รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประยุกต์ใช้การเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลและการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่ต้ม: การเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล

Application of Thymol Essential oil Alginate-based Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked Green Mussel: Thymol Essential oil Alginate-based Coating

สวามินี ธีระวุฒิ
ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2561A10802269
สัญญาเลขที่ 13/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การประยุกต์ใช้การเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลและการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่ต้ม: การเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล
Application of Thymol Essential oil Alginate-based Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked Green Mussel: Thymol Essential oil Alginate-based Coating

สวามินี ธีระวุฒิ
ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

กันยายน พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 13/2561

บทคัดย่อ

ระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล มี 4 ลักษณะ คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่คะแนนน้อยกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลและการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลแตกต่างกัน 2 แบบ ได้แก่ TTM01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%) และ TTM05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%) เปรียบเทียบกับเนื้อหอยแมลงภู่ที่ไม่เคลือบ (TCC) และเคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002% (TAC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน พบว่า เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล TTM05 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TVB-N และ TMA-N) คุณภาพคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ TTM01, TAC และ TCC ตามลำดับ นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการผลิตอาหารและการยอมรับด้านประสาทสัมผัสถึงจุดสิ้นสุด (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน) ร่วมกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) ทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ โดย TTM05 และ TTM01 เก็บรักษาได้ 14 และ 10 วัน ตามลำดับ ขณะที่ TAC เก็บรักษาได้ 6 วัน ส่วน TCC เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาสั้นที่สุดคือ 4 วัน

Abstract

A trained descriptive analysis panels were evaluated sensory attributes for cooked green mussel (*Perna viridis*) coated with a thymol essential oil alginate based coating. There was 4 attributes as appearance, odor, flavor and texture for sensory acceptance. While odor attributes could use to be shelf life of cooked green mussel coated with a thymol essential oil alginate based coating. The effect of thymol essential oil alginate-based coating on the quality changes of cooked green mussel during refrigerated storage of 18 days was investigated. The coated samples with alginate–based coating incorporated with 0.1% thymol essential oil (TTM01) and 0.5% thymol essential oil (TTM05) (v/v) compared to coated samples with alginate–based coating (TAC) and uncoated (TCC) during refrigerated storage of 18 days was investigated. TTM05 was the most effectively retarded chemical (TVB-N and TMA-N), microbiological quality (total plate count) and sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked green mussel followed by TTM01, TAC and TCC, respectively. In addition, cooked green mussel coated with thymol essential oil alginate-based coating at all sample secure for growth of pathogenic microorganisms (Coliform bacteria and E. coli) as well. Considering the shelf life of product by the sensorial quality, that is important to consider for human food and adoption on the sensorial qualities loss (odor scores were less than 3 points) and the microbiology quality loss (total plate count was not exceeded 6 log CFU/g) so the shelf life of TTM05 and TTM01 were 14, and 10 days respectively. The TAC was shelf life by 6 days, while the shelf life of TCC was only 4 days.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญตาราง..... จ

สารบัญภาพ..... ฉ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 3

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 12

4 ผลการวิจัย..... 17

5 อภิปรายผลการวิจัย..... 29

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 40

เอกสารอ้างอิง..... 41

ภาคผนวก..... 47

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 48

ประวัติผู้วิจัย..... 56

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2 - 1 การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม 5

2 - 2 การเปรียบเทียบปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ 5

4 - 1 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยสุกเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 17

ตารางผนวกที่

ก - 1 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม น้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 49

ก - 2 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม น้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 50

ก - 3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 51

ก - 4 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลาย ผสมอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 52

ก - 5 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 53

ก - 6 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 54

ก - 7 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 55

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 โครงสร้างของอัลจิเนต (alginate) ชนิดต่างๆ..... 4

4 - 1 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 20

4 - 2 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 21

4 - 3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 22

4 - 4 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 24

4 - 5 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 25

4 - 6 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 26

4 - 7 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 28

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ประสบความสำเร็จในด้านการพัฒนาการประมงจนสามารถติดอันดับหนึ่งในสิบของโลกที่มีผลผลิตสูง และยังติดอันดับต้นๆ ของผู้ส่งออกสินค้าประมง ปี 2555 – 2556 มูลค่าสินค้าสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำไม่ต่ำกว่า 2,000,000 ล้านบาท ซึ่งหนึ่งในสัตว์น้ำที่มีความสำคัญก็คือ หอยแมลงภู่ ที่ผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศนับวันจะเพิ่มปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้น โดยมูลค่าของหอยแมลงภู่สามารถสร้างรายได้ให้ประเทศไทยในปี 2555-2556 ไม่น้อยกว่า 560 ล้านบาท อีกทั้งหอยแมลงภู่นั้นมีรสชาติอร่อย ราคาไม่สูงมาก และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายหลายชนิด ได้แก่ กรดอะมิโน Lysine ช่วยเสริมสมาธิ ช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน กรดอะมิโน Leucine ช่วยกระตุ้นการทำงานของสมอง เพิ่มพลังให้กล้ามเนื้อและช่วยให้เซลล์ประสาทแข็งแรงขึ้น (เอิร์ล มินเดลล์, 2554) เป็นต้น นอกจากนี้ในหอยแมลงภู่ยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สำคัญ ได้แก่ DHA ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์สมอง ช่วยบำรุงสมอง EPA ช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ และเพิ่มปริมาณ HDL ในเลือดได้เป็นอย่างดี (ณัฐวัฒน์ เอกธีรเศรษฐ์, 2550)

หอยแมลงภู่นั้นสามารถนำมาประกอบอาหารรวมทั้งการถนอมอาหารในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและเพิ่มอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น โดยการแปรรูปเบื้องต้น ได้แก่ หอยแมลงภู่ต้มแช่เย็น หอยแมลงภู่ต้มแช่แข็ง ไปจนถึงกระบวนการแปรรูปจนได้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน เช่น หอยแมลงภู่ตากแห้งปรุงรส หอยแมลงภู่รมควัน หอยแมลงภู่ดอง อย่างไรตามผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปดังกล่าวรสชาติและลักษะเนื้อสัมผัสแตกต่างจากเนื้อหอยแมลงภู่ต้มโดยทั่วไป ขณะเดียวกันการจำหน่ายหอยแมลงภู่ต้มแช่เย็นเพื่อการบริโภคเองภายในประเทศและการจัดเตรียมคุณภาพของวัตถุดิบหอยแมลงภู่สำหรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกยังคงพบปัญหาเนื่องจากหอยแมลงภู่มีการเน่าเสียอย่างรวดเร็วเนื่องจากการย่อยสลายตัวเองของเอนไซม์ การเน่าเสียจากจุลินทรีย์ และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา และเนื่องจากสภาพการใช้ชีวิตในปัจจุบันของผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่ต้มเป็นที่นิยมมากขึ้นโดยความร้อนจากการต้มช่วยทำลายเอนไซม์และจุลินทรีย์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเน่าเสียของหอยได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามการต้มนั้นช่วยชะลอการเน่าเสียได้เพียงเล็กน้อยเพราะยังมีจุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อนเหลืออยู่จึงต้องมีวิธีการอื่น ๆ ช่วยเพื่อทำให้เนื้อหอยแมลงภู่ต้มมีอายุการเก็บรักษาได้

