้อง มีสาเหตุสำคัญมาจากการแพร่กระจายของสาร ภาชนะไปสู่อาหาร การแพร่กระจายนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและพลาสติกที่ใช้ พร้อมทั้งสภาวะ บรรยากาศที่อยู่รอบบรรจุภัณฑ์ การเลือกใช้พลาสติกต้องเลือกชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารและ เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ต้องผ่านการอุ่นด้วยการนึ่ง ต้ม หรืออุ่นไมโครเวฟจะต้อง ทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี เป็นต้น การแพร่กระจายของสารจะเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อถูกความร้อน

พลาสติกที่กล่าวมาทั้ง 5 ประเภทนี้เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม อาหารนอกจากพลาสติกดังกล่าวแล้ว ยังมีพลาสติกบางประเภท เช่น PC, polycarbonate และ cellulose เป็นต้น

7. ประเภทของสภาวะการบรรจุ

สภาวะการบรรจุ คือ การบรรจุในสภาวะต่างๆ เพื่อสามารถเก็บรักษาปลาเค็มได้นานขึ้น โดย ประเภทของสภาวะการบรรจุมี 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

7.1 การบรรจุสภาวะปกติ

การบรรจุสภาวะปกติ หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศปกติ

7.2 การบรรจุสภาวะสุญญากาศ (vacuum packaging)

การบรรจุสภาวะสุญญากาศ หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยการดึง เอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไป และไม่มีอากาศใดๆ เข้าไปแทนที่ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกภาชนะ สังเกตได้จากการหดตัวของภาชนะ บรรจุชนิดอ่อนตัว (flexible form) หรือการยุบตัวของภาชนะประเภทกึ่งคงรูป (semi-rigid form) โดยทั่วไปความดันภายในภาชนะจะมีค่าประมาณ 0.5-8 ทอร์ (torr) (สังฆพงษ์เทพ พูลสุข และประกิจ จันทร์หงษ์, 2542) บรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการบรรจุแบบสุญญากาศ คือ ถุง high polyethylene bag (HDEP) ความหนาเนื้อถุงไม่น้อยกว่า 125 ไมครอน และถุงทำจากไนลอนรีดร่วมกับโพลีเอทิลีน (HEVEL PA/PE vacuum bag) ความหนาของเนื้อไม่น้อยกว่า 80 ไมครอน

พรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล (2543) กล่าวว่า การบรรจุสภาวะสุญญากาศ สามารถป้องกันการ เปลี่ยนแปลงความชื้นและความหืนของปลาและชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อรา จึงช่วยให้ปลาเค็มคง คุณภาพได้นาน ประมาณ 3 สัปดาห์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิปกติ (30-32 องศาเซลเซียส) แต่การบรรจุแบบนี้ ลักษณะปรากฏไม่สวย เพราะปลาจะถูกอัดแน่นและถุงจะหย่นติดกับตัวปลา

7.3 การบรรจุสภาวะดูดออกซิเจน

การบรรจุสภาวะดูดออกซิเจน หมายถึง การใช้สารดูดออกซิเจนใส่ร่วมในการบรรจุเพื่อช่วยใน การดูดซับอากาศ ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเจริญเติบโตไม่ได้ (ชมพูนุช โสมาลี และชาคริยา ฉลาด, 2547) ซึ่งพรพล รมย์นุกูล (2545) กล่าวว่า อาหารแห้งบางประเภทอาจใช้สารกำจัดออกซิเจน

(deoxidizer) ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ โดยสารในภาชนะบรรจุดังกล่าว จะไหลไปในภาชนะบรรจุอาหารแห้ง ซึ่งควรเป็นภาชนะปิดสนิทก๊าซไม่สามารถผ่านได้ สารดังกล่าวทำหน้าที่ดึงออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่จะทำปฏิกิริยาต่างๆ ในการบรรจุอาหารแห้ง

7.4 การบรรจุสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging)

การบรรจุสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่มวัสดุบรรจุที่ใช้และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้นๆ ก๊าซที่นำมาใช้มากที่สุดในการบรรจุ gas exchange packaging คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) ออกซิเจน (O_2) ในบางกรณีจะพบก๊าซอื่นๆ เช่น เอทิลีนออกไซด์ ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซเหล่านี้ส่วนใหญ่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษและใช้เฉพาะกับอาหารบางชนิดเท่านั้น แต่บางประเทศไม่อนุญาตให้ใช้ก๊าซอื่นใดนอกเหนือก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน (สังฆพงษ์เทพ พูลสุข และประกิจ จันทร์หงษ์, 2542)

การดัดแปลงบรรยากาศ เป็นการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศของห้องเก็บ เพื่อให้เกิดสภาพเหมาะสมกับถนอมอาหาร คือมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ซึ่งอาจทำได้โดยการบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน แล้วปิดสนิท หรือการเติมก๊าซเหล่านี้และรักษาไว้ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลง ที่เรียกว่า การควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere) วิธีนี้จะให้ได้ผลจะต้องใช้ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นห้องเก็บด้วย (วิชัย หฤทัยธนาสันต์, 2543)

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Choulira, Savvaidisa, Panagiotakisb and Kontominasa (2004) ศึกษาการเก็บรักษาปลาทรายแดงเค็ม โดยการฉายรังสีแกมมา 1 kGy 3 kGy และไม่ฉายรังสี แล้วบรรจุตัวอย่างในสภาวะสุญญากาศ นำไปเก็บภายใต้อุณหภูมิตู้เย็น ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา ทางเคมี (ตารางที่ 2.4-2.6) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า การเก็บรักษาโดยการฉายรังสี 3 kGy และไม่ฉายรังสี มีคะแนนการยอมรับที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และสามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การฉายรังสี 1 kGy

ตารางที่ 2.4 ผลการวิเคราะห์ค่า TMA (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)

days	non-irradiated ^a	irradiated (1 kGy)	irradiated (3 kGy)
3	0.36±0.02 ^b	0.28±0.03	0.21±0.02
6	0.43±0.04	0.34±0.02	0.29±0.04
9	0.89±0.07	0.58±0.06	0.42±0.06
14	1.21±0.08	0.90±0.04	0.55±0.04
21	3.58±0.15	2.01±0.09	0.71±0.07
28	5.92±0.22	3.92±0.13	0.89±0.08
35	7.01±0.28	4.58±0.19	2.96±0.15
42	8.87±0.32	6.17±0.27	4.52±0.22

^a mgN (100g)⁻¹ flesh.

^b mean values ± standard deviation from three samples from each of two experiments (n=2×3).

ที่มา : Choulira, Savvaidisa, Panagiotakisb and Kontominasa (2004)

ตารางที่ 2.5 ผลการวิเคราะห์ค่า TVB-N (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)

days	non-irradiated ^a	irradiated (1 kGy)	irradiated (3 kGy)
3	25.31±1.04 ^b	24.08±1.02	22.28±1.08
6	27.86±1.22	24.62±0.98	22.95±0.85
9	26.18±0.98	25.03±1.32	23.08±1.03
14	27.22±1.02	26.68±1.05	25.22±0.96
21	32.59±1.84	28.09±1.26	28.43±1.25
28	43.55±1.55	32.34±1.63	31.87±1.36
35	52.23±2.76	39.42±1.74	34.56±1.41
42	60.52±2.62	48.13±2.64	37.21±1.98

^a mgN (100g)⁻¹ flesh.

^b mean values ± standard deviation from three samples from each of two experiments (n=2×3).

ที่มา : Choulira, Savvaidisa, Panagiotakisb and Kontominasa (2004)

ตารางที่ 2.6 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลเนสดีไฮด์/กิโลกรัม) ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)

days	non-irradiated ^a	irradiated (1 kGy)	irradiated (3 kGy)
3	0.32±0.01 ^b	0.46±0.01	0.51±0.01
6	0.85±0.02	1.08±0.03	1.24±0.08
9	1.13±0.06	2.88±0.17	3.01±0.17
14	2.83±0.18	3.06±0.15	3.25±0.19
21	3.95±0.16	4.17±0.18	4.83±0.15
28	4.07±0.11	5.12±0.16	6.10±0.18
35	2.55±0.16	3.24±0.14	4.58±0.12
42	1.01±0.05	2.15±0.17	3.26±0.19

^a mg MA kg⁻¹ flesh.

^b mean values ± standard deviation from three samples from each of two experiments (n=2×3).

ที่มา : Choulira, Savvaidisa, Panagiotakisb and Kontominasa (2004)

Ana, Isabel, José and Juan. (2011) ศึกษาผลของการแทนที่โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในปลากระพงรมควัน โดยทำการเปรียบเทียบ 2 ตัวอย่าง คือ NaCl ร้อยละ 100 และ NaCl ร้อยละ 50 ร่วมกับ KCl ร้อยละ 50 ทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้การบรรจุ 3 สภาวะ คือ สภาวะปกติ สุญญากาศ และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ เก็บรักษาในอุณหภูมิตู้เย็น ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส พบว่า การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปลงบรรยากาศในการเก็บรักษา สามารถลดปริมาณการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการแทนที่โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส

Antonios and Michael (2007) ศึกษาการยืดอายุปลาทรายแดงเค็ม โดยทำการบรรจุตัวอย่างในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ ใช้สาร 2 สภาวะ คือ ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ร่วมกับออกซิเจน (O₂) และ ไนโตรเจน (N₂) และใช้น้ำมันหอมระเหยจากน้ำมันออริก้า ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี คือ วิเคราะห์ TVB-N (total volatile basic nitrogen) (ตารางที่ 2.7) TMA (trimethylamine nitrogen) (ตารางที่ 2.8) และ TBA (thiobarbituric acid) (ตารางที่ 2.9) พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากน้ำมันออริก้าโน ร้อยละ 0.8 มีค่า TVB-N, TMA และ TBA น้อยที่สุด

สรุปได้ว่า การใช้ไขมันหอมระเหยจากน้ำมันออริกานอ สามารถเก็บรักษาปลาทรายเค็มได้นานที่สุด ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.7 ผลการวิเคราะห์ค่า TVB-N (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในปลาทรายแดงเค็ม

Storage time ^B (days)	packaging conditions				
	A1	A2	M1	M2	M3
0	15.9±0.4 ^a	15.9±0.4 ^a	15.9±0.4 ^a	15.9±0.4 ^a	15.9±0.4 ^a
4	22.0±0.6 ^a	18.2±0.2 ^{bc}	19.0±0.3 ^b	17.7±0.3 ^c	17.9±0.4 ^c
8	25.4±0.3 ^a	20.3±0.3 ^b	20.6±0.5 ^b	18.2±0.2 ^c	18.7±0.5 ^c
12	31.5±0.7 ^a	22.9±0.5 ^b	21.3±0.6 ^c	19.5±0.4 ^d	19.8±0.4 ^d
16	36.1±0.5 ^a	30.8±0.8 ^b	23.6±0.3 ^c	22.0±0.5 ^d	22.5±0.2 ^d
20	40.6±0.4 ^a	35.3±0.7 ^b	27.7±0.2 ^c	26.2±0.3 ^d	26.1±0.4 ^d
24	47.6±0.3 ^a	39.8±0.6 ^b	33.8±0.5 ^c	28.2±0.7 ^d	27.7±0.3 ^d
28	47.6±0.3 ^a	45.3±0.4 ^b	36.6±0.7 ^c	33.5±0.6 ^d	29.4±0.7 ^e
33	71.8±1.2 ^a	49.9±0.6 ^b	45.7±0.4 ^c	40.5±0.3 ^d	35.2±0.9 ^e

ที่มา : Antonios and Michael (2007)

ตารางที่ 2.8 ผลการวิเคราะห์ค่า TMA (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง) ในปลาทรายแดงเค็ม

Storage time ^B (days)	packaging conditions				
	A1	A2	M1	M2	M3
0	0.31±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a
4	0.46±0.04 ^a	0.45±0.02 ^a	0.49±0.05 ^a	0.36±0.04 ^a	0.37±0.05 ^a
8	0.70±0.05 ^a	0.48±0.04 ^b	0.52±0.03 ^b	0.51±0.04 ^b	0.43±0.06 ^b
12	1.12±0.05 ^a	0.68±0.04 ^b	0.65±0.05 ^b	0.46±0.03 ^c	0.50±0.05 ^c
16	1.86±0.10 ^a	1.02±0.07 ^b	0.79±0.06 ^c	0.69±0.04 ^{cd}	0.62±0.03 ^d
20	2.84±0.22 ^a	1.78±0.12 ^b	1.19±0.07 ^c	0.87±0.06 ^d	0.92±0.05 ^d
24	3.71±0.18 ^a	2.61±0.21 ^b	1.54±0.10 ^c	1.26±0.07 ^d	1.29±0.08 ^d
28	5.25±0.53 ^a	3.41±0.14 ^b	2.39±0.20 ^c	2.12±0.08 ^{cd}	1.82±0.25 ^d
33	7.38±0.30 ^a	5.02±0.33 ^b	4.29±0.19 ^c	3.74±0.25 ^d	3.25±0.12 ^e

ที่มา : Antonios and Michael (2007)

ตารางที่ 2.9 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม) ในปลาทรายแดงเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$

Storage time ^B (days)	packaging conditions				
	A1	A2	M1	M2	M3
0	0.18 ± 0.04^a	0.18 ± 0.04^a	0.18 ± 0.04^a	0.18 ± 0.04^a	0.18 ± 0.04^a
4	0.20 ± 0.05^a	0.31 ± 0.06^a	0.38 ± 0.10^{ab}	0.09 ± 0.02^c	0.15 ± 0.02^c
8	0.24 ± 0.06^a	0.48 ± 0.05^b	0.73 ± 0.06^c	0.21 ± 0.03^a	0.22 ± 0.05^a
12	0.40 ± 0.07^a	0.58 ± 0.09^b	0.90 ± 0.16^c	0.25 ± 0.07^d	0.28 ± 0.05^d
16	0.52 ± 0.05^a	0.65 ± 0.06^a	0.82 ± 0.07^b	0.31 ± 0.05^c	0.22 ± 0.04^c
20	0.72 ± 0.06^a	0.77 ± 0.10^a	0.73 ± 0.08^a	0.29 ± 0.05^b	0.20 ± 0.03^b
24	0.91 ± 0.08^a	1.12 ± 0.07^b	0.98 ± 0.09^{ab}	0.48 ± 0.07^c	0.38 ± 0.09^c
28	0.81 ± 0.09^a	0.89 ± 0.12^a	1.60 ± 0.20^b	0.39 ± 0.11^c	0.40 ± 0.12^c
33	0.72 ± 0.05^a	0.99 ± 0.10^b	1.31 ± 0.16^c	0.44 ± 0.05^d	0.30 ± 0.07^e

^{a-e} Values in the same line followed by a different letter are significantly different ($p < 0.05$).

^A Values represent the mean of six determinations ($n=2 \times 3$) $\pm$ SD.

^B Values on day 0 correspond to non-treated product.

หมายเหตุ : A1 = การบรรจุสถานะปกติ (control)

A2 = ปลาเค็มที่บรรจุสถานะปกติ

M1 = ปลาเค็มที่บรรจุสถานะดัดแปลงบรรยากาศ

M2 = ปลาเค็มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.4 ในการดัดแปลงบรรยากาศ

M3 = ปลาเค็มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.8 ในการดัดแปลงบรรยากาศ

ที่มา : Antonios and Michael (2007)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ปลาหูแขกหางเหลือง



ภาพที่ 3.1 ปลาหูแขก *Decapterus maruadsi*

2. เกลือ ตราปรงทิพย์
3. ถังพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน

อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตปลาหูแขกเค็ม การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางจุลชีววิทยาของปลาหูแขกเค็ม มีดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตปลาหูแขกเค็ม ประกอบด้วย
 - อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ มีด เขียง ชามผสม เป็นต้น
 - เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง ตรา Mettler Toledo รุ่น AL 204
 - เครื่องปิดผนึก ตรา Vac-star รุ่น S220
2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ ประกอบด้วย
 - เครื่องวัดค่า water activity (a_w) ตรา Aqualab รุ่น Ss36090
 - เครื่องวัดค่าสี color flex รุ่น hunter lab : 1471

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านเคมี ประกอบด้วย

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (analytical balance) ตรา Mettler Toledo รุ่น AL 204
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance) ตรา Mettler Toledo รุ่น AB 204 S
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) ตรา Schott รุ่น G 0840
- เครื่องโฮโมจีไนซ์ (homogenizer) ตรา Ultra turrax รุ่น T25 basic
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrometer) ตรา S32 รุ่น LIBRA
- เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน (protein analyzer and accessories) ตรา Foss รุ่น

520017830

- เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (soxhlet fat analyzer) ตรา VELP SCIENTICA รุ่น SER 148
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ตรา Ecocell รุ่น B031643
- เตาเผา (kiln) ตรา Vulcan รุ่น A-550
- โถดูดความชื้น (desiccator)
- เตาไฟฟ้า (hot plate) ตรา Rommelsbacher
- ชุดอุปกรณ์การไตเตรท

4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา ประกอบด้วย

- ตู้บ่มเชื้อ (incubater) ตรา Binder รุ่น 9010-0082
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ตรา Ecocell รุ่น B031643
- เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer) รุ่น Vortex-5
- เครื่องตีปั่น (stomacher) ตรา Seward รุ่น CIR 400
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบใช้ความดัน (autoclave) ตรา Tomy รุ่น SX-500

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และ จุลชีววิทยาของปลาทุแวกเค็ม มีดังนี้

- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลกติก
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณเกลือ
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ Total volatile bases (TVB)
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ Trimethylamine (TMA)

- butterfield' phosphate - buffered dilution water
- egg-yolk emulsion
- plate count agar (PCA)
- potato dextrose agar (PDA)
- lauryl sulfate broth (LSB) (ชื่อเดิม lauryl tryptose broth : LST)
- brilliant green lactose bile broth (BGLB)
- eosine methylene blue agar (EMB)
- baird-parker agar (BPA)
- tryptose broth
- EC broth
- brain heart infusion broth (BHI)
- MR-VP broth
- simmon citrate agar
- rabbit plasma
- TSA

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดแนวทางการดำเนินการศึกษา การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ๆ ดังนี้

1. ศึกษาการผลิตปลาทุแวกเค็ม

ศึกษาปริมาณเกลือที่ใช้ในการผลิตปลาทุแวกเค็ม 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3 ร้อยละ 6 และ ร้อยละ 9 และระยะเวลาในการดองเกลือ 2 ระดับ คือ 10 นาที และ 20 นาที (วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทำการทดลอง 2 ซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ผลผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้ง 6 ชุดการทดลอง นำไปตากแห้งจนกระทั่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.85-0.90 จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี

- วัดค่า pH โดย pH Meter ตรา Schott รุ่น G 0840 โดยวิธีของ A.O.A.C (1999)
- ปริมาณกรดแลกติก โดยวิธี A.O.A.C (1999)
- ปริมาณเกลือ โดยวิธี A.O.A.C (1990)
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี A.O.A.C (1999)

1.2 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ

- วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง color flex รุ่น hunter lab : 1471
- วัดค่า a_w โดยใช้เครื่องวัดค่า Water activity (a_w) รุ่น Ss36090 ตรา Aqualab

1.3 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสกับตัวอย่างปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่ผ่านการทอดได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 18 คน ด้วยวิธี 5 points hedonic scale มีระดับคะแนน 1-5 คะแนน โดย 5 เป็นคะแนนที่ชอบที่สุดและ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบที่สุด

นำผลิตภัณฑ์ปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่มีคุณลักษณะดีที่สุดจากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี A.O.A.C (1990)
- ปริมาณไขมัน โดยวิธี A.O.A.C (2000)
- ปริมาณเถ้า โดยวิธี A.O.A.C (1999)

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

บรรจุผลิตภัณฑ์ปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่ผลิตโดยใช้ปริมาณเกลือและระยะเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 ในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ภายใต้สภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบ คือ การบรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจน และนำปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่บรรจุแล้วมาเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษา 2 ระดับ คือ (1) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (2) อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 1 เดือน โดยตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 5 วัน ดังนี้ วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT

2.1 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี

- วัดค่า pH โดย pH Meter ตรา Schott รุ่น G 0840 โดยวิธีของ A.O.A.C (1999)
- ปริมาณความชื้น โดยวิธี A.O.A.C (1999)
- ปริมาณเกลือโดยวิธี A.O.A.C (1999)
- ค่า TBA Thiobarbituric acid (TBA) โดยวิธีของ Egen *et al.* (1981)
- ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB) โดยวิธีคอนเวย์ (Conway Unite)
- ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA) โดยวิธีคอนเวย์ (Conway Unite)

2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ

- วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง color flex รุ่น hunter lab : 1471
- วัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า Water activity (a_w) รุ่น Ss36090

ตรา Aqualab

2.3 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีของ BAM (2002)
- ปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส โดยวิธีของ BAM (2002)
- ปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธี BAM (2002)
- ปริมาณยีสต์และรา โดยวิธีของ A.O.A.C (1990)

