รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

Shelf-life Extension of Cooked White Shrimp Using Essential Oil Coating and Modified Atmosphere Packaging: Effected of Modified Atmosphere Packaging

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2558A10802399
สัญญาเลขที่ 25/2558

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการ การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

Shelf-life Extension of Cooked White Shrimp Using Essential Oil Coating and Modified Atmosphere Packaging: Effected of Modified Atmosphere Packaging

สวามินี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 25/2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน โดยมีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน 3 สภาวะ ดังนี้ T4 (40% CO_2 : 60% N_2), T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) เปรียบเทียบกับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบ (TCC) และเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TOC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า กุ้งขาวสุกเคลือบน้ำมันออริกาโนความเข้มข้น 0.5% ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ (% cooking loss) เคมี (pH, TVB-N และ TMA-N) จุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ได้มากที่สุด และเมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดไว้ในอาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/g พบว่า T4, T6 และ T8 เก็บรักษาได้ 18, 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วน TOC เก็บรักษาได้ 12 วัน ขณะที่ TCC เก็บรักษาได้เพียง 8 วัน

Abstract

This research purposes the effect of modified atmosphere packaging on the oregano essential oil (OEO) alginate-based coating of cooked Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). The modified atmosphere packaging three different conditions: T4 (40% CO_2 : 60% N_2), T6 (60% CO_2 : 40% N_2) and T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) compared to cooked Pacific white shrimp uncoated (TCC) and coated (TOC) with OEO alginate-based coating and air packed during refrigerated storage of 28 days was investigated. T4 was the most effectively retarded physical (% cooking loss), chemical (pH, TVB-N and TMA-N), microbial (total plate count) and sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked Pacific white shrimp.
The Stand Food Safety (2009) define that the total number of bacteria maximum 6.0 log cfu/g of cooked seafood found that T4 (40% CO_2 : 60% N_2), T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) storage for up to 18, 14 and 12 days respectively. The TOC sample could storage for 12 days. While TCC (Control) sample can storage for 8 days.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ฉ

บทที่

1 บทนำ 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

3 วิธีดำเนินการวิจัย 15

4 ผลการวิจัย 19

5 อภิปรายผลการวิจัย 33

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 51

เอกสารอ้างอิง 52

ภาคผนวก 61

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ 62

ภาคผนวก ข ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส 73

ประวัติผู้วิจัย 75

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 63

ก - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 64

ก - 3 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 65

ก - 4 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 66

ก - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 67

ก - 6 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 68

ก - 7 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 69

ก - 8 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 70

ก - 9 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 71

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 การทำงานของ hydroxyl group ต่อเซลล์จุลินทรีย์..... 9

4 - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 20

4 - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 22

4 - 3 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 23

4 - 4 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 24

4 - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 26

4 - 6 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 28

4 - 7 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 29

4 - 8 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 31

4 - 9 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 32

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศผู้ส่งออกสินค้าประมงในอันดับต้นๆ ของโลก และกุ้งขาวก็นับเป็นสัตว์น้ำชนิดสำคัญที่มีความนิยมในการบริโภค โดยในปี 2554 มีปริมาณการผลิตกุ้งขาวสูงถึงร้อยละ 99 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด สร้างรายได้เข้าประเทศคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 100,000 ล้านบาท ซึ่งเฉพาะจังหวัดแถบภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด สามารถผลิตกุ้งขาวได้ถึงร้อยละ 30 ของปริมาณการผลิตทั้งประเทศ (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

อย่างไรก็ตามการจำหน่ายกุ้งขาวภายในประเทศยังมีข้อจำกัดในด้านอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างเน่าเสียเร็ว การเสื่อมคุณภาพเช่น รสชาติและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา ประกอบกับรูปแบบการใช้ชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบันที่เน้นความสะดวกสบายในขณะเดียวกันยังคงต้องการสินค้าที่มีคุณภาพและบริโภคได้อย่างปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียในสัตว์น้ำได้หลายชนิดเนื่องจากมีสารประกอบ Carvacrol และ Thymol ที่มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิดและยังเป็นสารถนอมอาหารตามธรรมชาติ และหากนำมาร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging หรือ MAP) ซึ่งเป็นการควบคุมสภาพบรรยากาศในอัตราส่วนของก๊าซที่แตกต่างไปจากอากาศปกติทำให้ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมคุณภาพของกุ้งต้ม

ดังนั้น การศึกษาอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อกุ้งขาวต้มแบบปรับสภาพบรรยากาศจึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น รวมทั้งมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ทำให้เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ สนับสนุนอุตสาหกรรมการการแปรรูปกุ้งขาวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งต้มเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพกุ้งต้มให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภคกุ้งขาวต้ม

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหย ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% จากนั้นนำเนื้อกุ้งขาวต้มไปบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัว โดยใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนก๊าซแตกต่างกันและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในวันเริ่มต้นและเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา ทุก ๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับ หรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงอัตราส่วนก๊าซสำหรับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนได้

2. สามารถนำความรู้จากงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการปรับใช้และพัฒนาอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งขาว

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. กุ้งขาว

1.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาว

กุ้งขาว เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก มีลำตัวขาวใส ขามีสีขาว หางสีแดงกุ้งขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* เรียกกันทั่วไปคือ Pacific white shrimp เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่เปลือกประกอบด้วยสารไคตินห่อหุ้มลำตัว แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนหน้าหุ้มหัวและอกซึ่งรวมเป็นส่วนเดียวกันเรียกว่า ส่วนหัว (Carapace) ส่วนลำตัว (Abdomen) เป็นข้อปล้องอยู่ถัดจากหัว แต่ละปล้องมีรยางค์ 1 คู่ นัยน์ตาเป็นตารวม ก้านตาโยกคลอนได้ มีหนวด 2 คู่ มีขา 5 คู่ ทำหน้าที่เป็นก้ามหนีบและขาเดิน กรีของกุ้งขาวมีแนวตรงปลายงุ้มลงเล็กน้อย เมื่อโตขึ้นฟันกรีด้านบนจะมี 8 ฟัน และด้านล่าง 2 ฟัน ความยาวของกรียาวกว่าลูกตาไม่มาก อวัยวะภายในของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณส่วนหัว ได้แก่หัวใจ อวัยวะย่อยอาหาร ที่สามารถสังเกตเห็นชัดที่สุดคือ ลำไส้ของกุ้งและตัวเมียจะมีลำไส้ใหญ่กว่าตัวผู้ และยังประกอบไปด้วยระบบประสาท และอวัยวะสืบพันธุ์ กระเพาะอาหารเป็นถุงอยู่บริเวณอก ถัดมาเป็นส่วนลำไส้ทอดตามแนวสันหลัง อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับและตับอ่อนเป็นถุงอ่อนนุ่มสีเหลืองแสด มักเรียกว่า มันกุ้ง เลือดกุ้งประกอบด้วยสารฮีโมไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบจำพวกทองแดง แต่เมื่อทิ้งให้เลือดกุ้งสัมผัสอากาศจะกลายเป็นสีฟ้า กุ้งสดมีสีแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและประเภทของเม็ดสี และขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต อายุ สายพันธุ์ เม็ดสีที่มีผลต่อสีของกุ้งส่วนใหญ่พบบริเวณ ผิวใต้เปลือก กลุ่มเม็ดสีที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ แคโรทีนอยด์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) Boone, (1931) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของกุ้งขาวไว้ดังนี้

Phylum : Arthropoda
Class : Malacostraca
Order : Decapoda
Family : Penaeidae
Genus : Litopenaeus
Species : *Litopenaeus vannamei*

1.2 การเลี้ยงกุ้งขาว

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยมี 2 แบบ ตามความเค็มของน้ำ คือ

1.2.1 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ: การเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดและ ในพื้นที่ภาคกลาง ส่วนใหญ่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ ภิญโญ (2545) อธิบายว่าการเลี้ยงกุ้งขาวโดยใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะซื้อน้ำเค็มความเข้มข้นสูงจากนาเกลือ มีความเค็มประมาณ 100 – 200 ppt มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3 – 4 ppt หลังจากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้ว โดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 10 - 12 (พี 10 - 12)

1.2.2 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ: การเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่ภาคใต้ที่ใช้ น้ำความเค็มปกติ คือ ความเค็มประมาณ 10 ppt ขึ้นไป จะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง ในอนาคตแหล่งผลิตกุ้งขาวที่สำคัญในประเทศไทยน่าจะเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งของภาคใต้ที่มีความพร้อมสูงในด้านอุปกรณ์ เครื่องให้อากาศ บ่อพักน้ำ และการคัดเลือกลูกกุ้งคุณภาพจากสายพันธุ์ที่ดี จะทำให้การเลี้ยงได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำลง สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของกุ้งขาว

ประเทศไทยถือเป็นผู้นำการผลิตกุ้ง และศักยภาพการเลี้ยงกุ้งของไทยยังเป็นที่หนึ่งของโลก โดยมีปริมาณการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 23 ของการส่งออกกุ้งทั่วโลก มีตลาดส่งออกหลักคือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป แม้ว่าจะต้องเผชิญกับปัญหาในเรื่องกีดกันทางการค้า หรือมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหาร ทั้งนี้ปริมาณการผลผลิตในปี 2554 ของการเลี้ยงกุ้งทะเล 600,000 ตัน คิดเป็นกุ้งขาวแวนนาไม ถึงร้อยละ 99 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด เฉพาะในช่วงเดือนมกราคม- พฤศจิกายน 2554 สามารถส่งออกได้ถึง 361,460 ตัน นำรายได้เข้าประเทศคิดเป็นมูลค่ากว่า 101,138 ล้านบาท ตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 46 รองลงมา คือญี่ปุ่น สหภาพยุโรป และออสเตรเลีย คิดเป็นร้อยละ 20,16 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตประมาณร้อยละ 30 นั้นได้จากการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด ส่วนภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยนั้นมีผลผลิตประมาณร้อยละ 60 และภาคใต้ฝั่งอันดามันมีผลผลิตร้อยละ 10 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ และเฉพาะในไตรมาสแรก ปี 2555 มีผลผลิตกุ้งถึง 138,000 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี 2554 ประกอบกับแนวโน้มความต้องการของตลาดในเอเชียโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีนมีมากขึ้น ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยที่จะสามารถส่งออกกุ้งขาวจึงยังคงมีอยู่สูง สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งเพื่อการส่งออกแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ กุ้งแช่เย็นแช่แข็งและกุ้งแปรรูป และมีแนวโน้มการส่งออกในปริมาณ

ที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ประเทศมีมูลค่าการส่งออกที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งขาว

ผู้บริโภคนิยมบริโภคกุ้งขาวกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากรสชาติอร่อย หาซื้อง่ายและมีราคาไม่สูงมาก ทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีเพียงเล็กน้อยร้อยละ 0.9 และยังมีแร่ธาตุต่างๆ อาทิเช่น แคลเซียม 79.00 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 184.00 มิลลิกรัม เหล็ก 1.60 มิลลิกรัม ไทอะมีน 0.40 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.08 มิลลิกรัม ไนอะซีน 2.30 มิลลิกรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ส่งออกจากกุ้งมีตั้งแต่การแปรรูปขั้นต้น เช่น กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง ไปกระทั่งถึงการแปรรูป ในลักษณะผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปัญหาที่ต้องปรับปรุงหลังจากการเลี้ยงกุ้งขาว คือ การเกิดสีน้ำตาลในกุ้งและปัญหาเนื้อกุ้งนิ่มเละ ซึ่งเกิดจากการดูแลหลังการจับที่ไม่ดีพอทำให้เกิดการเน่าเสียโดยส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้

2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

คุณภาพของสัตว์น้ำนั้นเป็นที่ยอมรับทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอยู่แล้ว แต่การปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์และการเสื่อมคุณภาพโดยเอนไซม์ทำให้รสชาติ เนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงจนทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และวิธีการรวมทั้งอุณหภูมิในการเก็บรักษา

กุ้งขาวเมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งภายนอกและภายในตัวกุ้งและตายในที่สุด โดยทันทีที่กุ้งตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของกุ้ง ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นโดยปัจจัยสำคัญที่ทำกุ้งมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) โดยในส่วนของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในกุ้งนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์คาเทปซิน (Cathepsin) ทริพซิน (Trypsin) เปปซิน (Pepsin) และคอลลาจีเนส (Collagenase) ที่จะย่อยโปรตีนได้เป็นโพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และกรดอะมิโนอิสระ ทำให้โครงสร้างเกิดการหลวมและอ่อนตัวส่งผลลดการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค อีกทั้งสารประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญด้วย

การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนก่อให้เกิดกลิ่นผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) ซึ่งตรวจวัดได้จากค่า TVB-N ที่เปนดัชนีวัดการเนาเสียโดยการวัดปริมาณดางระเหยไดทั้งหมดที่เกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรียทำใหสัตว์น้ำเนาเสีย จนเกิดเปน Trimethyl amine (TMA), dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย (NH_3) (Banks *et al*., 1980) นอกจากนี้ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ Glycolysis ที่เป็นการสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ และยังรวมถึงการสลายตัวของ Adenosine triphosphate (ATP degradation) ที่สามารถตรวจวัดได้จากค่า K ซึ่งเปนดัชนีวัดการเนาเสียโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารสารประกอบนิวคลีโอไทด์ จาก ATP เป็น Adenosine diphosphate (ADP), Adenosine monophosphate (AMP), Inosine monophosphate (IMP), Inosine (HXR), Hypoxanthin (HX) (Botta, 1995)

การเน่าเสียจากจุลินทรีย์รวมถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคนับเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยแหล่งที่มาของการปนเปื้อน (Source of contamination) เช่น สิ่งแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ ได้แก่ แหล่งน้ำ อุณหภูมิ การปนเปื้อนจากอุปกรณ์ในการจับ การปนเปื้อนจากขั้นตอนขนส่งและกระบวนการแปรรูป รวมถึงอาจมีการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย (Huss *et al*., 1997) การปนเปื้อนในปริมาณสูงพบได้จากปลาที่มาจากกระแสน้ำอุ่นหรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่พบบ่อยในกุ้งได้แก่ กลุ่ม Staphylococcus, กลุ่ม Salmonella, กลุ่ม Vibrio และกลุ่ม Coliform ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง และอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสโลหิตได้อีกด้วย

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของกุ้งต้ม

เนื่องจากกุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูง ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายและเกิดขึ้นทันทีที่กุ้งตาย ประกอบกับพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่เล็งเห็นความสำคัญต่อการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยและความสะดวกต่อการบริโภค ทำให้ปัจจุบันมีการผลิตอาหารแปรรูปพร้อมปรุง มากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดี ได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

การใช้ความร้อนเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่ความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ และความร้อนยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้

สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้ 2 ระดับ คือ การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนในระดับสูงกว่าจุดเดือด

การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือดนั้นเป็นเพื่อทำลายจุลินทรีย์เพียงบางส่วนในอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เรียกการใช้ความร้อนระดับนี้ว่า การพาสเจอไรเซชัน (Pasteurization) ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่นิยมใช้ความร้อนระดับนี้ ได้แก่ แฮม เบคอน ไส้กรอกและกุ้งต้ม เป็นต้น โดยทั่วไปมักให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 65 - 75 องศา-เซลเซียส นอกจากความร้อนที่ช่วยทำลายจุลินทรีย์บางส่วนแล้วยังช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่นและมีความคงตัว วิธีการพาสเจอร์ไรส์แบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีใช้ความร้อนต่ำ - เวลานาน (LTLT : Low Temperature - Long Time) ที่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนตามเวลาที่กำหนดแล้วควรเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียส ซึ่งวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคแล้วยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำนมด้วย และอีกวิธีคือการใช้ความร้อนสูง - เวลาสั้น (HTST : High Temperature - Short Time) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรก แต่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่า คืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที หลังจากนั้นบรรจุในภาชนะบรรจุโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส ซึ่งวัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรซ์ คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารยาวนานขึ้น และรักษารสชาติของอาหารให้เหมือนรสชาติดั้งเดิม

3.2 การเคลือบน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ที่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ไม่ว่าจะเป็น ดอก ใบ ผล ลำต้น เมล็ด ซึ่งจะแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ การมีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย 2 ขบวนการ คือ การเผาผลาญ (Catabolism) และการสร้าง (Anabolism) ปริมาณและคุณภาพน้ำมันหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิคและวิธีการสกัดและการกลั่น ในปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยมีบทบาทอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอีกมากมายที่กล่าวถึงประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืช เช่น มีทั้งความสามารถในการบำบัดอาการต่างๆ ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง (Sanjay and Subir, 2000) การต้านเชื้อปรสิตหรือเชื้อราที่ก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ (Apisariyakul *et al*., 1995) โดยเฉพาะประสิทธิภาพของสารประกอบเคมีในน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ที่ปัจจุบันผู้บริโภค

ให้ความสนใจกันเป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถนำน้ำมันหอมระเหยมาประยุกต์ใชสำหรับการยับยั้งการเสื่อมเสียของอาหารได้

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยนั้นค่อนข้างซับซ้อน และแบ่งน้ำมันหอมระเหยตามชนิดขององค์ประกอบสำคัญๆ ได้หลายกลุ่มดังนี้

1) Hydrocarbon volatile oils ได้แก่ Limonene ซึ่งพบได้ในน้ำมันจากมินต์ ส้ม กระวาน และ p-cymene ซึ่งพบในน้ำมันจากเมล็ดผักชี

2) Alcohol volatile oils ได้แก่น้ำมันจากมินต์ น้ำมันสน ดอกส้มและดอกกุหลาบ ตัวอย่างของ Alcohol ที่มักพบเช่น Geraniol, Citronellal, Mentol และ α-terpineol

3) Aldehyde volatile oils ได้แก่ น้ำมาจากส้ม มะนาว และตะไคร้หอม ตัวอย่างของ Aldehyde ที่พบ ได้แก่ Geranial, Neral และ Citronellal

4) Ketone volatile oils ได้แก่ Menthone, Carvone และ Camphor

5) Phenol volatile oils ได้แก่ Eugenol, Thymol, Cavacrol เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำมันกานพล, Thyme oil, Creosole, Pine tar และ Juniper tar

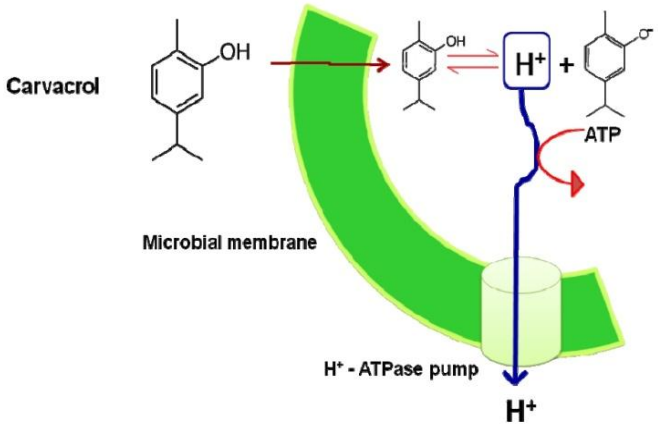
6) Phenolic volatile oils ได้แก่ น้ำมันโป๊ยกั๊กซึ่งพบสาร Anethole น้ำมันจันทน์เทศ และน้ำมัน Sassafras พบสาร Safrole เป็นต้น