นานขึ้น ดังนั้นการประยุกต์ใช้การเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่ต้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่ต้มให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียในสัตว์น้ำได้ เนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีสารประกอบ carvacrol และ thymol ที่มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ได้หลายชนิดและยังเป็นสารถนอมอาหารตามธรรมชาติ (เบญจา ชุตินทราศรี, 2554) ยังสามารถสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน ทำให้เอื้อประโยชน์ทางการค้า ลดการสูญเสียผลผลิต เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกรวมถึงจำหน่ายภายในและต่างประเทศของอุตสาหกรรมการแปรรูปหอยแมลงภู่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล และผลของการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ต้มเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่ต้มให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลจากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม จากนั้นศึกษาการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ต้มโดยนำเนื้อหอยต้มมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จากนั้น นำเนื้อหอยต้มมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสเริ่มต้นและหลังเก็บรักษาทุก 2 วัน เป็นระยะเวลานาน 18 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน หรือผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล
2. ทราบความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลในการนำมาเคลือบบนเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. หอยแมลงภู่

1.1 ชีววิทยาของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่เป็นหอยที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ สำหรับหอยแมลงภู่ที่พบในเมืองไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Perna viridis* Linneaus มีชื่อสามัญว่า Green mussel จัดไว้ในอนุกรมวิธานดังนี้ (Vaught, 1989 อ้างถึงใน คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544)

Phylum : Mollusca

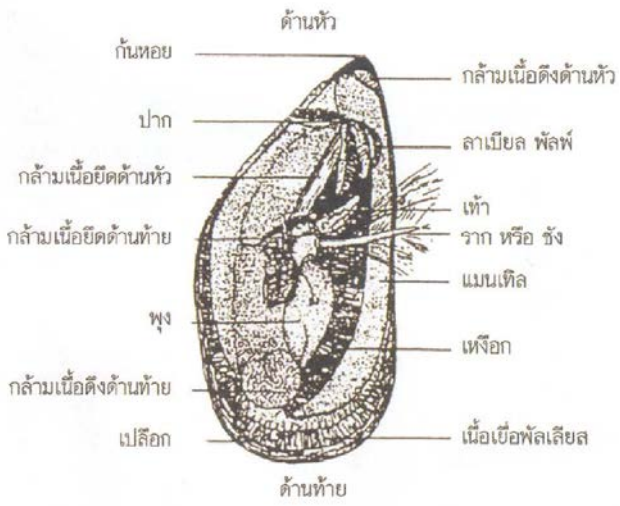
Class : Bivalvia หรือ Pelecypoda

Subclass : Pteriomorphia

Order : Mytiloida

Family : Mytilidae

ลักษณะทั่วไปของหอยแมลงภู่ เป็นหอย 2 ฝา ที่มีขนาดและลักษณะเหมือนกันทั้ง 2 ฝา ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ส่วนของเปลือกซึ่งยาวรีรูปไข่ ด้านหน้าแหลม ท้ายป้าน อัมโบอยู่ปลายหน้าสุด ฟันที่บานพับมีขนาดเล็กมี 1 - 2 ซี่ หรือไม่มีเลย ผิวด้านนอกของเปลือกเรียบมีสีเขียวเข้ม หรือสีน้ำตาลไหม้ ด้านในเป็นสีมุก ขอบของแมนเทิลซ้ายและขวาเชื่อมกันที่ตอนท้ายตัว ส่วนที่สอง คือ เนื้อหอยประกอบด้วยเยื่อหุ้มลำตัว (mantle) ซึ่งอยู่ติดกับฝาทั้งสองข้าง ส่วนพุง (visceral mass) ส่วนของเท้า (foot) ซึ่งมีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับหอยชนิดอื่น และมีรากหรือซัง (byssus) ซึ่งเป็นเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาล เหนียว เกิดจากสารประกอบของควินโนนแทน -โปรตีน (guinone tanned protein) เส้นใยดังกล่าวอยู่บริเวณฐานของเท้าซึ่งหอยใช้สำหรับยึดเกาะกับเสาไม้ หิน หรือวัสดุอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ นอกจากนี้มีเหงือกขนาดใหญ่ดังแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 อวัยวะภายในส่วนต่าง ๆ ของหอยแมลงภู่
ที่มา : Quayle and Newkirk, 1989

1.2 การกินอาหารและการปนเปื้อนแบคทีเรีย

การกินอาหารของหอยแมลงภู่ส่วนใหญ่ได้จากการกรองกิน เนื่องจากเป็นสัตว์ที่อยู่กับที่ และอวัยวะที่ใช้ในการกรองคือเหงือก จากลักษณะดังกล่าวจะทำให้มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่กินเข้าไป อาหารที่ผ่านการกรองจะไหลเข้าไปในช่องแมนเทิล (mantle cavity) อาหารที่มีขนาดใหญ่จนเกินไปจะตกลงในตอนล่างของช่องแมนเทิลและถูกขับออกทางท่อน้ำออก ส่วนที่มีขนาดเล็กจะมีเมือกมาปกคลุม และมีขนเล็ก ๆ คอยโบกพัดให้อาหารเหล่านั้นเข้าไปสู่ทางเดินอาหารต่อไป นอกจากลักษณะการกินอาหารที่ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียแล้วยังพบว่าภายในตัวหอยแมลงภู่ยังมีปริมาณของสารอาหาร และสภาพของเหลวในร่างกายที่เหมาะสมกับการเจริญและอาศัยอยู่ของแบคทีเรีย (กรมประมง, 2536; Quayle and Newkirk, 1989)

1.3 การเลี้ยงหอยแมลงภู่

ปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงหอยแมลงภู่ คือพื้นที่และสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยแมลงภู่ นั้น ควรเป็นแหล่งน้ำที่มีพันธุ์หอยแมลงภู่ตามธรรมชาติอยู่ในปริมาณมาก หรือสามารถหาพันธุ์หอยแมลงภู่ได้อย่างเพียงพอ และแหล่งน้ำที่เลี้ยงต้องสามารถคงสภาพความเค็มอยู่ได้เป็นระยะเวลานานประมาณ 7 - 9 เดือนในรอบ 1 ปี ซึ่งไม่มีอิทธิพลของกระแสน้ำจืดเข้าท่วมในฤดูฝน ปลอดภัยจากกระแสน้ำและคลื่นลมแรง อยู่ไกลจากแหล่งมลพิษ โดยควรเป็นแหล่งน้ำตื้นชายฝั่งซึ่งมีความลึกประมาณ 3 - 10 เมตร สภาพดินเป็นโคลนหรืออาจเป็นโคลนปนทราย

มีกระแสน้ำไหลผ่าน ทำให้มีอาหารหรือแพลงก์ตอนอุดมสมบูรณ์ และควรคำนึงถึงการคมนาคมที่สะดวกด้วย

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม พบว่าปริมาณเกลือแร่ในตัวหอยแมลงภู่มีสัดส่วนค่อนข้างสูง ดังตารางที่ 2-1 ขณะที่ปริมาณเกลือแร่และวิตามินที่พบในหอยแมลงภู่เมื่อเทียบกับหอยนางรมมีค่าดังแสดงในตารางที่ 2-2 และสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช.] (2550) ได้รายงานว่าในหอยแมลงภู่สดมีโปรตีนประมาณ 11.90 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.24 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 80.58 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.59 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 3.69 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม

ประเภทอาหาร	โปรตีน (%)	เกลือแร่ (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	น้ำ (%)
หอยนางรม	10.0	1.0-2.0	1.0-2.0	4.0	82.0
หอยแมลงภู่	12.0	1.3-1.9	1.4	4.0	87.7
ไข่	13.0	0.4	12.0	0.6	74.0
นม	2.3	0.7	4.0	5.0	88.0

ที่มา : ทรงชัย สหวัชรินทร์ (2536)

ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด)

ชนิดของแร่ธาตุ	หอยนางรม	หอยแมลงภู่
แคลเซียม	370.00 - 1,790.00	48.00 - 1,400.00
เหล็ก	2.50 - 55.00	48.00 - 188.00
โพแทสเซียม	910.00 - 2,000.00	1,130.00
ฟอสฟอรัส	100.00 - 2,350.00	550.00 - 2,500.00
แมกนีเซียม	200.00 - 900.00	1,170.00
ไอโอดีน	0.20 - 4.00	1.50
วิตามิน C	8.00	17.00
วิตามิน B1	0.30	-
วิตามิน B2	0.15	-

ที่มา : ทรงชัย สหวัชรินทร์ (2536)

1.5 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ซึ่งผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศนับวัน จะเพิ่มปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้น โดยในปี 2555 สามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 640.9 ล้านบาท จากปริมาณการผลิต 103,200 ตัน ซึ่งหอยแมลงภู่ที่ซื้อขายกันในตลาดทั่วไปปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้จากแหล่งเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดชายฝั่งทะเล ทั้งบริเวณชายฝั่งของอ่าวไทยตอนนอก ชายฝั่งภาคตะวันออกและภาคใต้ โดยในปี 2555 จังหวัดในพื้นที่ชายฝั่งภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราดมีปริมาณการผลิต 25,970 ตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 60 ล้านบาท การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่เฉพาะในเขตจังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณการผลิต 16,064 ตัน จำนวนฟาร์ม 351 ฟาร์ม เนื้อที่ 764 ไร่ มูลค่ากว่า 3 ล้านบาท ในปัจจุบันหอยแมลงภู่ มีราคาเฉลี่ยอยู่ที่กิโลกรัมละ 30 - 40 บาท ขึ้นอยู่กับขนาด (กรมประมง, 2555) ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยจะสามารถส่งออกหอยแมลงภู่จึงยังคงมีอยู่สูง (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2557) อีกทั้งข้อได้เปรียบในเรื่องของลักษณะภูมิประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีแนวชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 2,600 กิโลเมตร ติดต่อกับทะเลจีนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก และทะเลอันดามันของมหาสมุทรอินเดีย ทะเลของภาคตะวันออกประกอบด้วยป่าชายเลน 470 ตารางกิโลเมตร ส่วนในฝั่งทะเลทางฝั่งตะวันตกมีป่าชายเลนปกคลุมเป็นพื้นที่ 1,917 ตารางกิโลเมตร ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุอาหารอินทรีย์และอนินทรีย์สารซึ่งเหมาะแก่การอยู่อาศัยและดำรงชีวิตของสัตว์น้ำนานาชนิด รวมทั้งพวกหอยที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งรวมทั้งแมลงภู่ด้วย จากสาเหตุดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตหอยแมลงภู่ได้เป็นอย่างดี

2 คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

คุณภาพโดยรวมของสัตว์น้ำ เป็นที่ยอมรับทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอยู่แล้ว การปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์และการทำลายโดยเอนไซม์ เป็นผลให้รสชาติ เนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง จนไม่เป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และอุณหภูมิการเก็บรักษา

หอยแมลงภู่เมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด โดยทันทีที่หอยตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา อันมีผลต่อคุณภาพของหอยเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen;

NPN) โดยในส่วนของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์คาเทปซิน (cathepsin) ทริพซิน (trypsin) เปปซิน (pepsin) และคอลลาจีเนส (collagenase) ซึ่งจะย่อยโปรตีนได้โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำ และกรดอะมิโนอิสระ ทำให้โครงสร้างมีลักษณะหลวมและอ่อนตัว มีผลลดการยอมรับของสัตว์น้ำ นอกจากนี้สารประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์, 2531; สุทธวัฒน์, 2548) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า TVB-N เป็นดัชนีวัดการเน่า เสียโดยวัดปริมาณด่างระเหยไดทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรียที่ทำให้สัตว์น้ำเน่าเสีย เกิดเป็น trimethyl amine (TMA), dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย (NH_3) (Banks et al., 1980) นอกจากนี้ ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ glycolysis การสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ ซึ่งรวมถึงการสลายตัวของ adenosine triphosphate (ATP degradation) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า K เป็นดัชนีวัดการเนาเสียโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารสารประกอบนิวคลีโอไทด์ จาก ATP เป็น adenosine diphosphate (ADP), adenosine monophosphate (AMP), inosine monophosphate (IMP), inosine (HXR), hypoxanthin (HX) (Botta, 1995)

การเน่าเสียจากจุลินทรีย์รวมถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำเช่นกัน โดยแหล่งของการปนเปื้อน (source of contamination) ได้แก่ สภาวะแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ เช่น แหล่งน้ำ อุณหภูมิ การปนเปื้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์ในการจับสัตว์ การปนเปื้อนในขั้นตอนขนส่ง และแปรรูป รวมถึงการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย (Huss et al., 1997) การปนเปื้อนจะพบ ในปริมาณสูงจากปลาที่มาจากกระแสน้ำอุ่น หรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด โดยเฉพาะในหอย (mollusk) ซึ่งกินอาหารโดยการกรองจะพบแบคทีเรียและไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคในปริมาณสูง กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่พบบ่อยในหอยได้แก่ กลุ่ม Staphylococcus, กลุ่ม Salmonella, กลุ่ม Vibrio และกลุ่ม Coliform โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้บริโภครับประทานหอยแมลงภู่ที่ไม่สด ซึ่งมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ดังกล่าว ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง อาหารเป็นพิษ และยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสโลหิตได้อีกด้วย

3 การชะลอการเสื่อมคุณภาพและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของหอยแมลงภู่

เนื่องจากหอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูงจึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่หอยตาย ทำให้หอยมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่น และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่า ทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และความสะดวกต่อการบริโภค ทำให้ปัจจุบัน

มีการผลิตอาหารแปรรูปที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมปรุงมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

การใช้ความร้อนช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ และยังช่วยหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ระดับเป็นการใช้ความร้อน ในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนสูงกว่าจุดเดือด คือการใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด เป็นการใช้ความร้อนเพื่อการทำลายจุลินทรีย์บางส่วนในอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เรียกการใช้ความร้อนในระดับนี้ว่า การพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารยาวนานขึ้น และรักษารสชาติของอาหารให้เหมือนรสชาติดั้งเดิม ผลิตภัณฑ์เนื้อที่นิยมใช้ความร้อนระดับนี้ ได้แก่ แฮม เบคอน และไส้กรอก เป็นต้น โดยทั่วไปมักให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 65 - 75 องศาเซลเซียส นอกจากความร้อนจะช่วยทำลายจุลินทรีย์แล้วยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่นและมีความคงตัวด้วย

3.2 การใช้น้ำมันหอมระเหยไทมอล

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืชเป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย 2 ขบวนการ คือ การเผาผลาญ (catabolism) และการสร้าง (anabolism) ปริมาณและคุณภาพน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิคและวิธีการสกัดและการกลั่นใส ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยกลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์เพิ่มขึ้น และมีบทบาทอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม ทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอีกมากมายที่กล่าวถึงประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งมีทั้งความสามารถในการบำบัดอาการต่างๆ ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง (Sanjay & Subir, 2000) ต้านเชื้อปรสิตหรือเชื้อราที่ก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ (Apisariyakul et al, 1995) โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของสารประกอบเคมีในน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งในปัจจุบันได้มีผู้บริโภคให้ความสนใจกันเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถนำน้ำมันหอมระเหยมาประยุกต์และปรับปรุงในการยับยั้งการเสื่อมเสียของอาหารได้