2.4 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการตรวจพินิจ ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น ลักษณะเนื้อ ใช้ผู้ทดสอบที่การฝึกฝนจำนวน 10 คน และใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 312/2547) มีระดับคะแนน 1-4 คะแนน โดย 4 เป็นคะแนนที่ดีมากและ 1 เป็นคะแนนที่ต้องปรับปรุง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องเป็นปลาชนิดเดียวกัน มีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน ภายในช่องท้องต้องไม่มีเศษลำไส้ติดอยู่ลำตัวและผิวหนังต้องไม่แตก ฉีกหรือขาด	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาเค็ม	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเหม็นเน่า รสขม	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อ	ต้องแน่น ไม่แข็งกระด้างหรือนิ่มละ	4	3	2	1

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาเค็ม (มผช. 312/2547)

บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการผลิตปลาทุบกึ่งเค็ม โดยศึกษาปริมาณเกลือที่ใช้ในการผลิตปลาเค็ม 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 6 และ 9 และระยะเวลาในการดองเกลือ 2 ระดับ คือ 10 และ 20 นาที ผลผลิตที่ได้ทั้ง 6 ชุดการทดลอง นำไปตากแห้งจนกระทั่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.85-0.90 แล้วจึงนำผลผลิตที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส จากนั้นนำผลผลิตปลาทุบกึ่งเค็มที่มีคุณลักษณะดีที่สุดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ภายใต้สภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบ คือ การบรรจุสุญญากาศ สภาวะสุญญากาศ และใช้สารดูดออกซิเจน และนำปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุแล้วมาเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษา 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 15 วัน และอุณหภูมิตู้เย็น ระยะเวลา 30 วัน โดยนำตัวอย่างปลาทุบกึ่งเค็มมาตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 5 วัน ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาได้นำเสนอตามลำดับ ดังนี้

4.1 การศึกษาการผลิตปลาทุบกึ่งเค็ม

การผลิตปลาทุบกึ่งเค็มได้ทำการผ่าหลัง คั่วไส้ ล้างทำความสะอาดและทดลองใช้ปริมาณเกลือ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3 ร้อยละ 6 และร้อยละ 9 และระยะเวลาในการดองเกลือ 2 ระดับ คือ 10 นาที และ 20 นาที จากนั้นนำทั้ง 6 ชุดการทดลองตากแดดให้แห้งจนกระทั่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.85-0.90 แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพปรากฏผล ดังนี้

4.1.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดแลกติก ปริมาณเกลือ ปริมาณความชื้น ค่า TVB และค่า TMA ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่า pH ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการทำงานของเอนไซม์ตลอดจนการยับยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สุมนธา, 2545) จากการวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลอง พบว่า ค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.67-5.89 แสดงดังตารางที่ 4.1 นั่นคือความเข้มข้นของเกลือที่แตกต่างกันจากการทดลองนี้ส่งผลต่อค่า pH ของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็ม แต่ระยะเวลาในการดองเกลือที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า pH เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ วารุณ สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ้งชัด (2546) ที่รายงานว่าปลาสดเค็มมีค่า pH สูงถึง 6.57 ซึ่งมีค่ามากกว่าปลาทุบกึ่งเค็ม เนื่องจากปลาสดเค็มมีปริมาณ

เกลือสูงถึงร้อยละ 4.48 จึงไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกจึงส่งผลต่อค่า pH ดัง กล่าว (วิชัย ลีลาวัชรมาศ, 2551)

4.1.1.2 ปริมาณกรดแลกติก

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลอง พบว่า ปริมาณกรดแลกติกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.27-0.30 แสดงดังตารางที่ 4.1 แสดงว่าความเข้มข้นของเกลือและระยะเวลาในการดองเกลือไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดแลกติกของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มนั่นเอง

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกในปลาทุบกึ่งเค็ม

ชุดการทดลอง (ปริมาณเกลือและเวลาในการดองเกลือ)	ค่า pH	ปริมาณกรดแลกติก (ร้อยละ)
1 (เกลือร้อยละ 3 เวลาดอง 10 นาที)	5.89 ± 0.07^c	0.30 ± 0.01^{ns}
2 (เกลือร้อยละ 3 เวลาดอง 20 นาที)	5.88 ± 0.02^{bc}	0.28 ± 0.01^{ns}
3 (เกลือร้อยละ 6 เวลาดอง 10 นาที)	5.82 ± 0.01^b	0.27 ± 0.02^{ns}
4 (เกลือร้อยละ 6 เวลาดอง 20 นาที)	5.83 ± 0.02^{bc}	0.28 ± 0.00^{ns}
5 (เกลือร้อยละ 9 เวลาดอง 10 นาที)	5.67 ± 0.05^a	0.28 ± 0.00^{ns}
6 (เกลือร้อยละ 9 เวลาดอง 20 นาที)	5.84 ± 0.01^{bc}	0.28 ± 0.01^{ns}

หมายเหตุ : ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.1.3 ปริมาณเกลือ

เกลือจัดเป็นสารเจือปนอาหารอย่างหนึ่งที่ทำให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อาหารลดลงโดยการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์อาหารและเพิ่มความเข้มข้นของตัวถูกละลายในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Hall, 1997) ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยในการควบคุมคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาทุบกึ่งเค็มได้

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเกลือในตัวอย่างปลาทุบกึ่งเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 2.36-5.86 แสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณเกลือมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเกลือที่ใช้โดยเกลือจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลา ในขณะที่น้ำบางส่วนในเนื้อปลาจะไหลซึมออกมาเนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันของสารละลายเกลือ และน้ำที่อยู่ในเนื้อปลา การปล่อยให้ปลาแช่อยู่ในเกลือเป็นเวลานานทำให้ความชื้นของเนื้อปลาลดลงและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็ม (ประสาร สวัสดิ์ชิตัง, 2536)

4.1.1.4 ปริมาณความชื้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลอง พบว่า ปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 53.99-55.74 แสดงดังตารางที่ 4.2 การดองเกลือโดยใช้ปริมาณเกลือแตกต่างกันแต่ระยะเวลาการดองเกลือเท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลง และระยะเวลาในการดองเกลือที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งเกลือสามารถดึงน้ำออกจากตัวปลา เนื่องจากความเข้มข้นของเกลือกับตัวปลาต่างกันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวล ทำให้น้ำในตัวปลาลดลงและความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น (ปัทมากร พรหมจันทร์, 2546)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือและปริมาณความชื้นในปลาทุบกึ่งเค็ม

ชุดการทดลอง (ปริมาณเกลือและเวลาในการดองเกลือ)	ค่า pH	ปริมาณกรดแลกติก (ร้อยละ)
1 (เกลือร้อยละ 3 เวลาดอง 10 นาที)	2.44 ± 0.31^a	54.60 ± 0.64^{bc}
2 (เกลือร้อยละ 3 เวลาดอง 20 นาที)	2.36 ± 0.07^a	55.41 ± 0.26^{cd}
3 (เกลือร้อยละ 6 เวลาดอง 10 นาที)	3.81 ± 0.08^c	54.37 ± 0.53^b
4 (เกลือร้อยละ 6 เวลาดอง 20 นาที)	3.11 ± 0.12^b	55.55 ± 0.44^a
5 (เกลือร้อยละ 9 เวลาดอง 10 นาที)	5.64 ± 0.24^d	53.99 ± 0.72^b
6 (เกลือร้อยละ 9 เวลาดอง 20 นาที)	5.86 ± 0.02^d	55.74 ± 0.46^d

หมายเหตุ : ^{a-d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

$\pm$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณค่าสีและการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ค่าสี

สี เป็นปัจจัยคุณภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและมีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ สี ยังใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ สีแสดงคุณสมบัติตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์หรือคุณภาพที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่พึงพอใจหรือต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (color flex) เป็นการวัดค่าสีโดยใช้หลักการทางกายภาพ โดยวัดค่าปริมาณและชนิดของคลื่นแสงที่ผ่านทะลุตัวอย่างหรือสะท้อนออกจากตัวอย่าง ด้วยการใช้การบังคับความถี่ของคลื่นแสงด้วยแก้วผลึก (prism) หรือแผ่นกรองแสง (filter) และอ่านค่า 3 ค่า คือค่า L^* , a^* , b^* โดยค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a^* (เป็นบวก) หมายถึง ความเป็นสีแดง a^*

(เป็นลบ) หมายถึง ความเป็นสีเขียว และค่า b^* (เป็นบวก) หมายถึง ความเป็นสีเหลือง b^* (เป็นลบ) หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน (กูรอซียะห์ ยามิรุติง, 2549) จากการวิเคราะห์ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกุ้งแช่แข็ง 6 ชุดการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 38.88-46.61 ค่า a^* มีค่าอยู่ในช่วง 4.37-6.65 และค่า b^* มีค่าอยู่ในช่วง 12.08-19.38 แสดงดังตารางที่ 4.3 ทั้งนี้ ค่า L^* , a^* และ b^* ของปลาทุบกุ้งแช่แข็ง 6 ชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) นั่นคือความเข้มข้นของเกลือและระยะเวลาในการดองเกลือที่แตกต่างกันจากการทดลองนี้ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลืองและค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกุ้งแช่แข็ง

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของปลาทุบกุ้งแช่แข็ง

ชุดการทดลอง	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
1 (เกลือร้อยละ 3 เวลาดอง 10 นาที)	46.61±1.92 ^{ns}	5.16±0.42 ^{ns}	19.38±1.36 ^{ns}
2 (เกลือร้อยละ 3 เวลาดอง 20 นาที)	41.88±5.12 ^{ns}	6.10±2.03 ^{ns}	16.44±1.95 ^{ns}
3 (เกลือร้อยละ 6 เวลาดอง 10 นาที)	40.41±0.69 ^{ns}	4.37±0.38 ^{ns}	14.06±0.82 ^{ns}
4 (เกลือร้อยละ 6 เวลาดอง 20 นาที)	40.91±1.15 ^{ns}	6.56±2.71 ^{ns}	15.15±4.63 ^{ns}
5 (เกลือร้อยละ 9 เวลาดอง 10 นาที)	38.88±1.86 ^{ns}	5.66±0.51 ^{ns}	12.08±1.50 ^{ns}
6 (เกลือร้อยละ 9 เวลาดอง 20 นาที)	41.81±5.07 ^{ns}	6.65±0.78 ^{ns}	16.55±3.77 ^{ns}

หมายเหตุ : ^{ns} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.2.2 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (water activity : a_w)

ผลการวัดค่า a_w ในตัวอย่างปลาทุบกุ้งแช่แข็ง 6 ชุดการทดลอง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.85-0.90 แสดงดังตารางที่ 4.4 ซึ่งค่าดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม (มพช.312/2547) ที่กำหนดว่า a_w ต้องไม่เกิน 0.85-0.90

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดค่า a_w ในปลาทุแวกเค็ม

ชุดการทดลอง	ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w)
1 (เกลือร้อยละ 3 เวลาทอง 10 นาที)	0.90 ± 0.00^{ns}
2 (เกลือร้อยละ 3 เวลาทอง 20 นาที)	0.87 ± 0.05^{ns}
3 (เกลือร้อยละ 6 เวลาทอง 10 นาที)	0.90 ± 0.01^{ns}
4 (เกลือร้อยละ 6 เวลาทอง 20 นาที)	0.87 ± 0.00^{ns}
5 (เกลือร้อยละ 9 เวลาทอง 10 นาที)	0.86 ± 0.01^{ns}
6 (เกลือร้อยละ 9 เวลาทอง 20 นาที)	0.85 ± 0.04^{ns}

หมายเหตุ : ^{ns} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

$\pm$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลอง โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 18 คนทำการทดสอบระดับการยอมรับ ด้วยวิธีการทดสอบ 5 points hedonic scale โดยมีระดับคะแนน 1-5 คะแนน โดย 5 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด และ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบที่สุด ผลการศึกษา พบว่า คะแนนการยอมรับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 3.17-3.89 คะแนน (ตารางที่ 4.5) ซึ่งปลาทุแวกเค็มที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 3 คือ ปลาทุแวกเค็มที่ทองเกลือร้อยละ 6 เป็นเวลา 10 นาที เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็มปานกลาง เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แห้งแข็ง กระด้างจนเกินไป จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชุดการทดลอง	คะแนนการยอมรับ
1 (เกลือร้อยละ 3 เวลาทอง 10 นาที)	3.72 ± 0.83^{bc}
2 (เกลือร้อยละ 3 เวลาทอง 20 นาที)	3.83 ± 0.92^c
3 (เกลือร้อยละ 6 เวลาทอง 10 นาที)	3.89 ± 0.58^c
4 (เกลือร้อยละ 6 เวลาทอง 20 นาที)	3.50 ± 1.34^{abc}
5 (เกลือร้อยละ 9 เวลาทอง 10 นาที)	3.39 ± 1.09^{ab}
6 (เกลือร้อยละ 9 เวลาทอง 20 นาที)	3.17 ± 1.29^a

หมายเหตุ : ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

$\pm$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.4 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของปลาทุแวกเค็ม

นำผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่มีคุณลักษณะที่ดีที่สุดจากข้อ 4.1.3 มาตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพ ได้แก่ โปรตีน ความชื้น ไขมัน ปริมาณเกลือ เถ้า pH a_w กรดแลกติก และค่าสี ได้ผลดังภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็ม

ตารางที่ 4.6 ลักษณะคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของปลาทุแวกเค็ม

ลักษณะคุณภาพ	ปลาทุแวกเค็ม	ปลาสดเค็ม*
โปรตีน (ร้อยละ)	19.32±0.45	18.90
ความชื้น (ร้อยละ)	54.37±0.53	78.35
ไขมัน (ร้อยละ)	4.46±0.10	4.77
ปริมาณเกลือ	3.81±0.08	4.48
เถ้า (ร้อยละ)	5.74±0.20	NF
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.82±0.01	6.57
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	0.90±0.01	0.96
กรดแลกติก (ร้อยละ)	0.26±0.02	NF
ค่าสี L^*	40.41±0.69	NF
a^*	4.37±0.38	NF
b^*	14.06±0.82	NF

หมายเหตุ : ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

NF หมายถึง ไม่มีรายงาน

* งานวิจัยของวารุณี สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ่มชัด (2546)

จากผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของปลาทุแวกเค็ม เมื่อเปรียบเทียบกับปลาสดเค็มจากงานวิจัยของ วารุณี สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ่มชัด (2546) พบว่าปลาทุแวกเค็มมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าและมีความชื้น ไขมัน pH และ a_w ต่ำกว่า ทั้งนี้เป็นผลจากปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์ทั้งสองนั่นเอง

4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

บรรจุผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่ผลิตโดยใช้ปริมาณเกลือและระยะเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 4.1 คือ ปลาทุแวกเค็มที่ต้องเกลือร้อยละ 6 เป็นเวลา 10 นาที ในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ภายใต้สภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบ คือการบรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจน และใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษา 2 ระดับ คือเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 15 วัน และอุณหภูมิตู้เย็น ระยะเวลา 30 วัน และตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน ปรากฏผลดังนี้

4.2.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี

4.2.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

pH ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะแตกต่างกันทั้ง 3 สภาวะ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.7 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า pH ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 5.98 เป็น 6.72 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 5.98 เป็น 6.63 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 5.98 เป็น 6.94 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนของแบคทีเรียในสกุลบาซิลลัส (*Bacillus* sp.) ซึ่งจะได้แอมโมเนียหรือสารที่เป็นด่างออกมาส่งผลให้ pH ของปลาทุแวกเค็มมีค่าที่สูงขึ้น (รังสิณี ไสธวิทย์, 2550)

ค่า pH ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาระยะเวลาเดียวกันแต่ทุกสภาวะการบรรจุมีแนวโน้มของค่า pH เพิ่มขึ้น โดยสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่า pH เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าสภาวะอื่น เนื่องจากสภาวะสุญญากาศมีการดึงอากาศออกจากบรรจุภัณฑ์ก่อนปิดผนึก (ชมพูนุช โสมาลย์ และชาคริยา ฉลาด, 2547) ทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกไม่สามารถเจริญได้ ส่งผลให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ, มปท.)

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในปลาทุแคกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	5.98±0.33 ^{aNS}	5.98±0.33 ^{aNS}	5.98±0.33 ^{aNS}
5	6.24±0.07 ^{aNS}	5.99±0.35 ^{aNS}	6.20±0.21 ^{aNS}
10	6.31±0.19 ^{bNS}	6.54±0.37 ^{bNS}	6.32±0.41 ^{aNS}
15	6.72±0.25 ^{cNS}	6.63±0.26 ^{bNS}	6.94±0.44 ^{bNS}

หมายเหตุ : ^{a-c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแคกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.8 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า pH ($p > 0.05$) โดยค่า pH ของปลาทุแคกเค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การบรรจุในสภาวะปกติ มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.98-6.33 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.98-6.22 และการใช้สารดูดออกซิเจน มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.98-6.34 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน

ค่า pH ของปลาทุแคกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาระยะเวลาเดียวกันแต่แนวโน้มของค่า pH จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ดีและยังลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของอาหาร (รังสิณี โสธรวิทย์, 2550)

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	5.98±0.33 ^{nsNS}	5.98±0.33 ^{nsNS}	5.98±0.33 ^{nsNS}
5	6.03±0.21 ^{nsNS}	5.97±0.25 ^{nsNS}	5.93±0.25 ^{nsNS}
10	6.17±0.24 ^{nsNS}	6.03±0.20 ^{nsNS}	6.11±0.15 ^{nsNS}
15	6.05±0.17 ^{nsNS}	6.04±0.15 ^{nsNS}	6.12±0.64 ^{nsNS}
20	6.11±0.33 ^{nsNS}	6.17±0.34 ^{nsNS}	6.02±0.58 ^{nsNS}
25	5.97±0.46 ^{nsNS}	5.99±0.38 ^{nsNS}	6.07±0.21 ^{nsNS}
30	6.33±0.01 ^{nsNS}	6.22±0.02 ^{nsNS}	6.34±0.28 ^{nsNS}

หมายเหตุ : ^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.3 ปริมาณความชื้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.9 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณความชื้นของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 54.93 เป็น 61.27 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 54.93 เป็น 57.43 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.93 เป็น 58.39 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน โดยทั่วไปปริมาณความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเกลือ คือเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ปริมาณเกลือก็จะลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของเกลือจะมีแรงดันออสโมติกดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามต้องใช้เกลือที่มีความเข้มข้นสูงมาก จึงจะทำให้ความชื้นลดลงได้ (บุษกร อุตรภูษิต, 2550) แต่ทั้งนี้ปลาทุแวกเค็มมีการใช้เกลือเพียงร้อยละ 6 เมื่อนำไปเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดโพลีเอทิลีน (polyethylene : PE) ที่สามารถปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย (ปูน คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) จึงส่งผลให้ความชื้นสามารถแทรกซึมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัทมากร พรหมจันทร์ (2546) ที่ทำการศึกษาการลดค่าออสโมเตอร์แอกติวิตีและคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่บรรจุในถุง

โพลีเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 56 วันมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเมื่อวันที่ 5-15 โดยการบรรจุสภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนสามารถควบคุมความชื้นได้ดีกว่าการบรรจุในสภาวะปกติ เนื่องจากสภาวะสุญญากาศได้ดึงอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ออกไปก่อนการปิดผนึก ส่วนการบรรจุสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนมีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์ (ชมพูนุช โสมาลีย์ และชาคริยา ฉลาด, 2547) จึงส่งผลให้สามารถควบคุมความชื้นได้ดีกว่าสภาวะปกติ

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	54.93±0.68 ^{aNS}	54.93±0.68 ^{aNS}	54.93±0.68 ^{aNS}
5	54.83±0.46 ^{aAB}	54.36±0.95 ^{aA}	55.49±0.53 ^{aB}
10	59.54±0.53 ^{bC}	58.43±0.64 ^{bB}	57.08±0.56 ^{bA}
15	61.27±0.23 ^{cC}	57.43±0.71 ^{bA}	58.39±0.56 ^{cB}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.10 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณความชื้นของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.93 เป็น 58.87 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.93 เป็น 59.52 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.93 เป็น 59.77 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ทั้งนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องแต่มีระดับการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิในตู้เย็นมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (บุญศรี จงเสรีจิตต์, 2552) ส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ปริมาณความชื้นของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ถึงแม้ว่าจะมีการควบคุมบรรยากาศในการเก็บรักษาแล้วก็ตามแต่ความชื้นยังสามารถแทรกซึมเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ได้ ส่งผลให้ความชื้นเพิ่มขึ้นทุกสภาวะการบรรจุ (Huss, 1988)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	54.93±0.68 ^{bNS}	54.93±0.68 ^{bNS}	54.93±0.68 ^{bNS}
5	53.95±0.37 ^{aB}	52.64±0.89 ^{aA}	53.54±0.96 ^{aAB}
10	55.66±0.28 ^{cA}	59.29±0.54 ^{deB}	58.59±0.90 ^{dB}
15	58.56±0.30 ^{efB}	58.80±0.53 ^{deB}	57.24±0.93 ^{cA}
20	57.32±0.49 ^{dNS}	57.83±0.60 ^{cNS}	57.56±0.85 ^{cNS}
25	58.20±0.46 ^{eNS}	58.68±0.27 ^{dNS}	58.68±0.27 ^{dNS}
30	58.87±0.57 ^{fA}	59.52±0.00 ^{eB}	59.77±0.35 ^{eB}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-f} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.4 ปริมาณเกลือ