7) Oxide volatile oils ได้แก่ Cineole ซึ่งพบในน้ำมันยูคาลิปตัส

8) Ester volatile oils ได้แก่ Allyl isothiocyanate พบในน้ำมันมัสตาด (Mustard oil)

ความสามารถของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย เกิดจากการทำลาย Peptidoglycan ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรีย โดย Peptidoglycan ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของน้ำตาล 2 ชนิด (NAM และ NAG) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ ซึ่งสารประกอบฟีนอลสามารถเข้าไปทำลายโครงสร้างของ Peptidoglycan ในส่วนที่เป็นพันธะเปปไทด์สายสั้น ๆ โดยกลุ่มไฮดรอกซิล (OH) จับกับกรดอะมิโนแล้วเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ทำให้โครงสร้างของ peptidoglycan ขาดออกจากกันจึงเกิดช่องว่างที่ผนังเซลล์ ทำให้เซลล์ไม่สามารถป้องกันของเหลวหรือองค์ประกอบภายในเซลล์ของแบคทีเรียได้ ดังแสดงในภาพที่ 2 – 1 อีกทั้งน้ำมันหอมระเหยยังมีผลทำลายสารphospholipids ประมาณร้อยละ 60 - 70 ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้ม cytoplasm ไว้ สารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยจะเข้าทำปฏิกิริยาที่หมู่ R ในส่วนของไขมัน (ไม่มีขั้ว) ทำให้

โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียเสียรูปร่างและทำงานไม่ได้ อีกทั้งยังไปกระตุ้นหมู่ฟอสเฟต ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้โครงสร้างของเซลล์แบคทีเรียไม่เสถียร (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์, 2556)



ภาพที่ 2 - 1 การทำงานของ hydroxyl group ต่อเซลล์จุลินทรีย์
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์ (2556)

งานวิจัยหลายชิ้นได้แสดงถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย เช่น Dorman and Deans (2000) พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก thyme มีสามารถยับยั้งแบคทีเรีย 25 ชนิดที่ก่อโรคในสัตว์และพืช รวมทั้งเชื้อที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียและสร้างสารพิษได้ ขณะที่ Benkeblia (2004) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากหัวหอม โดยยับยั้งเชื้อ *Salmonella enteritidis* ได้ดีกว่า *Staphylococcus aureus* ส่วน กฤติกา นรจิตร (2548) ได้ศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากกากที่เหลือด้วยเอทานอล สามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 86.2 และน้ำมันหอมระเหยของกระชายที่ได้จากการต้มกลั่นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด (*E. coli, S. aureus, B. cereus* , *L.monocytogenes* ได้ดีที่สุด เช่นเดียวกับ Goulas and Kontominas (2007) ที่ศึกษาผลของการทำเค็มร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) และน้ำมันออริกาโน ต่ออายุการเก็บรักษาปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ในแง่คุณลักษณะทางชีวเคมีและประสาทสัมผัส โดยนำเนื้อปลาตะเพียนทะเลมาทำเค็มแล้วเติมน้ำมันออริกาโน ก่อนนำไปบรรจุแบบ MAP (CO_2 40% : O_2 30% : N_2 30%) แล้วนำไปแช่ตู้เย็น พบว่า เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ไม่ได้ทำเค็มและบรรจุแบบธรรมดามีปริมาณด่างที่

ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) และปริมาณ ไตรเมทธิลเอมีน (TMA - N) มากที่สุด รองลงมาคือ เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่มีการทำเค็มและใช้การบรรจุแบบธรรมดา, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.4% (v/w) และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการทำเค็มจะช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาได้แต่ยังคงมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ 2 - thiobarbituric acid (TBA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ในขณะที่การเติมน้ำมันออริกาโนที่มีสารต้านการหืนช่วยลดปริมาณ TBA ได้ เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ปลาตะเพียนทะเลสดมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 - 16 วัน ในขณะที่เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มมีอายุการเก็บรักษา 20 - 21 วัน ส่วนเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP เก็บรักษาได้ 27 - 28 วัน และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) สามารถเก็บได้นานถึง 33 วัน

จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการใช้น้ำมันหอมระเหยที่ไม่สามารถใช้ในปริมาณที่สูงมากเนื่องจากอาจส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคดังนั้นจึงอาจใช้ร่วมกับการเก็บรักษาด้วยวิธีการอื่นๆ เช่นการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศก็จะช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าวและสามารถรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำได้

3.2 การปรับสภาวะการเก็บรักษาโดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging, MAP)

การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ หมายถึง การปรับองค์ประกอบบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างจากองค์ประกอบของบรรยากาศปกติ โดยปรับองค์ประกอบของบรรยากาศเฉพาะตอนเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่านั้น โดยทั่วไปในการปรับบรรยากาศนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดร่วมกัน เพื่อยับยั้งและชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ กลไกการทำงานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือการเข้าแทนที่ก๊าซออกซิเจนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ (Aerobic microorganism) ส่งผลให้ Lag phase ยาวนานขึ้นและยังมีผลต่อจุลินทรีย์ Microflora นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ยังมีผลต้าน Pathogenic bacteria อีกทั้งเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำจะให้กรดคาร์บอนิกซึ่งมีผลในการปรับสภาวะของเนื้อให้เป็นกรด การสลายตัวของกรด

คาร์บอนิกอย่างรวดเร็ว จะได้เป็นเกลือไบคาร์บอเนต (HCO3-) และไฮโดรเจนไอออน (H +) และประจุที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะไปมีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของของเหลวที่ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกรดไขมันและกรดอะมิโน รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อกระบวน การ metabolic pathways โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรีย การบรรจุอาหารทะเลในภาชนะบรรจุที่ปรับสภาวะบรรยากาศให้ผลในการเก็บรักษาที่ดี เพราะอาหารทะเลมี myoglobine ต่ำกว่าเนื้อแดง ซึ่งเนื้อแดงจะมีสีซีดลงจนเป็นสีน้ำตาลหากใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าร้อยละ 20 ในภาชนะบรรจุ (Silliker *et al*., 1977) ส่วนกลไกการทำงานของก๊าซไนโตรเจนนั้นถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการยุบตัวของภาชนะบรรจุอาหารที่บรรจุด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณสูง เนื่องจากก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์สามารถละลายได้ไนไขมันของเนื้อสัตว์ ดังนั้นก๊าซไนโตรเจนสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจาก มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อยละลายในน้ำและไขมันได้ต่ำ เมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้ MAP มักใช้ควบคู่กับการใช้ความเย็น ซึ่งควรใช้อุณหภูมิร่วมกับ MAP ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิ 3.3 องศาเซลเซียส

มีการศึกษาผลของ MAP ต่อเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเป็นจำนวนมาก เช่น Reddly *et al*. (1994) รายงานผลการเก็บปลานิลแล่ใน MAP ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในถุงฟิล์มพลาสติกโดยใช้อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนต่างกัน ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าปลาแล่ที่เก็บในอากาศร้อยละ 100 เริ่มเน่าเสียเมื่อเก็บได้ 9 วัน ในขณะที่ปลาแล่ที่เก็บในสภาวะที่มี คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน เก็บได้นานกว่าเดิม 9 –21 วัน Lennelorgue *et al*. (1982) ศึกษาผลของ MAP ใน brown shrimp (*Penaeus aztecus*) โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 100 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 66 ผสมกับไนโตรเจนร้อยละ 34 ก๊าซคาร์บอนได - ออกไซด์ร้อยละ 38 ผสมกับ ไนโตรเจนร้อยละ 62 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 65 ผสมกับไนโตรเจนร้อยละ 35 และใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 35 ผสมกับไนโตรเจนร้อยละ 65 เก็บรักษาในน้ำแข็งอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทุก 3, 6, 10, 14 และ 19 วัน ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นอยู่ที่ 5.8x10 4 CFU/g และเมื่อใช้ก๊าซคาร์บอนได- ออกไซด์ ทำให้ Lag phase ของแบคทีเรียนานขึ้นหลังเก็บ 14 วัน ตัวอย่างที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 100 พบจุลินทรีย์ 1.7x10 6 CFU/g และตัวอย่างที่ใช้ ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 100 พบจุลินทรีย์ 108 CFU/g ส่วน Cann (1983) แนะนำการใช้ MAP ในปลาเนื้อขาว Scampi กุ้ง และ Scallop ควรใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 40 ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 30 และก๊าซออกซิเจนร้อยละ 30 จะให้ผลดีที่สุด สำหรับปลาที่มีไขมันสูง เช่น ปลาแซลมอน (Salmon) ปลาเทร้าท์ (Trout) ปลาเฮอร์ริง (Herring) และปลาแมคเคอเรล (Mackerel) รวมทั้งผลิตภัณฑ์ประมงที่รมควัน ควรใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 60 ผสมกับก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 40 ปลาแล่ที่มีเนื้อขาวควรบรรจุปลา

3 ส่วนต่อก๊าซ 1 ส่วน จะยืดอายุการเก็บได้มากถึงร้อยละ 50 ในหอยหรือกุ้งควรเก็บในภาชนะที่มีก๊าซร้อยละ 30 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเกิดจุดดำได้ งานวิจัยของ Fagan *et al*. (2004) ได้ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศร่วมกับการแช่แข็งต่อคุณภาพของปลาคอดดิบ ปลาทู และปลาแซลมอน โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ร่วมกับการแช่แข็ง โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศสำหรับปลาทูและปลาแซลมอนที่สภาวะ N_2 60% : CO_2 40% และสำหรับปลาคอดบรรจุที่สภาวะ N_2 30% : CO_2 40% : O_2 30% พบว่าปลามีความคงตัวในระหว่างการบรรจุแบบแช่แข็งด้วย CO_2 100 % สามารถเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นได้นาน 5 วัน สำหรับปลาคอดและปลาทู ส่วนปลาแซลมอนเก็บได้นาน 7 วัน ส่วนตัวอย่างที่บรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศมีการย่อยสลายต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในอากาศ อย่างไรก็ตามการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศไม่มีผลต่อกลิ่นหรือคะแนนการยอมรับ แต่มีผลต่อสีเนื้อ การยืดหยุ่น ปริมาณด่างที่ระเหยไนโตรเจน ปริมาณไตรเมทธิลเอมีน ค่าเปอร์ออกไซด์ และปริมาณกรดไขมันอิสระ ส่วน Özogul *et al*. (2004) ได้ศึกษาผลของการปรับสภาวะการบรรจุ และการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของปลาซาร์ดีน *(Sardina pilchardus*) โดยนำปลาซาร์ดีนมาบรรจุภายใต้สภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่สภาวะ 60% CO_2 : 40% N_2 สภาวะสุญญากาศ (VP) และบรรจุถุงธรรมดา (ตัวอย่างควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ปลาซาร์ดีนที่บรรจุแบบ MAP สามารถเก็บได้นาน 12 วัน ในขณะที่ปลาซาร์ดีนที่บรรจุแบบ VP สามารถเก็บได้ 9 วัน และการบรรจุถุงธรรมดาเก็บได้เพียง 3 วัน ขณะที่ Sükriye *et al*. (2007) ได้ศึกษาผลของการปรับสภาวะการบรรจุและการบรรจุแบบสุญญากาศต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาและคุณภาพทางเคมีของเนื้อปลาเทราท์แล่ (*Oncorynchus mykiss*) โดยนำเนื้อปลาเทราท์แล่มาบรรจุด้วยสภาวะต่าง ๆ กันได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) ด้วยอัตราส่วนก๊าซต่าง ๆ กัน คือ สภาวะ 100% CO_2 ,สภาวะ 90% CO_2 : 2.5% O_2 : 7.5% N_2 และสภาวะ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อปลาที่บรรจุแบบ MAP มีจำนวนจุลินทรีย์ Enterobacteriaceae ต่ำกว่าเนื้อปลาที่บรรจุแบบอื่น และปริมาณต่างที่ระเหยได้ (TVB - N) พบต่ำสุดในเนื้อปลาที่บรรจุแบบสภาวะปรับบรรยากาศเช่นกัน สอดคล้องกับ Goulas and Kontominas (2007) ที่ได้ศึกษาผลของการทำเค็มร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) และน้ำมันออริกาโน ต่ออายุการเก็บรักษาปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ในแง่คุณลักษณะทางชีวเคมีและประสาทสัมผัส โดยนำเนื้อปลาตะเพียนทะเลมาทำเค็มแล้วเติมน้ำมันออริกาโน จากนั้นนำไปบรรจุแบบ MAP (CO_2 40% : O_2 30% : N_2 30%) แล้วนำไปแช่ตู้เย็น พบว่าเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ไม่ได้ทำเค็มและบรรจุแบบธรรมดามีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) และปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA - N) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่มีการทำเค็ม

และการบรรจุแบบธรรมดา, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.4% (v/w) และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำเค็มจะช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาได้แต่ยังคงมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ 2 - thiobarbituric acid (TBA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ในขณะที่การเติมน้ำมันออริกาโนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการหืนช่วยลดปริมาณ TBA ได้ เมื่อพิจารณาถึงคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ปลาตะเพียนทะเลสดมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 - 16 วัน ในขณะที่เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มมีอายุการเก็บรักษา 20 - 21 วัน ส่วนเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP มีอายุการเก็บรักษา 27 - 28 วัน และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 33 วัน นอกจากนี้ Silvertsvik (2007) ได้ศึกษาปริมาณก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อปลาคอด (*Gadus morhua*) ในระยะก่อนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Pre - rigor) โดยนำเนื้อปลาคอดในระยะก่อนการเกร็งตัวมาบรรจุด้วยปริมาณก๊าซต่างๆกัน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยา พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและจุลินทรีย์ทนความเย็นในเนื้อปลาคอดแล่มีจำนวนลดลงเมื่อบรรจุในสภาวะที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอัตราส่วนของก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อปลาคอดในระยะก่อนการเกร็งตัวคือ ปริมาณ O_2 63 มิลลิลิตร/ 100 มิลลิลิตร และปริมาณ CO_2 37 มิลลิลิตร/ 100 มิลลิลิตร และ Gong *et al*. (2008) ได้ศึกษาการเพิ่มอายุการเก็บรักษากุ้งนาง (*Cherax quadricarinatus*) ที่ทำให้สุกบางส่วนด้วยการปรับสภาวะการบรรจุ โดยนำกุ้งที่ผ่านการทำให้สุกบางส่วน (จุ่มในน้ำเดือดนาน 2 นาที) แกะเปลือกออกและนำมาบรรจุ 3 แบบ ได้แก่ บรรจุภายใต้สภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่สภาวะ 80% CO_2: 10 % O_2 : 10% N_2 สภาวะสุญญากาศ (VP) และบรรจุถุงธรรมดา (PVCP ; ตัวอย่างควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่า การบรรจุกุ้งแบบ MAP สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ดีกว่า VP และ PVCP และการบรรจุกุ้งแบบ MAP ยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง การสูญเสียน้ำ และการนิ่มเละของเนื้อสัมผัสได้ดีกว่า VP และ PVCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถนำการบรรจุแบบ MAP ไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษากุ้งที่ทำให้สุกบางส่วน สำหรับวางขายในร้านค้าทั่วไปได้ สอดคล้องกับ Lu (2009) ได้ศึกษาผลของสารยับยั้งแบคทีเรียและการปรับสภาวะการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษากุ้ง (*Fenneropenaeus chinensis*) พบว่า กุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะ (MAP) ที่สภาวะ 40% CO_2: 30 % O_2 : 30% N_2 และกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบสภาวะ 100% CO_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ 10^7 cfu/g ในวันที่ 13 ของการเก็บรักษา

ขณะที่กุ้งที่บรรจุในน้ำโอโซน และตัวอย่างควบคุม (น้ำเปล่า) มีจำนวนจุลินทรีย์ 10^7 cfu/g ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนปริมาณ TVB - N ในกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ MAP มีค่ามากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม (mg/100g) ในวันที่ 17 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ กุ้งที่บรรจุในน้ำโอโซนและตัวอย่างควบคุมมีค่า TVB - N เกินมาตรฐานในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาและในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 17) กุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ MAP และกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ CO_2 100% มีปริมาณ TVB - N ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าหากมีการนำการบรรจุแบบการปรับสภาพบรรยากาศที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มาใช้ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะช่วยรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 กุ้งขาวที่ซื้อจากฟาร์มใน จ.ฉะเชิงเทรา ในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน ปี 2558 (ขนาดกุ้ง 60-70 ตัว/กิโลกรัม)

1.1.2 โซเดียมอัลจิเนต ชนิด food grade (Yantai Xinwang Seaweed Co., Ltd., Shangdong, China)

1.1.3 น้ำมันออริกาโน ชนิด food grade (Changsha Winner Bio-Tech Co., Ltd., Hunan, China)

1.1.4 แคลเซียมคลอไรด์ ชนิด food grade (Quzhou Menjie Chemicals Shangdong, China)

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มกุ้ง

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3.2 ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (ขนาด 15x25 เซนติเมตร หนา 80 ไมครอน)

1.3.3 ถุงพลาสติกชนิด Polyvinylidene Chloride Polyamide and Cast Polypropylene (PVDC/ PA/ CPP) Center Seal ขนาด 180 x 30 x 250 มิลลิเมตร ความหนา 20/ 40 ไมครอน Water vapor permeability = 4 g/m2 * 24 hrs., Oxygen permeability = 10 cc/m2 * 24 hrs.ที่ 20 - 25 องศาเซลเซียส

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1.4.1 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (AG 285, Mettler Toledo, Switzerland)

1.4.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) (SS-325, Tomy, USA)

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (BE Memmert, Germany)

1.4.4 เครื่องตีป่นผสมอาหาร (stomacher) (B.P.S 435270, AES Labortorie, France)

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter TM 39, Germany)

1.4.6 ชุดวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA) ได้แก่ จาน Conway และ Auto pipet ตามวิธีของ Hasegawa (1987)

1.4.7 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.8 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.9 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.5.2 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย Coliform และ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC (1994)

1.5.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.5.4 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์ *Salmonella* spp. ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.5.5 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์ *Vibrio cholerae* ตามวิธีของ APHA (1992)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แกะหัว เปลือกและเอาลำไส้ที่อยู่บริเวณหลังออก (เนื้อกุ้งที่แกะได้ต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด) แล้วนำมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (อัตราส่วนของ กุ้ง : น้ำ คือ 1: 10) เมื่อครบกำหนดเวลาให้ใช้กระชอนตักกุ้งมาใส่ในน้ำเย็นที่ปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จนตัวอย่างกุ้งมีอุณหภูมิ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% (oregano essential oil incorporate alginate- base coating) ใช้เวลานาน 5 วินาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดสารละลายน้ำมันออกริกาโน 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน , 2557)

2.2 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

คัดเลือกผู้ทดสอบมาทำการฝึกทดสอบให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคกุ้งขาวต้มโดยให้ผู้ทดสอบดูลักษณะภายนอก ดมกลิ่นและรับประทานกุ้งขาวต้ม จากนั้นให้คะแนนในแบบประเมินซึ่งใช้การให้คะแนนตามเกณฑ์ (ภาคผนวก ข) (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ซึ่งการฝึกผู้ทดสอบเป็นการให้ผู้ทดสอบทั้ง 25 คนมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ โดยให้ผู้ทดสอบรับประทานกุ้งขาวต้มแล้วให้ผู้ทดสอบให้คะแนนทางประสาทสัมผัสจากนั้นคัดเลือกผู้ทดสอบให้เหลือ 20 คน โดยดูจากคะแนนความชอบทางประสาท-สัมผัสเป็นตัวตัดสินว่าจะคัดเลือกผู้ทดสอบคนใดออก