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยนั้นค่อนข้างซับซ้อน และสามารถแบ่งน้ำมันหอมระเหยตามชนิดขององค์ประกอบใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1) hydrocarbon volatile oils ได้แก่ limonene ซึ่งพบได้ในน้ำมันจากมินต์ ส้มกระวาน 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 น้ำมันกานพลู, 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)

ความสามารถของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย เกิดจากการทำลาย peptidoglycan ของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย โดย peptidoglycan ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของน้ำตาล 2 ชนิด (NAM และ NAG) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ ซึ่งสารประกอบฟีนอลเข้าไปทำลายโครงสร้างของ peptidoglycan ในส่วนที่เป็นพันธะเปปไทด์สายสั้นๆ โดยกลุ่มไฮดรอกซิล (OH) จะจับกับกรดอะมิโนแล้วเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ทำให้โครงสร้างของ peptidoglycan ขาดออกจากกัน เกิดช่องว่างที่ผนังเซลล์ มีผลให้ไม่สามารถป้องกันของเหลวหรือองค์ประกอบภายในเซลล์ของแบคทีเรียได้ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหย ยังมีผลในการทำลาย phospholipids ประมาณร้อยละ 60-70 ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้ม cytoplasm ไว้ สารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยจะเข้าทำปฏิกิริยาที่หมู่ R ในส่วนของไขมัน (ไม่มีขั้ว) ส่งผลให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เสียรูปร่างและทำงานไม่ได้ นอกจากนี้ยังไปกระตุ้นหมู่ฟอสเฟตทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระทำให้โครงสร้างของเซลล์แบคทีเรียไม่เสถียร

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Dorman and Deans (2000) พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก thyme มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย 25 ชนิดที่ก่อโรคในสัตว์และพืช รวมทั้งเชื้อที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียและสร้างสารพิษ ส่วน Chamanara, Shabanpour,

Gorgin and Khomeiri (2012) ศึกษาคุณภาพของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ที่เคลือบด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยไทมอล เป็นระยะเวลา 15 วัน เก็บรักษาในตู้เย็น (5 ± 1 องศาเซลเซียส) การเก็บรักษาด้วย Cs (ไคโตซาน 2% w/ v), Cs + T (ไคโตซาน 2% w/ v และ น้ำมันหอมระเหยไทมอล 1% v/ v) และ C (ตัวอย่างควบคุมไม่เคลือบสารใด ๆ) องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยไทมอลซึ่งตรวจสอบโดยวิธี GC / MS พบว่าประกอบด้วย monoterpene phenols (ไทมอล และ carvacrol) และสารตั้งต้นของ monoterpene hydrocarbon เช่น y - terpinene และ oxygenated monoterpenes เช่น linalool ซึ่งคิดเป็น 86.79% ของน้ำมันหอมระเหยไทมอล ถูกระบุเป็นสารประกอบไทมอล (3.63%), carvacrol (21.89%), y - terpinen (2.05%) และ linalool (9.04%) นอกจากนี้การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสและเนื้อสัมผัส พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ที่เคลือบด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยไทมอล รสชาติไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Jouki, Yazdi, Mortazavi, Koocheki and Khazaei (2014) ที่มีการใช้ Quince seed mucilage film (QSMF) ร่วมกับการเคลือบด้วยน้ำมันออริกาโน (O) และน้ำมันไทมอล (T) ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) เก็บรักษาในตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลามากกว่า 18 วัน โดยนำเนื้อปลามาห่อด้วยฟิล์มที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 0, 1, 1.5 และ 2% และวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ Aerobic, Psychrotrophic, *Pseudomonas* spp., H_2S – producing bacteria, Lactic acid bacteria และ Enterobacteriaceae) คุณภาพทางเคมี (TBA, TVB-N และ TMA-N) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื้อปลาที่ห่อด้วยฟิล์มและไม่ได้เคลือบสารใด ๆ แบคทีเรียเจริญเร็วที่สุด ตามด้วยเนื้อปลาที่ห่อด้วยฟิล์มและเคลือบ 2% T มีจำนวนจุลินทรีย์, *Pseudomonas* spp. และ Enterobacteriaceae ต่ำที่สุด และเนื้อปลาที่ห่อด้วยฟิล์มและเคลือบ 2% O มีค่า TBA ต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมี carvacrol 81.85% ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ค่า TBA จึงมีค่าต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม MDA/ กิโลกรัม ตลอดการเก็บรักษา และมีค่า TVB - N, TMA - N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยา, TVB-N และTMA-N อาจใช้เป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงการเน่าเสียของเนื้อปลาได้ และการห่อฟิล์มเพียงอย่างเดียวช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ได้เพียง 2 วัน ในขณะที่เนื้อปลาที่ห่อด้วยฟิล์มและเคลือบ 1% O, 1.5% O, 2% O, 1% T, 1.5% T และ 2% T สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเทราท์ได้ 3, 5, 9, 6, 10 และ 11 วันตามลำดับ รวมทั้ง Abdollahzadeh, Rezaei and Hosseini (2014) ที่ได้ศึกษาสารต้านแบคทีเรียจากน้ำมันหอมระเหยไทมอล, ไนซิน สำหรับการควบคุมเชื้อ *Listeria monocytogenes* ในเนื้อปลาลิ่น (*Hypophthalmichthys molitrix*) บด โดยทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจากน้ำมันหอมระเหยอบเชย, ไทมอล, โรสแมรี่, หอมแดงและสารสกัดจากขมิ้น ด้วยเทคนิค disc diffusion พบว่าน้ำมัน

หอมระเหยไทมอลมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียสูง ตามด้วยอบเชย และโรสแมรี่ น้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.4%, 0.8% และ 1.2% ร่วมกับไนซิน 500 หรือ 1,000 IU/ g พบว่ามีคุณสมบัติต้านเชื้อ *L. monocytogenes* ที่ก่อให้เกิดโรคโรคลิสเทอริโอซิส และการใช้น้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ 0.8% และ 1.2% ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ชนิดนี้ได้ต่ำกว่า 2 log CFU/ g หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.8% และ 1.2% ร่วมกับไนซิน 500 หรือ 1,000 IU/ g ช่วยลดจำนวน *L. monocytogenes* ให้ต่ำกว่า 2 log CFU/ g หลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษา การต้านโรคลิสเทอริโอซิสของไนซินในเนื้อปลาปรุงสุกให้ผลดีกว่าในเนื้อปลาดิบ

จากงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียที่สำคัญของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 หอยแมลงภู่ที่ซื้อมาจากฟาร์มเลี้ยงหอยแมลงภู่บริเวณตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี โดยเลือกหอยแมลงภู่ที่มีขนาดจำนวน 25 - 28 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม

1.1.2 น้ำมันหอมระเหยไทมอล ชนิด food grade (บริษัท Changzhou Qi Di Chemical Co., Ltd., China)

1.1.3 ผงอัลจิเนต (Alginate powder) ชนิด Food grade (Yantai xinwang Seaweed Co.Ltd., Shangdong, China)

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มหอย

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3.2 ถุงพลาสติกบรรจุอาหาร (ขนาด 15x25 เซนติเมตร ความหนา 80 ไมครอน)

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1.4.1 เครื่องชั่ง 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) และปริมาณไตรเมทิล - เอมีน (TMA) ได้แก่ จาน Conway และ Auto pipet ตามวิธีของ Hasegawa (1987)