จากการวิเคราะห์ปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณเกลือของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาวันที่ 5-15 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณเกลือของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 3.48-4.36 สภาวะสุญญากาศมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 3.51-4.36 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 3.66-4.36 เนื่องจากความชื้นจากสภาพแวดล้อมมีการแทรกซึมเข้าสู่ตัวปลาตามหลักออสโมซิส จึงทำให้ปริมาณความชื้นในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้น (Huss, 1988)

ปริมาณเกลือของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 0 และ 10 ($p > 0.05$) แต่จะแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 5 และ 15 ($p < 0.05$) เนื่องจากสภาวะการบรรจุมีคุณสมบัติที่ต่างกัน โดยสภาวะใช้สารดูดออกซิเจน

สามารถดูดซับความชื้นที่แทรกซึมเข้ามาในบรรจุภัณฑ์ (ชมพูช โสมาลัย และชาครียา ฉลาด, 2547) ส่งผลให้ปริมาณเกลือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าสภาวะอื่นๆ

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	4.36±0.55 ^{bNS}	4.36±0.55 ^{bNS}	4.36±0.55 ^{nsNS}
5	3.52±0.03 ^{aA}	3.92±0.25 ^{abB}	4.04±0.21 ^{nsB}
10	3.48±0.18 ^{aNS}	3.67±0.36 ^{aNS}	3.66±0.03 ^{nsNS}
15	3.58±0.05 ^{aA}	3.51±0.09 ^{aA}	3.83±0.10 ^{nsB}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-b} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.12 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณเกลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณเกลือของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 4.36-4.10 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 4.36-3.30 แต่การใช้สารดูดออกซิเจนจะมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 4.36-4.44 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน จากผลดังกล่าวพบว่า ปริมาณเกลือมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอุณหภูมิห้อง เนื่องจากความชื้นจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาทุแวกเค็มส่งผลให้ปริมาณเกลือเจือจางลงด้วยกระบวนการออสโมซิส (นิธิยา รัตนพนธ์, 2551)

ปริมาณเกลือของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-10 ($p > 0.05$) แต่จะแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาวันที่ 15-30 ($p < 0.05$) โดยทุกสภาวะการบรรจุมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับอุณหภูมิห้อง แต่จะมีการลดลงอย่างช้าๆ ตามระยะเวลาในการเก็บ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้แต่ละสภาวะการบรรจุปริมาณเกลือมีการลดลงอย่างช้าๆ (อรวิทย์ เล้าหรัศนันท์, ศศิมน ปรีดา และโชคชัย อีรกุลเกียรติ, 2543)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	4.36±0.55 ^{bNS}	4.36±0.55 ^{cNS}	4.36±0.55 ^{cdNS}
5	3.93±0.48 ^{aNS}	4.07±0.82 ^{bcNS}	3.65±0.02 ^{aNS}
10	3.78±0.09 ^{aNS}	3.64±0.63 ^{abNS}	3.94±0.04 ^{abNS}
15	3.72±0.29 ^{aA}	3.66±0.05 ^{abA}	3.95±0.02 ^{abB}
20	3.77±0.14 ^{aAB}	3.41±0.59 ^{aA}	4.11±0.34 ^{bcdB}
25	3.83±0.26 ^{bB}	3.20±0.43 ^{aA}	4.03±0.44 ^{abcB}
30	4.10±0.11 ^{abB}	3.30±0.08 ^{aA}	4.44±0.14 ^{dC}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.5 ค่า Thiobarbituric (TBA)

ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วันแสดงดังตารางที่ 4.13 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า TBA ของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่า TBA เพิ่มขึ้นจาก 3.90 เป็น 26.28 มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า TBA เพิ่มขึ้นจาก 3.90 เป็น 18.88 มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า TBA เพิ่มขึ้นจาก 3.90 เป็น 31.44 มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เนื่องจากปลาทุบกึ่งเค็มเป็นปลาเนื้อดำจะมีไขมันค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่มีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย (พรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัทมากร พรหมจันทร์ (2546) ที่ทำการศึกษากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 56 วันมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเมื่อระยะในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะค่า TBA มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการบรรจุปลาทุบกึ่งเค็มในสภาวะสุญญากาศมีค่า TBA น้อยที่สุด เนื่องจากการบรรจุสุญญากาศสามารถลดปริมาณอากาศที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับไขมันใน

เนื่อปลาจึงเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเหม็นหืนได้น้อยกว่าการบรรจุสภาวะปกติและใช้สารดูดออกซิเจน (วาร์ณิ สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ่มชัด, 2546)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA ในปลาทูแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลเนสไฮโดร/กิโลกรัม)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	3.90±0.16 ^{aNS}	3.90±0.16 ^{aNS}	3.90±0.16 ^{aNS}
5	9.67±0.34 ^{bB}	9.22±0.96 ^{bB}	7.54±0.28 ^{bA}
10	16.00±0.98 ^{cB}	12.28±1.02 ^{cA}	12.21±0.91 ^{cA}
15	26.23±0.78 ^{dB}	18.88±0.78 ^{dA}	31.44±0.88 ^{dC}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ปลาทูแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.14 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า TBA ของปลาทูแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่า TBA เพิ่มขึ้นจาก 3.90 เป็น 28.83 มิลลิกรัมมาโลเนสไฮโดร/กิโลกรัม ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า TBA เพิ่มขึ้นจาก 3.90 เป็น 34.47 มิลลิกรัมมาโลเนสไฮโดร/กิโลกรัม และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า TBA เพิ่มขึ้นจาก 3.90 เป็น 32.08 มิลลิกรัมมาโลเนสไฮโดร/กิโลกรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาปลาทูแวกเค็มที่อุณหภูมิห้องส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA น้อยกว่าปลาทูแวกเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากอุณหภูมิห้องสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในเนื่อปลา ส่งผลให้ปลาทูแวกเค็มเกิดการเหม็นหืนได้ช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอมรรัตน์ ถนนแก้ว, ถาวร จันทโชติ, วราภรณ์ เรืองรัตน์ และอารีรัตน์ อักษรเนียม (2552) ที่ทำการศึกษายาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาตุ๋นในจังหวัดพัทลุง พบว่า ปลาตุ๋นที่บรรจุในในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีน (ซิบล็อก) มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาแล้วลดลงเล็กน้อยในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา เนื่องจากไขมันในกล้ามเนื้อปลามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าไขมันที่มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีมากในหนังของปลาตุ๋น แสดงให้เห็นว่าไขมันในปลาตุ๋นเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและ

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วน Guillen and Ruiz (2004) รายงานว่าการหมักเกลือและการทำแห้ง มีผลให้เกิดออกซิเดชันของไขมันในปลาแซลมอล ส่วนปลาซีบรีมเค็ม (sea bream) มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Chouliara, Savvaidis, Panagiotakis and Kontominas, 2004)

ปลาทูแซกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ค่า TBA มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งการบรรจุสภาวะสุญญากาศจะมีค่า TBA น้อยกว่าสภาวะอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุสภาวะสุญญากาศมีการดึงอากาศออกจากผลิตภัณฑ์ก่อนปิด (ชมพูนุช โสมาลัย และชาคริยา ฉลาด, 2547) จึงส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการเหม็นหืนในระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด (สุพรรณพันธ์ โลหะลักษณเดช และนัฐา คเชนทร์ภักดี, 2549)

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่า TBA ในปลาทูแซกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลแนลดีไฮด์/กิโลกรัม)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	3.90±0.16 ^{aNS}	3.90±0.16 ^{aNS}	3.90±0.16 ^{aNS}
5	10.42±0.06 ^{bA}	12.88±0.89 ^{bB}	11.17±0.86 ^{bA}
10	14.60±0.71 ^{cB}	14.85±0.06 ^{cB}	12.58±0.19 ^{cA}
15	16.15±0.13 ^{dB}	16.27±0.22 ^{dB}	13.03±0.88 ^{cA}
20	19.22±1.21 ^{eB}	17.06±0.31 ^{eA}	16.54±0.10 ^{dA}
25	25.96±0.18 ^{fC}	23.80±0.86 ^{fA}	29.35±0.88 ^{eB}
30	28.83±0.58 ^{gA}	24.47±0.14 ^{gC}	32.08±0.80 ^{fB}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-g} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.6 ค่า Total volatile bases (TVB)

ค่า TVB เป็นสารระเหยได้ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเน่าเสียของปลาโดยจุลินทรีย์ประกอบด้วยแอมโมเนีย ไดเมทิลเอมีน และไตรเมทิลเอมีน เป็นต้น ดังนั้นจึงมักใช้ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีบ่งบอกการเน่าเสียของเนื้อปลา แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปลาดังรายงานของ Marrakchi, Bennour, Bouchrit, Hamama and Tagafait (1990) ที่กล่าวว่าปลาซาร์ดีนจะเน่าเสียเมื่อมีค่า TVB มากกว่า 25 mgN/100g ในขณะที่ ปลาที่มีถิ่นอาศัยในเขตหนาวและเขตอบอุ่นจะเน่าเสียเมื่อค่า TVB ในช่วง 30-40 mgN/100g (Connell, 1975.)

ผลการวิเคราะห์ค่า TVB ในตัวอย่างปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่า ระยะการเก็บรักษา มีผลต่อค่า TVB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า TVB ของตัวอย่างปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติมีค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 35.09 mgN/100g ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 32.47 mgN/100g และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 36.61 mgN/100g จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษานานขึ้นปลาเริ่มเน่าเสียจากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบไนโตรเจนมากขึ้น ส่งผลให้ค่า TVB มีค่าเพิ่มขึ้น (วชิรา กะตื่องงาน, 2546) เนื่องจากค่า TVB เป็นการวัดระดับความสดของเนื้อปลา ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย รวมถึงกลิ่นที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ (ระมุข ภาระกุลสุขสถิตย, ปจฉิมาภรณ์ อุดมคุณ, บัณฑิต อินดวงศ และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุลชร, 2550; Sallam, 2007; Dalgaard, 2000)

ปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะค่า TVB มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการบรรจุปลาทุบกึ่งเค็มในสภาวะสุญญากาศมีค่า TVB น้อยที่สุด ซึ่งแสดงถึงการเสื่อมสภาพของโปรตีนของตัวอย่างทั้ง 3 สภาวะการบรรจุมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา การบรรจุแบบสุญญากาศยังสามารถลดปริมาณ TVB ในปลาได้ดี (สมสมร แก้วบริสุทธิ์, นิลุบล กิจอันเจริญ และสินีนาน ศรี, 2550)

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ค่า TVB ในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า TVB mgN/100g		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	10.99±1.22 ^{cNS}	10.99±1.22 ^{dNS}	10.99±1.22 ^{dNS}
5	31.26±1.28 ^{bA}	25.52±1.13 ^{cc}	28.61±1.21 ^{cb}
10	33.57±0.99 ^{aA}	30.08±0.06 ^{bb}	34.55±0.64 ^{ba}
15	35.09±1.41 ^{ab}	32.47±0.97 ^{ac}	36.61±1.10 ^{aa}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ค่า TVB ในตัวอย่างปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่า ระยะการเก็บรักษา มีผลต่อค่า TVB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า TVB ของ

ตัวอย่างปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติมีค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 24.07 mgN/100g ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 23.33 mgN/100g และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 25.92 mgN/100g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ดังนั้นการเก็บรักษานานขึ้นปลาเริ่มเน่าเสียจากจุลินทรีย์ทำให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบไนโตรเจนมากขึ้น ส่งผลให้ค่า TVB เพิ่มขึ้น (วชิรา กะตื่องาน, 2546) เนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาปลาทุแวกเค็มที่อุณหภูมิตู้เย็นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TVB น้อยกว่าปลาทุแวกเค็มเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะค่า TVB มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการบรรจุปลาทุแวกเค็มในสภาวะสุญญากาศมีค่า TVB น้อยที่สุด การบรรจุแบบสุญญากาศยังสามารถลดปริมาณ TVB ในปลาได้ดี (สมสมร แก้วบริสุทธิ์, นิธิบล กิจอันเจริญ และสินีนานู ศรี, 2550) อย่างไรก็ตามปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะค่า TVB ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด โดยปริมาณ TVB-N ที่กำหนดให้มีได้สูงสุดในปลาคือ 25-30 mg TVB-N/100g (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546; Ashie, Smith and Simpson, 1996, Villarreal and Pozo, 1990)

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็น TVB ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า TVB mgN/100g		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	10.99±1.22 ^{fNS}	10.99±1.22 ^{fNS}	10.99±1.22 ^{fNS}
5	13.18±0.69 ^{eNS}	12.91±1.24 ^{eNS}	13.89±1.23 ^{eNS}
10	16.34±1.42 ^{dA}	14.92±0.96 ^{dB}	14.72±0.93 ^{eB}
15	18.40±0.64 ^{CA}	16.14±1.05 ^{CB}	17.02±0.63 ^{dB}
20	20.60±1.12 ^{bA}	16.86±0.43 ^{CC}	18.75±1.02 ^{CB}
25	23.49±1.08 ^{aA}	20.25±1.18 ^{bB}	23.14±1.31 ^{bB}
30	24.07±0.88 ^{aB}	23.33±0.52 ^{aB}	25.92±0.95 ^{aA}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-f} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.7 ค่า Trimethylamine (TMA)

ค่า TMA ในตัวอย่างปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.17 พบว่าระยะการเก็บรักษา มีผลต่อค่า TMA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า TMA ของตัวอย่างปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติมีค่า TMA เพิ่มขึ้นจาก 2.81 เป็น 8.42 mgN/100g ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า TMA เพิ่มขึ้นจาก 2.81 เป็น 8.05 mgN/100g และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า TMA เพิ่มขึ้นจาก 2.81 เป็น 10.23 mgN/100g ปริมาณ TMA จะเพิ่มขึ้น และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นจึงนิยมใช้ TMA เป็นดัชนี (chemical indicator) เพื่อใช้พิจารณาคุณภาพของปลาและอาหารทะเลเพื่อใช้ในการกำหนดอายุการเก็บรักษา (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546; Villarreal and Pozo, 1990) เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อปลาและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ที่ผิวของเนื้อปลา (Connell, 1975; Garthwarth, 1997)

สาร TMA เกิดจากการย่อยสลายของเอนไซม์ trimethylamineoxide reductase (TMAO reductase) โดยจะย่อย TMAO ที่มีอยู่ในเนื้อปลาให้กลายเป็น TMA และ TMA ที่เกิดขึ้นจะถูกเอนไซม์ TMA dehydrogenase ซึ่งอยู่ในเนื้อปลาย่อยให้กลายเป็น dimethylamine (DMA), formaldehyde (FA) และแอมโมเนีย (Meiberg and Harder, 1978) เป็นผลให้เนื้อปลามีค่า TVB สูงขึ้นไปด้วย (Haard and Simpson, 2000)

ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะมีค่า TMA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอย่างทั้ง 3 สภาวะการบรรจุมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา และการบรรจุปลาทุแวกเค็มในสภาวะสุญญากาศมีค่า TMA น้อยที่สุด ทั้งนี้มาตรฐานกำหนดให้ค่า TMA ไม่เกิน 10 mgN/100g ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ มีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ค่า TMA ในปลาทุแคกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า TMA mgN/100g		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	2.81±0.94 ^{dNS}	2.81±0.94 ^{dNS}	2.81±0.94 ^{cNS}
5	4.90±0.92 ^{cNS}	5.62±1.01 ^{cNS}	5.14±0.96 ^{bNS}
10	6.67±0.61 ^{bB}	7.92±1.23 ^{bA}	7.10±0.00 ^{aAB}
15	8.42±1.08 ^{aB}	8.05±1.16 ^{aB}	10.23±1.22 ^{aA}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ค่า TMA ในตัวอย่างปลาทุแคกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่า ระยะการเก็บรักษา มีผลต่อค่า TMA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า TMA ของตัวอย่างปลาทุแคกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติมีค่า TMA เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 12.33 mgN/100g ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า TMA เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 11.48 mgN/100g และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า TMA เพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 12.57 mgN/100g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาปลาทุแคกเค็มที่อุณหภูมิห้องส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TMA น้อยกว่าปลาทุแคกเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ปลาทุแคกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะมีค่า TMA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอย่างทั้ง 3 สภาวะการบรรจุมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาและการบรรจุปลาทุแคกเค็มในสภาวะสุญญากาศมีค่า TMA น้อยที่สุด แสดงว่า การบรรจุปลาทุแคกเค็มในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีกว่าการบรรจุในสภาวะการบรรจุแบบอื่นๆ

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็น TMA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า TMA mgN/100g		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	2.81±0.94 ^{fNS}	2.81±0.94 ^{fNS}	2.81±0.94 ^{gNS}
5	4.84±0.42 ^{eNS}	5.28±1.04 ^{eNS}	4.56±0.50 ^{fNS}
10	5.51±0.97 ^{cdB}	6.87±0.89 ^{dA}	6.28±0.61 ^{eAB}
15	6.27±0.61 ^{cC}	8.31±1.04 ^{cB}	9.42±0.41 ^{cA}
20	9.00±1.45 ^{bB}	9.30±0.08 ^{bcB}	10.71±1.03 ^{bA}
25	9.84±1.04 ^{bB}	10.29±1.23 ^{bbB}	11.83±0.91 ^{aA}
30	12.33±0.92 ^{aNS}	11.48±0.64 ^{aNS}	12.57±0.98 ^{aNS}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-g} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ

4.2.2.1 ค่าสี

ตรวจสอบค่าสี (ค่า L^* a^* b^*) ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 15 วัน และอุณหภูมิตู้เย็น 30 วัน ได้ผลดังนี้

ค่า L^* เป็นค่าของความสว่าง เริ่มจากสีขาวที่มีค่า L^* เท่ากับ 100 จนถึงสีดำที่มี L^* เป็น 0 ในกรณีที่ค่า L^* ที่วัดได้จากตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่าสีของตัวอย่างมีความสว่างมากขึ้น หรือตัวอย่างมีสีซีดลง ในทางกลับกันค่า L^* ที่ลดลงหมายถึงตัวอย่างมีสีคล้ำขึ้น ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่า ค่า L^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 36.11-43.31 ($p > 0.05$) ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 36.11-46.00 ($p < 0.05$) และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 35.93-42.55 ($p < 0.05$) จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดลง สันนิษฐานว่าสาเหตุที่สีของปลาค่อยๆซีดลงเนื่องจากความชื้นแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาส่งผลให้โปรตีนคาร์โบไฮเดรตสลายตัว ละลายจึงทำให้ค่า L^* เพิ่มขึ้นนั่นเอง

ค่า L^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-5 ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาวันที่ 10-15 ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่า สภาวะการบรรจุมีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อค่าความสว่างคือความชื้นและระยะเวลาในการเก็บรักษา (อรรธรณ คงพันธ์, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง, 2545)

ตารางที่ 4.19 ผลการตรวจสอบค่า L^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า L^*		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	36.11±2.15 ^{aNS}	36.11±2.15 ^{aNS}	36.11±2.15 ^{aNS}
5	43.16±1.68 ^{bNS}	42.65±1.68 ^{bNS}	42.55±1.10 ^{bNS}
10	43.31±2.76 ^{bA}	46.00±1.28 ^{cB}	42.54±1.59 ^{bA}
15	43.30±1.70 ^{bB}	43.12±2.29 ^{bB}	35.93±4.63 ^{aA}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{a-c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.20 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า L^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 36.11-41.95 ($p>0.05$) ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 36.11-40.71 ($p<0.05$) และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 36.11-41.10 ($p<0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นทุกสภาวะการบรรจุส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดลง โดยปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน มีสีซีดลงน้อยที่สุดในขณะที่ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติมีสีซีดลงมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุสภาวะปกติไม่มีการควบคุมปริมาณของอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดมากกว่าสภาวะสุญญากาศและสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนเมื่อเก็บในระยะเวลาเดียวกันนั่นเอง

ค่า L^* ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาเดียวกัน แสดงว่าสภาวะการบรรจุที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ (อรรธรณ คงพันธ์, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง, 2545)

ตารางที่ 4.20 ผลการตรวจสอบค่า L^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า L^*		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	36.11±2.15 ^{nsNS}	36.11±2.15 ^{aNS}	36.11±2.15 ^{aNS}
5	39.22±3.70 ^{nsA}	40.71±1.27 ^{cAB}	43.06±1.40 ^{bB}
10	39.85±4.41 ^{nsNS}	39.64±2.79 ^{bcNS}	40.34±2.22 ^{bNS}
15	39.29±4.91 ^{nsNS}	37.50±1.90 ^{abNS}	36.62±2.65 ^{aNS}
20	40.61±4.73 ^{nsNS}	37.87±1.53 ^{abNS}	37.10±3.89 ^{aNS}
25	41.95±3.22 ^{nsB}	37.87±1.52 ^{abA}	41.10±2.98 ^{bAB}
30	40.45±4.10 ^{nsNS}	38.64±0.98 ^{bcNS}	40.12±1.58 ^{bNS}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า a^* เป็นบวก หมายถึง ความเป็นสีแดง ค่า a^* เป็นลบ หมายถึง ความเป็น สีเขียว (กูรอซียะห์ ยามิรูดีง, 2549) ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.21 โดยค่า a^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 8.58-11.14 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 8.03-9.47 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 7.57-9.47 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดงในผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มไม่มีทิศทาง ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกล้ามเนื้อปลาซึ่งประกอบด้วยเม็ดสีไมโอโกลบินในปริมาณแตกต่างกัน (ปิยะวิทย์ ทิพรส, 2532)