2.3 ศึกษาผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้ม

นำเนื้อกุ้งขาวต้มที่เตรียมจากข้อ 2.1 มาบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัว (12 ตัว/ถุง) โดยใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน ดังนี้

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

บรรจุเนื้อกุ้งขาวต้มที่สภาวะดังกล่าวด้วยเครื่องบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอัตราส่วนก๊าซ 1 : 2 และปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 4 วินาที โดยระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่างไม่เกิน 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเนื้อกุ้งมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่

2.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

นำเนื้อกุ้งขาวต้มมาวัดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (% cooking loss) ตามวิธีของ Young and Lyon (1997) โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน

2.3.2 คุณภาพทางเคมี

นำเนื้อกุ้งขาวต้มไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) เนื้อกุ้งปั่นที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส ตามวิธี A.O.A.C. (2000) , ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA) ตามวิธีของตามวิธีของ Hasegawa (1987) โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน

2.2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เตรียมเนื้อกุ้งเช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *E.coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ตามวิธีของ AOAC (2000) ส่วนปริมาณ *Vibrio cholerae* ตามวิธีของ APHA (1992) โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน

2.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ตามเกณฑ์ที่กำหนด (ภาคผนวก ข) (สวามินีธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติโดยเป็นผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกจากข้อ 2.2 ซึ่งมีการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ออกแบบการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสออกแบบการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยวิธี Duncan’ s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทราบถึงอัตราส่วนก๊าซในการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 ตึกวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

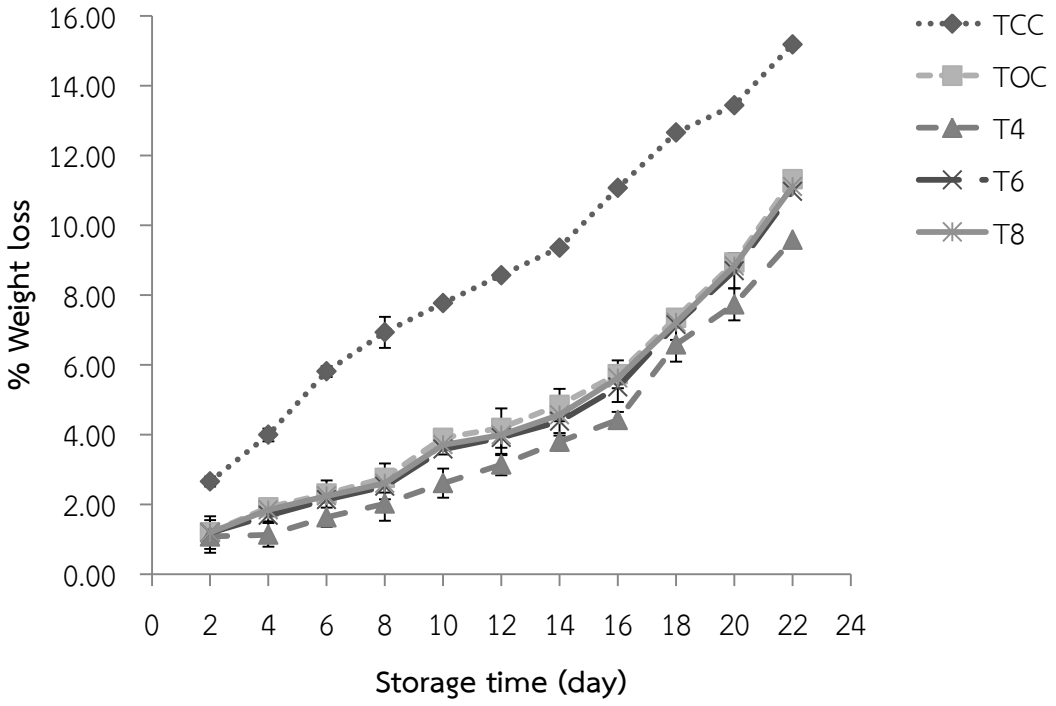
บทที่ 4
ผลการวิจัย

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% (oregano essential oil incorporate alginate- base coating) นาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายน้ำมันออกริกาโน 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% นาน 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) แล้วนำมาบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัวโดยใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อกุ้งขาวต้ม

1.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองที่ใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) มีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มมีค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 1.08 – 2.65 % จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TOC) มีการสูญเสียน้ำหนัก 15.18% และ 11.31% ตามลำดับ ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ 40% CO_2 : 60% N_2 (T4) 60% CO_2 : 40% N_2 (T6) และ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2 (T8) มีการสูญเสียน้ำหนัก 9.58% 10.97% และ 11.11% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4 – 1 จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ T4 T6 และ T8 มีค่าสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า TCC และ TOC รวมทั้งพบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลอง T4 มีค่าน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ดังนั้น T4 จึงเป็นอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมที่สุดในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 4 - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

2. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวต้ม

2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

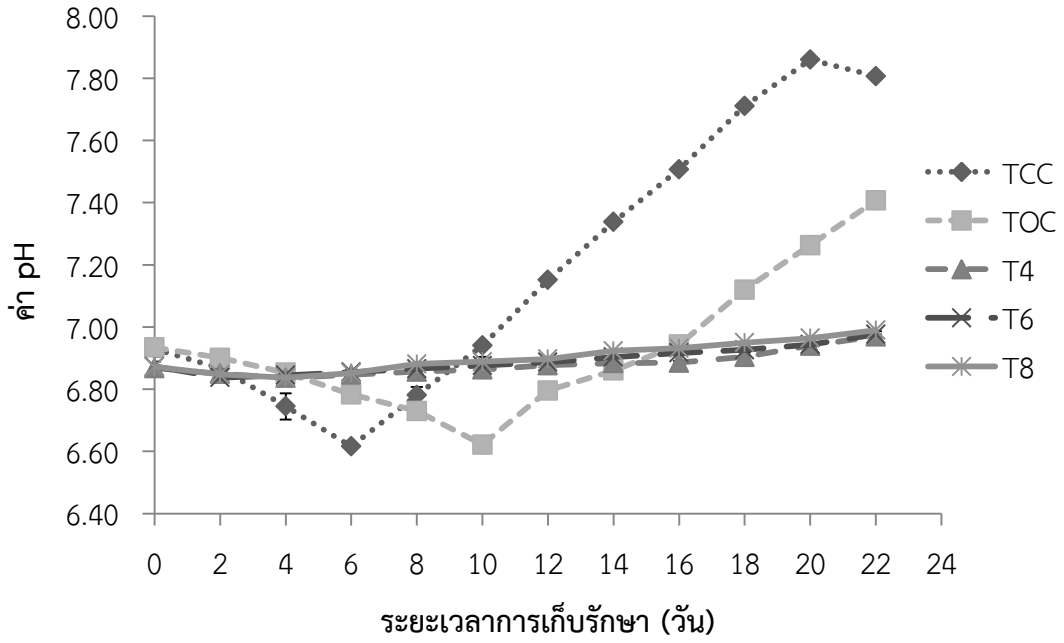
เนื้อกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่าความเป็นกรดด่าง 6.93 – 6.87 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นค่าความเป็นกรดด่างของ TCC เท่ากับ 7.81 ส่วน TOC เท่ากับ 7.41 ขณะที่ T4, T6 และ T8 มีค่าเท่ากับ 6.97, 6.98 และ 6.99 ตามลำดับ ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่มีการเคลือบอะไรเลย (TCC) มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่กุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศทั้ง T4, T6 และ T8 มีค่าความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกัน แต่ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่ากุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

2.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มมีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 12.24 - 14.53 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC เท่ากับ 145.24 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TOC เท่ากับ 95.66 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ T4, T6 และ T8 มีค่าเท่ากับ 68.63, 85.64 และ 89.64 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) มีปริมาณ TVB-N สูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TOC) เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T8 และ T6 ตามลำดับ ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดคือ 68.63 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง

ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำและสัตว์น้ำแปรรูปได้ ซึ่งหากสัตว์น้ำแปรรูปมีค่า TVB-N ค่าไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แสดงว่าสัตว์น้ำมีคุณภาพดี (EC, 2005) ดังนั้นหากพิจารณาจากค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งขาวต้ม

ที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 16 วัน ในขณะที่ T6 และ T8 มีอายุการเก็บรักษา 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วน TOC มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน และ TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 8 วัน



ภาพที่ 4 - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

หมายเหตุ:

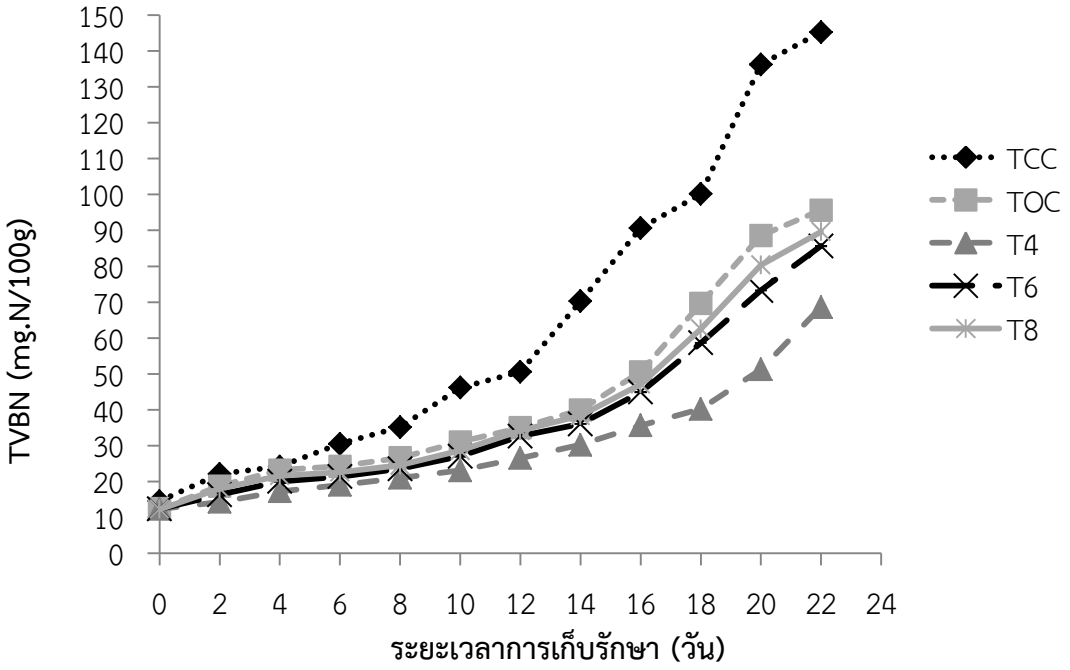
TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2



ภาพที่ 4 - 3 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

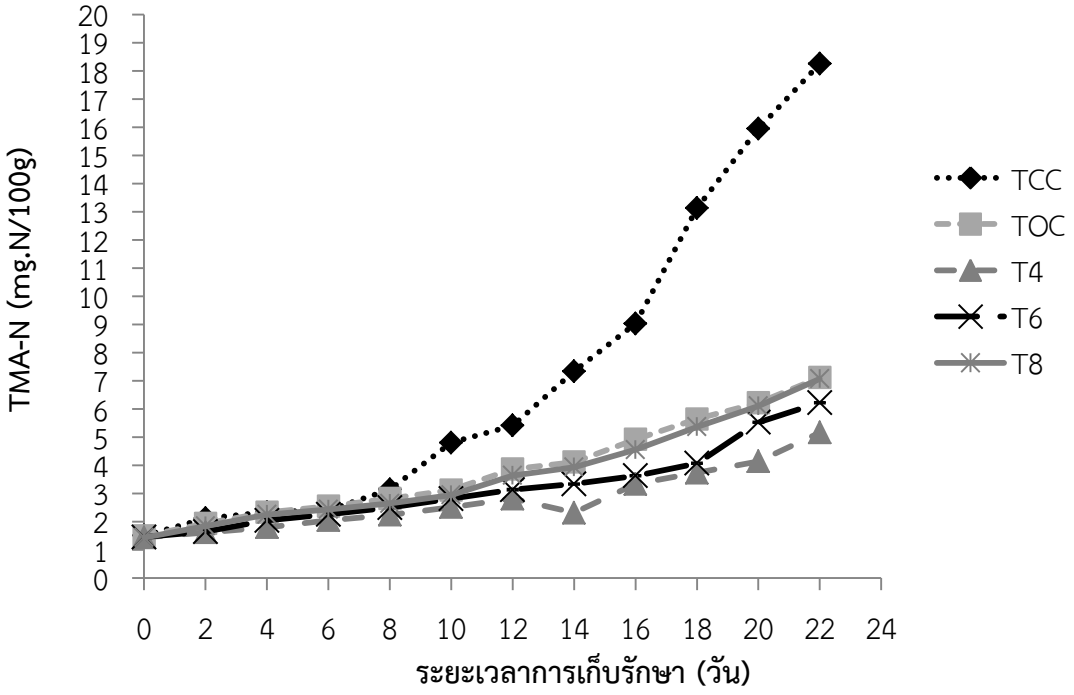
T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

2.3 ปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มมีปริมาณ TMA-N เท่ากับ 1.43 – 1.50 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC เท่ากับ 18.25 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TOC เท่ากับ 7.11 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ T8, T6 และ T4 มี

ค่าเท่ากับ 7.07, 6.22 และ 5.16 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ โดยการทดลองในครั้งนี้พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) มีปริมาณ TMA-N สูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TOC) เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T8 และ T6 ตามลำดับ ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุดคือ 5.16 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง



ภาพที่ 4 - 4 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

หมายเหตุ:

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

3. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อกุ้งขาวต้ม

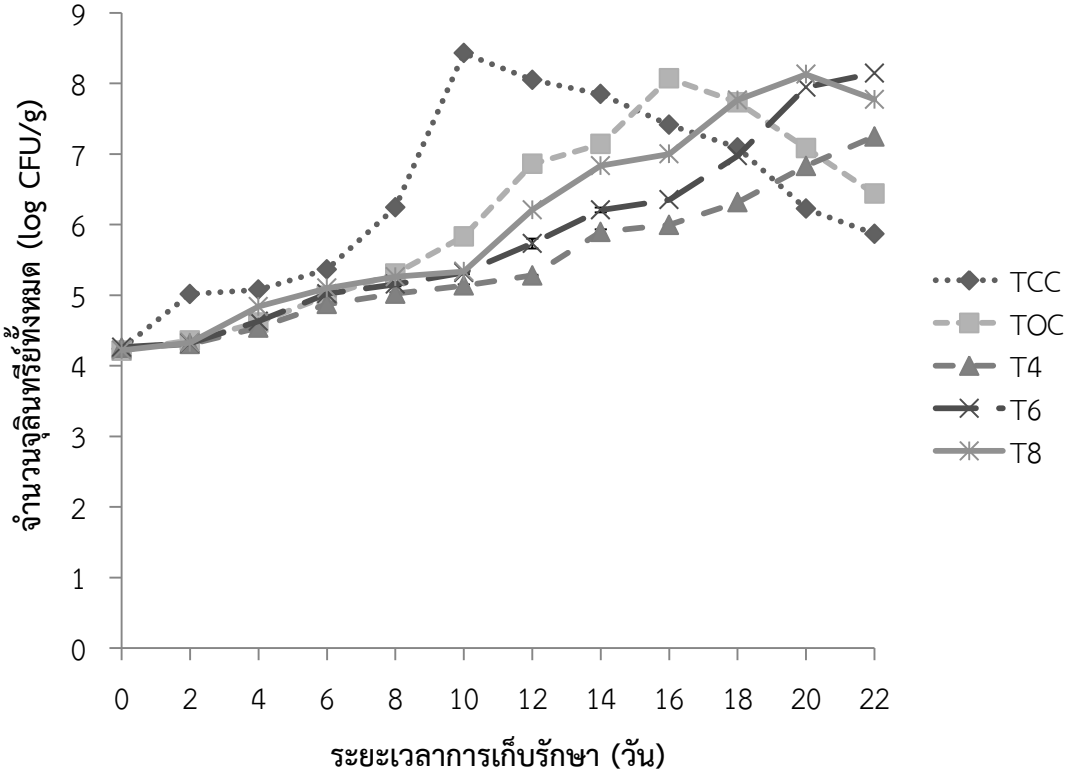
3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อกุ้งขาวต้มมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยเนื้อกุ้งขาวต้ม TCC, TOC, T4, T6 และ T8 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.24, 4.21, 4.25, 4.26 และ 4.22 log CFU/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นกุ้งขาวสุกในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่ากุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T6 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดคือ 8.15 log CFU/g รองลงมาได้แก่ T8 ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.78 log CFU/g ส่วน T4, TOC, TC คือ 7.25, 6.44 และ 5.87 log CFU/g ตามลำดับ

กองควบคุมอาหาร (2552) ได้กำหนดมาตรฐานให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g ซึ่งหากนำผลการทดลองมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานดังกล่าว พบว่า ตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ T4 สามารถเก็บได้นาน 18 วัน รองลงมาได้แก่ T6 และ T8 ซึ่งเก็บได้นาน 14 และ 12 วัน ในขณะที่ตัวอย่าง TOC สามารถเก็บได้ 12 วัน และตัวอย่างควบคุม TCC เก็บได้เพียง 8 วัน

3.2 จุลินทรีย์ชนิด *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholera*

เมื่อตรวจสอบ *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholerae* ของตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) ทั้งในวันที่ 0 และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 22 วัน ไม่พบจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด



ภาพที่ 4 - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

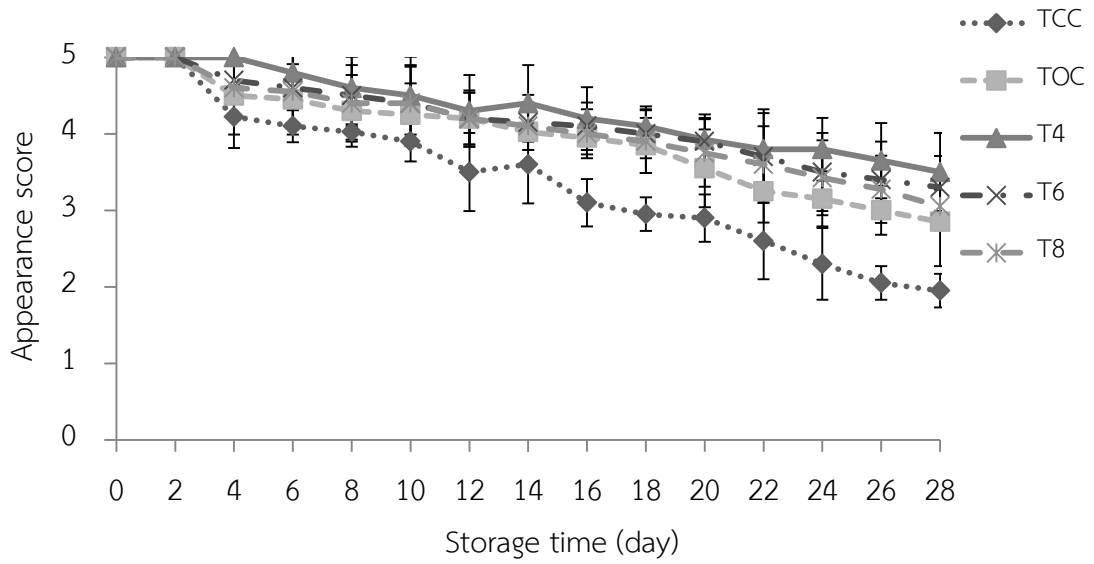
4. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้ม