1.4.7 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.8 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.9 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1.5.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยทั้งหมด (TVB - N) และปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) ด้วยวิธี Conway microdiffusion method ตามวิธีของ Hasegawa (1987)

1.6 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.6.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

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

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

หอยแมลงภู่สดที่ซื้อจากฟาร์มใน ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี (ขนาด 25 - 28 ตัว ต่อ 1 กิโลกรัม) โดยบรรจุหอยแมลงภู่ใส่ในถุงพลาสติกทนความเย็นก่อนใส่ลงในกล่องสไตโรโฟม นำถุงพลาสติกที่มีหอยแมลงภู่บรรจุอยู่ใส่กล่องสไตโรโฟมที่มีอัตราส่วนหอยแมลงภู่ : น้ำแข็ง เป็น 1: 1.5 ปิดฝากล่องสไตโรโฟมแล้วนำไปใส่ในถังพลาสติกแล้วปิดฝาเพื่อป้องกันการสูญเสียความเย็นและป้องกันการเสียหายของตัวอย่าง จากนั้นขนส่งด้วยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการ แล้วนำหอยแมลงภู่มาล้างเปลือกให้สะอาด นำมาต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาให้ใช้กระชอนตักหอยแมลงภู่มาทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วแกะเอาแต่เนื้อหอย เนื้อหอยที่แกะได้ต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่ฉีกขาด (นำ byssus ออก) โดยใส่ถุงมือ และล้างเครื่องมือที่ใช้ให้สะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แล้วนำเนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่แกะได้มาตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการทดลอง ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile basic nitrogen: TVB-N) ตามวิธีของ Hasegawa (1987) คุณภาพของหมึกที่ใช้ผลิต ได้มีการกำหนดความสดโดยแสดงในรูปปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ต้องมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตัวอย่าง ตรวจวัดความเป็นกรดเบสตามวิธีของ AOAC (2000)

2.2 การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล

2.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

กำหนดเกณฑ์การตัดสินการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 มาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.05% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% เป็นเวลา 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายน้ำมัน

หอมระเหย 1 นาที จากนั้นนำมาเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำไปกำหนดเกณฑ์การตัดสินการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยและฝึกฝนผู้ทดสอบ

2.2.2 การกำหนดเกณฑ์และการฝึกฝนผู้ทดสอบ

ให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่ที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard et al. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่ต้มในการทดลองต่อไป รวมถึงนำเกณฑ์ที่ได้ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบก่อนทดสอบจริง และเตรียมตัวอย่างมาตรฐานนี้ให้ผู้ทดสอบชิมทุกครั้งก่อนทดสอบผลิตภัณฑ์

2.3 ศึกษาผลของสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก

เคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เตรียมตามวิธีการในข้อ 2.1 ด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลในสารละลายอัลจิเนต 0.002% ที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลแตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)

TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

เคลือบเนื้อหอยแมลงภู่ต้มด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ในอัตราส่วนเนื้อหอยแมลงภู่: สารละลาย เป็น 1:4 (w/v) โดยใช้ระยะเวลาในการเคลือบนาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลาย 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย 0.002% $CaCl_2$ เป็นเวลาเท่ากับที่ใช้ในการเคลือบสารละลาย พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบในทุกขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่กำหนดไปบรรจุในถุงพลาสติกทนความเย็นและนำไปเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เมื่อทำการวิเคราะห์ให้สุ่มตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่

2.3.1 คุณภาพทางเคมี

นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (waring blender) เนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA) ด้วย Conway microdiffision method ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 18 วัน

2.3.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำเนื้อหอยแมลงภู่ต้มมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC) ตามวิธีของ AOAC (1995) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตามวิธีของ AOAC (1994) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 18 วัน

2.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยนำตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เก็บรักษาไว้มาใส่ในถ้วยสแตนเลสแล้วปิดด้วยกระดาษฟอยล์ จากนำไปนึ่งด้วยไอน้ำเดือด นาน 2 นาที แล้วนำเนื้อหอยแมลงภู่ที่ได้ใส่ลงในถ้วยพลาสติกเพื่อให้ผู้ทดสอบ 20 คน (ที่ผ่านการฝึกจากข้อ 2.2.2) ได้ทดสอบและให้คะแนนตัวอย่างในคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 2.2.2 และบันทึกคะแนนลงใบทดสอบ เมื่อเปลี่ยนตัวอย่างถัดไปให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิของน้ำใกล้เคียงอุณหภูมิห้องทุกครั้ง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน (ตัวอย่างถูกตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจนทราบผล ว่าตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐาน แล้วจึงมีการนำตัวอย่างในชุดการทดลองที่เตรียมไว้เฉพาะการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาให้ผู้ทดสอบดำเนินการทดสอบ หากมีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานไม่นำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 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 เพื่อทราบถึงความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลในการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่เหมาะสม

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

กำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพื่อเป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกไปเคลือบสาระลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.002% นาน 5 วินาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกไปตั้งบนตะแกรงนาน 1 นาที เพื่อให้สะเด็ดสารละลายที่ใช้เคลือบ แล้วน้ำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลาย $CaCl_2$ นาน 1 นาที จึงนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบมาใช้สำหรับการฝึกฝนผู้ทดสอบและกำหนดระดับการยอมรับ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่สังเกตได้จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard et al. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคำบรรยายระดับคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกในการทดลองต่อไป ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 - 1

ตารางที่ 4 - 1 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยสุกเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
ลักษณะปรากฏ	5	เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาชัดเจน และคงรูปร่างตามธรรมชาติ
	4	เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาเล็กน้อย และคงรูปร่างตามธรรมชาติ
	3	เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน และเนื้อเริ่มเหี่ยวลง ยังไม่มีสีผิดปกติอื่น ๆ ปรากฏ

ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
ลักษณะปรากฏ	2	เนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน และเนื้อเหี่ยวลงอย่างเห็นได้ชัด เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติเล็กน้อย เช่น เพศผู้ เนื้อมีสีขาวอมเขียว/เทา/น้ำตาลจางๆ และ เพศเมีย เนื้อมีสีส้มจางลงแต่มีสีส้มอมน้ำตาล/เขียว/เทา
	1	เนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน เนื้อส่วนใหญ่มีสีผิดปกติชัดเจน เช่น เพศผู้ เนื้อมีสีขาวอมเขียว/เทา/น้ำตาลจางๆ และ เพศเมีย เนื้อมีสีส้มจางลงแต่มีสีส้มอมน้ำตาล/เขียว/เทา
กลิ่น	5	กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยมีความเข้มของกลิ่นชัดเจน กลิ่นสารเคมีจางๆ
	4	กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยมีความเข้มของกลิ่นปานกลางจนถึง เจือจาง กลิ่นสารเคมีจางๆ และยังไม่มีกลิ่นผิดปกติอื่น
	3	ไม่มีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นสารเคมีจางๆ เริ่มมีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ เล็กน้อย เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว
	2	ไม่มีกลิ่นสารเคมี มีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ โดยความเข้มของกลิ่นปานกลาง เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นเหม็นเน่า
	1	กลิ่นผิดปกติอื่นๆ โดยความเข้มของของกลิ่นชัดเจน เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง
รสชาติ	5	รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยชัดเจน และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	4	รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยเล็กน้อย และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	3	จืดและไม่มีรสชาติ และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	2	รสเปรี้ยวเล็กน้อย รสเฝื่อนเล็กน้อย หรือรสคาวเล็กน้อย
	1	รสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว รสเฝื่อน หรือรสคาวที่รุนแรง
เนื้อสัมผัส	5	ยืดหยุ่นดีมาก มีความชุ่มน้ำมาก
	4	ยืดหยุ่นดี มีความชุ่มน้ำเล็กน้อย
	3	ยืดหยุ่นปานกลาง ไม่มีความชุ่มน้ำ กระด้าง
	2	ไม่ยืดหยุ่น เริ่มนิ่ม
	1	นิ่มเละ และเป็นเมือก

2. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

หอยแมลงภู่ ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม (ธันวาคม 2560) ที่ได้ล้างด้วยน้ำประปา แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยเพื่อไปตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนต้ม พบว่า ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile basic nitrogen: TVB-N) ของหอยแมลงภู่เท่ากับ 2.11 $\pm$ 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม (ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที) มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 11.35 $\pm$ 0.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (มีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และมีค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.68 $\pm$ 0.18

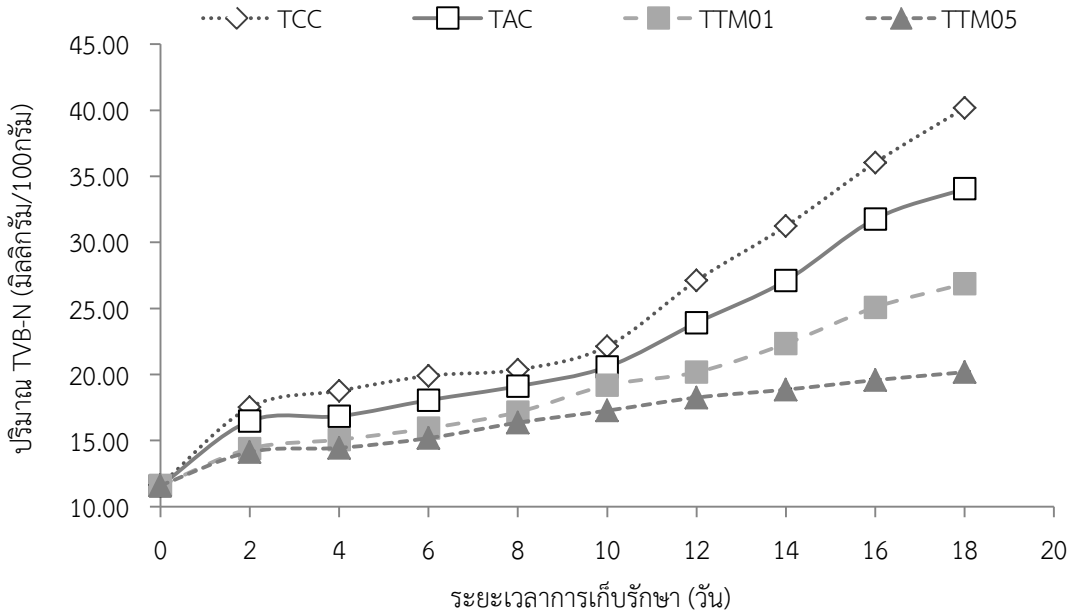
3. ผลของสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.002% ผสมสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลแตกต่างกัน แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมี

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

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าระหว่าง 11.58 – 11.63 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณ TVB-N ของ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 40.17 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ TAC (สารละลายอัลจิเนต) 34.06 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง, TTM 01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1%) 26.87 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) มีปริมาณ TVB-N ต่ำที่สุด คือ 20.17 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง สำหรับในการทดลองในครั้งนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 05 มีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่า TCC รวมทั้ง TTM 05 มีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ



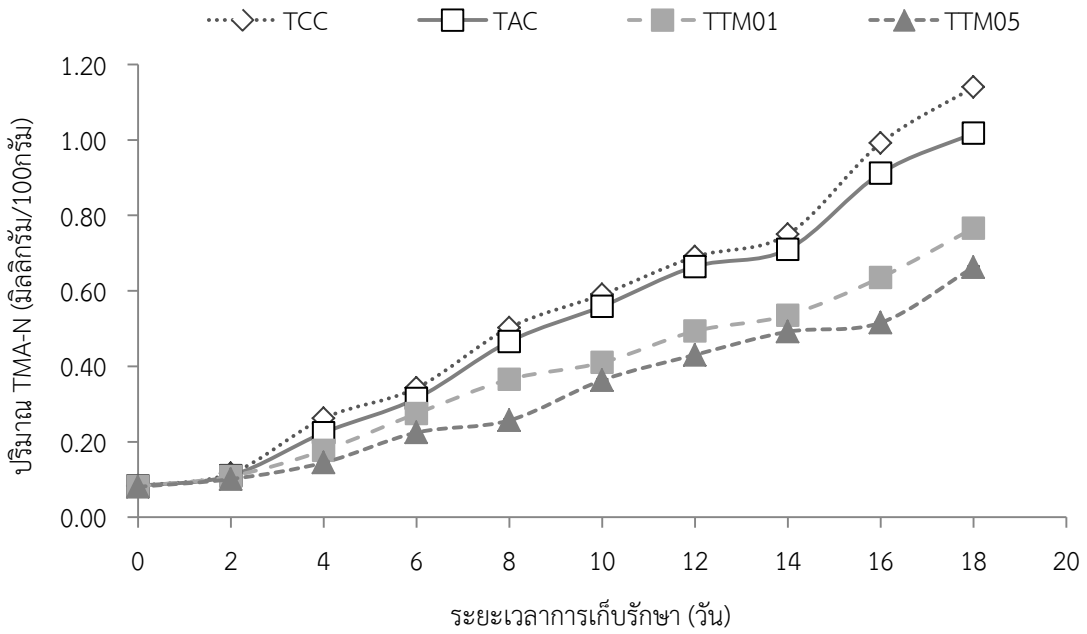
ภาพที่ 4 - 1 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.1.2 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA)

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่ามีค่าระหว่าง 0.081 – 0.083 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TMA-N ของ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.140 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ TAC (สารละลายอัลจิเนต) 1.018 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง, TTM 01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1%) 0.766 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ในขณะที่ TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุด คือ 0.663 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง อีกทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 05 มีปริมาณ

TMA-N ต่ำกว่า TAC และ TCC ส่วน TTM 05 นั้นมีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 2 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

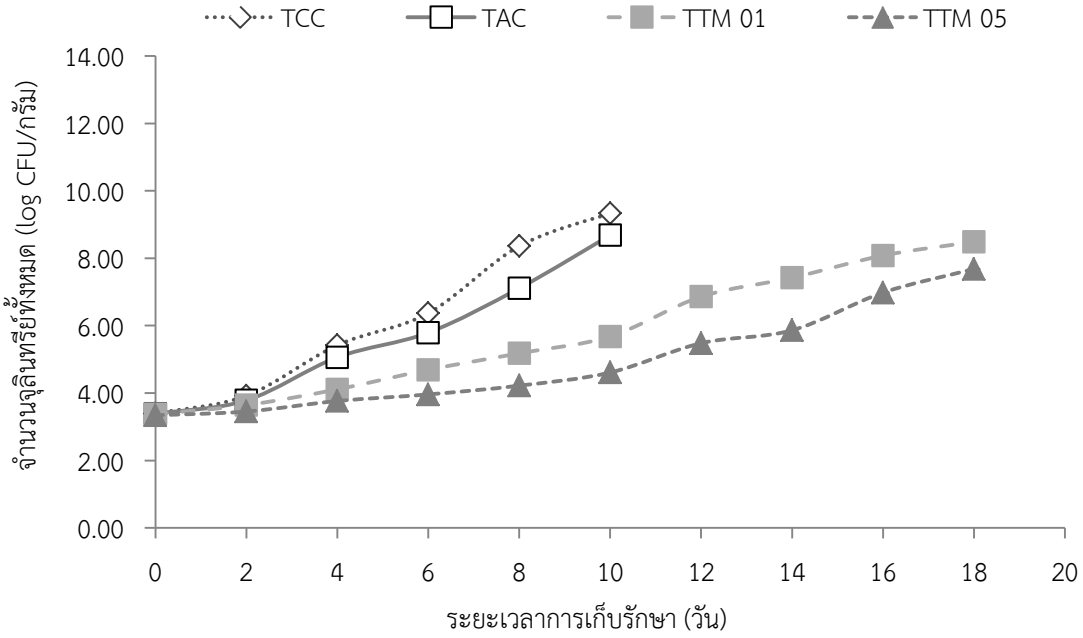
3.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC)