ค่า a^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะและเก็บรักษาในระยะเวลาเดียวกัน ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-10 แต่จะมีความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L^*) ที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าสีแดงลดลงหรือมีสีซีดลงนั่นเอง

ตารางที่ 4.21 ผลการตรวจสอบค่า α^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า α^*		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	9.47±2.86 ^{nsNS}	9.47±2.86 ^{nsNS}	9.47±2.86 ^{nsNS}
5	8.58±2.45 ^{nsNS}	8.03±1.69 ^{nsNS}	7.57±0.47 ^{nsNS}
10	8.59±1.00 ^{nsNS}	8.40±1.00 ^{nsNS}	8.52±0.69 ^{nsNS}
15	11.14±1.31 ^{nsB}	8.00±2.46 ^{nsA}	8.52±2.05 ^{nsA}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า α^* ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน (ตารางที่ 4.22) พบว่า ค่า α^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติมีค่าอยู่ในช่วง 5.40-9.47 ($p < 0.05$) ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 6.54-9.47 ($p > 0.05$) และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 6.34-9.47 ($p < 0.05$) จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาจะมีผลต่อค่าสีแดงในผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ และสภาวะใช้สารดูดออกซิเจน โดยทำให้ค่าสีแดงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปลาทุแวกเค็มในวันที่ 0

ค่า α^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-10 แต่จะมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 15-30 ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ โดยการบรรจุในสภาวะใช้สารดูดออกซิเจน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นสีแดงลดลงน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนสามารถดูดซับความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ จึงส่งผลให้ค่าสีแดงลดลงน้อยกว่าสภาวะอื่น (อรรรรณ คงพันธ์, พรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง, 2545)

ตารางที่ 4.22 ผลการตรวจสอบค่า a^* ในปลาหูแชกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า a^*		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	9.47±2.86 ^{dNS}	9.47±2.86 ^{nsNS}	9.47±2.86 ^{bNS}
5	8.05±1.79 ^{cdNS}	8.30±1.66 ^{nsNS}	7.15±1.26 ^{aNS}
10	7.94±3.24 ^{bcdNS}	6.54±3.51 ^{nsNS}	8.30±1.99 ^{abNS}
15	5.88±0.75 ^{abcA}	7.55±2.90 ^{nsB}	6.34±0.96 ^{aA}
20	5.40±1.33 ^{aA}	6.88±1.07 ^{nsB}	7.28±0.80 ^{aB}
25	5.93±0.70 ^{abcA}	6.88±1.07 ^{nsB}	7.31±0.80 ^{aB}
30	5.57±0.68 ^{abA}	7.55±1.34 ^{nsB}	8.11±0.75 ^{abB}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า b^* เป็นบวก หมายถึง ความเป็นสีเหลือง ค่า b^* เป็นลบ หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน (กูรอซียะห์ ยามิรุติง, 2549) จากผลการตรวจสอบค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ปลาหูแชกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.23 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า b^* ($p > 0.05$) โดยค่า b^* ของปลาหูแชกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติมีค่าอยู่ในช่วง 17.93-21.03 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 18.48-20.11 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 15.58-18.49 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการบรรจุสภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 และ 15 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไขมันและน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปลาหูแชกเค็มถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษา เกิดจากสารประกอบแอลดีไฮด์ และคีโตนที่สามารถทำปฏิกิริยาเมลลาร์ด (millard reaction) ต่อไปได้ (Labuza, Reieccius, Monnier and Baynes, 1994) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างน้อยลงมีสีเหลืองเข้มขึ้น (วารุณี สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จีรวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ้งชัด, 2546)

ค่า b^* ของปลาหูแชกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-10 ($p < 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าสภาวะการบรรจุไม่มีผลหรือมีผลน้อยมากต่อค่าความเป็นสีเหลือง

ตารางที่ 4.23 ผลการตรวจสอบค่า b^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า b^*		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	18.49±2.31 ^{nsNS}	18.49±2.31 ^{nsNS}	18.49±2.31 ^{nsNS}
5	20.04±3.66 ^{nsNS}	18.96±3.67 ^{nsNS}	16.99±2.43 ^{nsNS}
10	17.93±3.02 ^{nsNS}	18.48±2.88 ^{nsNS}	16.93±1.09 ^{nsNS}
15	21.03±2.82 ^{nsB}	20.11±1.91 ^{nsB}	15.58±4.57 ^{nsA}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน (ดังตารางที่ 4.24) พบว่า ค่า b^* ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 14.14-18.49 ($p > 0.05$) และสภาวะสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 12.35-18.49 ($p > 0.05$) ส่วนการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 12.85-18.49 ($p < 0.05$) จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปลาทุแวกเค็มเริ่มต้น ซึ่งค่า b^* มีความสัมพันธ์กับค่า L^* ที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อค่า L^* เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงตามไปด้วย

ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศมีค่า b^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 5-30 อาจกล่าวได้ว่าสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อค่าสีเหลืองเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.24 ผลการตรวจสอบค่า b^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า b^*		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	18.49±2.31 ^{nsNS}	18.49±2.32 ^{bNS}	18.49±2.31 ^{dNS}
5	15.37±2.90 ^{nsNS}	14.72±3.67 ^{aNS}	17.15±3.00 ^{cdNS}
10	14.73±3.40 ^{nsNS}	12.57±2.88 ^{aNS}	17.35±2.91 ^{cdNS}
15	17.02±3.33 ^{nsA}	12.35±1.91 ^{aA}	13.40±2.05 ^{abB}
20	14.14±1.76 ^{nsNS}	13.69±2.90 ^{aNS}	12.85±3.21 ^{aNS}
25	14.31±1.60 ^{nsNS}	13.69±1.07 ^{aNS}	14.80±1.48 ^{abcNS}
30	15.37±1.94 ^{nsNS}	15.02±1.34 ^{aNS}	16.05±1.92 ^{bcdNS}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.2.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)

ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.25 พบว่า ค่า a_w ของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.92 ($p < 0.05$) ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.91 ($p > 0.05$) และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.91 ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า a_w ในทุกสภาวะการบรรจุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า a_w มีความสัมพันธ์กับความชื้น กล่าวคืออาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำน้อยเป็น monolayer water เมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนเป็น multilayer adsorption และความชื้นถูกดูดซับเข้าไปในรูเล็กๆ และช่องว่าง capillary ของเนื้อปลาทำให้เกิดการละลายของตัวถูกละลายได้ น้ำจะถูกจับอยู่ในผลิตภัณฑ์โดยทางกลทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้น (นิธิยา รัตนพนนท์, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมกร พรหมจันทร์ (2546) ที่ทำการศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 56 วันมีค่า a_w เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

ปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ และเก็บรักษาในเวลาเดียวกันมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่การบรรจุสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า a_w ต่ำที่สุด

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วันเนื่องจากการบรรจุในสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนสามารถดูดซับความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (ชมพูช โซมาลีย์ และชาครียา ฉลาด, 2547) จึงส่งผลให้ค่า a_w มีค่าต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพรรณพันธ์ โลหะลักษณ์เดช และนัฏฐา คเชนทร์ภักดี (2549) ที่ทำการ ศึกษาผลของสภาวะการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาปลาซีแลดเค็ม พบว่าปลาซีแลดเค็มที่บรรจุในสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า a_w ต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุสภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศ

ตารางที่ 4.25 ผลการตรวจสอบค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ในปลาทูแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า a_w		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	0.89 ± 0.01^{aNS}	0.89 ± 0.01^{nsNS}	0.89 ± 0.01^{nsNS}
5	0.91 ± 0.01^{bcNS}	0.90 ± 0.03^{nsNS}	0.91 ± 0.03^{nsNS}
10	0.90 ± 0.01^{bNS}	0.91 ± 0.01^{nsNS}	0.90 ± 0.03^{nsNS}
15	0.92 ± 0.00^{cNS}	0.91 ± 0.01^{nsNS}	0.90 ± 0.02^{nsNS}

หมายเหตุ : ^{a-c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

$\pm$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาทูแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า a_w ของปลาทูแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.98 ส่วนสภาวะสุญญากาศมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.97 และการใช้สารดูดออกซิเจนมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.98 นั่นคือค่า a_w มีความสัมพันธ์กับความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นด้วยนั่นเอง (นิธิยา รัตนพนธ์, 2551)

ปลาทูแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะและเก็บรักษาในเวลาเดียวกันมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-10 และ 30 แต่ระยะเวลาที่เก็บรักษาส่งผลให้ค่า a_w มีค่าเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันทุกสภาวะการบรรจุเช่นเดียวกับอุณหภูมิห้องแต่จะมีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่อย่างสม่ำเสมอจึงส่งผลให้แต่ละสภาวะการบรรจุมีค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (อรวิทย์ เลาหรัชตน์นธ์, ศศิมน ปรีดา และโชคชัย อีร์กุลเกียรติ, 2543)

ตารางที่ 4.26 ผลการตรวจสอบค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ค่า a_w		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	0.89±0.01 ^{aNS}	0.89±0.01 ^{aNS}	0.89±0.01 ^{aNS}
5	0.91±0.01 ^{bNS}	0.90±0.02 ^{abNS}	0.92±0.02 ^{cNS}
10	0.92±0.01 ^{bNS}	0.91±0.01 ^{bNS}	0.92±0.00 ^{bcNS}
15	0.93±0.01 ^{bB}	0.92±0.01 ^{bB}	0.90±0.02 ^{abA}
20	0.93±0.03 ^{bAB}	0.96±0.01 ^{cB}	0.89±0.04 ^{abA}
25	0.97±0.01 ^{cB}	0.98±0.01 ^{dC}	0.95±0.00 ^{dA}
30	0.98±0.26 ^{cNS}	0.97±0.39 ^{cNS}	0.98±0.26 ^{eNS}

หมายเหตุ : ^{A-C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{a-e} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ
สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล ปริมาณยีสต์และรา เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.312/2547) และใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่ง
เค็ม ได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มทั้ง 6 ชุดการ
ทดลองที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.27) และอุณหภูมิตู้เย็น (ตารางที่ 4.28) พบว่า ปริมาณ
จุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 0 มีจำนวนมากกว่า 1×10^5 โคโลนีต่อกรัม ทุกชุดการทดลอง ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.312/2547) ที่กำหนดไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^5
โคโลนีต่อกรัม ทั้งนี้เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมในการตากไม่เหมาะสม โดยสถานที่ที่ใช้ตากปลาไม่มีมุ้ง
ปิดกันแมลงและไม่สามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่มาพร้อมกับอากาศ เช่น ฝุ่นละอองที่ส่งผลให้
จุลินทรีย์ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์และเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้น (พรพล รมย์นุกูล, 2545) และขั้นตอน
หลังจากการตากปลาไม่มีกระบวนการใดในการกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาได้จึงทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมด
เกินกว่าที่กำหนดทุกชุดการทดลอง

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแคกเค็ม ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	1.6×10^6	1.6×10^6	1.6×10^6
5	1.9×10^7	1.8×10^7	1.9×10^7
10	2×10^7	13×10^7	2.2×10^7
15	2.9×10^7	22×10^7	3.0×10^7

ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแคกเค็ม ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	1.6×10^6	1.6×10^6	1.6×10^6
5	1.3×10^7	1.4×10^7	1.8×10^7
10	1.1×10^7	1.6×10^7	2.3×10^7
15	24×10^7	1.9×10^7	2.8×10^8
20	2.9×10^8	2.2×10^7	3.0×10^8
25	3.1×10^8	2.7×10^7	3.2×10^8
30	33×10^8	2.0×10^8	3.5×10^8

4.2.3.2 ปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส

จากการศึกษาปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ในผลิตภัณฑ์ปลาทุแคกเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.29) ตรวจพบสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ในผลิตภัณฑ์ปลาทุแคกเค็มที่เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ทั้งนี้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.312/2547) ได้กำหนดไว้ว่า จำนวนสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งแสดงว่า ปลาทุแคกเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทุกสภาวะการบรรจุสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 10 วัน ทั้งนี้เชื้อสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส สามารถพบได้ตามผิวหนังและเยื่อเมือกต่างๆ ของร่างกายมนุษย์และสัตว์ บางครั้งสามารถพบได้ในดินและฝุ่นละออง (พงเทพ, 2540) และสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีเกลือสูงถึงร้อยละ 10 (สมใจ ศิริโชค, 2547) เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้บ่งชี้สุขลักษณะที่ดีในการผลิตอาหาร ดังนั้น กรณีที่พบเชื้อสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ในผลิตภัณฑ์นั้นแสดงถึงสุขลักษณะที่ไม่เหมาะสมของผู้ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตนั่นเอง

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาหูแชกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (CFU/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	NS	NS	NS
5	NS	NS	NS
10	NS	NS	NS
15	พบ	พบ	พบ

หมายเหตุ : NS คือ ไม่พบ

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาหูแชกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (CFU/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	NS	NS	NS
5	NS	NS	NS
10	NS	NS	NS
15	NS	NS	NS
20	พบ	พบ	พบ
25	พบ	พบ	พบ
30	พบ	พบ	พบ

หมายเหตุ : NS คือ ไม่พบ

ผลิตภัณฑ์ปลาหูแชกเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ตารางที่ 4.30) ตรวจพบเชื้อสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส เมื่อเก็บรักษาวันที่ 20 แสดงว่าปลาหูแชกเค็มที่เก็บรักษาที่ตู้เย็นทุกสภาวะการบรรจุสามารถเก็บรักษาได้ 15 วัน โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียสได้ แต่สามารถชะลอให้เชื้อเจริญได้ช้าลง (บุญศรี จงเสรีจิตต์, 2552) ส่งผลให้สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าอุณหภูมิห้องนั่นเอง

4.2.3.3 ปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล

จากการศึกษาปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล ในผลิตภัณฑ์ปลาหูแชกเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลอง ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.31) และอุณหภูมิตู้เย็น (ตารางที่ 4.32) พบว่า ปลาหูแชกเค็มที่เก็บรักษาวันที่ 0-10 มีปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล ต่ำกว่า 0.48 log₁₀MPN/g ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.312/2547) ซึ่งได้กำหนดไว้ว่าจำนวนเอสเชอริเชีย โคไล ต้องน้อยกว่า 10 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม แต่ตรวจพบว่า เชื้อดังกล่าวเกินเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บรักษาวันที่ 15 ดังนั้นปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นทุกสภาวะการบรรจุสามารถเก็บรักษาได้เกิน 10 วัน ทั้งนี้เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล หากพบในอาหารแสดงให้เห็นถึงโอกาสการปนเปื้อนจากอุจจาระของมนุษย์ โดยอาจเกิดจากขาดการควบคุมระบบสุขลักษณะที่ดีหรือกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกต้อง (พงเทพ วิลพันธ์, 2540)

ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	เอสเชอริเชีย โคไล (MPN/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	<3	<3	<3
5	<3	<3	<3
10	<3	<3	<3
15	75	20	20+

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณโคลิฟอร์มและอีโคไล (MPN/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	<3	<3	<3
5	<3	<3	<3
10	<3	<3	<3
15	7+	15	7
20	105	210+	460
25	>2400	>2400	>2400
30	>2400	>2400	>2400

4.2.3.4 ปริมาณยีสต์และรา

จากการศึกษาปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ปลาทุแขกเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลองที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.33) และอุณหภูมิตู้เย็น (ตารางที่ 4.34) พบว่าปริมาณยีสต์และราเกินเกณฑ์เมื่อเก็บรักษาได้ 5 วัน ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.312/2547) ได้กำหนดไว้ว่า

จำนวนยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นทุกสภาวะการบรรจุ มีจำนวนยีสต์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในวันที่ 0 และมีการเพิ่มจำนวนจนเกินเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บเก็บรักษาวันที่ 5 เป็นต้นไปทั้งนี้ยีสต์และราเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเสื่อมคุณภาพและเน่าเสีย อีกทั้งยังสามารถทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ได้โดยตรง โดยเฉพาะกลุ่มที่สร้างสารพิษ เช่น ราในสกุล *Aspergillus* โดยทั่วไปสามารถเจริญได้ดีที่ค่า $a_w=0.98-0.99$ แต่จะไม่เจริญในอาหารที่มีค่า $a_w=0.26$ (พงเทพ วิไลพันธ์, 2540) และจากการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็ม พบว่า มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.89-0.98 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของยีสต์และรา

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	-	-	-
5	6.6×10^6	1.7×10^7	5.6×10^7
10	16×10^6	15×10^7	16×10^7
15	27×10^6	23×10^7	24×10^7

ตารางที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)		
	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
0	-	-	-
5	9.9×10^6	1.4×10^7	1.6×10^7
10	17×10^6	1.8×10^7	5.2×10^6
15	69×10^6	2×10^7	15×10^7
20	77×10^6	3.4×10^6	21×10^7
25	7.2×10^7	3.7×10^6	2.3×10^8
30	7.5×10^7	39×10^6	3.5×10^8

4.2.4 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากการนำตัวอย่างปลาทุแวกเค็มทั้ง 6 ชุดการทดลองมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการตรวจพินิจ ลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่การฝึกฝนจำนวน 10 คน และใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 312/2547) มีระดับคะแนน 1-4 คะแนน โดย 4 เป็นคะแนนที่ดีมากและ 1 เป็นคะแนนที่ต้องปรับปรุง ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.35 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสของ ปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ตรวจสอบ	วันที่เก็บรักษา	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
ลักษณะรูปร่าง	0	3.55±0.51 ^{dA}	3.55±0.51 ^{dA}	3.55±0.51 ^{dA}
	5	2.75±0.64 ^{cA}	2.80±0.77 ^{cA}	2.75±0.72 ^{cA}
	10	1.85±0.67 ^{bA}	1.95±0.83 ^{bA}	2.05±0.69 ^{bA}
	15	1.00±0.00 ^{aA}	1.30±0.47 ^{aB}	1.20±0.41 ^{aAB}
สี	0	3.40±0.50 ^{cNS}	3.40±0.50 ^{dNS}	3.40±0.50 ^{dNS}
	5	2.50±0.69 ^{bNS}	2.55±0.60 ^{cNS}	2.45±0.60 ^{cNS}
	10	1.60±0.50 ^{aA}	1.50±0.61 ^{bA}	2.10±0.45 ^{bB}
	15	1.30±0.47 ^{aB}	1.00±0.00 ^{aA}	1.10±0.31 ^{aAB}
กลิ่น	0	3.50±0.51 ^{cNS}	3.50±0.51 ^{cNS}	3.50±0.51 ^{dNS}
	5	2.50±0.76 ^{bNS}	2.75±0.64 ^{bNS}	2.60±0.60 ^{cNS}
	10	1.25±0.44 ^{aA}	1.20±0.52 ^{aA}	1.65±0.59 ^{bB}
	15	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	0	3.45±0.51 ^{dNS}	3.45±0.51 ^{cNS}	3.45±0.51 ^{dNS}
	5	2.55±0.89 ^{cNS}	2.70±0.73 ^{bNS}	2.35±0.59 ^{cNS}
	10	1.70±0.66 ^{bNS}	1.55±0.76 ^{aNS}	1.75±0.72 ^{bNS}
	15	1.10±0.31 ^{aNS}	1.20±0.41 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.4.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ลักษณะรูปร่าง

คะแนนการยอมรับลักษณะรูปร่างของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อลักษณะรูปร่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ บรรจุสภาวะสุญญากาศ และใช้สารดูดออกซิเจนเมื่อเก็บรักษา 10, 15 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยสภาวะการบรรจุปลาทุแวกเค็มที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับด้านลักษณะรูปร่าง ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-10 ซึ่งการบรรจุสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนมีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากการบรรจุสภาวะดังกล่าวสามารถดึงออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่จะทำปฏิกิริยาต่างๆในปลาทุแวกเค็ม (พรพล รมย์นุกูล, 2545) ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุแวกเค็มในสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนมากกว่าสภาวะอื่น

สี

คะแนนการยอมรับด้านสีของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านสีของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุทั้ง 3 สภาวะ เป็นเวลา 15, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาวันที่ 0-5 ($p > 0.05$) โดยการบรรจุสภาวะสุญญากาศมีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากการบรรจุสภาวะสุญญากาศสามารถรักษาสีให้อยู่ในรูปไมโอโกลบิน จึงส่งผลให้ได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าการบรรจุสภาวะปกติและใช้สารดูดออกซิเจน เพราะออกซิเจนสามารถทำให้ไมโอโกลบินเปลี่ยนเป็นออกซิไมโอโกลบินได้ง่ายและเป็นเมตไมโอโกลบินจะทำให้เนื้อเป็นสีน้ำตาลคล้ำได้ (ชมพูนุช โสมาลัย และชาคริยา ฉลาด, 2547)