เมื่อผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ผ่านการฝึกและมีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้ม ให้คะแนนในแบบประเมินที่ได้จากการกำหนดเกณฑ์การทดสอบตั้งแต่ต้น โดยคุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ผลการทดลอง คือ

4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 และ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีการยอมรับลักษณะปรากฏของในระดับ 5 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวมีสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงาเล็กน้อย รวมทั้งสามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ ลักษณะเนื้อมีความสมบูรณ์ หางไม่มีการฉีกขาด แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 6) โดยเนื้อกุ้งมีสีขาวอมส้มและสีมีลักษณะด้าน เนื้อกุ้งในบางบริเวณมีสีผิดที่ปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน จุดสีส้มบนผิวเนื้อกุ้งด้านนอกบริเวณข้อมีสีซีดจาง ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 นั่นเอง

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 T6 และ T8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TOC และการไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC ซึ่งเห็นได้จากการที่ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสำหรับตัวอย่าง T4 T6 และ T8 มีคะแนนสูงกว่า TOC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งจะเห็นได้ว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ T4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงกว่า T6 และ T8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน



ภาพที่ 4 - 6 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

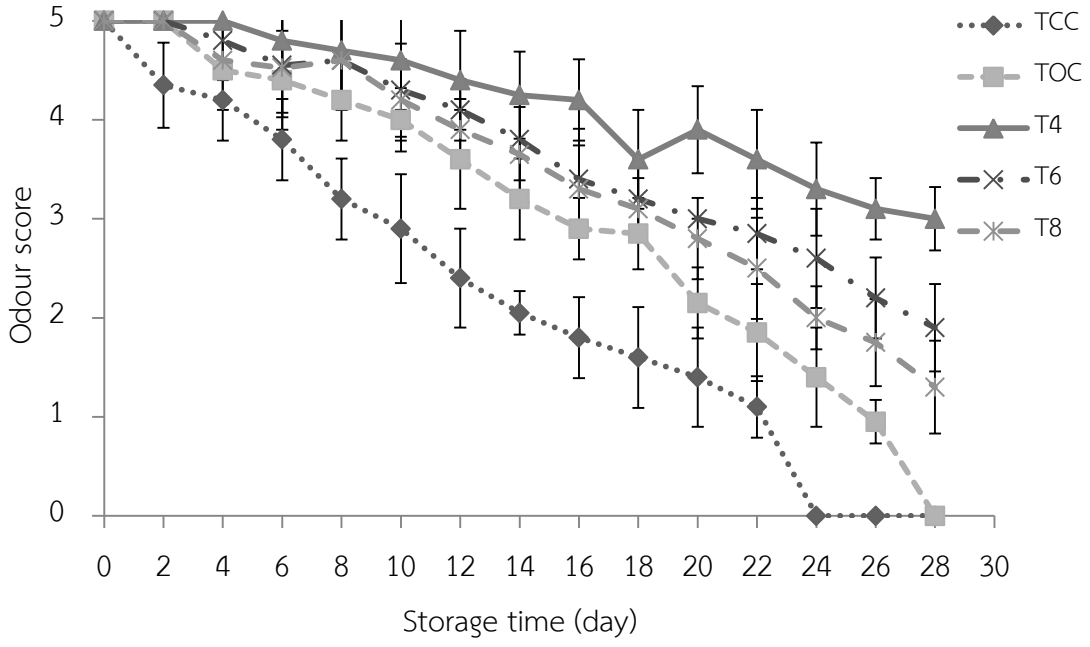
T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับกลิ่นอยู่ที่ 5 คะแนน โดยมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ ความเข้มของกลิ่นชัดเจน กลิ่นสารเคมีจางๆ และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื้อกุ้งมีกลิ่นผิดปกติที่รุนแรงมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 ตามแบบทดสอบ ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 7) ในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8)

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 T6 และ T8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TOC และการไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC ซึ่งเห็นได้จากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นสำหรับตัวอย่าง T4 T6 และ T8 มีคะแนนสูงกว่า TOC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองยังบ่งบอกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ T4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับกลิ่นสูงกว่า T6 และ T8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน



ภาพที่ 4 - 7 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

4.3 เนื้อสัมผัส

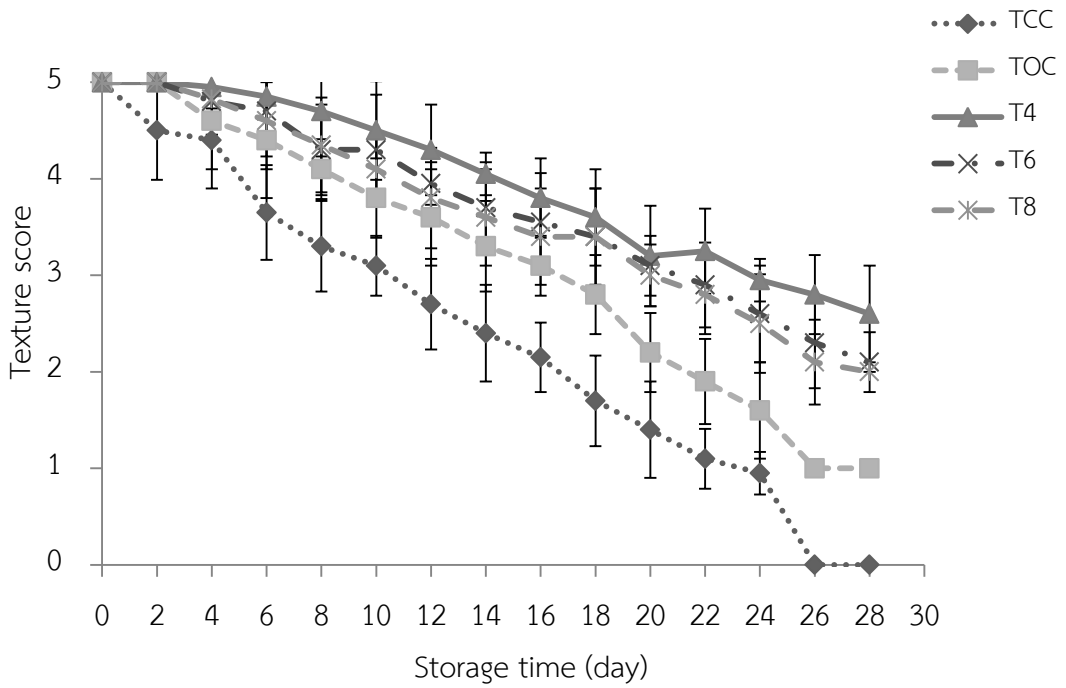
ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส 5 คะแนน โดยที่เนื้อกุ้งขาวต้มมีความยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง และเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 8) ในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) เนื่องจากเนื้อสัมผัสไม่ยืดหยุ่น นิ่มเละ และเป็นเมือก

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 T6 และ T8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TOC และการไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC เนื่องจากคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง T4 T6 และ T8 มีคะแนนสูงกว่า TOC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ T4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูงกว่า T6 และ T8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน

4.4 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับรสชาติที่ 5 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งชัดเจน และรสเฝื่อนเล็กน้อย และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 9) ในทุกชุดการทดลอง (TCC, TOC, T4, T6 และ T8) เนื้อกุ้งต้มมีรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 T6 และ T8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TOC และการไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC เนื่องจากคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของตัวอย่าง T4 T6 และ T8 มีคะแนนสูงกว่า TOC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ T4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับรสชาติสูงกว่า T6 และ T8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน



ภาพที่ 4 - 8 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

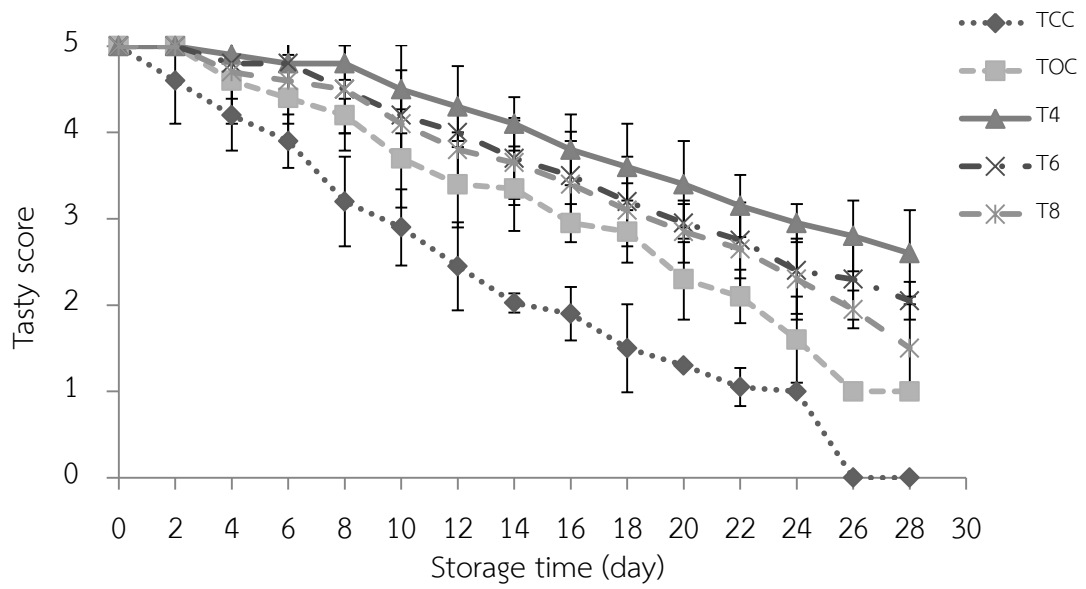
TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2



ภาพที่ 4 - 9 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อกุ้งขาวต้ม

1.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (% Cooking loss)

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นต่างก็มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเกิดการเน่าเสียมากขึ้นเพราะมีการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมทั้งเกิดการย่อยสลายองค์ประกอบในส่วนที่เป็นโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่มีในเนื้อกุ้งและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง จึงเกิดการปลดปล่อยน้ำออกจากโครงสร้างของเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้นก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (Aaslyng *et al*., 2003) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Farajzadeh *et al*. (2016) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซานมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้ง Hassoun and Karoui (2016) ที่พบว่า เนื้อปลา Whiting (*Merlangius merlangus*) ที่เก็บรักษาภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) มีค่าสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งยังคงมีการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน เนื่องจากการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในชุดการทดลอง T4 นั้นมีสัดส่วนก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการบรรจุในปริมาณที่เหมาะสมจึงสามารถควบคุมและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ (Undesirable microorganism) หรือแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและแบคทีเรียก่อโรคโดยไปลดอัตราการเจริญ (Growth rate) และเพิ่มระยะเวลาในช่วงการปรับตัว (Lag phase) ของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic microorganism) ให้มีระยะเวลานานขึ้น (Reddy, 1994) อย่างไรก็ตามการปรับสภาพบรรยากาศที่มี

การใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 ในปริมาณมากเกินไปจะยิ่งทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพมากขึ้นเนื่องจากก๊าซ CO_2 สามารถละลายในน้ำที่มีในเนื้อกุ้งต้มได้เป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งส่งผลต่อการเสียสภาพของโปรตีนบางส่วนทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ในโมเลกุลลดลง ปริมาณน้ำและสารอาหารต่างๆ จึงถูกปลดปล่อยออกมามาก อีกทั้งในชุดการทดลอง T4 ที่ไม่มีการใช้ก๊าซ O_2 จึงช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชั่นได้บางส่วน โดยหากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ ซึ่งไปกระตุ้นการสลายตัวของโครงสร้างโปรตีนได้อีกทางหนึ่ง ประกอบกับในชุดการทดลอง T4 มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่มีคุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์จึงช่วยชะลอการเสียสภาพของโปรตีนทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนยังดีอยู่ และยิ่งร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ปริมาณก๊าซ CO_2 เหมาะสมจึงช่วยชะลอการเน่าเสียที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มได้เป็นอย่างดีซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลอง TOC ที่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Cyprian *et al*. (2013) ได้ศึกษาผลของการเก็บรักษาแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยใช้การเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ได้แก่ T1 (บรรยากาศปกติ+อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส) T2 (บรรยากาศปกติ+อุณหภูมิ - 1 องศา-เซลเซียส) T3 (50% CO_2 : 50% N_2 +อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส) และ T4 (50% CO_2 : 50% N_2 + อุณหภูมิ - 1 องศาเซลเซียส) พบว่าก๊าซ CO_2 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียซึ่งมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาได้เป็นอย่างดีทำให้เนื้อปลาที่เก็บภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศมีค่าสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ และ Fagan *et al*. (2004) ที่พบว่าการ บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 ช่วยให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของปลา แมคเคอเรลและปลาแซลมอนได้ รวมทั้งการศึกษาของ Fernández *et al*.(2010) ที่พบว่าเนื้อปลาแซลมอน (*Salmo salar*) แช่เย็น superchilling ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาน้อยกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน

2. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวต้ม

2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงในวันที่ 6 - 10 ของระยะเวลาการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากในการเน่าเสียช่วงแรกมีการใช้ไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่

ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) เกิดเป็นกรดแลคติกทำให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งลดลง จากนั้นเมื่อไกลโคเจนมีปริมาณลดลงการสะสมของกรดแลคติกจึงลดลงตามไปด้วย การเน่าเสียในขั้นต่อมาเป็นการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ โดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นแล้วได้เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ เช่น เอมีน แอมโมเนีย และTMA ที่มีคุณสมบัติเป็นเบส จึงส่งผลให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Asli *et al*. (2008) ที่พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของกุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) และ Siripatrawan *et al*. (2009) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ได้แก่ T4, T6 และ T8 มีค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วัน แต่ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่เคลือบอยู่บนเนื้อกุ้งต้มนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสียช้าลง ประกอบกับการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนและปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ CO_2 ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้นั้นทำให้เนื้อกุ้งขาวต้มเกิดการเน่าเสียช้าลง อีกทั้งก๊าซ CO_2 สามารถละลายในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งขาวต้มได้เป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดต่ำลงและยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้ ดังนั้นการเกิดสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้ที่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนั้นมีน้อยลงทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มค่อนข้างคงที่และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของการเก็บรักษา แต่การปรับสภาพบรรยากาศที่มีการใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 มากดังเช่นชุดการทดลอง T6 และ T8 นั้นแม้จะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกซึ่งมีผลในการลดจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้แต่อาจทำโปรตีนเกิดการเสียสภาพเนื่องจากภาวะความเป็นกรดดังกล่าวแล้วทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้มากขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T6 และ T8 สูงกว่า T4 อย่างไรก็ตามความสามารถในการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับ Qian *et al*. (2013) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศด้วยอัตราส่วนก๊าซแตกต่างกัน พบว่ากุ้งขาวที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ แสดงให้เห็นว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

สามารถชะลอการเกิดแอมโมเนียและด่างที่ระเหยได้ในเนื้อกุ้งได้ และในการทดลองนี้ชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุดคือ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Maneesin *et al*. (2013) ที่พบว่าการนำกุ้งที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยกระเทียม และวิชญา นะราแก้ว (2548) พบว่าหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) แล้วนำไปบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าการบรรจุที่การปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซอื่นและยังมีงานวิจัยที่ใช้อัตราส่วนก๊าซใกล้เคียงกัน เช่น Stamatis and Arkoudelos (2007) พบว่าการนำปลา *Scomber colias japonicas* ไปบรรจุในสภาพปรับบรรยากาศ 50% CO_2: 50% N_2 มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศและบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 13 วัน

2.2 ปริมาณ TVB-N

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นต่างก็มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นโปรตีนในเนื้อกุ้งเกิดการย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพได้เป็น แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ สะสมในเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการเกิดด่างที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากทำให้เนื้อกุ้งต้มเกิดกลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย (สวามินี ธีระวุฒิ, 2554; Coban *et al*, 2012; Ozyrut *et al*, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Jaffrès *et al*. (2011) ที่พบว่าปริมาณ TVB-N ใน กุ้ง tropical shrimps (*Penaeus vannamei*) ต้ม และ Mace *et al*. (2014) พบว่า กุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบ รวมทั้ง Nirmal and Benjakul (2011) พบว่า กุ้งขาวดิบเคลือบสารสกัดชาเขียวที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและแบบปรับสภาพบรรยากาศ มีปริมาณของ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยปกติแล้วสัตว์น้ำที่ผ่านการแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่า TVB-N ไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005)

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) มีปริมาณ TVB-N ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งยังคงมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีปริมาณ TVB-N

สูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน เนื่องจากก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการปรับสภาพบรรยากาศนั้น มีผลไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในเนื้อกุ้งขาวต้มโดยก๊าซ CO_2 เข้าไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเมทาบอลิซึม (Metabolism) ของจุลินทรีย์ อีกทั้งยังลดค่าความเป็นกรดด่างทั้งภายในและภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ส่งผลให้ผนังเซลล์แห้ง ความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านน้อยลงทำให้เซลล์แตกจึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ประกอบกับการเคลือบน้ำมันหอมระเหยยิ่งทำให้มีคุณสมบัติเป็น Antibacterial (Attouchi and Sadok, 2010) จึงไปลดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในเนื้อกุ้ง รวมทั้งคุณสมบัติการเป็น Antioxidant ของน้ำมันหอมระเหยยังช่วยชะลออการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในเนื้อกุ้งที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการสูญเสียสภาพของโปรตีน ดังนั้นเมื่อโปรตีนเสื่อมสภาพน้อยลง จึงส่งผลให้ปริมาณ TVB-N น้อยลงด้วย แต่การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซ CO_2 ในปริมาณมากเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดจากการละลายของ CO_2 ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดเจริญได้ดีขึ้นและภาวะความเป็นกรดที่มากขึ้นอาจทำให้โอกาสในการเสื่อมสภาพของโปรตีนมีสูงซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างแล้วได้เป็นด่างที่ระเหยได้มากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Maneesin *et al*. (2013) ที่ศึกษาผลของการนำกุ้งขาวแปซิฟิก (*L. vannamei*) จุ่มในน้ำมันกระเทียมแล้วนำไปบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศพบว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ได้ดีกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ และในการทดลองนี้ชุดการทดลองที่มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดคือ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fagan *et al*. (2004) ที่พบว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 ช่วยชะลอการเน่าเสียของของปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนได้ โดยมีการเพิ่มปริมาณ TVB-N น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ รวมทั้ง Özogul *et al*. (2004) ที่พบว่าปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) และ Duan *et al*. (2010) ที่พบว่าปลา Lingcod (*Ophiodon elongates*) เคลือบไคโตซานที่เก็บรักษาแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาให้ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำปรุงสุกที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005) ดังนั้นเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 16 วัน ในขณะที่ T6 และ TA8 มีอายุการเก็บรักษา 14 และ 12 วันตามลำดับ ส่วน TOC นั้นเก็บได้นาน 12 วัน ขณะที่ TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 8 วัน