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า TCC, TAC, TTM 01 และ TTM 05 มีค่า 3.39, 3.38, 3.37 และ 3.34 log CFU/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในการทดลองนี้ได้เก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก TCC และ TAC เป็นเวลา 10 วัน ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก TCC และ TAC มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 9.33 และ 8.68 log CFU/g ตามลำดับ ส่วน TTM 01

และ TTM 05 นั้นมีการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเป็นเวลา 18 วัน โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก TTM 05 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 7.68 log CFU/g รองลงมาได้แก่ TTM 01 ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 8.49 log CFU/g ดังภาพที่ 4 – 3 อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 05 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า TAC และ TCC โดย TTM 05 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ

3.2.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก 10 วันของตัวอย่างในชุดการทดลองควบคุมและตลอดระยะเวลา 18 วันสำหรับตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย



ภาพที่ 4 - 3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

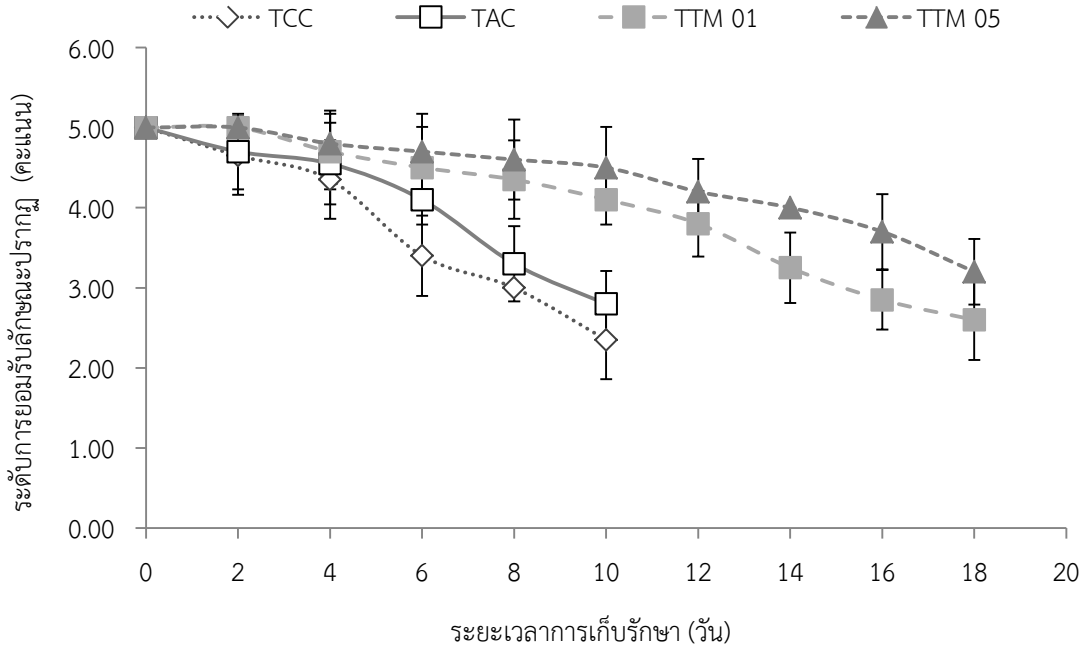
TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ได้รับการฝึกให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคหอยแมลงภู่สุกและเกณฑ์ระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้ให้คะแนนในแบบประเมินตามเกณฑ์ระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ตามตารางที่ 4 - 1 ซึ่งคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติ โดยมีผลการทดลองดังนี้

3.3.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดคือ 5 คะแนน โดยเนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาชัดเจน และคงรูปร่างตามธรรมชาติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM 01 และ TTM 05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 4 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ของตัวอย่าง TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) มีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏมากที่สุด (3.20 คะแนน) รองลงมาได้แก่ TTM 01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1%) (2.60 คะแนน) ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ชุดการทดลองควบคุม) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ คือ 2.80 และ 2.35 คะแนน ตามลำดับ โดยผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 01 มีการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากกว่า TAC และ TCC รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ



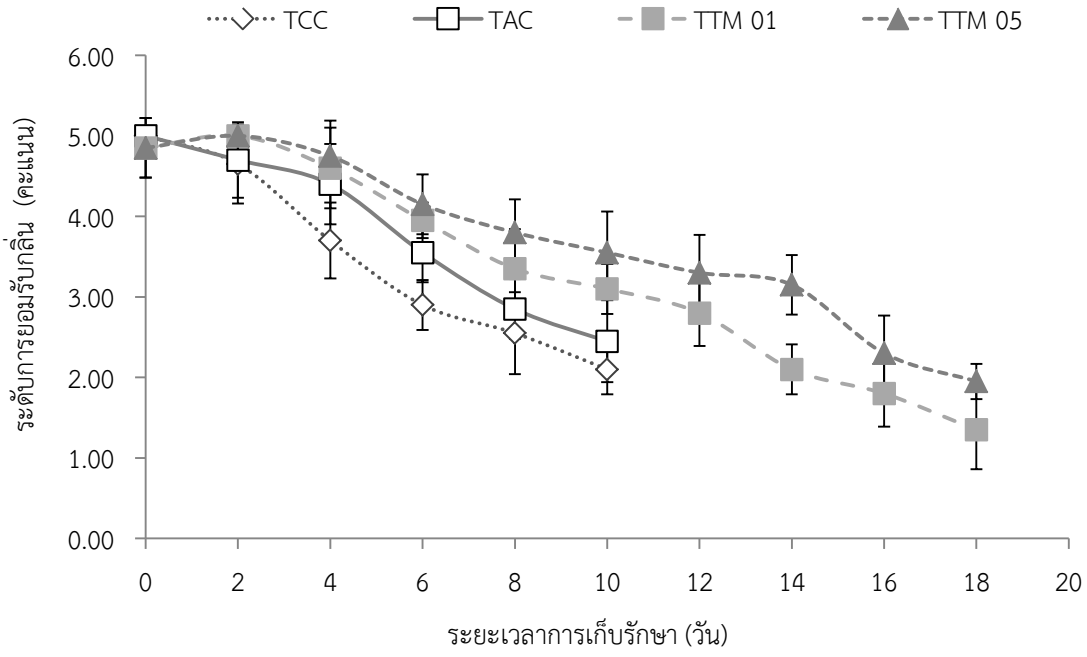
ภาพที่ 4 - 4 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับกลิ่นของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC และ TAC สูงที่สุดคือ 5 คะแนน โดยมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ ความเข้มของกลิ่นชัดเจน ส่วนตัวอย่างที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลในชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีระดับการยอมรับกลิ่นที่ 4.85 คะแนน เนื่องจากมีกลิ่นสารเคมีจางๆ ต่อมาในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นในชุดการทดลอง TCC และ TAC ลดลง ส่วนชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีระดับการยอมรับกลิ่นสูงขึ้น เนื่องจากกลิ่นสารเคมีจางลง อย่างไรก็ตามหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปผู้ทดสอบให้คะแนนกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM 01 และ TTM 05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 5 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) มีคะแนนการยอมรับกลิ่นมากที่สุด