กลิ่น

คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของปลาทุแวกเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกลิ่น ($p < 0.05$) โดยทุกสภาวะการบรรจุผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของปลาทุแวกเค็มทั้ง 3 สภาวะ เป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากขณะเก็บรักษาจะมีเอนไซม์จากแบคทีเรียที่สามารถย่อยโปรตีนในปลาทุแวกเค็ม จึงให้กลิ่นต่าง ๆ ของปลาทุแวกเค็มเปลี่ยนไป (เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ, มปป.) ส่งผลให้ดับกลิ่นตามธรรมชาติของปลาทุแวกเค็มได้ โดยสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะมีคะแนนการยอมรับ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0, 5, 15 โดยการบรรจุสภาวะสุญญากาศมีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากการบรรจุในสภาวะนี้

สามารถรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้เสื่อมช้าลง (ชมพูนุช โสมาลัย และ ชาคริยา ฉลาด, 2547)

ลักษณะเนื้อสัมผัส

คะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่บรรจุสถานะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ($p < 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่บรรจุสถานะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจนเก็บรักษาเป็นเวลา 15, 15 และ 10 วัน ตามลำดับ โดยสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน แต่สภาวะสุญญากาศมีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมพูนุช โสมาลัย และชาคริยา ฉลาด (2547) ที่ทำการศึกษาสภาพการบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาแช่แข็งที่ผลิตในจังหวัดตรัง พบว่า การเก็บรักษาปลาแช่แข็งในถุงพลาสติกหนาโดยเก็บไว้ในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนการยอมรับลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุด

ตารางที่ 4.36 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุบกุ้งแช่แข็งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

ตรวจสอบ	วันที่เก็บรักษา	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สารดูดออกซิเจน
ลักษณะรูปร่าง	0	3.55 ± 0.51^{dNS}	3.55 ± 0.51^{dNS}	3.55 ± 0.51^{dNS}
	5	2.70 ± 0.73^{cA}	3.50 ± 0.51^{dB}	2.75 ± 0.55^{dA}
	10	2.45 ± 0.60^{cNS}	2.65 ± 0.81^{cNS}	2.25 ± 0.72^{cNS}
	15	1.40 ± 0.50^{bNS}	1.50 ± 0.51^{bNS}	1.40 ± 0.50^{bNS}
	20	1.15 ± 0.73^{abNS}	1.10 ± 0.31^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}
	25	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}
	30	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}
สี	0	3.40 ± 0.50^{dNS}	3.40 ± 0.50^{cNS}	3.40 ± 0.50^{dNS}
	5	2.65 ± 0.59^{cA}	3.35 ± 0.49^{cB}	2.75 ± 0.55^{cA}
	10	2.45 ± 0.76^{cNS}	2.15 ± 0.75^{bNS}	2.25 ± 0.85^{bNS}
	15	1.60 ± 0.82^{bB}	1.10 ± 0.31^{aA}	1.00 ± 0.00^{aA}
	20	1.15 ± 0.73^{aB}	1.00 ± 0.00^{aA}	1.00 ± 0.00^{aA}
	25	1.05 ± 0.22^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}
	30	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}	1.00 ± 0.00^{aNS}

ตารางที่ 4.36 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส ของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน (ต่อ)

ตรวจสอบ	วันที่เก็บรักษา	สภาวะปกติ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะใช้สาร ดูดออกซิเจน
กลิ่น	0	3.50±0.51 ^{dNS}	3.50±0.51 ^{cNS}	3.50±0.51 ^{dNS}
	5	2.70±0.80 ^{cA}	3.35±0.59 ^{cB}	2.90±0.55 ^{cA}
	10	2.05±1.00 ^{bNS}	1.85±0.81 ^{bNS}	1.90±1.07 ^{bNS}
	15	1.30±0.47 ^{aB}	1.00±0.00 ^{aA}	1.00±0.00 ^{aA}
	20	1.05±0.22 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}
	25	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}
	30	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	0	3.45±0.51 ^{dNS}	3.45±0.51 ^{cNS}	3.45±0.51 ^{dNS}
	5	2.45±0.83 ^{cA}	3.40±0.68 ^{cB}	2.75±0.64 ^{cA}
	10	2.00±0.79 ^{bNS}	2.20±1.01 ^{bNS}	2.05±0.89 ^{bNS}
	15	1.90±0.85 ^{Bb}	1.30±0.47 ^{aA}	1.00±0.00 ^{aA}
	20	1.25±0.44 ^{aNS}	1.15±0.37 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}
	25	1.05±0.22 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}
	30	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}	1.00±0.00 ^{aNS}

หมายเหตุ : ^{A-B} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.4.2 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

ลักษณะรูปร่าง

คะแนนการยอมรับด้านลักษณะรูปร่างปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.36 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อลักษณะรูปร่างของปลาทุบกึ่งเค็ม ($p<0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิเจน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20, 20 และ 15 วัน ตามลำดับ แต่การบรรจุสภาวะสุญญากาศมีการยอมรับมากกว่าสภาวะอื่น โดยสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 10-30 เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมี

ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (บุญศรี จงเสรีจิตต์, 2552) ส่งผลให้สภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะไม่มีผลต่อลักษณะรูปร่างของปลาทุบกึ่งเค็ม

สี่

คะแนนการยอมรับด้านสีของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.36 พบว่า ระยะเวลาที่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านสีของปลาทุบกึ่งเค็มเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 25, 15 และ 10 วัน ตามลำดับเนื่องจากปลาทุบกึ่งเค็มมีไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจึงส่งผลให้เกิดการเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีสารพวงเปอร้อกไซด์ที่เป็นตัวทำลายรงควัตถุในปลาทุบกึ่งเค็มส่งผลให้มีสีซีดลง (เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ, มปท.) โดยสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาวันที่ 0, 10, 25, 30 แต่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 5, 15, 20 ($p < 0.05$) เนื่องจากแต่ละสภาวะมีคุณสมบัติที่ต่างกัน แต่ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (อรวินท์ เลหาหิรขันธ์, ศศิมน ปรีดา และโชคชัย อีรกุลเกียรติ, 2543) ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้แต่ละสภาวะการบรรจุมีคะแนนการยอมรับที่แตกต่างกันนั่นเอง

กลิ่น

คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.36 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นเมื่อเก็บรักษาวันที่ 15-30 ($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านกลิ่นของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20, 10 และ 10 วัน ตามลำดับ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์และป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์ได้ (วิชัย หฤทัยธนาสันต์, ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมพูนุช โสมาลีย์ และชาคริยา ฉลาด (2547) ที่ทำการศึกษาสภาพการบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่ผลิตในจังหวัดตรัง พบว่า การเก็บรักษาปลาเค็มไว้ในถุงพลาสติกหนาโดยบรรจุในสภาวะปกติมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุด

ลักษณะเนื้อสัมผัส

คะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 4.36 พบว่า ปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุสภาวะปกติมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาวันที่ 20-30 ($p > 0.05$) ส่วนสภาวะสุญญากาศและใช้สารดูดออกซิ- เจนคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาวันที่ 15-30 ($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุบกึ่งเค็มทั้ง 3 สภาวะ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 25, 20 และ 10 วัน ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสกับผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา พบว่า ถึงแม้ว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะเกินเกณฑ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แต่ผู้ทดสอบไม่สามารถประเมินการเสื่อมเสียคุณภาพจากลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสได้ เนื่องจากมีการเสื่อมเสียเพียงเล็กน้อยมาก ผู้ทดสอบจึงไม่สามารถตรวจวัดได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการผลิตและอายุการเก็บรักษาปลาทุบกึ่งเค็ม โดยศึกษาปริมาณเกลือที่ใช้ในการผลิตปลาเค็ม 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 6 และ 9 และระยะเวลาในการดองเกลือ 2 ระดับ คือ 10 และ 20 นาที ผลิตรัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้ง 6 ชุดการทดลอง นำไปตากแห้งจนกระทั่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.85-0.90 จากนั้นจึงนำผลิตรัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส โดยปลาทุบกึ่งเค็มที่มีคุณลักษณะดีที่สุดนั้น คือ ปลาทุบกึ่งเค็มที่แช่ในน้ำเกลือ ร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที เมื่อนำผลิตรัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็มดังกล่าวมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีน ความชื้น ไขมัน ปริมาณเกลือ เถ้า และกรดแลกติก เท่ากับร้อยละ 19.32, 54.37, 4.46, 3.81, 5.74 และ 0.26 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาทุบกึ่งเค็มที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ภายใต้สภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบ คือ การบรรจุสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและการบรรจุในสภาวะที่ใช้สารดูดออกซิเจน ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 15 วันและที่อุณหภูมิตู้เย็น (3-4 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยนำตัวอย่างปลาทุบกึ่งเค็มมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัสทุก ๆ 5 วัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากค่า TBA TVB และ TMA น้อยที่สุดทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็น แสดงว่าการเก็บรักษาโดยบรรจุในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีกว่าสภาวะการเก็บรักษาอื่น ๆ ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศทำให้ผลิตรัณฑ์มีสีซีดลงน้อยที่สุด ในขณะที่การเก็บรักษาในสภาวะที่ใช้สารดูดออกซิเจนทำให้ค่าสีแดงเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่า กระบวนการผลิตซึ่งใช้วิธีการตากแดดตามธรรมชาติส่งผลให้ผลิตรัณฑ์เกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์สูง ทำให้พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษา สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการบรรจุปลาทุบกึ่งเค็มในสภาวะการใช้สารดูดออกซิเจนมีแนวโน้มการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสภาวะการบรรจุอื่น ๆ เมื่อเก็บรักษาในเวลาเดียวกัน ดังนั้นผลิตรัณฑ์ปลาทุบกึ่งเค็ม ทุกสภาวะการบรรจุในการศึกษานี้สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 5 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตปลาทุแวกแดดเดียวโดยการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากสภาวะแวดล้อมได้สูงมาก ดังนั้นสถานที่ที่ใช้ตากปลาควรมีมุ้งปิดกันแมลงและสัตว์นำโรค หรือเป็นการตากในระบบปิดอื่น ๆ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ดังกล่าว
2. ผลพลอยได้ที่เหลือจากการผลิต คือ หัวและก้างปลาทุแวกควรมีการศึกษาต่อเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อเพิ่มมูลค่า
3. ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติก เพื่อทราบปริมาณกรดแลกติกที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา
4. ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาทุแวกเค็มให้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน จะทำให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวกมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- การควบคุมสุขอนามัยและวินิจัยคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. [Online]. Available: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:wDMKOMOSW5oJ:119.63.88.198/food/Food%2520Document%2520Library/China_Fisherysanitation.pdf. [2555, พฤศจิกายน 19].
- กูรอซียะห์ ยามิรุติง. (2549). การประเมินคุณภาพโดยวิธีทางประสาทสัมผัส. ยะลา : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- จินดารัตน์ พิมพ์สมาน และมณฑิรา นพรัตน์. (2553). การศึกษาการถ่ายเทในกระบวนการผลิตปลาอินทรีเค็ม. [Online]. Available: <http://www.kmutt.ac.th/rippc/salted.htm> [2553, ตุลาคม 19].
- ชมพูนุช โสมาลย์ และชาคริยา ฉลาด. (2547). งานวิจัยศึกษาสภาพการบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่ผลิตในจังหวัดตรัง. ตรัง : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.
- ชีววิทยาของปลาทุแวก. (2554). [Online]. Available: <http://www.fisheries.go.th> [2554, ตุลาคม 15].
- เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ. (มปท.). [Online]. Available: http://www.geocities.com/take_atrip/Healthy/health/5.htm. [2554, มกราคม 19].
- นิธิยา รัตนพนนท์. (2551). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นุรฮิลาล สาและชูลีนี้ ดอโละมะ. (2550). การพัฒนากระบวนการผลิตปลากะตักต้มตากแห้ง. ยะลา : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- นุรฮิลาล สาและ และชูลีนี้ ดอโละมะ. (2550). การพัฒนากระบวนการผลิตปลากะตักต้มตากแห้ง. ยะลา : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. อ้างจาก ปัทมกร พรหมจรรย์. (2546). การลดค่าออกซิเจนอิสระและคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- นุรฮิลาล สาและชูลีนี้ ดอโละมะ. (2550). การพัฒนากระบวนการผลิตปลากะตักต้มตากแห้ง. ยะลา : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. อ้างจาก McLaughlin, C.P. and Magee, T.R.A. (1998). The determination of sorption isotherm and the Isosteric heats of sorption for potatoes.J. Food Eng. 35 : 267-280.
- นุรฮิลาล สาและ และชูลีนี้ ดอโละมะ. (2550). การพัฒนากระบวนการผลิตปลากะตักต้มตากแห้ง. ยะลา:ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. อ้างจาก Paine, F.A.and Paine, H.Y. (1992).A Handbook of Food Packaging.Blackie academic&Professional. London.
- เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน (2546). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การ **ปรับเปลี่ยนบรรยากาศ**. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีบรรจุภัณฑ์. (2554). [Online]. Available:<http://www.crnfe.ac.th/packaging/unit1.htm> [2554, พฤษภาคม 30].
- บุญศรี จงเสรีจิตต์. (2552). [Online]. Available:www.fishtech.mju.ac.th [2555, มีนาคม 25].
- บุษกร อุดรวิชาติ. (2550). จุลชีววิทยาทางอาหาร สงขลา:ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ปัทมากร พรหมจันทร์. (2546). การลดค่าออกซิเจนและคุณภาพการเก็บรักษาลิเก้ปลากุ้งแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์หิโยง จำกัด.
- ปิยะวิทย์ ทิพรส. (2532). โอโซน : สมบัติทางเคมีกายภาพและการประยุกต์ใช้เพิ่มความขาวผลิภัณฑ์เนื้อปลา. [Online]. Available: www.dpu.ac.th/journal/page.php?id=6470 [2555, มิถุนายน 16].
- ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. (2536). วิทยาศาสตร์การถนอมอาหาร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. อ้างถึงใน นริสา มะแซ และปราณี อำดำ. (2547). การผลิตกะปิ โดยการทดแทนกุ้งเคยบางส่วนด้วยปลา. ยะลา:คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ปลาภูเขา. (2554). [Online]. Available:<http://www.google.co.th/imgres> [2554, สิงหาคม 21].
- ปลาเค็ม. (2553). [Online]. Available:<http://www.niyay.com/webboard/detail/46604.html> [2553, ตุลาคม 19]

- ปลาช่อน. (2554). [Online]. Available: <http://www.google.co.th/imgres?imgurl>
[2554, สิงหาคม 13].
- ปลาตะเพียน. (2554). [Online]. Available: <http://www.oknation.net/blog/sirikhun/2010/01/16/entry-3> [2554, สิงหาคม 21]
- ปลาทุแวก. (2554). [Online]. Available: <http://ปลาทุ.bannee.com> [2554, พฤษภาคม 28].
- ปลาทุ. (2554). [Online]. Available: <http://www.google.co.th/imgres?> [2554, สิงหาคม 13].
- ปลานิล. (2554). [Online]. Available: <http://www.google.co.th/imgres?imgurl>
[2554, สิงหาคม 13].
- ปลานิลเค็ม. (2554). [Online]. Available: <http://www.google.co.th/imgres?q>
[2554, สิงหาคม 13].
- ปลาสด. (2554). [Online]. Available: <http://www.ปลาสด.net/> [2554, สิงหาคม 13].
- ปลาสดเค็ม. (2554). [Online]. Available: <http://www.google.co.th/search?hl=th&q %B8>
[2554, สิงหาคม 13].
- ปลาอินทรี. (2554). [Online]. Available: <http://www.google.co.th/imgres?imgurl>
[2554, สิงหาคม 13].
- พงเทพ วิลัยพันธ์. (2540). จุลชีววิทยาประมง ห้องปฏิบัติการและวิธีการตรวจวิเคราะห์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรพล รมย์นุกูล. (2545). การถนอมอาหาร. กรุงเทพมหานคร:โอเดียนสโตร์.
- พรรณทิพย์ สุวรรณสารกุล. (2543). การพัฒนากระบวนการผลิตปลาสดเค็มแห้ง. วิทยานิพนธ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2548). ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2545). ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างจาก นงนุช รักสกุลไทย. (2530). กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่2. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2545). ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างจาก ประเสริฐ สายสิทธิ์. (2524). ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2545). ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึงใน อัสหะ สาอะ และรอเกียะ สะนิ. (2551).
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาเค็ม.มผช.312/2547. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

มูลค่าและปริมาณสินค้าส่งออก-ธนาคารแห่งประเทศไทย (ข้อมูลสถิติ). (2554). [Online]. Available :
<http://www.fisheries.go.th/personal/circular%20notice/data/39.pdf>.

[2554, มีนาคม 25].

รังสิณี โสธรวิทย์. (2550). **เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ระมุข ภาระกุลสุขสถิตย, ปจฉิมาภรณ์ อุตมคุณ, บัณฑิต อินณวงศ และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุลสร
 (2550). **ผลของก๊าซโอโซนต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของปลานิลอบ
 แห้ง**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วชิรา กะตื่องงาน. (2546). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกบรรจุกระป๋อง**. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารุณี สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2546).

การปรับปรุงกรรมวิธีการทอดและอายุการเก็บรักษาของพลาสติกเค็มทอดกรอบ. กรุงเทพฯ:
ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารุณี สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2546).

การปรับปรุงกรรมวิธีการทอดและอายุการเก็บรักษาของพลาสติกเค็มทอดกรอบ. กรุงเทพฯ:
ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างจาก
 Labuza, G.A. Reieccius, V.M. Monnier, J.O'Baynes. (1994). **Maillard Reaction in
 Chemistry, Food and Health**. The Royal Society of Chemistry, Publishing.
 440 p.

วิชัย ลีลาวัชรมาศ. (2551). **ปลาสามคุณภาพมาตรฐานครัวไทยสู่ครัวโลก** [Online].
 Available:http://ibbc.Rid.Go.Th/web/other_er/oth1.Htm อ้างถึงใน อังคณา ชมภูมิ่ง,
 ตะวัน ฉัตรสูงเนิน และธวัชชัย ชัยธวัชวิถี (2553).

วิชัย หทัยธนาสันต์, ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2543). **เอกสารการสอนชุดวิชา
 การถนอมและแปรรูปอาหาร**. นนทบุรี : สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
 สุโขทัยธรรมาธิราช.

สมสมร แก้วบริสุทธิ์, นิลุบล กิจอันเจริญ และสินีนานุศิริ (2550). **การใช้การแช่แข็งของจุลินทรีย์เพื่อ
 รักษาคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากปลาน้ำจืดเศรษฐกิจปี
 2550**.

สมใจ ศิริโชค. (2547). **จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.

เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมอาหารและแปรรูปอาหาร. (2543). นนทบุรี: มหาวิทยาลัย
 สุโขทัยธรรมาธิราช.

- สังฆพงษ์เทพ พูลสุข และประกิจ จันท์หงษ์. (2542). **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งแห้งระหว่าง การเก็บรักษาในรูปแบบการบรรจุชนิดต่างๆ**.สงขลา: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- สุนทนา วัฒนสินธุ์. (2545). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุปราณี เกิดวาจา. (2554). [Online]. Available : <http://www.foodnetworksolution.com> [2555, มีนาคม 25].
- สุพรรณพันธ์ โลหะลักษณะเดช และนัฏฐา คเชนทร์ภักดี. (2549). **งานวิจัยอายุการเก็บรักษาปลา สีสเลียดเค็มทอด**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- อมรรัตน์ ถนอมแก้ว, ถาวร จันทโชติ, วราภรณ์ เรืองรัตน์ และอารีรัตน์ อักษรเนียม. (2552). **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหาร**. นนทบุรี : สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อรวิทย์ เลาหรัชตนันท์, ศศิมน ปรีดา และโชคชัย อีร์กุลเกียรติ. (2543). **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหาร**. นนทบุรี: สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อรรวรรณ คงพันธ์ พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง. (2545). **ซูริมิและการปรับปรุงคุณภาพ**.ว.อาหาร 32 : 216-219.
- Ana Fuentes, Isabel Fernández-Segovia*, José M. Barat&Juan A. Serra. (2011). Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf life of smoked sea bass (*Didentrarchus labrax* L.) .**LWT-Food Science and Technology**, **44**, 917-923.
- Antonios E. Goulas* & Michael G. Kontominas. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparusaurata*) : biochemical and sensory attributes. **Food Chemistry**, **100**, 287-296.
- Ashie, A., Smith, P., and Simpson, K. (1996). Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 36 (2): 87-121.
- Cesarettin, A.,John M. G. and Zulfiqson, A. (2000). Seafood quality, Safety,and health application:an overview. *Handbook of Seafood Quality,Safety of Health applications*.p.1-10.
- Connell,J.J. (1975). Control of fish quality. Fishing News Books Ltd., Famham.p.33.