2.3 ปริมาณ TMA-N

เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นต่างก็มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเกิดการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้มโดยสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนในเนื้อกุ้ง เช่น ไตรเมทิลเอมีนออกไซด (TMAO) ซึ่งเปนสารที่ช่วยปองกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว (Water logout) เวลาที่กุ้งมีชีวิตนั้น เมื่อกุ้งตายลง TMAO จะเกิดการสลายตัวโดยการทำงานของเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (Trimethylamine oxidase) ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) ซึ่งเป็นสารระเหยที่กอใหเกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเนาในเนื้อกุ้งนั่นเอง ดังนั้นเมื่อการเน่าเสียเกิดมากขึ้นการสะสมของปริมาณ TMA-N จึงเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถใช้ค่าดังกล่าวในการติดตามการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ โดยปกติแล้วปริมาณ TMA-N ของกุ้งที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีค่าเกิน 5 มิลลิกรัม/100 กรัม (Cobb and Vanderzant, 1971) ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Odilichukwu *et al*. (2014) พบว่า ปริมาณ TMA-N ในเนื้อกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้งงานวิจัยของ Qian *et al.* (2014) ที่ศึกษาปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดจากจุลินทรีย์ของกุ้งขาว (*L. vannamei*) บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศพบว่า ปริมาณ TMA-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งยังคงมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีปริมาณ TMA-N สูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน เนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยมีสารประกอบฟีนอลที่มีคุณสมบัติการเป็น Antibacterial (Attouchi and Sadok, 2012) จึงมีประสิทธิภาพไปลดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตัวสร้างเอนไซม์เพื่อไปเปลี่ยนให้ TMAO กลายเป็น TMA-N ทำให้มีปริมาณ TMA-N น้อย และเมื่อมีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศร่วมด้วยจึงยิ่งทำให้มีปริมาณ TMA-N น้อยลง เพราะการปรับสภาพบรรยากาศนั้นมีการใช้ก๊าซ CO_2 ที่มีคุณสมบัติเป็น Bacteriostatic ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Facultative bacteria) ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยน TMAO ไปเป็น TMA-N ได้ ขณะเดียวกันหากใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 มากเกินไปไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาจทำให้

แบคทีเรียที่ชอบอากาศน้อย ๆ (Slightly aerobic bacteria) เจริญได้ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Wang *et al*. (2008) ที่ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศร่วมกับการแช่เย็นในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของปลาคอด (*Gadus morhua*) พบว่าปลาคอดที่เก็บรักษาในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N น้อย และอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าปลาคอดที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ และในการทดลองนี้ชุดการทดลองที่มีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดคือ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fagan *et al*. (2004) ที่พบว่าปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ รวมทั้งงานวิจัยของ Özogul *et al*. (2004) พบว่าปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน

3. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวต้ม

3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วง 10 และ 14 วันแรกของการเก็บรักษาตามลำดับ และจำนวนจุลินทรีย์ลดลงหลังจากวันดังกล่าวจนกระทั่งวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเก็บรักษาระยะแรกจุลินทรีย์ที่เหลือจากการต้มสามารถปรับตัวเข้าสู่สภาวะแวดล้อมใหม่โดยการใช้สารอาหารต่างๆ พร้อมกับการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนในเนื้อกุ้งต้มเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนขึ้นเข้าสู่ระยะ Log phase จากนั้นจะเข้า Stationary phase ซึ่งเป็นระยะที่มีการเพิ่มจำนวนมากที่สุด รวมทั้งการเพิ่มจำนวนค่อนข้างคงที่เนื่องจากอัตราการแบ่งเซลล์และอัตราการตายของเซลล์มีค่าเท่ากันและเซลล์มีกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ช้าลง จึงมีผลทำให้หลังจากวันที่ 14 จนกระทั่งถึงวันที่ 22 ของการเก็บรักษานั้นมีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง เพราะการเจริญของจุลินทรีย์เข้าสู่ระยะสุดท้าย คือ Death phase ซึ่งเซลล์ของจุลินทรีย์มีการตายมากขึ้นทำให้จำนวนลดลง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2548) ขณะที่เนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ใช้มีการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำที่อยู่ในเนื้อกุ้งต้มทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิกบางส่วน ดังนั้นในระยะแรกจุลินทรีย์ที่เหลือจากการต้มใช้เวลานานขึ้นในการปรับตัวเข้าสู่สภาวะ

แวดล้อมใหม่ทำให้เกิดการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนขึ้นเข้าสู่ระยะ Log phase จากนั้นจะเข้าระยะ Stationary phase ซึ่งเป็นระยะที่มีการเพิ่มจำนวนมากที่สุดได้ช้ากว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ สอดคล้องกับ Dabadéa *et al*. (2015) สำหรับกุ้ง Tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) ที่เก็บรักษากุ้งไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน และ Qian *et al*. (2013) ที่พบว่ากุ้ง (*L. vannamei*) ดิบที่เก็บรักษาโดยการปรับสภาพบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ซึ่งโดยปกติแล้วเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคได้มีการกำหนดให้สัตว์น้ำปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log CFU/g ตัวอย่าง (ICMSF, 1986)

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งยังคงมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน เนื่องจากเกิดกรดคาร์บอนิกจากการละลายของก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการปรับสภาพบรรยากาศนั้นไปชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ตามที่กล่าวไว้ข้างต้นประกอบกับหมู่ Hydroxyl group ที่อยู่บนโครงสร้างของสาร Carvacrol และ Thymol ที่มีในน้ำมันหอมระเหยออริกาโน นั้นมีความเสถียรน้อยจึงเกิดการแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์แล้วเกิดการแตกตัวของ H^+ ของหมู่ Hydroxyl group ส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนต่างๆ เช่น ดีเอ็นเอ รวมทั้งเอนไซม์ถูกทำลายเนื่องจากเกิดสภาพเป็นกรด ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ตายและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์, 2556) สอดคล้องกับการศึกษาของ Frangos *et al*. (2010) พบว่าการนำเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ได้ โดยตัวอย่างที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน และ Wang *et al*. (2008) พบว่าปลาคอด (*Gadus morhua*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, แบคทีเรียที่สร้างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (H_2S-producing bacteria) และ Lactic acid bacteria ในปริมาณน้อยกว่าปลาคอดที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติเช่นกัน

การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีการใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 มากเกินไปดังเช่นใน ชุดการทดลอง T6 และ T8 นั้นเกิดการละลายของก๊าซ CO_2 แล้วได้เป็นกรดคาร์บอนิกในปริมาณมากกว่าชุดการทดลองที่ T4 จึงอาจทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ชอบกรดเจริญได้ดีขึ้น รวมทั้งอาจทำให้

โปรตีนเสียสภาพได้บางส่วนจนทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าไปย่อยสลายโปรตีนได้ง่ายขึ้นจึงเกิดการเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้ชุดการทดลองที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดคือ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Fagan *et al*. (2004) พบว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 ช่วยชะลอการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมดในปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนได้ดีกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ และ Fernández *et al*.(2010) ที่พบว่าเนื้อปลาแซลมอน (*Salmo salar*) แช่เย็น Superchilling ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาน้อยกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน รวมทั้ง Calliauw *et al*. (2016) พบว่าเนื้อกุ้ง Brown shrimp (*Crangon crangon*) ที่บรรจุภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2: 60% N_2 ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน

หากพิจารณาจากมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้ ชุดการทดลองที่ให้ผลดีที่สุดคือ เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 18 วัน รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งเก็บได้นาน 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วน TOC (เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บได้นาน 12 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม TCC (ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บได้เพียง 8 วัน และเมื่อพิจารณาถึงการตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น ๆ ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Vibrio cholerae* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วัน แสดงให้เห็นว่าไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคดังกล่าวในเนื้อกุ้งต้มตลอดเวลาที่เก็บรักษา

4. ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้ม

4.1 ลักษณะปรากฏ

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นทั้งหมดมีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นซึ่งเกิดจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

เกิดการเน่าเสียจากกระบวนการ Autolysis โดยเอนไซม์บางส่วนที่ทนต่อการทำลายจากความร้อนระหว่างต้มเกิดการย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อกุ้ง รวมทั้งการเน่าเสียที่เกิดจากแบคทีเรียโดยการสร้างเอนไซม์แล้วเกิดการย่อยสลายโปรตีนเพื่อนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ในการเจริญและเพิ่มจำนวน ทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งมีโมเลกุลที่เล็กลง เกิดการเปื่อยยุ่ย นิ่มเละ รวมทำให้โปรตีนเม็ดสีถูกย่อยกลายเป็นกรดอะมิโนอิสระ รงควัตถุที่ทำให้เกิดสีส้มแดงในเนื้อกุ้ง ซึ่งคือ แอสตาแซนทิน เกิดการเสียสภาพทำให้เนื้อกุ้งด้านในมีสีเหลือง นอกจากนี้ในกุ้งยังมีกรดอะมิโน Tyrosine, Tryptophane และ Cystine สูงซึ่งกรดอะมิโนดังกล่าวมีผลต่อการเกิดจุดดำ (Black Spot) หรือ Melanosis ในกุ้ง โดยเกิดจากการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน Tyrosine ที่มีเอนไซม์ Tyrosinase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยารวมทั้งการเกิดสารอินโดล (Indole) จากการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน Tryptophane จากเอนไซม์ Tryptophanase ที่จุลินทรีย์บางชนิดที่ผลิตขึ้น (นิรชา วงษ์จินดา, 2556) อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงสีโดยจุดสีส้มบริเวณผิวของเนื้อกุ้งนั้นมีสีซีดจางลง ขณะที่เนื้อกุ้งด้านในมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบคาโรทีนอยด์ (Carotenoids) ซึ่งในกุ้งคือ แอสตาแซนทิน อาจเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือเทา เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น แบบที่เกิดโดยเอนไซม์ของรงควัตถุฮีม (Heme pigment) (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546; นิรชา วงษ์จินดา, 2556) ที่จากเดิมเนื้อกุ้งต้มโดยทั่วไปจะมีจุดสีส้มบริเวณผิวของเนื้อกุ้งชัดเจนเนื่องจากความร้อนของการต้มไปทำลาย Ovoverdin ซึ่งเป็นสารสีเขียวที่เกิดจากแอสตาแซนทินจับอยู่โปรตีนทำให้มองเห็นในเนื้อกุ้งดิบเป็นสีเทา แอสตาแซนทินที่ปกติเป็นสีแดงถูกปลดปล่อยออกมาทำให้มองเห็นผิวของเนื้อกุ้งต้มโดยทั่วไปเป็นสีส้ม (Belitz, Grosch, and Schieberle, 2004) ทำให้เนื้อกุ้งต้มที่เคยมีสีขาวและมีจุดสีส้มสดใสเริ่มมีสีซีดลง มีสีเหลืองอ่อน ๆ และมีเมือกเคลือบอยู่ที่ผิวของเนื้อกุ้งรวมทั้งมีการเปื่อยยุ่ยของเนื้อกุ้งในวันท้าย ๆ ของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ranjith *et al*. (2013) ที่พบว่า เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ทั้งที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาไม่พบจุดดำบนตัวกุ้งแต่ในวันท้าย ๆ ของการเก็บรักษาพบจุดดำและเนื้อกุ้งเปลี่ยนเป็นสีชมพูเล็กน้อย รวมทั้ง Teerawut and Pratumchart (2014) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่แช่และไม่แช่ในสารละลาย EDTA เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) นั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏของ T6 และ T8 ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศทุกชุดการทดลองทั้ง T4, T6 และ T8 ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบ

บรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน เนื่องจากการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีการใช้ก๊าซ CO_2 จึงเกิดการละลายในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งต้มเกิดกรดคาร์บอกนิกทำให้มีภาวะความเป็นกรด ซึ่งอาจส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างไม่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์จากปฏิกิริยา Autolysis และที่สร้างโดยจุลินทรีย์ ซึ่งผลจากการย่อยสลายโดยเอนไซม์นั้นทำให้เกิดทั้งการย่อยสลายโปรตีนที่ทำให้เกิดกรดอะมิโนอิสระ เช่น Tyrosine, Tryptophane และ Cystine ที่ทำให้เกิดจุดดำในกุ้ง รวมทั้งเอนไซม์ยังทำให้เกิดการเสียสภาพของรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีส้มแดงในเนื้อกุ้ง ซึ่งคือ แอสตาแซนทิน และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างก๊าซออกซิเจนกับกรดอะมิโน Tryptophane โดยมีเอนไซม์ Tryptophanase ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารประกอบอินโดลซึ่งล้วนส่งผลกระทบทำให้เนื้อกุ้งต้มที่เคยมีสีขาวและมีจุดสีส้มสดใสเริ่มมีสีซีดลง อีกทั้งภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นดังกล่าวยังไปชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนดังกล่าวเกิดน้อยลง และการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ยังถูกยับยั้งโดยสารประกอบฟีนอลในน้ำมันออริกาโนทำให้โปรตีนจับกับรงควัตถุให้สีได้ดี สีของเนื้อกุ้งต้มจึงยังคงสภาพได้ดีกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

ในการทดลองนี้ชุดการทดลองที่มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด คือ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ตามที่กล่าวด้านบน ซึ่งการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ CO_2 มากเกินไปดังเช่นในชุดการทดลอง T6 และ T8 อาจทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในสภาพความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากภาวะความเป็นกรดจากกรดคาร์บอนิกที่ละลายในเนื้อกุ้งขาวต้ม ดังนั้นการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจึงเกิดมากกว่าชุดการทดลอง T4 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Özogul *et al*. (2004) พบว่าปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน และยังมีงานวิจัยที่ใช้อัตราส่วนก๊าซใกล้เคียงกันคือ Nirmal and Benjakul (2011) พบว่าการนำกุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบที่เคลือบชาเขียวและกรดแอสคอร์บิกมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50%CO_2 : 45%N_2 : 5%O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้โดยผู้ทดสอบสามารถยอมรับคะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวดิบได้ถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

4.2 กลิ่น

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นทั้งหมดมีระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเนื้อกุ้งมีกลิ่นเน่าและกลิ่นเปรี้ยว ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เนื่องจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนั้นเข้าไปย่อยสลายโปรตีนจึงเกิดเป็นกรดอะมิโนอิสระมากขึ้น ประกอบกับเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม Lactic acid bacteria ที่ทำให้เกิดกรดแล็คติกทำให้เนื้อกุ้งต้มมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว นอกจากนี้กลิ่นเน่าของเนื้อกุ้งต้มนั้นยังเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ของเนื้อกุ้งโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดเป็นสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ รวมทั้งเกิดจากไขมันในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในกุ้งเกิดการย่อยสลายโดยเอนไซม์ (Lipolytic enzyme) เช่น เอนไซม์ไลเปส (Lipase) ได้เป็นโมเลกุลของกรดไขมันอิสระ ซึ่งหากเป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลสั้นจะระเหยได้ง่าย ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในเนื้อกุ้งจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นเน่านั่นเอง สอดคล้องกับ การศึกษาของ Fall *et al*. (2010) ที่พบว่ากุ้งต้มมีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นเปรี้ยวมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Masniyom *et al*. (2011) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในการรักษาคุณภาพหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) แช่เย็น พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับทางด้านกลิ่นสูงที่สุดในวันแรกและเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้การยอมรับทางด้านกลิ่นลดลงตลอดการการเก็บรักษา 12 วัน

เนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) นั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านกลิ่นของ T6 และ T8 ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศทุกชุดการทดลองทั้ง T4, T6 และ T8 ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน อาจเนื่องจาก T4 นั้นมีการปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซ CO_2 ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์จึงช่วยลดการเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวจากการที่จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ในเนื้อกุ้งได้ ประกอบกับที่การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 นั้นไม่มีการใช้ก๊าซ O_2 จึงช่วยลดการเจริญของแบคทีเรีย

ชนิดที่ต้องการอากาศ (Aerobic bacteria) และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ ส่วน T6 และ T8 ที่มีการใช้ก๊าซ CO_2 ในปริมาณที่มากกว่าทำให้เกิดการละลายของก๊าซดังกล่าวในเนื้อกุ้งต้มเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกที่มากเกินไปทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยวมากขึ้น อีกทั้งยังมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อกุ้งลดลงจนไปส่งเสริมให้เกิดการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติกได้ รวมทั้ง T8 นั้นมีการปรับสภาพบรรยากาศโดยการเติมก๊าซ O_2 เข้าไปเล็กน้อยโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจึงมีมากกว่า T4 และ T6 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maneesin *et al*. (2013) ที่พบว่าการนำกุ้งขาว (*L. vannamei*) มาเคลือบน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียมร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีอัตราส่วนของก๊าซ 40% CO_2 : 60% N_2 แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศา-เซลเซียส นั้นทำให้ผู้ทดสอบสามารถยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งได้จนถึงวันที่ 18 ของการเก็บรักษา รวมทั้ง Fagan *et al*. (2004) ที่พบว่าปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นจากผู้ทดสอบมากกว่าที่อัตราส่วนก๊าซอื่น

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเพียงอย่างเดียว (TOC) โดยไม่มีการปรับสภาพบรรยากาศนั้นมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (T4, T6, T8) เนื่องจากประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียเกิดจากประสิทธิภาพของน้ำมันออริกาโนเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ได้จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ของสารระเหยต่าง ๆ เช่น ไตรเมทธิลเอมีน ฮีสตามีนและแอมโมเนีย ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นที่เน่าเหม็นได้น้อยลง (บุษกร อุตรชาติ, 2550)

4.3 เนื้อสัมผัส

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นมีระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเนื่องจากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเกิดการเน่าเสียขึ้นในเนื้อกุ้งต้ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสลายตัวของ ไมโอฟิบริลลาโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นรวมถึงความแน่นเนื้อเมื่อบริโภคสัตว์น้ำ ซึ่งการสลายตัวดังกล่าวเกิดจากการที่จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนทำให้โครงสร้างของโปรตีนเสียสภาพ และความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลงด้วย ทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งเริ่มนิ่ม ยุ่ยเละ ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสเนื้อกุ้งขาวต้มลดลง

เช่นเดียวกับการศึกษาโดย Young *et al*. (2014) ที่พบว่าค่าเนื้อสัมผัสโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสและค่าแรงเฉือนที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและปรับสภาพบรรยากาศมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Pezeshk *et al*. (2011) พบว่า ปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) เคลือบด้วยน้ำมัน หอมระเหยขมิ้นและน้ำมันหอมระเหยหอมแดงร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศ รวมทั้งตัวอย่างควบคุมมีเนื้อสัมผัสยืดหยุ่นน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดสำหรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) แต่ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของ T6 และ T8 ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศทุกชุดการทดลองทั้ง T4, T6 และ T8 ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน เนื่องจาก TOC นั้นมีการชะลอการเน่าเสียโดยสารประกอบฟีนอลในน้ำมันออริกาโนสามารถทำลายระบบเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลิทรีย์ได้ ดังนั้นโครงสร้างโปรตีนจึงไม่ถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ความสามารถจับกับน้ำของโปรตีนยังมีอยู่ทำให้เนื้อกุ้งต้มยังมีการอุ้มน้ำและยังคงความยืดหยุ่นได้ดีกว่า แต่การชะลอการเน่าเสียดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศร่วมด้วย ได้แก่ T4, T6, T8 เพราะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียส่วนใหญ่ในกุ้งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการก๊าซ O_2 ในการเจริญ ไม่ว่าจะเป็น *Alteromonas, Pseudomonas, Moraxellam, Micrococcus* และ *Vibrio* (บุษกร อุตรชาติ, 2545) ดังนั้นเมื่อนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูง และ ไม่มีก๊าซ O_2 จึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ มีผลให้การย่อยสลายของโปรตีนโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตนั้นเกิดน้อยลง ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนและโครงสร้างของไมโอฟิบริลลาโปรตีนยังคงดีอยู่ อย่างไรก็ตามการปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูง มากเกินไปสำหรับชุดการทดลอง T6 และ T8 นั้นอาจส่งผลให้เกิดการสะสมของกรดคาร์บอนิกที่ทำให้โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพได้ สอดคล้องกับการวิจัยของ Fernandez *et al*. (2009) ที่พบว่าเนื้อปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*) ที่การใช้วัตถุเจือปนอาหารและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่มีอัตราส่วนของก๊าซ 40% CO_2 : 60% N_2 นั้น ทำให้ผู้ทดสอบยังยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาได้จนถึงวันที่ 27 ของการเก็บรักษา และ Fagan *et al*. (2004) พบว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 ทำให้ค่าแรงเฉือนของปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนสูงกว่าตัวอย่างที่

บรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ ซึ่งค่าแรงเฉือนนั้นสามารถบ่งบอกถึงเนื้อสัมผัสได้ว่าเมื่อค่าแรงเฉือนมีมากแสดงถึงการที่โปรตีนถูกย่อยสลายน้อยทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำรวมทั้งคุณสมบัติของไมโอฟิบริลลาโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นนั้นยังคงมีอยู่

4.4 รสชาติ

เนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลองที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) และ TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน) รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในทุกชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ T4, T6 และ T8 นั้นมีระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงตามการเก็บรักษาที่นานขึ้นเนื่องจากรสหวานของกุ้งต้มลดลง เปลี่ยนเป็นจืด ไม่มีรสชาติรวมทั้งมีรสเฝื่อนและรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น เป็นผลจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนรวมถึงกรดอะมิโนอิสระที่ให้รสชาติหวานในกุ้งได้แก่ กรดอะมิโน Glycine และกรดอะมิโนอิสระที่มีผลต่อรสชาติและพบมากในกลุ่มของครัสเตเชีย คือ กรดอะมิโนอิสระ Taurine, Glycine, Proline, Alanine และ Arginine สูง (Sikorski *et al*., 1990) แล้วได้เป็นสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแอมโมเนีย และไตรเมธิลเอมีนชนิดต่างๆ อีกทั้งเมื่อโครงสร้างของโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้การจับระหว่างโมเลกุลของน้ำและเส้นใยของโปรตีนลดลงตามไปด้วย ความชุ่มฉ่ำของน้ำภายในเนื้อกุ้งลดลงโดยน้ำอิสระเหล่านั้นไปละลายกรดอะมิโนอิสระต่างๆ ที่ทำให้เกิดรสหวานในเนื้อกุ้ง ทำให้ความหวานของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Teetawut and Pratumchart (2014) ที่พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่แช่และไม่แช่ในสารละลาย EDTA เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Nirmal and Benjakul (2011) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบร่วมกับสารสกัดจากชาเขียวโดยบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ พบว่า ผู้ทดสอบมีการยอมรับด้านรสชาติดีที่สุดในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา และลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

อีกทั้งผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านรสชาติมากที่สุดสำหรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) แต่ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของ T6 และ T8 ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศทุกชุดการทดลองทั้ง T4, T6 และ T8 ได้รับการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่า TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ)

ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 22 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากก๊าซ CO_2 ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณมากเกินไป ดังในชุดการทดลอง T6 และ T8 นั้นจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกที่ผิวของเนื้อกุ้งมากทำให้เกิดรสชาติที่ไม่ดี และจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนในเนื้อกุ้งได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแล็คติกที่ทำให้เกิดรสชาติเปรี้ยว รวมทั้งการปรับสภาพบรรยากาศที่ยังมีปริมาณก๊าซ O_2 เล็กน้อยในชุดการทดลอง T8 ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนยังเจริญได้ รวมทั้งเกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างก๊าซ O_2 กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อกุ้งทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งก่อให้เกิดรสเฝื่อนเกิดขึ้นได้ (Gray and Pearson, 1994) แต่การเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเพียงอย่างเดียวในชุดการทดลอง TOC นั้นสามารถชะลอการเน่าเสียได้เพียงบางส่วนจากประสิทธิภาพของสารประกอบ Carvacrol และ Thymol ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้อีกคุณสมบัติคือการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของรสชาติ ขณะที่การนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เหมาะสมดังเช่นชุดการทดลอง T4 นั้นสามารถชะลอการเน่าเสียได้ดีที่สุดดังเหตุผลที่กล่าวข้างต้นทั้งยังสามารถลดข้อจำกัดของการใช้ก๊าซ CO_2 ในปริมาณมากเกินไปซึ่งส่งผลเสียต่อรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มได้ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Farmaki *et al*. (2010) ที่ศึกษาผลของการใช้ใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซ 40% CO_2 : 60% N_2 ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาปลาเรนโบเทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) พบว่าผู้ทดสอบสามารถยอมรับรสชาติของเนื้อปลาได้ถึงวันที่ 11 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาได้ดีกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์เพียงอย่างเดียว และ และสัดส่วนก๊าซของชุดการทดลอง TM4 ที่ให้ผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มในการทดลองนี้ยังใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ruiz-Capillas ans Moral (2004) ที่พบว่า การนำเนื้อกุ้ง Norway lobster (*Nephrops novergicus* (L.)) มาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 40% O_2: 20% N_2 ช่วยชะลอการสลายตัวของกรดอะมิโนอิสระ Glycine และ Arginine ได้ดีกว่าการบรรจุแบบปรับสภาวะในชุดการทดลองอื่นที่มีการใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 สูงกว่า รวมทั้ง Fernández *et al*.(2010) ที่พบว่าเนื้อปลาแซลมอน (*Salmo salar*) แช่เย็น Superchilling ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าเนื้อปลาที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน

อย่างไรก็ตามชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน สารเคมีและวิธีการในการชะลอการเสื่อมคุณภาพรวมถึงมีอัตราส่วนก๊าซที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ทำให้ได้ผลการวิจัยเรื่องอัตราส่วนก๊าซที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันออกไป เช่น Goulas and

Kontominas (2007) พบว่าปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ทำเค็มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TBARS, TVB-N และ TMA–N) ดีที่สุด Sivertsvik (2007) พบว่าเนื้อปลา Cod (*Gadus morhua*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2: 60 % O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเคมี (TVB-N และ TMA–N) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (กลิ่น) ได้ดีกว่าที่อัตราส่วนก๊าซอื่นๆ ส่วน Hassoun and Karoui (2016) พบว่าเนื้อปลา Whiting (*Merlangius merlangus*) ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% CO_2: 50% N_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะเนื้อสัมผัส) และคุณภาพทางเคมี (TBARS, TVB-N และ pH) ได้ดีที่สุด ส่วน Gong and Youling (2008) พบว่าคุณภาพทางกายภาพ (pH และการสูญเสียน้ำหนัก) คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะเนื้อสัมผัส) และคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย) ของกุ้งนาง (*Cherax quadricarinatus*) ที่ทำให้สุกบางส่วนด้วยการจุ่มในน้ำเดือดนาน 2 นาที แล้วนำมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 80% CO_2: 10 % O_2 : 10% N_2 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด รวมทั้งสวามินี ธีระวุฒิ, รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น และโสภาวดี เมืองฮาม (2557) พบว่าหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสด แกะเปลือก (*Saccostrea cucullata*) ที่แช่ในสารละลายผสม (โพแทสเซียมซอร์เบต 3% และโซเดียมแล็กเตต 2.5 %) ร่วมกับการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ควรใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 60% CO_2: 20% O_2: 20% N_2 เนื่องจากช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาและคุณภาพทางกายภาพได้ดีกว่าอัตราส่วนก๊าซอื่น

หากพิจารณาเพียงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันจากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นที่มีคะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน ประกอบกับมนุษย์สามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นได้ไวกว่าคุณลักษณะด้านอื่น จึงสามารถใช้กลิ่นในการบ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้เป็นอย่างดี (Coban *et al*, 2012) นั้น แสดงให้เห็นว่า T4 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 28 วัน รองลงมาได้แก่ TM6 และ TM8 ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 22 และ 20 ตามลำดับ ส่วน TOC เก็บได้นาน 16 วัน ในขณะที่ TCC มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาท-สัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบ (TCC) และเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (TOC) แล้วบรรจุแบบบรรยากาศปกติเปรียบเทียบกับเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแล้วบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2), T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) นั้น เมื่อพิจาณาจากคุณภาพในทุกด้านแสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งต้มได้ดีที่สุด ทั้งนี้การนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T4 (40% CO_2 : 60% N_2), T6 (60% CO_2 : 40% N_2) และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีว่าการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเพียงอย่างเดียว TOC (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) การพิจารณากำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยนั้น เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภคซึ่งมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) ได้กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลการวิจัยครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือ การเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 (T4) สามารถเก็บได้นาน 18 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 60% CO_2 : 40% N_2 (T6) และ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2 (T8) ที่มีอายุการเก็บรักษา 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วนการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการปรับสภาพบรรยากาศ (TOC) สามารถเก็บได้ 12 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (TC) เก็บรักษาได้เพียงแค่ 8 วัน

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การเคลือบเนื้อกุ้งต้มด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ที่ผสมสารละลายอัลจิเนต 0.002% ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (T4, T6 และ T8) ช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อกุ้งต้มได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ผสมสารละลายอัลจิเนตโดยบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TOC) และการไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริ กาโนที่ผสมสารละลายอัลจิเนตแลบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) โดยการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ T4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ T6 และ T8 ตามลำดับ ซึ่งดีกว่า TOC โดย TCC มีการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มมากที่สุดตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Vibrio cholerae* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน

การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยให้มีความปลอดภัยในการบริโภคตามมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้ T4 (40% CO_2 : 60% N_2) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 18 วัน รองลงมาได้แก่ T6 (60% CO_2 : 40% N_2 และ T8 (80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2) ที่สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บได้นาน 12 วัน และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เพิ่มการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยระบุชนิดของจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแล็คติก จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จุลินทรีย์ทนความเย็น จะช่วยระบุกลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมอาหาร. (2552). *คู่มือการปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. วันที่ค้นข้อมูล 5 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf

กฤติกา นรจิตร. (2548). คุณสมบัติของสารสกัดจากุพีชวงศ์ขิง : อิทธิพลของวิธีการสกัดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. (2531). *คุณภาพสัตว์น้ำ*. สงขลา : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขานครินทร์

นิรชา วงษ์จินดา. (2556). *กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง.* วันที่ค้นข้อมูล 3 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/technical_group/ดาว์โหลด/กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง.pdf

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. (2546). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ.*วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บุษกร อุตรชาติ. (2545). *จุลินทรีย์ทางอาหาร*. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

วิชชญา นะราแก้ว. (2548). *การยืดอายุการเก็บหอยเป๋าฮื้อ (Haliotis asinina) โดยการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์. (2556*). ออริกาโน (Oregano)*. วันที่ค้นข้อมูล 5 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://nrtdc.agri.kps.ku.ac.th/herb/oricano.pdf

สวามินี ธีระวุฒิ. (2554). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน*: การปรับสภาวะบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554.

สวามินี ธีระวุฒิ, รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น และโสภาวดี เมืองฮาม. (2557). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพทางกายภาพและจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือก. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 42*(3), 551-556.

สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2557). การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยอุดหนุนงบประมาณแผ่นดินสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ.* (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียน-สโตร์.

Aaslyng, D.M., Bejerholm C., Ertbjerg P., Bertram C.H. & Anderson, J.H. (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking produce. *Food Quality and Preference, 14*, 277–288.

AOAC. (2000). Official *Methods of analysis* AOAC Internaltional. (17 th ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Inc Maryland.

AOAC. (1994). AOAC Official Method 991.14 Coliforms and *Escherichia coli* Counts in Foods. Day Rehydratable Film (Petrifilm ^{TM} *E. coli* Coliform Count Plate ^{TM} and Petrifilm ^{TM} Coliform Count Plate ^{TM}) Methods. *Journal of AOAC, 74*, 635.

APHA. (1992). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (3 rd ed.). American Public Health Association: Washington DC.

Apisariyakul, A., Anittanakom, N.V. & Buddhasukh, D. (1995). Antifungal activity of turmeric oil extracted from *Curcuma longa*. *J. Ethnopharmacology*, 48.

Asli C., Duygu K., & Sukran, C. (2008). Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. *Food Chemistry*, *109,* 81-87.

Attouchi, M. & Sadok, S. (2010). The effect of powdered thyme sprinkling on quality changes of wild and farmed gilthead sea bream fillets stored in ice. *Food Chemistry, 119*(4), 1527–1534.

Bank H., Neckelson R. & Fine, G. (1980). Shelf - life studies on CO_2 packaged fin fish from the Gulf of Mexico. *J.Food Sci. 45*, 157 - 162.

Belitz, H.D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2004). Food chemistry. Springer-Verlag, Berlin.

Benkeblia, N. (2004). Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onion and galic. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, *37*, 263-268.

Botta, J.R. (1995). *Evaluation of Seafood Freshness Quality*, New York, VCH Publishers Inc.

Calliauw, F., Mulder, T.D., Broekaert, K., Vlaemynck, G., Michiels, C. & Heyndrickx, M. (2016). Assessment throughout a whole fishing year of the dominant microbiota of peeled brown shrimp (*Crangon crangon*) stored for 7 days under modified atmosphere packaging at 4 °C without preservatives. *Food Microbiology. 54*, 60 – 71. doi:10.1016/j.fm.2015.10.016

Cann, D.C., Smith, G.L. & Houston, N.G. (1983). *Further studies on marine fish store under Modified Atmosphere Packaging*. Technical Report, Torry Research Station, Aberdeen.

Cobb, B.F. & Vanderzant, C. (1971). Biochemical changes in shrimp inoculated with Pseudomonas, Bacillus, and Coryneform bacterium. *Journal of Milk Food Technology, 34*, 533–540.

Cyprian, O., Lauzon, L.H., Johannsson, R., Sveinsdóttir, K., Arason, S. & Martinsdotti, E. (2013). Shelf life of air and modified atmosphere - packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions. *Food Science & Nutrition, 1*(2), 130–140.

Dabadé, D.S., Besten, H.M.W, Azokpota, P., Nout, M.J.R., Hounhouigan, D.J & Zwietering, M.H. (2015). Spoilage evaluation, shelf-life prediction, and potential spoilage organisms of tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) at different storage temperatures. *Food Microbiology, 48*, 8–16.

Dorman, H.J.D. & Deans, S.G. (2000). Antimicrobial agent from plant: Antibacterial activity of plants volatile oils. *J. Applied Microbiology*, *88*, 308-316.

Duan, J., Jiang, Y., Cherian, G. & Zhao, Y. (2010). Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets. *Food Chemistry, 122*(4), 1035-1042. doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.065

EC. (2005). Commission Regulation (EC) No. 2074/2005 of 5 December 2005 on total volatile basic nitrogen (TVB-N) limit values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used. *Official Journal of European Union, L338 (2005)*, 36–39.

Fagan, J.D., Gormley, T.R., & Uí Mhuircheartaigh, M.M. (2004). Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 5*(2), 205–214. doi:10.1016/j.ifset.2004.01.001

Fall, P.A., Pilet, M.F., Leduc, F., Cardinal, M., Duflos, G., Guérina, C., Joffrauda, J.J. & Leroia, F. (2010). Sensory and physicochemical evolution of tropical cooked peeled shrimp inoculated by *Brochothrix thermosphacta* and *Lactococcus piscium* CNCM I-4031 during storage at 8 °C. *Journal of Food Microbiology. 152*(3), 82–90. Food Micro 2010, the 22nd Symposium of the International Comittee on Food Microbiology and Hygiene (ICFMH).

Farajzadeh, F., Motamedzadegan, A., Shahidi, S. & Hamzeh, S. (2016). The effect of chitosan-gelatin coating on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under refrigerated condition. *Food Control, 67*, 163–170. doi:10.1016/j.foodcont.2016.02.040

Farmaki, C. & Kontominas, M.G. (2010). Shelf life extension of refrigirated rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) fillets using modified atmosphere packaging in combination with thyme essential oil. *Food Science and Technology*. 33-50.

Fernandez, K., Aspe, E., & Roeckel, M. (2009). Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging. *Food Control*, *20*, 1036-1042.

Fernández, K., Aspé, E. & Roeckel, M. (2010). Scaling up parameters for shelf-life extension of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) fillets using superchilling and modified atmosphere packaging. *Food Control, 21*(6), 857–862. doi:10.1016/j.foodcont.2009.11.016

Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., & Savvaidis, I.N. (2010). Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. *Food Microbiology*, *27*, 115-121.

Gong, C. & Youling, L.X. (2008). Shelf-stability enhancement of precooked red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) tails by modified $CO_2/O_2/N_2$ gas packaging. *Journal of LWT - Food Science and Technology, 41*(8), 1431-1436.

Goulas, A.E., & Kontominas, M.G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Journal of Food Chemistry, 100*(1), 287–296.

Gray, J.I. & Pearson, A.M. (1994). *Lipid-derived off-flavours in meat*. In F. Shahidi (Ed.), Flavor of meat and meat products, Blackie Academic and Professional, Glasgow, Scotland, 1994.

Hasegawa, H. (1987). Laboratory manual on analytical stored at different temperatures. *J. methods and procedures for fish and fish Food Sci. 55*, 1201-1205, 1242; 1990. Marine fisheries research department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.

Hassoun, A. & Karoui, R. (2016). Monitoring changes in whiting (*Merlangius merlangus*) fillets stored under modified atmosphere packaging by front face fluorescence spectroscopy and instrumental techniques. *Food Chemistry, 200,* 343–353.

Huss, H.H. (1997). Microbiology of fish and fish product, pp.413-430. cited in Luten, J.B., Borresen, T. and Oehlenschlager J., Seafood from producer to consumer, Intergrated approch to quality. *J.Elsevier Sci., 54*(8), 232 - 247.

ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (1986). *Microorganisms in foods 2 Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications*. University of Toronto Press (2nd ed.) Blackwell Scientific Publications, Toronto.

Jaffrès, E., Lalanned, V., Macéa, S., Cornet, J., Cardinal, M., Sérot, T., Dousset, X. & Joffraud, J.J. (2011). Sensory characteristics of spoilage and volatile compounds associated with bacteria isolated from cooked and peeled tropical shrimps using SPME–GC–MS analysis. *International Journal of Food Microbiology, 147*(3), 195–202.

Lannelongue, M., Finne, G., Hanna, M.O., Nickelson, R. & Vanderzant, G. (1982). Microbiological and chemical changes during storage of swordfish (*Xiphias gladius*) steak in retail packages containing CO_2 - enriched atmospheres. *Journal of Food Protection 45*(13), 1197-1203.

Lu, S. (2009). Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *Food Science and Technology, 42*(1), 286-291.

Mace, S., Cardinal, M., Jaffres, E., Cornet. J., Lalanne, V., Chevalier, F., Serot. T., Pilet, M., Dousset, X., & Joffraud, J. (2014). Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from spoiledcooked whole tropical shrimp (*Penaeus vannamei*) stored under modified atmosphere packaging. *Food Microbiology, 40*(1), 9–17.

Maneesin, P., Chinnasri, N., Vongsawasd, P., & Wangchanachai, G. (2013). Effect of garlic oil and modified atmosphere packaging on the quality of chilled shrimp. *Packaging Technology and Science.* doi: 10.1002/pst.2014.

Masniyom, P., Benjama, O., & Maneesri, J. (2011). Extending the shelf-life of refrigerated green mussel *(Perna viridis*) under modified atmosphere packaging. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, *33*(2), 171-179.

Masniyom, P., Benjama, O., & Maneesri, J. (2012). Effect of turmeric and lemongrass essential oils and their mixture on quality changes of refrigerated green mussel (*Perna viridis*). *International Journal of Food Science & Technology*, *47*(5), 1079-1085.

Meilgaard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Nirmal, N.P. & Benjakul, S. (2011). Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, *149*, 247-253.

Odilichukwu, C., Okpala, R., Choo, W.S. & Dykes, G.A. (2014). Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT - Food Science and Technology, 55*(1), 110–116.

Özogul, F., Polat, A. & Özogul, Y. (2004). The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Journal of Food Chemistry, 85*(1), 49-57.

Pezeshk, S., Rezaei, M., & Hosseini, H. (2011). Effects of turmeric, shallot extracts, and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at 4 ± 1 °C. *Journal of Food Science*, *76*, 387-391.

Qian, Y., Xie, J., Yang, S. & Wu, W. (2013). Study of the quality changes and myofibrillar proteins of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under modified atmosphere packaging with varying CO_2 levels. *Eur Food Res Technol*, 236, 629–635.

Qian, Y.F., Wu, W.H., Xie, J. & Yang, S.P. (2013). Study of the quality changes and myofibrillar proteins of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under modified atmosphere packaging with varying CO_2 levels. *Eur Food Res Technol,* 236, 629-635. doi: 10.1007/s00217-013-1918-9

Qian, Y.F., Xie, J., Yang, S.P., Wu, W.H., Xiong, Q. & Gao, Z.L. (2014). In vivo study of spoilage bacteria on polyphenoloxidase activity and melanosis of modified atmosphere packaging pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Chemistry*, *155*(1), 126–131.

Ranjith, K.K, Inyee, Y.H., Joe, E.T., Feng, C., Hyun, J.K., & Paul, L.D. (2013). Shelf life extension of shrimp (white) using modified atmosphere packaging. *Food Tecnology, 63*(2), 87–94.

Reddy, N.R., Schreiber, C.L., Buzard, K.S., Skinner, G.E. & Armstrong, D.J. (1994). Shelf life of fresh tilapia fillets packaged in high barier film with modified atmosphere. *J.Food Sci*, 59, 260-264.

Ruiz-Capillas, C. & Moral, A. (2004). Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Nephrops novergicus* (L.)) in controlled and modified atmospheres during chilled storage. *Food Chemistry, 86*(1), 85–91. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.019

Sanjay, K.B. & Subir, K.M. (2000). Effect of garlic on cardiovascular disorder: A review. *Nutritional J*. 1, 1-14.

Sikorski, Z.E., Kolakowska, A. & Pan, B.S. (1990). *The nutritive composition of the major groups of marine food organisms*. Z.E. Sikorski (Ed.), Seafood: resources, nutritional composition and preservation, CRC Press, Florida, 29–54.

Silliker, J.H., Woodruff, R.E., Lugg, J.R., Wolfe, S.K., & Brown, W.D. (1977). Preservation of refrigerated meats with controlled atmospheres: Treatment and post - treatment effects of carbon dioxide on pork and beef. *Meat Science. 1*, 195 - 204.

Sivertsvik, M. (2007). The optimized modified atmosphere for packaging of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) is 63 ml/100 ml oxygen and 37 ml/100 ml carbon dioxide. *Journal of Food Science and Technology, 40*(3), 430-438. doi:10.1016/j.lwt.2005.12.010

Siripatrawan, U., Sanguandeekul, R. & Narakaew, V. (2009). An alternative freshness index method for modified atmosphere packaged abalone using an artificial neural network. *LWT - Food Science and Technology, 42*, 343–349.

Stamatis, N. & Arkoudelos, J. (2007). Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. *Food Control, 18*(4), 292–300. doi:10.1016/j.foodcont.2005.10.009

Sükriye, A., Olcay, H., Mükerrem, K., & Telat, Y. (2007). Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology, 97*(2), 209-214.

Teerawut, S. & Pratumchart, B. (2014). Effect of EDTA on physical and sensory properties of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).during ice storage. *Thammasat International Journal of Science and Technology. 19*(1), 72-82.

Wang, T., Sveinsdottir, H., Magnusson, H. & Martinsdottir, E. (2008). Combined application of modified atmosphere packaging and superchilled storage to extend the shelf life of fresh cod (*Gadus morhua*) loins. *Journal of food scienc, 73*(1), 11–19.

Young, H., Anang, D.M. & Tiwari, B.K. (2014). Shelf life and textural properties of cooked-chilled black tiger prawns (*Penaeus monodon*) stored in vacuum pack or modified atmospheric packaging at 4 or 20 °C. *Food Packaging and Shelf Life, 2*(2), 59–64.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0	-	-	-	-	-
2	$2.65^{B}_{a} \pm 0.37$	$1.19^{A}_{a} \pm 0.25$	$1.08^{A}_{a} \pm 0.11$	$1.18^{A}_{a} \pm 0.13$	$1.19^{A}_{a} \pm 0.17$
4	$3.99^{B}_{b} \pm 0.60$	$1.91^{A}_{b} \pm 0.14$	$1.13^{A}_{a} \pm 0.47$	$1.68^{A}_{ab} \pm 0.47$	$1.84^{A}_{b} \pm 0.22$
6	$5.81^{C}_{c} \pm 0.55$	$2.30^{B}_{bc} \pm 0.18$	$1.63^{A}_{ab} \pm 0.21$	$2.13^{AB}_{bc} \pm 0.34$	$2.24^{AB}_{bc} \pm 0.16$
8	$6.93^{B}_{d} \pm 0.86$	$2.75^{A}_{c} \pm 0.16$	$2.02^{A}_{bc} \pm 0.26$	$2.51^{A}_{c} \pm 0.28$	$2.60^{A}_{c} \pm 0.56$
10	$7.77^{C}_{de} \pm 0.33$	$3.90^{B}_{d} \pm 0.44$	$2.61^{A}_{cd} \pm 0.42$	$3.58^{B}_{d} \pm 0.49$	$3.71^{B}_{d} \pm 0.37$
12	$8.57^{C}_{ef} \pm 0.65$	$4.19^{B}_{d} \pm 0.36$	$3.14^{A}_{d} \pm 0.05$	$3.91^{B}_{de} \pm 0.42$	$3.98^{B}_{de} \pm 0.15$
14	$9.36^{C}_{f} \pm 0.50$	$4.85^{B}_{e} \pm 0.41$	$3.79^{A}_{e} \pm 0.56$	$4.37^{AB}_{e} \pm 0.31$	$4.56^{AB}_{e} \pm 0.50$
16	$11.06^{C}_{g} \pm 0.36$	$5.73^{B}_{f} \pm 0.45$	$4.41^{A}_{f} \pm 0.46$	$5.36^{B}_{f} \pm 0.26$	$5.62^{B}_{f} \pm 0.40$
18	$12.65^{C}_{h} \pm 0.57$	$7.34^{B}_{g} \pm 0.23$	$6.58^{A}_{g} \pm 0.40$	$7.15^{A}_{g} \pm 0.23$	$7.21^{A}_{g} \pm 0.43$
20	$13.44^{C}_{h} \pm 0.50$	$8.93^{B}_{h} \pm 0.39$	$7.73^{A}_{h} \pm 0.10$	$8.70^{B}_{h} \pm 0.49$	$8.83^{B}_{h} \pm 0.44$
22	$15.18^{C}_{i} \pm 0.58$	$11.3^{B}_{i} \pm 0.51$	$9.58^{A}_{i} \pm 0.39$	$10.97^{B}_{i} \pm 0.46$	$11.11^{B}_{i} \pm 0.51$

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

ตารางผนวกที่ ก - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0	$6.93^{B}_{d} \pm 0.03$	$6.93^{B}_{e} \pm 0.03$	$6.87^{A}_{c} \pm 0.01$	$6.87^{A}_{d} \pm 0.01$	$6.87^{A}_{bc} \pm 0.02$
2	$6.87^{AB}_{c} \pm 0.03$	$6.90^{B}_{de} \pm 0.04$	$6.85^{A}_{b} \pm 0.01$	$6.84^{A}_{a} \pm 0.01$	$6.85^{A}_{a} \pm 0.01$
4	$6.74^{A}_{b} \pm 0.03$	$6.85^{B}_{d} \pm 0.04$	$6.84^{B}_{a} \pm 0.01$	$6.84^{B}_{b} \pm 0.00$	$6.84^{B}_{a} \pm 0.00$
6	$6.62^{A}_{a} \pm 0.06$	$6.78^{B}_{c} \pm 0.01$	$6.85^{C}_{ab} \pm 0.01$	$6.86^{C}_{c} \pm 0.00$	$6.85^{C}_{ab} \pm 0.01$
8	$6.78^{B}_{b} \pm 0.00$	$6.73^{A}_{b} \pm 0.03$	$6.86^{C}_{bc} \pm 0.01$	$6.87^{C}_{d} \pm 0.00$	$6.88^{C}_{cd} \pm 0.01$
10	$6.94^{C}_{d} \pm 0.06$	$6.62^{A}_{a} \pm 0.00$	$6.86^{B}_{c} \pm 0.01$	$6.88^{B}_{d} \pm 0.01$	$6.89^{BC}_{cd} \pm 0.03$
12	$7.15^{C}_{e} \pm 0.04$	$6.80^{A}_{c} \pm 0.05$	$6.88^{B}_{d} \pm 0.00$	$6.89^{B}_{e} \pm 0.01$	$6.90^{B}_{de} \pm 0.01$
14	$7.34^{D}_{f} \pm 0.02$	$6.86^{A}_{d} \pm 0.03$	$6.88^{AB}_{d} \pm 0.00$	$6.90^{BC}_{f} \pm 0.01$	$6.92^{C}_{ef} \pm 0.00$
16	$7.51^{D}_{g} \pm 0.01$	$6.94^{C}_{e} \pm 0.03$	$6.89^{A}_{d} \pm 0.00$	$6.92^{B}_{g} \pm 0.01$	$6.93^{BC}_{fg} \pm 0.01$
18	$7.71^{E}_{h} \pm 0.01$	$7.12^{D}_{f} \pm 0.01$	$6.90^{A}_{e} \pm 0.00$	$6.93^{B}_{h} \pm 0.01$	$6.95^{C}_{gh} \pm 0.01$
20	$7.86^{C}_{i} \pm 0.02$	$7.26^{B}_{g} \pm 0.03$	$6.94^{A}_{f} \pm 0.01$	$6.94^{A}_{i} \pm 0.01$	$6.96^{A}_{h} \pm 0.01$
22	$7.81^{D}_{i} \pm 0.01$	$7.41^{C}_{h} \pm 0.02$	$6.97^{A}_{g} \pm 0.01$	$6.98^{AB}_{j} \pm 0.01$	$6.99^{B}_{i} \pm 0.01$

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

ตารางผนวกที่ ก - 3 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB–N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100กรัม) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0	$14.53^{D}_{a} \pm 0.05$	$12.45^{C}_{a} \pm 0.01$	$12.34^{B}_{a} \pm 0.03$	$12.36^{B}_{a} \pm 0.04$	$12.25^{A}_{a} \pm 0.01$
2	$22.14^{E}_{b} \pm 0.06$	$18.74^{D}_{b} \pm 0.01$	$14.34^{A}_{b} \pm 0.03$	$16.35^{B}_{b} \pm 0.02$	$18.06^{C}_{b} \pm 0.04$
4	$24.16^{E}_{c} \pm 0.07$	$23.19^{D}_{c} \pm 0.03$	$17.27^{A}_{c} \pm 0.02$	$20.03^{B}_{c} \pm 0.01$	$21.64^{C}_{c} \pm 0.03$
6	$30.50^{E}_{d} \pm 0.05$	$24.25^{D}_{d} \pm 0.03$	$19.04^{A}_{d} \pm 0.04$	$21.36^{B}_{d} \pm 0.03$	$22.64^{C}_{d} \pm 0.03$
8	$35.17^{E}_{e} \pm 0.05$	$26.63^{D}_{e} \pm 0.02$	$21.03^{A}_{e} \pm 0.02$	$23.57^{B}_{e} \pm 0.04$	$24.55^{C}_{e} \pm 0.04$
10	$46.16^{E}_{f} \pm 0.02$	$31.05^{D}_{f} \pm 0.03$	$23.13^{A}_{f} \pm 0.03$	$27.04^{B}_{f} \pm 0.03$	$28.65^{C}_{f} \pm 0.02$
12	$50.59^{E}_{g} \pm 0.05$	$35.03^{D}_{g} \pm 0.04$	$26.54^{A}_{g} \pm 0.04$	$32.64^{B}_{g} \pm 0.03$	$34.15^{C}_{g} \pm 0.04$
14	$70.25^{E}_{h} \pm 0.04$	$39.95^{D}_{h} \pm 0.04$	$30.24^{A}_{h} \pm 0.03$	$36.06^{B}_{h} \pm 0.05$	$38.37^{C}_{h} \pm 0.03$
16	$90.65^{E}_{i} \pm 0.05$	$50.57^{D}_{i} \pm 0.03$	$35.65^{A}_{i} \pm 0.03$	$44.93^{B}_{i} \pm 0.03$	$47.14^{C}_{i} \pm 0.03$
18	$100.17^{E}_{j} \pm 0.04$	$69.64^{D}_{j} \pm 0.03$	$40.26^{A}_{j} \pm 0.04$	$58.64^{B}_{j} \pm 0.03$	$62.53^{C}_{j} \pm 0.02$
20	$136.25^{E}_{k} \pm 0.04$	$88.54^{D}_{k} \pm 0.05$	$51.27^{A}_{k} \pm 0.03$	$73.26^{B}_{k} \pm 0.04$	$80.34^{C}_{k} \pm 0.03$
22	$145.24^{E}_{l} \pm 0.04$	$95.66^{D}_{l} \pm 0.03$	$68.63^{A}_{l} \pm 0.03$	$85.63^{B}_{l} \pm 0.03$	$89.64^{C}_{l} \pm 0.04$

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

ตารางผนวกที่ ก - 4 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA–N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100กรัม) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0	1.50^{C}_{a} ± 0.01	1.49^{BC}_{a} ± 0.04	1.44^{AB}_{a} ± 0.02	1.45^{ABC}_{a} ± 0.04	1.43^{C}_{a} ± 0.03
2	2.11^{D}_{b} ± 0.01	1.94^{C}_{b} ± 0.03	1.61^{A}_{b} ± 0.02	1.64^{A}_{b} ± 0.04	1.84^{B}_{b} ± 0.02
4	2.34^{D}_{c} ± 0.03	2.33^{D}_{c} ± 0.04	1.80^{A}_{c} ± 0.01	2.04^{B}_{c} ± 0.05	2.25^{C}_{c} ± 0.03
6	2.41^{C}_{d} ± 0.01	2.55^{D}_{d} ± 0.05	2.05^{A}_{d} ± 0.05	2.26^{B}_{d} ± 0.04	2.43^{C}_{d} ± 0.03
8	3.14^{E}_{e} ± 0.05	2.82^{D}_{e} ± 0.01	2.24^{A}_{e} ± 0.04	2.50^{B}_{e} ± 0.01	2.64^{C}_{e} ± 0.03
10	4.80^{E}_{f} ± 0.01	3.12^{D}_{f} ± 0.02	2.51^{A}_{f} ± 0.01	2.81^{B}_{f} ± 0.01	2.94^{C}_{f} ± 0.01
12	5.41^{E}_{g} ± 0.01	3.86^{D}_{g} ± 0.03	2.81^{A}_{g} ± 0.01	3.13^{B}_{g} ± 0.04	3.64^{C}_{g} ± 0.02
14	7.34^{E}_{h} ± 0.03	4.12^{D}_{h} ± 0.02	2.31^{A}_{h} ± 0.01	3.33^{B}_{h} ± 0.03	3.93^{C}_{h} ± 0.03
16	9.03^{E}_{i} ± 0.04	4.92^{D}_{i} ± 0.02	3.34^{A}_{i} ± 0.03	3.63^{B}_{i} ± 0.02	4.55^{C}_{i} ± 0.04
18	13.13^{E}_{j} ± 0.02	5.64^{D}_{j} ± 0.04	3.73^{A}_{j} ± 0.02	4.07^{B}j ± 0.04	5.37^{C}_{j} ± 0.03
20	15.94^{E}_{k} ± 0.02	6.22^{D}_{k} ± 0.02	4.14^{A}_{k} ± 0.05	5.52^{B}_{k} ± 0.02	6.10^{C}_{k} ± 0.03
22	18.25^{D}_{l} ± 0.04	7.11^{C}_{l} ± 0.02	5.16^{A}_{l} ± 0.03	6.22^{B}_{l} ± 0.01	7.07^{C}_{l} ± 0.03

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

ตารางผนวกที่ ก - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0	4.24^{ABC}_{a} ± 0.02	4.21^{A}_{a} ± 0.00	4.25^{BC}_{a} ± 0.02	4.26^{C}_{a} ± 0.01	4.22^{AB}_{a} ± 0.01
2	5.02^{C}_{b} ± 0.01	4.36^{B}_{b} ± 0.01	4.31^{A}_{b} ± 0.01	4.32^{AB}_{a} ± 0.01	4.33^{AB}_{b} ± 0.03
4	5.08^{D}_{b} ± 0.02	4.61^{B}_{c} ± 0.02	4.54^{A}_{c} ± 0.03	4.63^{B}_{b} ± 0.03	4.84^{C}_{c} ± 0.03
6	5.37^{D}_{c} ± 0.01	4.99^{B}_{d} ± 0.01	4.87^{A}_{d} ± 0.03	5.02^{B}_{c} ± 0.01	5.10^{C}_{d} ± 0.06
8	6.24^{C}_{e} ± 0.13	5.31^{B}_{e} ± 0.01	5.02^{A}_{e} ± 0.01	5.16^{AB}_{d}± 0.02	5.26^{B}_{e} ± 0.03
10	8.43^{D}_{j} ± 0.03	5.83^{C}_{f} ± 0.01	5.14^{A}_{f} ± 0.02	5.32^{B}_{e} ± 0.02	5.34^{B}_{e} ± 0.02
12	8.05^{E}_{i} ± 0.02	6.86^{D}_{h} ± 0.01	5.28^{A}_{g} ± 0.01	5.73^{B}_{f} ± 0.1	6.21^{C}_{f} ± 0.07
14	7.85^{E}_{h} ± 0.03	7.14^{D}_{j} ± 0.02	5.90^{A}_{h} ± 0.02	6.21^{B}_{g} ± 0.04	6.84^{C}_{g} ± 0.04
16	7.41^{D}_{g} ± 0.02	8.07^{E}_{l} ± 0.01	6.00^{A}_{i} ± 0.02	6.35^{B}_{h} ± 0.03	7.00^{C}_{h} ± 0.01
18	7.09^{C}_{f} ± 0.00	7.73^{D}_{k} ± 0.02	6.31^{A}_{j} ± 0.01	6.97^{B}_{i} ± 0.01	7.77^{D}_{i} ± 0.02
20	6.23^{A}_{e} ± 0.01	7.09^{C}_{i} ± 0.03	6.83^{B}_{k} ± 0.01	7.95^{D}_{j} ± 0.02	8.13^{E}_{j} ± 0.03
22	5.87^{A}_{d} ± 0.01	6.44^{B}_{g} ± 0.02	7.25^{C}_{l} ± 0.01	8.15^{E}_{k} ± 0.06	7.78^{D}_{i} ± 0.04