- Dalgaard, P. (2000). Fresh and lightly preserved seafood. In C.M.D. Man & A.A. Jones (Eds.), Shelf-life evaluation of foods. Gaithersburg, MD, USA: Aspen Publishing Inc. 110-139.
- Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. (1981). Pearson's Chemical Analysis of Food. London: Churchill Livingstone
- Garthwarth, G.A. (1997). Chilling and freezing fish. In: Hall, G.M., ed., Fish processing technology. 2nd ed. Blackie Academic & Professional. London. pp.93-118.
- Guillen, M.D. and Ruiz, A. (2004). Study of the oxidative stability of salted and unsalted salmon fillets by ¹H nuclear magnetic resonance. **Food Chem.** **86**:297-304.
- Haard, N.F., and Simpson, B.K. (2000). Enzymes and enzyme products as quality Indices in: Gopakumar, K., ed., Seapood Enzymes. 10th ed. Marcel Dekker, Inc. New York. Pp.38, 347-356.
- Hall, L.A. (1997). Protein hydrolysate flavor ingredients for foods. **Journal of Food Science**, **18**(5), 95-98.
- Huss, H.H. (1988). Fresh fish quality and quality changes. FAO Fisheries Series No. 29. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Danish International Development Agency, Rome. อ้างถึงใน ณรงค์ชัย โมคา. (2533).
- I. Choulira^a, I.N. Savvaidis^a, N. Panagiotakis^b & M.G. Kontominas^{a,*} (2004). Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes. **Food Microbiology**, **21**, 351-359.
- Karel, M. (1975). Technology and Application of New Intermediate Moisture Food. London: Applied Science Publishers Ltd.
- Kyzlink, V. (1990). Preservation. Amsterdam: ELSEVIER. อ้างถึงใน อรพิน ชัยประสพ. (2546).
- PE. (2554). [Online]. Available: <http://infofile.-pcd.go.th/ecodesign/polyethene.html> [2554, เมษายน 3].
- Plastic. (2555). [Online]. Available: <http://infofile.-pcd.go.th/waste/ecodesign/plastic.html#plus2> [2555, เมษายน 3].
- Marrakchi, E., Bennour, A.M., Bouchrit, N. Hamama, A. and Tagafait, H. 1990. Sensory, chemical and microbiological assessments of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *J. Food Protection*. **53**: 600-605.

- Meiberg, J.B.M. and Harder, W. (1978). Aerobic and anaerobic metabolism of trimethylamine, dimethylamine and methylamine in *Hyphomicrobium* X.J. General Micro. 106 : 265-276.
- Sallam, K.I., 2007. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids. Food Chem 101 : 592-600.
- Villarreal, B, and Pozo, R. (1990). Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunga*). J. Food Sci. 55 (4) : 678-682.

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธี A.O.A.C (1999)

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (moisture can)
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ เมื่อเย็นนำไปชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักที่แน่นอน หรือชั่งสองครั้งติดต่อกันผลต่าง ไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3-4 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบไฟฟ้าใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นหาน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสอง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม

คำนวณตามสูตร

ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

$$= \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าโดยวิธี A.O.A.C (1999)

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
2. เตาเผา (muffle furnace)
3. โทดูดความชื้น (disicator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. เมาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโทดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก
2. เมาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที แล้วกระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2
4. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

หลักการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ก.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันโดยวิธี A.O.A.C (2000)

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (velp)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (thimble)
3. ภาชนะใส่ตัวทำละลาย (Extraction Vessel)
4. ตู้อบไฟฟ้า (Electric Oven)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โทดูดความชื้น (Defccator)
7. ปีโตรเลียม
8. อีเทอร์ หรือ แฮกเซน (Pitolim Ether หรือ Hexane)

วิธีการ

1. อบ Extraction Vessel สำหรับหาปริมาณไขมันในตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ท่อให้มิดชิดแล้วใส่ในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดตัวอย่างใส่เข้าในเครื่อง แล้วผลัดด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง Washing
4. เติมสารตัวทำละลายแฮกเซนลงใน Extraction Vessel ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 50 มิลลิลิตร วางบน heating plate ตั้งคานให้แน่น
5. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิตช์ให้ความร้อน
6. เปิดเครื่องมือสกัดไขมันพร้อมเปิดน้ำเข้า ตั้งอุณหภูมิ heating plate ที่ 180 องศาเซลเซียส
7. เปิดก๊อกให้อยู่ตำแหน่งตั้งตรงและผลัดปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง Immersion และเปิดสวิตช์เริ่มให้ความร้อน เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที
8. เมื่อสิ้นสุดการสกัดผลัดปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง Washing
9. Reflux Washing นาน 15 นาที
10. เมื่อสิ้นสุดการ Reflux Washing ปิดก๊อกแก้วให้อยู่ในตำแหน่งขวางและรอการดูดกลับของตัวทำละลายเสร็จสิ้น
11. ปลดคานบังคับ Extraction Vessel ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างออก
12. ปล่องตัวทำละลายลงในปิกรเกอร์ (นำกลับไปใช้ใหม่)
13. นำ Extraction Vessel อบในตัวอย่าง 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณ
14. คำนวณหาปริมาณจากสูตร

คำนวณคำนวณสูตร

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ก.4 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยวิธีของ A.O.A.C (1990)

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน และเครื่องดูดจับไอกรด (scubber)
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. กระบอกตวง
4. ขวดรูปชมพู่
5. ปีกเกอร์
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า

สารเคมี

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต และโพแทสเซียมซัลเฟต ในอัตราส่วน 1:10
2. กรดซัลฟูริก
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40
4. กรดบอริก เข้มข้นร้อยละ 4
5. อินดิเคเตอร์ (indicator) เป็นสารผสมระหว่างเมทิลเรด เมทิลีนบลู และโปร

โมครีซอล-กรีน

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม ใส่หลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย
2. เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยโปรตีน และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 25 มิลลิลิตร
3. ปิด Heater ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงในขวดย่อยโปรตีน และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 25 มิลลิลิตร
5. ประกอบขวดย่อยเข้ากับเครื่องกลั่น
6. เก็บแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 25 มิลลิลิตร และ Tosherosv อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ในฟลาส
7. หลังจากกลั่นประมาณ 15 นาที นำมาไตรเตรทกับสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.02 N จนสีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดง จนปริมาตรกรดที่ใช้ทำซ้ำอีกครั้งโดยใช้น้ำกลั่น แทนตัวอย่าง

หลักการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(\text{Titration} - \text{blank titration}) \times \text{Normality} \times 14}{\text{Gram of Sample}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

ก.5 การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือ โดยวิธีของ A.O.A.C (1999)

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ปีกเกอร์
2. แท่งแก้วคน
3. ขวดรูปชมพู่
4. กระดาษกรอง เบอร์ 1
5. กรวยกรอง
6. ชุดอุปกรณ์ไตเตรท

สารเคมี

1. 0.1 N Silver nitrate solution

- อบ AgNO_3 ในเตาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
- ชั่ง AgNO_3 ที่ผ่านการอบแล้วน้ำหนักแน่นอน 8.4945 กรัม ละลายในน้ำ

กลั่นและปรับปริมาตร ให้ได้ 500 มิลลิลิตร ใน volumetric flask เก็บในขวดสีชา

2. 0.1 N Potassium thiocyanate solution

- ละลาย KSCN 3.5 กรัมด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร ใน volumetric

flask

- standardize KSCN sol โดยการปิเปต สารละลาย 0.1 N AgNO_3 2 มิลลิลิตร

ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย $\text{Fe NH}_4(\text{SO}_4)_2$ 5 มิลลิลิตร H NO_3 (nitric acid) 5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วย สารละลาย KSCN

3. Conc Nitric acid

4. 5% Ferric alum indicator

- สารละลาย $\text{Fe NH}_4(\text{SO}_4)_2$ 5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับให้ได้ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอนในช่วง 1-2 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask
2. เติมสารละลาย 0.1 N AgNO_3 10-20 มิลลิลิตร เทลงไปเขย่าให้เข้ากัน

3. เติมกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้นปริมาณ 10 มิลลิลิตร
4. ต้มสารผสมในตู้ดูดควันประมาณ 10 นาที แล้วทิ้งให้เย็น
5. กรองสารละลายที่ได้ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
6. เติมสารละลาย $\text{Fe NH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ ลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วย 0.1 N KSCN จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีชมพูอ่อนๆ

หลักการคำนวณ

$$\text{เกลือ (\%)} = \frac{5.8 \times [(\text{มล} \times \text{N}) \text{AgNO}_3 - (\text{มล} \times \text{N}) \text{KSCN}]}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก.6 การวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธีของ A.O.A.C (1999)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระจกตวง (cylinder)
2. ปีกเกอร์ (beaker)
3. เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 5 กรัม ใส่ในปีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง (pH meter)
3. อ่านค่าและบันทึกผล

ก.7 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก โดยวิธีของ A.O.A.C (1999)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดอุปกรณ์ไตเตรท
2. ขวดรูปชมพู่ Erlenmeyer flask
3. ปีกเกอร์ (beaker)

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล
2. สารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนซัลเฟต ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) 0.05 นอร์มอล
3. ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

วิธีการทดลอง

1. สับตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
3. ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู
4. คำนวณหาปริมาณกรดแลคติกได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณกรดแลคติก} = \frac{V2 \times N \times 0.009 \times 100}{V1}$$

เมื่อ N คือ นอร์มอลลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์

V1 คือ มิลลิลิตรของตัวอย่าง

V2 คือ มิลลิลิตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ไตเตรท

ก.8 การวิเคราะห์หาค่า TBA โดยวิธีของ Egen *et al.* (1981)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดกลั่น (Flask, Condenser, Receiver)
2. ลูกแก้ว
3. เต้าไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สารเคมี

1. 4 N Hydrochloric acid
2. Antifoam liquid
3. Thiobarbitric acid reagent ละลาย 0.2883 กรัม ใน 10 มิลลิลิตร ของ 90% acetic acid

วิธีการทดลอง

1. ปั่นตัวอย่าง 10 กรัม กับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที แล้วเทลงในขวดกลั่นใช้น้ำ 47.5 มิลลิลิตร ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด

2. เติม 2.5 มิลลิลิตร 4 N HCL (pH ควรเป็น 1.5) เติมลูกแก้วและ Antifoam liquid
3. กลับให้ได้ที่ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายใน 10 นาที
4. ดูดสารที่กลับ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีจุกปิด
5. เติม 5 มิลลิลิตร TBA reagent เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
6. ทำ blank ด้วยวิธีเดียวกัน โดยใช้ 5 มิลลิลิตร น้ำ ให้ความร้อน 35 นาที
7. ทำตัวอย่างและ blank ให้เย็น แล้ววัดค่า OD ที่ 538 nm

วิธีการคำนวณ

$$\text{TBA value (mg malonadehyde / kg sample)} = 7.8 \times A$$

ก.9 การวิเคราะห์หาปริมาณรวมต่างที่ระเหยได้และไตรเมทิลอะมีน (TVB-N และ TMA-N) โดยวิธีคอนเวย์ (Conway Unite)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. จาน Conway Unit
2. Volumetric pipette
3. Micro burette
4. ถ้วยบด
5. กระดาษกรอง
6. กรวย

สารเคมี

1. Mixed indicator : ละลาย 0.01 กรัมของ Bromocresol green และ 0.02 กรัม methylret ด้วย ethanol แล้วปรับจนได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
2. Inner ring solution L : ละลาย 10 กรัมของ Boric acid ใน 200 มิลลิลิตร ethanol แล้ว เติม 10 มิลลิลิตร Mixed indicator (จากข้อ 1) ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
3. 0.02 N HCL
4. Saturated K_2CO_3 solution : ละลาย 60 กรัมของ K_2CO_3 ด้วย 50 มิลลิลิตร น้ำกลั่น ต้มประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง
5. 4% TCA : ละลาย 40 กรัม trichloro acetic acid (CCl_3COOH) ใน 960 มิลลิลิตร น้ำกลั่น

6. 10% formaldehyde solution acetic acid : เติม 10 กรัม $MgCO_3$ ลงใน 100 มิลลิลิตร FORMALIN (35% formaldehyde solution) เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านกระดาษกรอง แล้วทำให้เจือจาง 3 เท่าด้วยน้ำกลั่น

7. Grese หรือ vasaline

วิธีการทดลอง

การหาค่า TVB-N

1. ทา grese หรือ vasaline ที่ขอบฝาจาน Conway
2. ดูดสารละลาย ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ชั้นนอกของ Conway
3. ดูด Inner ring solution 1 มิลลิลิตร ลงที่วงกลมชั้นในของจาน Conway
4. เอียงจาน Conway
5. ดูด Saturated K_2CO_3 1 มิลลิลิตร ใส่ชั้นนอก แต่ให้อยู่คนละด้านกับสารละลาย ตัวอย่างตามข้อ 2
6. ปิดฝาจาน Conway ให้สนิท
7. เอียงหรือหมุนจาน Conway เบาๆ ให้ Potassium carbonate ผสมกับสารละลาย ตัวอย่าง ระวังอย่าให้เกิดการผสมกับ Indicator ที่วงกลมชั้นในเป็นอันขาด
8. บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 45-60 นาที หรือทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง
9. เปิดฝา Conway แล้วไตเตรทวงกลมชั้นในด้วย 0.02 N HCL จนกระทั่งสีเขียวจางหายไป จดปริมาณการใช้ HCL ไว้คำนวณ
10. ทำ Blank โดยใช้ 4% TCA จำนวน 1 มิลลิลิตร แทนสารสกัดตัวอย่าง แล้วดำเนินการตามวิธีการตั้งแต่ข้อ 1-9

การหาค่า TMA-N

1. ทำเช่นเดียวกับการหา TVB-N ตั้งแต่ข้อ 1-3
2. เติม 10% formaldehyde solution 1 มิลลิลิตร ผสมกับตัวอย่าง
3. ดูด K_2CO_3 1 มิลลิลิตร ใส่ชั้นนอก ปิดฝาแล้วค่อยๆ หมุนให้สารละลายผสมกัน
4. ทิ้งไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง
5. ไตเตรทส่วนที่อยู่ในวงแหวนด้วย 0.02 N HCL จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีชมพู
6. ทำ Blank โดยใช้ 4% TCA จำนวน 1 มิลลิลิตร ดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

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

เมื่อ N = Normality ของ HCL ที่ใช้ไทเทรต

A = มิลลิลิตร HCL ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตร HCL ที่ใช้ไทเทรต Blank

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและ TCA ที่ในการเตรียมตัวอย่าง

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

เมื่อ N = Normality ของ HCL ที่ใช้ไทเทรต

C = มิลลิลิตร HCL ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตร HCL ที่ใช้ไทเทรต Blank

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและ TCA ที่ในการเตรียมตัวอย่าง

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางกายภาพ

ข.1 การวัดค่าสี

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าสี Color flex รุ่น cx 1471

วิธีการ

1. เปิดเครื่องและเลือกโปรแกรม STANDARDIZE โดยกดปุ่มสัญลักษณ์ 
2. ทำการ calibration 
 - วางแผ่นสีดำมาตรฐาน (Black Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์
 - วางแผ่นสีขาวมาตรฐาน (WhiteGlass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์
 - หน้าจอเครื่องจะปรากฏ
3. วางตัวอย่างในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ 
4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง 

ข.2 การวิเคราะห์หาค่า a_w

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ a_w Agar lab v. 2.2

วิธีการ

1. สับตัวอย่างปลาเค็มใส่ตลับ ร้อยละ 80-90
2. นำตลับตัวอย่างใส่ใน Measuring chamber
3. ปิดฝา chamber โดยหมุนตามเข็มนาฬิกาและปิดฝาครอบ
4. อ่านจากเครื่อง

ภาพผนวก ค. การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

ค.1 การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีของ BAM (2002)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate Count Agar (PCA)
2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

- ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ลงในถุงพลาสติก เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85
- ทำการเจือจางให้เป็น 1: 10, 1:100 และ 1: 1000 ตามลำดับ โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์

2. การตรวจนับจุลินทรีย์

- ดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (ทำ 2 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้ว
- เติม PCA ประมาณ 15 มิลลิลิตร
- เขย่าจานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้วันหนึ่งตัวประมาณ 15 นาที
- อบจานเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- ตรวจนับจุลินทรีย์จากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 25-250 โคโลนี บันทึกผลและรายงานผลการทดลองเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

ค.2 การวิเคราะห์ยีสต์และรา โดยวิธีของ A.O.A.C (1990)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate Dextrose Agar (PCA)
2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ลงในถุงพลาสติก เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

2. ทำการเจือจางให้เป็น 1:10, 1:100 และ 1:1000 ตามลำดับ โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 255 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Blender หรือ Stomacher
3. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อทำซ้ำความเจือจางละ 3 จาน แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Pototo Dextrose Agar (PDA) ที่ผสม Tartaric Acid ความเข้มข้นร้อยละ 10 แล้วลงในจานเพาะเชื้อ เขย่าเบาๆ เพื่อให้ได้ตัวอย่างและอาหารผสมกัน
4. ตั้งทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อในจานเพาะเชื้อแข็ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. คัดเลือกจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา อยู่ระหว่าง 25-225 โคโลนีมานับจำนวนพร้อมหาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณเป็นจำนวนของยีสต์และราในตัวอย่าง 1 กรัม

ค.3 การตรวจหาเชื้อสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส โดยวิธีของ BAM (2002)

การตรวจหาปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) โดยวิธีการตรวจนับจำนวนบนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยตรง (direct plate count method)

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 50 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เทใส่ลงในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อแล้วเติมสารละลาย Butterfield's phosphate-buffered dilution water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นด้วยเครื่อง stomacher เป็นเวลา 2 นาที
2. เจือจางตัวอย่างต่อไปที่ 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วยสารละลาย Butterfield's phosphate - buffered dilution water
3. ดูดตัวอย่างอาหารแต่ละระดับความเจือจางปริมาตร 1 มิลลิลิตร แบ่งใส่ลงในผิวหน้าอาหาร Baird-Parker Agar (BPA) ที่ผสม Egg yolk tellurite 5% ในอาหาร BPA 100% จำนวน 3 จาน คือ จานที่ 1 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร จานที่ 2 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร และจานที่ 3 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จากนั้นใช้แท่งแก้วที่ปราศจากเชื้อเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวหน้าอาหาร เมื่อตัวอย่างอาหารซึมเข้าไปแล้ว จึงทำการคว่ำจานและบ่มต่อไปจนครบ 48 ชั่วโมง
4. ตรวจดูโคโลนีบนอาหาร BPA เลือกจานที่มีโคโลนีที่น่าจะเป็นโคโลนีของ *S. aureus* จำนวน 20-200 โคโลนี โดยโคโลนีของ *S. aureus* จะมีลักษณะกลม นูน ขอบเรียบ ขึ้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร สีเทาถึงดำ บริเวณรอบโคโลนีจะมีโซนขาวขุ่น (opaque zone)
5. คัดเลือกโคโลนีแต่ละลักษณะที่น่าจะเป็นโคโลนีของ *Staphylococcus aureus* >1 โคโลนีต่อหนึ่งลักษณะ นำมาทดสอบการสร้างเอนไซม์โคแอกกูเลส (coagulase test) คำนวณหาจำนวนของ *S. aureus* ในอาหารที่นำมาวิเคราะห์ (*S. aureus* /g ของอาหาร) จากจำนวนโคโลนีที่ให้ผลบวกกับการทดสอบโคแอกกูเลส

การทดสอบการสร้างเอนไซม์โคแอกกูเลส

1. เชื้อเชื้อจากโคลนที่สงสัยว่าเป็นโคลนของ *S. aureus* ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลว Brain Heart Infusion (BHI) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ผสมเชื้อให้เข้ากันดีกับอาหารเหลว และถ่ายเชื้อจากหลอดอาหาร BHI นี้มา 1 หลวงเต็ม ลากบนผิวในหลอดอาหาร TSA slant
2. นำหลอดอาหาร BHI และหลอด TSA slant ที่ถ่ายเชื้อแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง เก็บเชื้อในหลอด TSA slant เพื่อทดสอบซ้ำหรือทดสอบอย่างอื่นเพิ่มเติมในกรณีที่เกิดการทดสอบการสร้างเอนไซม์โคแอกกูเลสยังไม่ชัดเจน
3. เติมโคแอกกูเลสพลาสมา ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงในหลอดอาหาร BHI ที่มีเชื้อจากข้อ 2 ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
4. อ่านผลโดยดูการจับตัวเป็นลิ่มของพลาสมา เนื่องจากเอนไซม์โคแอกกูเลสที่เชื้อ *S. aureus* สร้าง

ค.4 การตรวจหา MPN โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, MPN ฟีคัลโคลิฟอร์ม และ MPN *E.coli* โดยวิธีของ BAM (2002)

การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย, ฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E.coli* ใช้หลักการของวิธีหลายหลอด (multiple tube) โดยแสดงเป็นค่า MPN ซึ่งเป็นค่าทางสถิติไม่มีหน่วย

4.1 การตรวจหา MPN โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

- การตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive test)

ชั่งตัวอย่างอาหาร 50 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ แล้วเติมสารละลาย Butterfield's phosphate-buffered dilution water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า จากนั้นเจือจางตัวอย่างอาหารต่อไป โดยดูตาม 10 มิลลิลิตรใส่ในสารละลาย Butterfield's phosphate-buffered dilution water ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้ความเจือจางระดับ 10^{-2} เจือจางต่อไปโดยใช้วิธีการเดียวกันจนได้ความเจือจางระดับ 10^{-3} ดูดตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3} ใส่ในหลอดอาหารเหลว Lauryl sulfate broth (LSB) ที่บรรจุหลอดดักแก๊ส (Durham's tube) หลอดละ 1 มิลลิลิตร ความเจือจางละ 3 หลอด จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขุ่น และเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊ส ให้อ่านผลเป็นบวก นำหลอดที่ให้ผลเป็นบวกไปทดสอบขั้นยืนยันต่อไป

- การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test)

เขย่าหลอดอาหารเหลว LSB ที่ให้ผลบวก แล้วใช้หัวเข็มถ่ายเชื้อจำนวน 1 หลวง ใส่ในหลอดอาหารเหลว Brilliant green lactose bile broth (BGLB) ที่บรรจุหลอดดักแก๊ส จากนั้นนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นำไปตรวจผล ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

มีความขุ่น และเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊สให้อ่านผลเป็นบวก บันทึกหลอดที่ให้ผลเป็นบวก นำไปอ่านค่าจากตาราง MPN จะได้ค่า MPN/g ของแบคทีเรียโคลิฟอร์ม จากตัวอย่างอาหาร 1 กรัม

4.2 การตรวจหา MPN ฟิคัลโคลิฟอร์ม และ MPN *Escherichia coli*

1. เขย่าหลอดอาหารเหลว LSB ที่ให้ผลเป็นบวก โดยใช้ห้วงเยื่อเยื่อถ่ายเชื้อจำนวน 1 ห้วง ลงในหลอดอาหารเหลว EC ที่บรรจุหลอดดักแก๊ส นำไปบ่มอุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขุ่น และเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊สให้อ่านผลเป็นบวก บันทึกหลอดที่ให้ผลบวก นำไปอ่านค่าจากตาราง MPN จะได้ค่า MPN/g ของฟิคัลโคลิฟอร์ม จากตัวอย่างอาหาร 1 กรัม

- การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Complete test) เพื่อตรวจหา MPN *Escherichia coli*

1. นำหลอดอาหารเหลว EC ที่ให้ผลบวก เขย่าให้เข้ากัน แล้วใช้ห้วงเยื่อถ่ายจากหลอดดังกล่าวแล้วนำไปปลูก แยกเชื้อบนอาหารแข็ง Eosin methylene blue (EMB) agar จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะโคโลนีที่สงสัยว่าจะเป็น *E.coli* โดยโคโลนีจะมีลักษณะกลมสีเข้มตรงกลางเกือบมีสีดำและที่ผิวมีสีเขียวเหลืองเป็นเงาโลหะ (metallic sheen)

2. เยื่อถ่ายจากโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *E.coli* จากอาหาร EMB ลงในอาหาร PCA slant จำนวน 5 โคโลนี นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง นำเชื้อที่เจริญบนอาหาร PCA มาย้อมแกรม สังเกตรูปร่างของเซลล์จากกล้องจุลทรรศน์ซึ่งจะเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์

3. ถ้าเชื้อที่เจริญบนอาหาร PCA เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน ให้ทำการทดสอบ IMViC test ต่อไปซึ่งได้แก่ Indole production (I), methyl red test (M), Voges-Proskauer test (V) และ Citrate utilization test (C) และถ่ายเชื้อลงในหลอดอาหาร LSB ที่มีหลอดดักแก๊สอีกครั้งเพื่อยืนยันการสร้างแก๊สจากแลคโตส โดยนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

- **Indole test** ถ่ายเชื้อที่สงสัยจำนวน 1 ห้วง ใส่ในหลอดอาหารเหลว tryptonebroth แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหยดน้ำยาโคแวกซ์ รีเอเจนต์ (Kovac's reagent) ประมาณ 1-2 หยด แล้วอ่านผล ถ้าปรากฏเป็นวงแหวนสีแดงบนผิวด้านบนให้อ่านผลเป็นบวก ถ้าผลการทดสอบเป็นสีเหลืองให้อ่านผลเป็นลบ

- **Voges-Proskauer test** ถ่ายเชื้อที่สงสัยจำนวน 1 ห้วง ลงในอาหารเหลว MR-VP broth นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นดูดเชื้อนี้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปใส่ในหลอดอาหารที่ปราศจากเชื้อแล้วหยดสารละลายแอลฟา-แนพทอล (alpha-naphthol solution) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตรและใส่สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นอ่านผล ถ้ามีสีชมพูเกิดขึ้นให้อ่านผลเป็นบวก ถ้าเกิดเป็นสีทองแดงให้อ่านผลเป็นลบ

- **Methyl red test** นำอาหารเหลว MP-VR broth ที่เหลือจากการทดสอบ VP- test แล้วบ่มต่อไปอีก 48 ชั่วโมง จากนั้นหยดสารละลายเมทิลเรด (Methyl red solution) จำนวน 5 หยด เขย่าให้เข้ากันแล้วอ่านผล ถ้าอาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง ให้อ่านผลเป็นบวก ถ้าอาหารมีสีเหลือง ให้อ่านผลเป็นลบ

- **Citrate utilization test** ถ่ายเชื้อที่สงสัย จำนวน 1 หลวงใส่ในหลอดอาหารเลี้ยง Simmon citrate agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปอ่านผลโดยดูการเปลี่ยนสีของบรอมไทมอล บลู (Bromthymol blue) ถ้าอาหารเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงินให้อ่านผลเป็นบวก ถ้าอาหารไม่เปลี่ยนสีให้อ่านผลเป็นลบ

การแปลผลการทดสอบ

เชื้อที่ให้ผลการทดสอบต่อไปนี้พิจารณาว่าเป็นเชื้อ *E.coli*

1. หมักแล็คโตสพร้อมกับการสร้างแก๊สภายใน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
2. เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์
3. ผลการทดสอบ IMViC ดังนี้คือ + + - - (สำหรับ biotype 1) หรือ - + - - (สำหรับ biotype 2) นับจำนวนหลอดอาหาร EC ที่มีเชื้อ *E.coli* ที่ทั้ง 3 ระดับความเจือจางเพื่อนำมาคำนวณหาค่า MPN/g ของ *E.coli* ต่ออาหาร 1 กรัม

ภาพผนวก ง. แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสก่อนเก็บรักษาด้วยวิธี 5 point hedonic scale ของปลาทุ
แขกเค็ม

ชุดที่.....

แบบทดสอบ

การศึกษาการผลิตปลาทุแขกเค็ม

ชื่อ-สกุล.....รหัสนักศึกษา.....

หมายเหตุ

โปรดทดสอบระดับการยอมรับของตัวอย่างปลาทุแขกเค็ม โดยใส่เครื่องหมาย / แสดงความรู้สึก
การยอมรับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ง.2 แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสระหว่างการรักษาโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 312/2547)

ชุดที่.....

แบบทดสอบ

ชื่อ-สกุล.....รหัส.....

หมายเหตุ

โปรดทดสอบระดับการยอมรับตัวอย่างปลาทุแขกเค็ม โดยใส่เครื่องหมาย / แสดงความรู้สึกการยอมรับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถามนี้

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน			
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต้องปรับปรุง
ลักษณะรูปร่างของปลาทุแขกเค็ม	ลำตัวและผิวหนังต้องไม่แตก ฉีกหรือขาด				
สีของปลาทุแขกเค็ม	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาเค็ม				
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นเหม็นเน่า				
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องแน่น ไม่แข็งกระด้างหรือนิ่มและ				

ข้อเสนอแนะ.....

ภาคผนวก จ. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติก่อนการเก็บรักษา

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเคมี กายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสของปลาทุแวกเค็ม

คุณภาพ		SS	DF	MS	F	Sig.
pH	Treatment	0.090	5	0.018	15.047	0.000
	Error	0.014	12	0.001		
	Total	0.104	17			
กรดแลกติก	Treatment	0.002	5	0.000	2.632	0.079
	Error	0.002	12	0.000		
	Total	0.003	17			
ปริมาณเกลือ	Treatment	36.019	5	7.204	238.844	0.000
	Error	0.362	12	0.030		
	Total	36.381	17			
ความชื้น	Treatment	19.263	5	3.853	13.621	0.000
	Error	3.394	12	0.283		
	Total	22.657	17			
L^*	Treatment	103.315	5	20.663	2.039	0.145
	Error	121.589	12	10.132		
	Total	224.904	17			
a^*	Treatment	11.513	5	2.303	1.093	0.413
	Error	25.270	12	2.106		
	Total	36.784	17			
b^*	Treatment	92.671	5	18.534	2.514	0.089
	Error	88.470	12	7.372		
	Total	181.141	17			
a_w	Treatment	0.006	5	0.001	1.639	0.224
	Error	0.008	12	0.001		
	Total	0.014	17			
ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	Treatment	11.667	5	2.333	3.535	0.005
	Error	67.333	102	0.660		
	Total	79.000	107			

ภาคผนวก ฉ. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างสถานะการบรรจุ

ฉ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนขององค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ ฉ.1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	1.622	15	0.108		
	Total	1.622	17			
5	Treatment	0.223	2	0.112	1.918	0.181
	Error	0.873	15	0.058		
	Total	1.097	17			
10	Treatment	0.202	2	0.101	0.875	0.437
	Error	1.729	15	0.115		
	Total	1.930	17			
15	Treatment	0.320	2	0.160	1.462	0.263
	Error	1.639	15	0.109		
	Total	1.958	17			

ตารางที่ ๑.1.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	1.622	15	0.108		
	Total	1.622	17			
5	Treatment	0.030	2	0.015	0.267	0.769
	Error	0.844	15	0.056		
	Total	0.874	17			
10	Treatment	0.059	2	0.030	0.735	0.496
	Error	0.605	15	0.040		
	Total	0.665	17			
15	Treatment	0.021	2	0.010	0.067	0.935
	Error	2.305	15	0.154		
	Total	2.326	17			
20	Treatment	0.073	2	0.036	0.195	0.825
	Error	2.808	15	0.187		
	Total	2.881	17			
25	Treatment	0.034	2	0.017	0.129	0.880
	Error	1.994	15	0.133		
	Total	2.028	17			
30	Treatment	0.052	2	0.026	1.017	0.385
	Error	0.386	15	0.026		
	Total	0.438	17			

ตารางที่ ๑.1.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้
ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	6.930	15	.462		
	Total	6.930	17			
5	Treatment	4.781	2	2.390	5.171	0.020
	Error	6.934	15	0.462		
	Total	11.715	17			
10	Treatment	18.284	2	9.142	27.419	0.000
	Error	5.001	15	0.333		
	Total	23.285	17			
15	Treatment	47.795	2	23.898	76.924	0.000
	Error	4.660	15	0.311		
	Total	52.455	17			

ตารางที่ ๑.1.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้
ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	6.930	15	0.462		
	Total	6.930	17			
5	Treatment	5.346	2	2.673	4.339	0.033
	Error	9.242	15	0.616		
	Total	14.588	17			
10	Treatment	44.387	2	22.194	56.583	0.000
	Error	5.883	15	0.392		
	Total	50.271	17			
15	Treatment	8.400	2	4.200	10.174	0.002
	Error	6.192	15	0.413		
	Total	14.593	17			
20	Treatment	0.796	2	0.398	0.903	0.426
	Error	6.616	15	0.441		
	Total	7.412	17			
25	Treatment	0.912	2	0.456	2.480	0.117
	Error	2.759	15	.184		
	Total	3.671	17			
30	Treatment	2.560	2	1.280	6.188	0.011
	Error	3.102	15	.207		
	Total	5.662	17			

ตารางที่ ๑.1.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเกลือในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	4.508	15	0.301		
	Total	4.508	17			
5	Treatment	0.885	2	0.443	4.929	0.023
	Error	1.347	15	0.090		
	Total	2.232	17			
10	Treatment	0.140	2	0.070	2.198	0.146
	Error	0.477	15	0.032		
	Total	0.616	17			
15	Treatment	0.337	2	0.169	24.013	0.000
	Error	0.105	15	0.007		
	Total	0.443	17			

ตารางที่ ๑.1.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเกลือในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	4.508	15	0.301		
	Total	4.508	17			
5	Treatment	0.541	2	0.271	3.391	0.061
	Error	1.197	15	0.080		
	Total	1.739	17			
10	Treatment	0.273	2	0.137	0.992	0.394
	Error	2.067	15	0.138		
	Total	2.340	17			
15	Treatment	0.281	2	0.141	4.882	0.023
	Error	0.432	15	0.029		
	Total	0.713	17			
20	Treatment	1.456	2	0.728	4.577	0.028
	Error	2.386	15	0.159		
	Total	3.842	17			
25	Treatment	2.235	2	1.118	7.409	0.006
	Error	2.263	15	0.151		
	Total	4.498	17			
30	Treatment	4.130	2	2.065	171.778	0.000
	Error	0.180	15	0.012		
	Total	4.310	17			

ตารางที่ ๑.1.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	0.361	15	0.024		
	Total	0.361	17			
5	Treatment	15.116	2	7.558	20.080	0.000
	Error	5.646	15	0.376		
	Total	20.762	17			
10	Treatment	56.388	2	28.194	29.790	0.000
	Error	14.196	15	0.946		
	Total	70.584	17			
15	Treatment	478.106	2	239.053	359.880	0.000
	Error	9.964	15	0.664		
	Total	488.070	17			

ตารางที่ ๑.1.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	0.361	15	0.024		
	Total	0.361	17			
5	Treatment	19.019	2	9.509	18.712	0.000
	Error	7.623	15	.508		
	Total	26.641	17			
10	Treatment	18.489	2	9.245	50.721	0.000
	Error	2.734	15	0.182		
	Total	21.223	17			
15	Treatment	40.488	2	20.244	71.630	0.000
	Error	4.239	15	.283		
	Total	44.727	17			
20	Treatment	24.162	2	12.081	23.162	0.000
	Error	7.824	15	0.522		
	Total	31.986	17			
25	Treatment	94.058	2	47.029	91.293	0.000
	Error	7.727	15	0.515		
	Total	101.786	17			
30	Treatment	175.258	2	87.629	265.866	0.000
	Error	4.944	15	0.330		
	Total	180.202	17			

ตารางที่ ๑.1.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TVB ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	22.195	15	1.480		
	Total	22.195	17			
5	Treatment	98.934	2	49.467	24.166	0.000
	Error	30.705	15	2.047		
	Total	129.638	17			
10	Treatment	66.155	2	33.078	39.706	0.000
	Error	12.496	15	0.833		
	Total	78.651	17			
15	Treatment	52.510	2	26.255	19.044	0.000
	Error	20.680	15	1.379		
	Total	73.190	17			

ตารางที่ ๑.1.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TVB ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	22.195	15	1.480		
	Total	22.195	17			
5	Treatment	3.077	2	1.539	1.310	0.299
	Error	17.610	15	1.174		
	Total	20.687	17			
10	Treatment	9.355	2	4.677	3.691	0.050
	Error	19.008	15	1.267		
	Total	28.363	17			
15	Treatment	15.664	2	7.832	12.327	0.001
	Error	9.530	15	0.635		
	Total	25.194	17			
20	Treatment	41.829	2	20.915	25.249	0.000
	Error	12.425	15	0.828		
	Total	54.254	17			
25	Treatment	37.938	2	18.969	13.270	0.000
	Error	21.442	15	1.429		
	Total	59.380	17			
30	Treatment	21.335	2	10.668	16.519	0.000
	Error	9.687	15	0.646		
	Total	31.022	17			

ตารางที่ ๑.1.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TMA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	13.271	15	0.885		
	Total	13.271	17			
5	Treatment	1.636	2	0.818	0.884	0.433
	Error	13.872	15	0.925		
	Total	15.508	17			
10	Treatment	4.773	2	2.387	3.793	0.046
	Error	9.437	15	0.629		
	Total	14.210	17			
15	Treatment	16.407	2	8.203	6.172	0.011
	Error	19.937	15	1.329		
	Total	36.344	17			

ตารางที่ ๑.1.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TMA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	13.271	15	0.885		
	Total	13.271	17			
5	Treatment	1.567	2	0.784	1.561	0.242
	Error	7.531	15	0.502		
	Total	9.098	17			
10	Treatment	5.577	2	2.789	4.002	0.040
	Error	10.451	15	0.697		
	Total	16.029	17			
15	Treatment	30.715	2	15.358	28.484	0.000
	Error	8.088	15	0.539		
	Total	38.803	17			
20	Treatment	10.031	2	5.015	4.754	0.025
	Error	15.823	15	1.055		
	Total	25.854	17			
25	Treatment	13.137	2	6.569	5.779	0.014
	Error	17.049	15	1.137		
	Total	30.186	17			
30	Treatment	3.935	2	1.967	2.647	0.104
	Error	11.147	15	0.743		
	Total	15.082	17			

ฉ.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางกายภาพ

ตารางที่ ฉ.2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	69.237	15	4.616		
	Total	69.237	17			
5	Treatment	1.282	2	0.641	0.280	0.759
	Error	34.285	15	2.286		
	Total	35.566	17			
10	Treatment	39.642	2	19.821	5.053	0.021
	Error	58.836	15	3.922		
	Total	98.478	17			
15	Treatment	211.987	2	105.993	10.671	0.001
	Error	148.991	15	9.933		
	Total	360.978	17			

ตารางที่ จ.2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	69.237	15	4.616		
	Total	69.237	17			
5	Treatment	44.894	2	22.447	3.905	0.043
	Error	86.218	15	5.748		
	Total	131.112	17			
10	Treatment	1.533	2	0.766	0.072	0.931
	Error	160.714	15	10.714		
	Total	162.246	17			
15	Treatment	22.108	2	11.054	0.955	0.407
	Error	173.689	15	11.579		
	Total	195.797	17			
20	Treatment	40.979	2	20.490	1.543	0.246
	Error	199.190	15	13.279		
	Total	240.169	17			
25	Treatment	55.619	2	27.810	3.861	0.044
	Error	108.030	15	7.202		
	Total	163.649	17			
30	Treatment	10.752	2	5.376	0.796	0.469
	Error	101.340	15	6.756		
	Total	112.093	17			

ตารางที่ ๑.2.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า σ^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	122.981	15	8.199		
	Total	122.981	17			
5	Treatment	3.079	2	1.540	0.509	0.611
	Error	45.405	15	3.027		
	Total	48.484	17			
10	Treatment	0.112	2	0.056	0.068	0.935
	Error	12.341	15	0.823		
	Total	12.453	17			
15	Treatment	33.975	2	16.987	4.249	0.035
	Error	59.970	15	3.998		
	Total	93.945	17			

ตารางที่ จ.2.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า σ^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	122.981	15	8.199		
	Total	122.981	17			
5	Treatment	4.381	2	2.190	0.725	0.501
	Error	45.345	15	3.023		
	Total	49.726	17			
10	Treatment	10.339	2	5.170	0.742	0.493
	Error	104.463	15	6.964		
	Total	114.802	17			
15	Treatment	8.905	2	4.453	7.135	0.007
	Error	9.361	15	0.624		
	Total	18.266	17			
20	Treatment	11.732	2	5.866	7.297	0.006
	Error	12.058	15	0.804		
	Total	23.790	17			
25	Treatment	6.011	2	3.006	7.868	0.005
	Error	5.730	15	0.382		
	Total	11.742	17			
30	Treatment	21.403	2	10.702	22.764	0.000
	Error	7.052	15	0.470		
	Total	28.455	17			

ตารางที่ ๑.2.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	80.315	15	5.354		
	Total	80.315	17			
5	Treatment	28.810	2	14.405	1.321	0.296
	Error	163.509	15	10.901		
	Total	192.319	17			
10	Treatment	7.489	2	3.745	0.603	0.560
	Error	93.207	15	6.214		
	Total	100.697	17			
15	Treatment	101.988	2	50.994	4.702	0.026
	Error	162.673	15	10.845		
	Total	264.662	17			

ตารางที่ จ.2.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	80.315	15	5.354		
	Total	80.315	17			
5	Treatment	19.096	2	9.548	1.420	0.272
	Error	100.837	15	6.722		
	Total	119.933	17			
10	Treatment	68.815	2	34.408	3.192	0.070
	Error	161.680	15	10.779		
	Total	230.495	17			
15	Treatment	71.955	2	35.978	4.554	0.028
	Error	118.510	15	7.901		
	Total	190.465	17			
20	Treatment	5.137	2	2.568	0.531	0.598
	Error	72.505	15	4.834		
	Total	77.642	17			
25	Treatment	3.746	2	1.873	0.953	0.408
	Error	29.491	15	1.966		
	Total	33.237	17			
30	Treatment	3.217	2	1.609	0.524	0.602
	Error	46.030	15	3.069		
	Total	49.247	17			

ตารางที่ ๑.2.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ในปลาทุแวกเค็มที่
เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	0.001	15	0.000		
	Total	0.001	17			
5	Treatment	0.000	2	0.000	0.272	0.765
	Error	0.009	15	0.001		
	Total	0.010	17			
10	Treatment	0.001	2	0.000	0.809	0.464
	Error	0.007	15	0.000		
	Total	0.008	17			
15	Treatment	0.000	2	0.000	1.069	0.368
	Error	0.003	15	0.000		
	Total	0.003	17			