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2

T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2

T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

ตารางผนวกที่ ก - 6 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0^{NS}	5.00_{h} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{h} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00
2^{NS}	5.00_{h} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{h} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00
4	4.23_{g}^{A} ± 0.41	4.50_{h}^{AB} ± 0.51	5.00_{h}^{C} ± 0.48	4.70_{h}^{B} ± 0.47	4.60_{i}^{B} ± 0.50
6	4.10_{fg}^{A} ± 0.10	4.45_{h}^{B} ± 0.46	4.80_{gh}^{C} ± 0.41	4.60_{i}^{AB} ± 0.50	4.55_{i}^{AB} ± 0.48
8	4.03_{f}^{A} ± 0.10	4.30_{gh}^{AB} ± 0.47	4.60_{fg}^{B} ± 0.50	4.50_{gh}^{B} ± 0.51	4.40_{hi}^{B} ± 0.50
10	3.90_{f}^{A} ± 0.26	4.25_{fgh}^{B} ± 0.41	4.50_{ef}^{B} ± 0.51	4.40_{gh}^{B} ± 0.55	4.40_{hi}^{B} ± 0.48
12	3.50_{e}^{A} ± 0.51	4.20_{f}^{B} ± 0.34	4.30_{cde}^{B} ± 0.47	4.20_{fg}^{B} ± 0.34	4.20_{gh}^{B} ± 0.37
14	3.60_{e}^{A} ± 0.51	4.03_{ef}^{B} ± 0.11	4.40_{def}^{C} ± 0.50	4.10_{ef}^{BC} ± 0.36	4.10_{fg}^{BC} ± 0.31
16	3.10_{d}^{A} ± 0.31	3.95_{e}^{B} ± 0.22	4.20_{cd}^{C} ± 0.41	4.10_{ef}^{C} ± 0.26	4.00_{efg}^{BC} ± 0.50
18	2.95_{d}^{A} ± 0.22	3.85_{e}^{B} ± 036	4.10_{c}^{C} ± 0.26	4.00_{ef}^{BC} ± 0.32	3.90_{ef}^{BC} ± 0.41
20	2.90_{d}^{A} ± 0.31	3.55_{d}^{B} ± 0.51	3.93_{b}^{C} ± 0.33	3.90_{de}^{C} ± 0.31	3.75_{de}^{BC} ± 0.44
22	2.60_{c}^{A} ± 0.50	3.25_{c}^{B} ± 0.41	3.80_{b}^{C} ± 0.52	3.70_{cd}^{C} ± 0.57	3.60_{cd}^{C} ± 0.50
24	2.30_{b}^{A} ± 0.47	3.15_{bc}^{B} ± 0.36	3.80_{ab}^{D} ± 0.41	3.50_{bc}^{C} ± 0.51	3.43_{bc}^{BC} ± 0.49
26	2.05_{a}^{A} ± 0.22	3.00_{ab}^{B} ± 0.32	3.65_{ab}^{D} ± 0.49	3.40_{ab}^{CD} ± 0.50	3.28_{ab}^{B} ± 0.44
28	1.95_{a}^{A} ± 0.22	2.85_{a}^{B} ± 0.58	3.50_{a}^{D} ± 0.51	3.20_{a}^{C} ± 0.41	3.05_{a}^{BC} ± 0.22

ตารางผนวกที่ ก - 7 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0^{NS}	$5.00_{k} \pm 0.00$	$5.00_{m} \pm 0.00$	$5.00_{i} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$
2	$4.35_{k}^{A} \pm 0.00$	$5.00_{m}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{i}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{j}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{j}^{B} \pm 0.00$
4	$4.20_{j}^{A} \pm 0.41$	$4.50_{i}^{B} \pm 0.51$	$5.00_{i}^{D} \pm 0.00$	$4.80_{ij}^{CD} \pm 0.38$	$4.60_{i}^{BC} \pm 0.50$
6	$3.80_{i}^{A} \pm 0.41$	$4.40_{kl}^{B} \pm 0.50$	$4.80_{hi}^{C} \pm 0.41$	$4.55_{i}^{BC} \pm 0.48$	$4.53_{i}^{BC} \pm 0.50$
8	$3.20_{h}^{A} \pm 0.41$	$4.20_{jk}^{B} \pm 0.41$	$4.70_{h}^{C} \pm 0.47$	$4.60_{i}^{C} \pm 0.50$	$4.60_{i}^{B} \pm 0.50$
10	$2.90_{g}^{A} \pm 0.55$	$4.00_{j}^{B} \pm 0.32$	$4.60_{gh}^{C} \pm 0.50$	$4.30_{h}^{B} \pm 0.47$	$4.20_{h}^{B} \pm 0.41$
12	$2.40_{f}^{A} \pm 0.50$	$3.60_{i}^{B} \pm 0.50$	$4.40_{fg}^{D} \pm 0.50$	$4.10_{h}^{C} \pm 0.31$	$3.90_{g}^{C} \pm 0.31$
14	$2.05_{e}^{A} \pm 0.22$	$3.25_{h}^{B} \pm 0.41$	$4.25_{ef}^{D} \pm 0.44$	$3.80_{g}^{C} \pm 0.41$	$3.65_{f}^{C} \pm 0.48$
16	$1.80_{d}^{A} \pm 0.41$	$2.90_{g}^{B} \pm 0.31$	$4.20_{ef}^{D} \pm 0.41$	$3.40_{f}^{C} \pm 0.51$	$3.30_{e}^{C} \pm 0.44$
18	$1.60_{cd}^{A} \pm 0.51$	$2.85_{f}^{B} \pm 0.36$	$3.60_{d}^{C} \pm 0.50$	$3.20_{ef}^{BC} \pm 0.41$	$3.10_{e}^{BC} \pm 0.31$
20	$1.40_{c}^{A} \pm 0.50$	$2.15_{e}^{B} \pm 0.36$	$3.90_{e}^{D} \pm 0.44$	$3.00_{de}^{C} \pm 0.00$	$2.80_{d}^{C} \pm 0.41$
22	$1.10_{b}^{A} \pm 0.31$	$1.85_{d}^{B} \pm 0.49$	$3.60_{d}^{E} \pm 0.50$	$2.85_{d}^{D} \pm 0.36$	$2.50_{c}^{C} \pm 0.51$
24	-	$1.40_{c}^{A} \pm 0.50$	$3.30_{c}^{D} \pm 0.47$	$2.60_{c}^{C} \pm 0.50$	$2.00_{b}^{B} \pm 0.32$
26	-	$0.95_{b}^{A} \pm 0.22$	$3.10_{bc}^{D} \pm 0.31$	$2.20_{b}^{C} \pm 0.41$	$1.75_{b}^{B} \pm 0.44$
28	-	-	$3.00_{a}^{C} \pm 0.32$	$1.90_{a}^{B} \pm 0.44$	$1.30_{a}^{A} \pm 0.47$

ตารางผนวกที่ ก - 8 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0^{NS}	5.00_{k} ± 0.00	5.00_{j}± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00
2	4.50_{k}^{A} ± 0.51	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{i}^{B} ± 0.00	5.00_{i}^{B} ± 0.00	5.00_{i}^{B} ± 0.00
4	4.40_{j}^{A} ± 0.50	4.60_{i}^{AB} ± 0.50	4.95_{hi}^{D} ± 0.22	4.80_{hi}^{CD} ± 0.41	4.83_{hi}^{CD} ± 0.37
6	3.65_{i}^{A} ± 0.49	4.40_{i}^{B} ± 0.50	4.85_{hi}^{C} ± 0.37	4.70_{h}^{BC} ± 0.47	4.60_{gh}^{BC} ± 0.50
8	3.30_{h}^{A} ± 0.47	4.10_{h}^{B} ± 0.31	4.70_{gh}^{C} ± 0.47	4.30_{g}^{B} ± 0.57	4.35_{fg}^{B} ± 0.49
10	3.10_{h}^{A} ± 0.31	3.80_{g}^{B} ± 0.41	4.50_{fg}^{D} ± 0.51	3.95_{f}^{C} ± 0.22	4.10_{f}^{C} ± 0.31
12	2.70_{g}^{A} ± 0.47	3.60_{g}^{B} ± 0.50	4.30_{f}^{D} ± 0.47	3.70_{c}^{C} ± 0.47	3.80_{e}^{BC} ± 0.52
14	2.40_{f}^{A} ± 0.590	3.30_{f}^{B} ± 0.47	4.05_{e}^{D} ± 0.22	3.55_{de}^{C} ± 0.51	3.60_{de}^{C} ± 0.50
16	2.15_{e}^{A} ± 0.36	3.10_{f}^{B} ± 0.31	3.80_{d}^{D} ± 0.41	3.40_{d}^{C} ± 0.50	3.40_{c}^{C} ± 0.50
18	1.70_{d}^{A} ± 0.47	2.80_{e}^{B} ± 0.41	3.60_{d}^{D} ± 0.50	3.10_{c}^{C} ± 0.31	3.40_{c}^{C} ± 0.50
20	1.40_{c}^{A} ± 0.50	2.20_{d}^{B} ± 0.41	3.20_{c}^{D} ± 0.52	2.90_{c}^{C} ± 0.44	3.00_{c}^{C} ± 0.32
22	1.10_{b}^{A} ± 0.31	1.90_{c}^{B} ± 0.44	3.25_{c}^{D} ± 0.44	2.60_{b}^{C} ± 0.50	2.80_{c}^{C} ± 0.41
24	0.95_{b}^{A} ± 0.22	1.60_{b}^{B} ± 0.50	2.95_{b}^{D} ± 0.22	2.30_{a}^{C} ± 0.47	2.50_{b}^{C} ± 0.51
26	0.05_{a}^{A} ± 0.22	1.00_{a}^{B} ± 0.00	2.80_{ab}^{D} ± 0.41	2.10_{a}^{C} ± 0.31	2.10_{a}^{C} ± 0.44
28	-	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.60_{a}^{C} ± 0.50	1.90_{a}^{B} ± 0.44	2.00_{C}^{B} ± 0.00

ตารางผนวกที่ ก - 8 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	TCC	TOC	T4	T6	T8
0^{NS}	5.00_{k} ± 0.00	5.00_{l} ± 0.00	5.00_{g} ± 0.00	5.00_{h} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00
2	4.60_{j}^{A} ± 0.50	5.00_{i}^{B} ± 0.00	5.00_{g}^{B} ± 0.00	5.00_{h}^{B} ± 0.00	5.00_{j}^{B} ± 0.00
4	4.20_{i}^{A} ± 0.41	4.60_{h}^{B} ± 0.50	5.00_{h}^{C} ± 0.48	4.80_{h}^{B} ± 0.41	4.70_{i}^{B} ± 0.47
6	3.90_{h}^{A} ± 0.31	4.40_{gh}^{B} ± 050	4.80_{gh}^{C} ± 0.41	4.80_{h}^{C} ± 0.51	4.60_{i}^{BC} ± 0.48
8	3.20_{g}^{A} ± 0.52	4.20_{g}^{B} ± 0.41	4.80_{g}^{C} ± 0.41	4.50_{g}^{B} ± 0.51	4.50_{i}^{BC} ± 0.51
10	2.90_{f}^{A} ± 0.44	3.70_{f}^{B} ± 0.57	4.50_{f}^{D} ± 0.51	4.20_{f}^{CD} ± 0.52	4.10_{h}^{C} ± 0.31
12	2.45_{e}^{A} ± 0.51	3.40_{e}^{B} ± 0.50	4.30_{ef}^{D} ± 0.47	4.00_{f}^{C} ± 0.00	3.80_{g}^{C} ± 0.41
14	2.025_{d}^{A} ± 0.11	3.35_{e}^{B} ± 0.49	4.10_{e}^{D} ± 0.31	3.70_{e}^{C} ± 0.47	3.65_{fg}^{C} ± 0.49
16	1.90_{d}^{A} ± 0.31	2.95_{d}^{B} ± 0.22	3.80_{d}^{D} ± 0.41	3.50_{e}^{C} ± 0.51	3.40_{f}^{C} ± 0.50
18	1.50_{c}^{A} ± 0.51	2.85_{d}^{B} ± 036	3.60_{d}^{D} ± 0.50	3.20_{d}^{C} ± 0.52	3.10_{e}^{BC} ± 0.31
20	1.30_{c}^{A} ± 0.47	2.30_{c}^{B} ± 0.47	3.40_{cd}^{D} ± 0.50	2.95_{c}^{C} ± 0.22	2.85_{de}^{C} ± 0.36
22	1.05_{b}^{A} ± 0.22	2.10_{c}^{B} ± 0.31	3.15_{c}^{D} ± 0.36	2.75_{c}^{C} ± 0.44	2.65_{d}^{C} ± 0.41
24	1.00_{b}^{A} ± 0.00	1.60_{b}^{B} ± 0.50	2.95_{bc}^{D} ± 0.22	2.40_{b}^{C} ± 0.50	2.30_{c}^{C} ± 0.47
26	-	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.80_{ab}^{D} ± 0.41	2.30_{b}^{C} ± 0.47	1.95_{b}^{B} ± 0.22
28	-	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.60_{a}^{D} ± 0.50	2.05_{a}^{C} ± 0.22	1.50_{a}^{B} ± 0.51

หมายเหตุ :

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TOC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
T4 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 60% N_2
T6 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 40% N_2
T8 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 15% N_2 : 5% O_2

ภาคผนวก ข

ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ข - 1 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
ลักษณะปรากฏ	5	เนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงาเล็กน้อย มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ
	4	เนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ ไม่เป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้ปานกลาง
	3	เนื้อสีขาวอมส้มปานกลาง ไม่เป็นมันเงาและด้าน ยังไม่มีสีผิดปกติอื่น ๆ ปรากฏ มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้เล็กน้อย
	2	เนื้อสีขาวอมส้มปานกลางและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติเล็กน้อย เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงินจางๆ จุดสีส้มบริเวณข้อซีดจาง
	1	เนื้อสีขาวอมส้มและด้าน เนื้อบางบริเวณมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน จุดสีส้มบริเวณข้อซีดจาง

ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
กลิ่น	5	กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน กลิ่นสารเคมีจางๆ
	4	ไม่มีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นสารเคมีจางๆ แต่ยังไม่มีกลิ่นผิดปกติอื่น
	3	กลิ่นสารเคมีจางๆ เริ่มมีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ เล็กน้อย เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว
	2	ไม่มีกลิ่นสารเคมี กลิ่นผิดปกติอื่นๆ ปานกลาง เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นเหม็นเน่า
	1	กลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง
เนื้อสัมผัส	5	ยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง
	4	ยืดหยุ่นดี ไม่แข็ง
	3	ยืดหยุ่นปานกลาง ไม่แข็ง
	2	ไม่ยืดหยุ่น เริ่มนิ่ม
	1	นิ่มเละ และเป็นเมือก
รสชาติ	5	รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งชัดเจน และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	4	รสหวานเล็กน้อย และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	3	จืดและไม่มีรสชาติ และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	2	รสเปรี้ยวเล็กน้อย และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	1	รสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว

ที่มา : (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557)

ประวัติผู้วิจัย

1. ผู้วิจัยหลัก

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) น.ส. สวามินี ธีระวุฒิ
   (ภาษาอังกฤษ) Miss Savaminee Teerawut
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยบูรพา
   โทรศัพท์ +66-38-745900 ภายใน 3093
   โทรสาร +66-38-393491
4. ประวัติการศึกษา

2004-2007	Ph.D. Fishery Products	(Kasetsart University)
2000-2003	M.S. Fishery Products	(Kasetsart University)
1996-1999	B.S. Fishery Science	(Kasetsart University)

5. สาขาวิชาการที่ความชำนาญ
   Fishery Post-harvest, Seafood Nutrition, Fishery Processing
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
   - *ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์แล้ว*

นงนุช รักสกุลไทย, สวามินี ธีระวุฒิ และมยุรี จัยวัฒน์. (2549). การเก็บรักษาปูนิ่มหลังการเก็บเกี่ยว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37 (2):* 270-274.

มยุรี จัยวัฒน์, สวามินี ธีระวุฒิ และนงนุช รักสกุลไทย. (2549). ดัชนีวัดความสดของปูนิ่ม. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37 (2):* 275-280.

สวามินี ธีระวุฒิ, นงนุช รักสกุลไทยและมยุรี จัยวัฒน์. (2549). การดูแลรักษาปูนิ่มหลังการเก็บเกี่ยว: เอนไซม์โปรติเอสในปูนิ่ม. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37 (5):* 317-320.

สวามินี ธีระวุฒิ อัครพล นางแล และราตรี คำหอม. (2556). การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สดแกะเปลือกด้วยการแช่สารละลายผสมร่วมกับการแช่เย็น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 19(1),* 119-130.

สวามินี ธีระวุฒิ รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น และโสภาวดี เมืองฮาม. (2557). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพทางกายภาพและจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือก. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 42(3),* 551-560.

Teerawut, S. (2013). Perspective of Post-Harvest Technology for Fresh Seafood. *วารสารวิทยาศาสตร์ ม.อุบลฯ ฉบับพิเศษ. 3*, 41-57.

Kusuma, B. & Teerawut, S. (2014). Shelf-life extension of pre-cooked shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by oregano essential oil during refrigerated storage. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 6*, 71-77.

Teerawut, S., Raksakulthai, N. and Chaiyawat, M. (2006). *Post-harvest of Soft-Shell Crab: Partial Characterization of Proteases*. *In*: Proceeding of the JSPS-NRCT International Symposium Joint Seminar. Kasetsart University, Thailand.

Teerawut, S. & Pratumchart, B. (2014). Effect of EDTA on physical and sensory properties of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during ice storage. *Thammasat International Journal of Science and Technology. 19(1)*, 72-82.

- *งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว* :

1. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือกโดยการดัดแปรสภาวะการเก็บรักษา : การแช่ในสารละลายผสม (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553)
2. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือกโดยการดัดแปรสภาวะการเก็บรักษา ปีที่ 2: การปรับสภาวะบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554)
3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน ปีที่ 1 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554)
4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน ปีที่ 2 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555)
5. การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)
6. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)

2. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน
(ภาษาอังกฤษ) Mr Patiyut Kwunon
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ที่อยู่ 43 หมู่ 6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110
โทรศัพท์ +66-38-358137 ภายใน 1670
โทรสาร +66-38-341808-9
4. ประวัติการศึกษา

2543 วท.ม.(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ประเทศไทย

2536 วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ประเทศไทย

5. สาขาวิชาการที่ความชำนาญ
- สถิติ วัตถุเจือปนอาหาร และผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
- *งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว* :

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูแผ่นปรุงรสสมุนไพร (รายได้ประจำปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปี พ.ศ. 2552)
2. การพัฒนาแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากเปลือกแก้วมังกร (งบประมาณประจำปี 2552 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล)
3. การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนเพื่อการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภคได้ (งบประมาณประจำปี 2552 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล)
4. การใช้สารสีจากการหมักของราแดงทดแทนสารไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์แหนม (งบประมาณประจำปี 2552 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล)
5. การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)
6. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)