ตารางที่ ๑.2.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ในปลาทุแวกเค็มที่
เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	0.001	15	0.000		
	Total	0.001	17			
5	Treatment	0.001	2	0.001	2.045	0.164
	Error	0.004	15	0.000		
	Total	0.006	17			
10	Treatment	0.000	2	0.000	0.081	0.923
	Error	0.001	15	0.000		
	Total	0.001	17			
15	Treatment	0.003	2	0.001	4.309	0.033
	Error	0.005	15	0.000		
	Total	0.008	17			
20	Treatment	0.013	2	0.006	6.684	0.008
	Error	0.014	15	0.001		
	Total	0.027	17			
25	Treatment	0.003	2	0.002	25.648	0.000
	Error	0.001	15	0.000		
	Total	0.004	17			
30	Treatment	0.000	2	0.000	0.332	0.723
	Error	0.006	15	0.000		
	Total	0.007	17			

ฉ.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ฉ.3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	14.850	57	0.261		
	Total	14.850	59			
5	Treatment	0.033	2	0.017	0.033	0.967
	Error	28.700	57	0.504		
	Total	28.733	59			
10	Treatment	0.400	2	0.200	0.374	0.689
	Error	30.450	57	0.534		
	Total	30.850	59			
15	Treatment	0.933	2	0.467	3.595	0.034
	Error	7.400	57	0.130		
	Total	8.333	59			

ตารางที่ ฉ.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะสีของปลาทุบกึ่งเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	14.400	57	0.253		
	Total	14.400	59			
5	Treatment	0.100	2	0.050	0.124	0.883
	Error	22.900	57	0.402		
	Total	23.000	59			
10	Treatment	4.133	2	2.067	7.551	0.001
	Error	15.600	57	0.274		
	Total	19.733	59			
15	Treatment	0.933	2	0.467	4.433	0.016
	Error	6.000	57	0.105		
	Total	6.933	59			

ตารางที่ ฉ.3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะกลิ่นรสของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้
ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	15.000	57	0.263		
	Total	15.000	59			
5	Treatment	0.633	2	0.317	0.706	0.498
	Error	25.550	57	0.448		
	Total	26.183	59			
10	Treatment	2.433	2	1.217	4.474	0.016
	Error	15.500	57	0.272		
	Total	17.933	59			
15	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			

ตารางที่ ฉ.3.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่
อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	14.850	57	0.261		
	Total	14.850	59			
5	Treatment	1.233	2	0.617	1.109	0.337
	Error	31.700	57	0.556		
	Total	32.933	59			
10	Treatment	0.433	2	0.217	0.427	0.654
	Error	28.900	57	0.507		
	Total	29.333	59			
15	Treatment	0.400	2	0.200	2.280	0.112
	Error	5.000	57	0.088		
	Total	5.400	59			

ตารางที่ ๓.3.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	14.850	57	0.261		
	Total	14.850	59			
5	Treatment	8.033	2	4.017	10.928	0.000
	Error	20.950	57	0.368		
	Total	28.983	59			
10	Treatment	1.600	2	0.800	1.559	0.219
	Error	29.250	57	0.513		
	Total	30.850	59			
15	Treatment	0.133	2	0.067	0.260	0.772
	Error	14.600	57	0.256		
	Total	14.733	59			
20	Treatment	0.233	2	0.117	1.529	0.226
	Error	4.350	57	0.076		
	Total	4.583	59			
25	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			
30	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			

ตารางที่ ๓.๓.๖ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะสีของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ
ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	14.400	57	0.253		
	Total	14.400	59			
5	Treatment	5.733	2	2.867	9.697	0.000
	Error	16.850	57	0.296		
	Total	22.583	59			
10	Treatment	0.933	2	0.467	0.755	0.475
	Error	35.250	57	0.618		
	Total	36.183	59			
15	Treatment	4.133	2	2.067	8.068	0.001
	Error	14.600	57	0.256		
	Total	18.733	59			
20	Treatment	0.300	2	0.150	3.353	0.042
	Error	2.550	57	0.045		
	Total	2.850	59			
25	Treatment	0.033	2	0.017	1.000	0.374
	Error	0.950	57	0.017		
	Total	0.983	59			
30	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			

ตารางที่ ๓.๓.๗ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะกลิ่นรสของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้
ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	15.000	57	0.263		
	Total	15.000	59			
5	Treatment	4.433	2	2.217	5.147	0.009
	Error	24.550	57	0.431		
	Total	28.983	59			
10	Treatment	0.433	2	0.217	0.232	0.794
	Error	53.300	57	0.935		
	Total	53.733	59			
15	Treatment	1.200	2	0.600	8.143	0.001
	Error	4.200	57	0.074		
	Total	5.400	59			
20	Treatment	0.033	2	0.017	1.000	0.374
	Error	0.950	57	0.017		
	Total	0.983	59			
25	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			
30	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			

ตารางที่ ๓.๘ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเนื้อสัมผัสของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

วันที่		SS	DF	MS	F	Sig.
0	Treatment	0.000	2	0.000	0.000	1.000
	Error	14.850	57	0.261		
	Total	14.850	59			
5	Treatment	9.433	2	4.717	9.114	0.000
	Error	29.500	57	0.518		
	Total	38.933	59			
10	Treatment	.433	2	.217	.268	.766
	Error	46.150	57	.810		
	Total	46.583	59			
15	Treatment	8.400	2	4.200	13.300	0.000
	Error	18.000	57	0.316		
	Total	26.400	59			
20	Treatment	0.633	2	0.317	2.865	0.065
	Error	6.300	57	0.111		
	Total	6.933	59			
25	Treatment	0.100	2	0.050	1.036	0.361
	Error	2.750	57	0.048		
	Total	2.850	59			
30	Treatment	0.000	2	0.000	.	.
	Error	0.000	57	0.000		
	Total	0.000	59			

ภาพผนวก ข. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างอายุการเก็บรักษา

ข.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนขององค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ ข.1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	1.686	3	0.562	10.513	0.000
	Error	1.069	20	0.053		
	Total	2.754	23			
สุญญากาศ	Treatment	2.189	3	0.730	6.645	0.003
	Error	2.196	20	0.110		
	Total	4.385	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	3.085	3	1.028	7.918	0.001
	Error	2.598	20	0.130		
	Total	5.683	23			

ตารางที่ ข.1.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	0.585	6	0.097	1.221	0.319
	Error	2.795	35	0.080		
	Total	3.379	41			
สุญญากาศ	Treatment	.365	6	0.061	0.869	0.528
	Error	2.453	35	0.070		
	Total	2.818	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	.630	6	0.105	0.692	0.658
	Error	5.316	35	0.152		
	Total	5.946	41			

ตารางที่ ข.1.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	192.371	3	64.124	209.542	0.000
	Error	6.120	20	0.306		
	Total	198.491	23			
สุญญากาศ	Treatment	68.702	3	22.901	42.239	0.000
	Error	10.843	20	0.542		
	Total	79.546	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	44.375	3	14.792	45.068	0.000
	Error	6.564	20	0.328		
	Total	50.939	23			

ตารางที่ ข.1.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	135.456	6	22.576	98.581	0.000
	Error	8.015	35	0.229		
	Total	143.471	41			
สุญญากาศ	Treatment	243.637	6	40.606	111.885	0.000
	Error	12.703	35	0.363		
	Total	256.339	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	176.263	6	29.377	51.393	0.000
	Error	20.006	35	0.572		
	Total	196.269	41			

ตารางที่ ข.1.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเกลือในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	4.416	3	1.472	12.669	0.000
	Error	2.324	20	0.116		
	Total	6.740	23			
สุญญากาศ	Treatment	3.137	3	1.046	5.517	0.006
	Error	3.791	20	0.190		
	Total	6.928	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	2.123	3	0.708	2.772	0.068
	Error	5.104	20	0.255		
	Total	7.227	23			

ตารางที่ ข.1.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเกลือในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	1.899	6	0.317	3.048	0.017
	Error	3.635	35	0.104		
	Total	5.534	41			
สุญญากาศ	Treatment	5.776	6	0.963	3.461	0.009
	Error	9.734	35	0.278		
	Total	15.510	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	5.963	6	0.994	5.865	0.000
	Error	5.931	35	0.169		
	Total	11.894	41			

ตารางที่ ข.1.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	1646.169	3	548.723	1292.329	0.000
	Error	8.492	20	0.425		
	Total	1654.661	23			
สุญญากาศ	Treatment	703.751	3	234.584	358.848	0.000
	Error	13.074	20	0.654		
	Total	716.825	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	2705.936	3	901.979	2097.523	0.000
	Error	8.600	20	0.430		
	Total	2714.536	23			

ตารางที่ ข.1.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	3726.872	6	621.145	1449.262	0.000
	Error	15.001	35	0.429		
	Total	3741.873	41			
สุญญากาศ	Treatment	3254.849	6	542.475	2214.011	0.000
	Error	8.576	35	0.245		
	Total	3263.425	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	1745.506	6	290.918	1187.327	0.000
	Error	8.576	35	0.245		
	Total	1754.082	41			

ตารางที่ ข.1.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TVB ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	2285.510	3	761.837	388.979	0.000
	Error	39.171	20	1.959		
	Total	2324.681	23			
สุญญากาศ	Treatment	1667.722	3	555.907	461.098	0.000
	Error	24.112	20	1.206		
	Total	1691.834	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	2437.524	3	812.508	712.966	0.000
	Error	22.792	20	1.140		
	Total	2460.316	23			

ตารางที่ ข.1.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TVB ในปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	893.204	6	148.867	137.495	0.000
	Error	37.895	35	1.083		
	Total	931.099	41			
สุญญากาศ	Treatment	640.890	6	106.815	108.709	0.000
	Error	34.390	35	0.983		
	Total	675.280	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	1003.029	6	167.171	147.705	0.000
	Error	39.613	35	1.132		
	Total	1042.641	41			

ตารางที่ ข.1.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TMA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	104.137	3	34.712	42.540	0.000
	Error	16.320	20	0.816		
	Total	120.457	23			
สุญญากาศ	Treatment	108.856	3	36.285	30.529	0.000
	Error	23.771	20	1.189		
	Total	132.627	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	177.924	3	59.308	72.210	0.000
	Error	16.427	20	0.821		
	Total	194.351	23			

ตารางที่ ข.1.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TMA ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	390.345	6	65.057	71.118	0.000
	Error	32.017	35	0.915		
	Total	422.362	41			
สุญญากาศ	Treatment	325.937	6	54.323	66.099	0.000
	Error	28.765	35	0.822		
	Total	354.701	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	515.350	6	85.892	133.147	0.000
	Error	22.578	35	0.645		
	Total	537.928	41			

ข.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนขององค์ประกอบทางกายภาพ

ตารางที่ ข.2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	229.671	3	76.557	17.091	0.000
	Error	89.589	20	4.479		
	Total	319.259	23			
สุญญากาศ	Treatment	314.179	3	104.726	29.223	0.000
	Error	71.675	20	3.584		
	Total	385.854	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	255.422	3	85.141	11.346	0.000
	Error	150.085	20	7.504		
	Total	405.507	23			

ตารางที่ ข.2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	118.263	6	19.710	1.239	0.311
	Error	557.007	35	15.914		
	Total	675.270	41			
สุญญากาศ	Treatment	81.291	6	13.549	4.087	0.003
	Error	116.029	35	3.315		
	Total	197.320	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	247.358	6	41.226	6.402	0.000
	Error	225.381	35	6.439		
	Total	472.739	41			

ตารางที่ ข.2.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า α^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	26.065	3	8.688	2.054	0.139
	Error	84.610	20	4.230		
	Total	110.675	23			
สุญญากาศ	Treatment	8.494	3	2.831	0.626	0.607
	Error	90.522	20	4.526		
	Total	99.016	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	10.792	3	3.597	1.097	0.373
	Error	65.566	20	3.278		
	Total	76.358	23			

ตารางที่ ข.2.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า α^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	89.952	6	14.992	4.168	0.003
	Error	125.905	35	3.597		
	Total	215.857	41			
สุญญากาศ	Treatment	36.755	6	6.126	2.175	0.069
	Error	98.585	35	2.817		
	Total	135.340	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	36.737	6	6.123	2.598	0.035
	Error	82.501	35	2.357		
	Total	119.238	41			

ตารางที่ ข.2.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ b^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	36.264	3	12.088	1.349	0.287
	Error	179.222	20	8.961		
	Total	215.487	23			
สุญญากาศ	Treatment	10.564	3	3.521	0.458	0.715
	Error	153.840	20	7.692		
	Total	164.404	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	25.394	3	8.465	1.016	0.406
	Error	166.642	20	8.332		
	Total	192.036	23			

ตารางที่ ข.2.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b^* ในปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	89.821	6	14.970	2.289	0.057
	Error	228.899	35	6.540		
	Total	318.720	41			
สุญญากาศ	Treatment	154.379	6	25.730	5.478	0.000
	Error	164.400	35	4.697		
	Total	318.779	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	161.603	6	26.934	4.363	0.002
	Error	216.067	35	6.173		
	Total	377.670	41			

ตารางที่ ข.2.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) ในปลาทุแวกเค็มที่
เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	0.003	3	0.001	12.165	0.000
	Error	0.001	20	0.000		
	Total	0.004	23			
สุญญากาศ	Treatment	0.003	3	0.001	3.039	0.053
	Error	0.006	20	0.000		
	Total	0.008	23			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	0.002	3	0.001	0.885	0.466
	Error	0.013	20	0.001		
	Total	0.015	23			

ตารางที่ ข.2.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) ในปลาทุแวกเค็มเก็บรักษา
ไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	0.040	6	0.007	26.571	0.000
	Error	0.009	35	0.000		
	Total	0.049	41			
สุญญากาศ	Treatment	0.049	6	0.008	31.836	0.000
	Error	0.009	35	0.000		
	Total	0.058	41			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	0.043	6	0.007	16.380	0.000
	Error	0.015	35	0.000		
	Total	0.058	41			

ข.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนขององค์ประกอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ข.3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	73.138	3	24.379	87.191	0.000
	Error	21.250	76	0.280		
	Total	94.388	79			
สุญญากาศ	Treatment	57.900	3	19.300	44.048	0.000
	Error	33.300	76	0.438		
	Total	91.200	79			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	60.138	3	20.046	56.741	0.000
	Error	26.850	76	0.353		
	Total	86.988	79			

ตารางที่ ข.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะสีของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	54.000	3	18.000	60.000	0.000
	Error	22.800	76	0.300		
	Total	76.800	79			
สุญญากาศ	Treatment	69.238	3	23.079	93.548	0.000
	Error	18.750	76	.247		
	Total	87.988	79			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	54.138	3	18.046	79.048	0.000
	Error	17.350	76	0.228		
	Total	71.488	79			

ตารางที่ ข.3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะกลิ่นรสของปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Between Groups	80.938	3	26.979	103.819	0.000
	Treatment	19.750	76	0.260		
	Error	100.688	79			
สุญญากาศ	Total	88.038	3	29.346	124.250	0.000
	Treatment	17.950	76	0.236		
	Error	105.988	79			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Total	71.838	3	23.946	99.176	0.000
	Treatment	18.350	76	0.241		
	Error	90.188	79			

ตารางที่ ข.3.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	62.900	3	20.967	53.293	0.000
	Error	29.900	76	0.393		
	Total	92.800	79			
สุญญากาศ	Treatment	64.650	3	21.550	55.898	0.000
	Error	29.300	76	0.386		
	Total	93.950	79			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	64.238	3	21.413	76.581	0.000
	Error	21.250	76	0.280		
	Total	85.488	79			

ตารางที่ ข.3.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะรูปร่างของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	121.943	6	20.324	91.785	0.000
	Error	29.450	133	0.221		
	Total	151.393	139			
สุญญากาศ	Treatment	162.443	6	27.074	122.895	0.000
	Error	29.300	133	0.220		
	Total	191.743	139			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	124.600	6	20.767	109.385	0.000
	Error	25.250	133	0.190		
	Total	149.850	139			

ตารางที่ ข.3.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะสีของปลาทุแวกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	106.000	6	17.667	60.872	0.000
	Error	38.600	133	0.290		
	Total	144.600	139			
สุญญากาศ	Treatment	149.443	6	24.907	152.657	0.000
	Error	21.700	133	0.163		
	Total	171.143	139			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	124.386	6	20.731	113.466	0.000
	Error	24.300	133	0.183		
	Total	148.686	139			

ตารางที่ ข.3.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะกลิ่นรสของปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	117.100	6	19.517	62.850	0.000
	Error	41.300	133	0.311		
	Total	158.400	139			
สุญญากาศ	Treatment	157.071	6	26.179	144.471	0.000
	Error	24.100	133	0.181		
	Total	181.171	139			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	133.143	6	22.190	90.532	0.000
	Error	32.600	133	0.245		
	Total	165.743	139			

ตารางที่ ข.3.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาทุแขกเค็มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน

สภาวะการบรรจุ		SS	DF	MS	F	Sig.
ปกติ	Treatment	93.286	6	15.548	42.724	0.000
	Error	48.400	133	0.364		
	Total	141.686	139			
สุญญากาศ	Treatment	142.043	6	23.674	75.870	0.000
	Error	41.500	133	0.312		
	Total	183.543	139			
ใช้สารดูดออกซิเจน	Treatment	124.600	6	20.767	99.890	0.000
	Error	27.650	133	0.208		
	Total	152.250	139			

ภาคผนวก ซ. ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวข้อโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล นางจริยา สุขจันทร์

Mrs. Jariya Sukjuntra

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. **หน่วยงานสังกัด** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

โทรศัพท์สำนักงาน 073-227151-61 ต่อ 4411

โทรศัพท์มือถือ 086-6949836 โทรสาร 073-227151

Email : jariya@yala.yru.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาดรี (วท.บ.เทคโนโลยีอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

ปริญญาโท (วท.ม.เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

5. ประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

5.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

- ชุดโครงการการพัฒนาข้าวย่ำ : อาหารเพื่อสุขภาพจากภูมิปัญญาไทย
ทักษิณเพื่อส่งเสริมการบริโภค (สำนักงานคณะกรรมการ การอุดมศึกษา, 2548)

5.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย (แหล่งงบประมาณ, ปี)

- การผลิตปลาจากซูริมิเสริมสมุนไพร (มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2545)
- การผลิตกะปิโดยทดแทนกุ้งเคียบางส่วนด้วยปลา (มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2546)
- ตำรับอาหารท้องถิ่นภาคใต้ “ไก่ขอมและ” ระยะสืบค้น (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2547)
- การตรวจสอบคุณภาพกะปิที่จำหน่ายในเขตเทศบาลนครยะลา (มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2548)
- การผลิตบูดูข้าวยา : เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2548)
- ผลของการใช้สารกันหืนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกล้วยหินฉาบ (มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2549)
- การยกระดับการผลิตบูดูใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้แบบมีส่วนร่วม (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2549)

- การจัดการคุณภาพและความปลอดภัยผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบสำหรับธุรกิจแฟรนไชส์
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านชายแดนใต้สู่ธุรกิจแฟรนไชส์ : หัวข้าวเกรียบ (ปาลอ - กรือไปะ)

5.3 งานวิจัยที่ตีพิมพ์

- จริยา สุขจันทร์. (2549). ภูมิปัญญาการผลิต “ไก่หมอและ” ของชุมชนทุ่งพลา. ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา . 1(1) หน้า 56-64.
- จริยา สุขจันทร์. (2549). การผลิตปลายจากซูริมิเสริมสมุนไพร. ว. อาหาร 36 (2). หน้า 140-144.
- นันทรัตน์ นามบุรี และ จริยา สุขจันทร์. (2549). การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วย หินและปัจจัยที่ส่งเสริมการจำหน่าย. ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 1(1) หน้า 30-37.
- จริยา สุขจันทร์ และ กามีละห์ หามะ. (2551). ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพของ กล้วยหินฉาบ. ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 3(1). หน้า 11-18.

5.4 งานวิจัยที่กำลังทำ

- การพัฒนาระดับอาหารท้องถิ่น : บูดุปรงรสพาสเจอร์ไรซ์ แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (เครือข่ายวิจัยภาคใต้ตอนล่าง)

คณะวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวพาริตะ ปือราเฮง
Miss Pareedah Beraheng
2. คุณวุฒิ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร ชั้นปีที่ 4
3. หน่วยงานสังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
4. สถานที่ติดต่อ 133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
โทรศัพท์สำนักงาน 073-227151-61 ต่อ 4411
โทรสาร 073-227151
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 084-7047946
Email : nongmoh_004@hotmail.com

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวคอยรรุณนิสา มะลุมุ
Miss Khoirunnisa Malumu
2. คุณวุฒิ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ชั้นปีที่ 4
3. หน่วยงานสังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
4. สถานที่ติดต่อ 133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
โทรศัพท์สำนักงาน 073-227151-61 ต่อ 4411
โทรสาร 073-227151
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 090-4799607
Email : Khoirun_007@hotmail.com