(3.20 คะแนน) รองลงมาได้แก่ TTM 01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1%) (1.35 คะแนน) ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ชุดการทดลองควบคุม) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น คือ 2.45 และ 2.10 คะแนน ตามลำดับ โดยผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลได้แก่ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 05 มีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่า TAC และ TCC อีกทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ



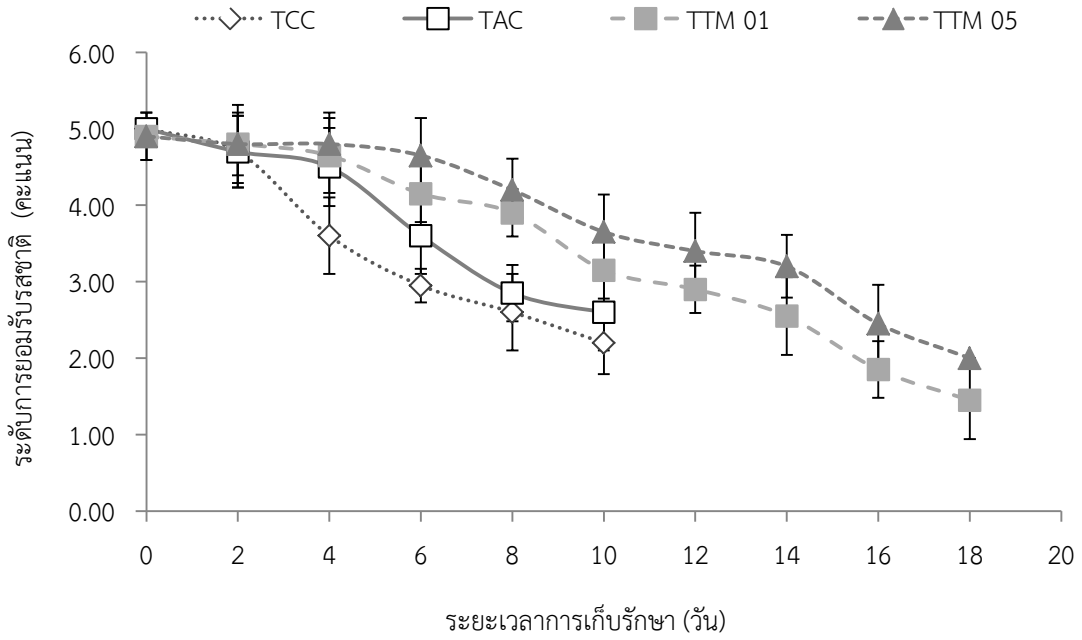
ภาพที่ 4 - 5 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.3.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับรสชาติของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC และ TAC สูงที่สุดคือ 5 คะแนน โดยมีรสหอมหวานตามธรรมชาติ ส่วนตัวอย่างที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลในชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีระดับการยอมรับรสชาติที่ 4.90 คะแนน เนื่องจากมีรสเผ็ดที่ลิ้น อย่างไรก็ตามหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บ

รักษาเป็นต้นไปผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM 01 และ TTM 05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 6 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ตัวอย่าง TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) มีคะแนนการยอมรับรสชาติมากที่สุด (2.00 คะแนน) รองลงมาได้แก่ TTM 01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.01%) (1.45 คะแนน) ตามลำดับ ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ชุดการทดลองควบคุม) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ คือ 2.60 และ 2.20 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 05 ได้รับการยอมรับด้านรสชาติมากกว่า TAC และ TCC รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) รองลงมาได้แก่ TTM 01, TACและ TCC ตามลำดับ



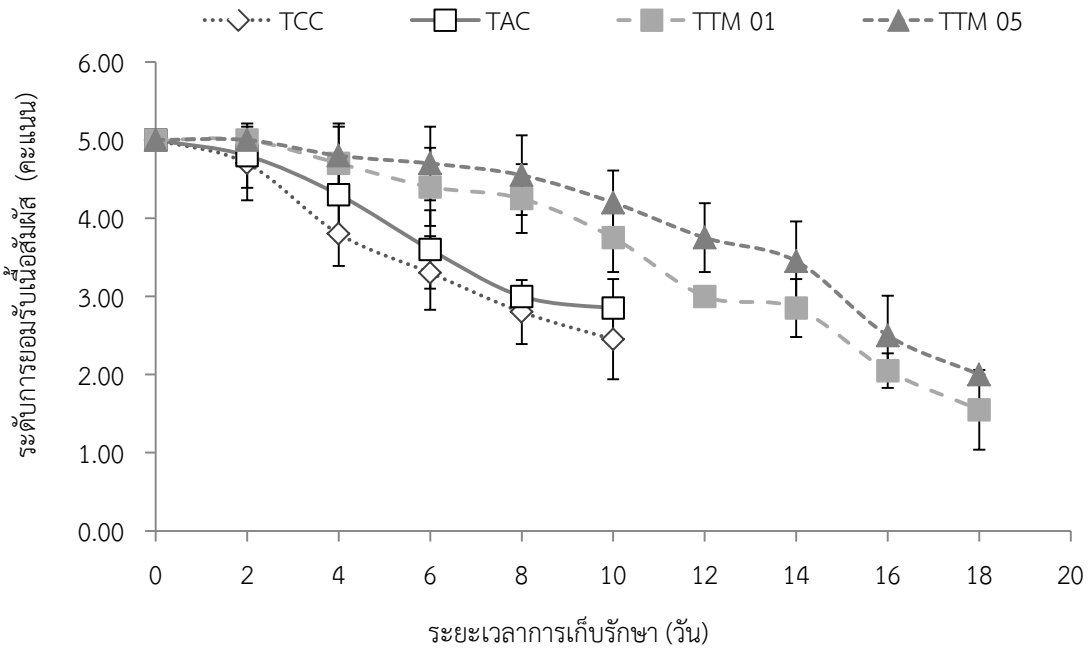
ภาพที่ 4 - 6 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.3.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM 01 และ TTM 05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 7 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ตัวอย่าง TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) มีคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสมากที่สุด (2.00 คะแนน) รองลงมาได้แก่ TTM 01 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1%) (1.55 คะแนน) ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ชุดการทดลองควบคุม) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสคือ 2.85 และ 2.45 คะแนน ตามลำดับ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ชุดการทดลอง TTM 01 และ TTM 05 มีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า TAC และ TCC นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ

จากคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดที่กล่าวมานั้น พบว่า การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วย TTM 05 (สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5%) ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ TTM 01, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 7 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)

TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

ระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.05% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% เป็นเวลา 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายน้ำมันหอมระเหย 1 นาที จากนั้นนำมาเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่สังเกตได้ พบว่ามี 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยคะแนนระดับการยอมรับมากที่สุดคือ 5 คะแนน และระดับการยอมรับน้อยที่สุดคือ 1 คะแนน รวมทั้งผู้ทดสอบกำหนดให้ระดับการยอมรับต่อลักษณะด้านกลิ่นที่น้อยกว่า 3 คะแนน เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื่องจากเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเน่าเสียเร็วกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น และหากตัวอย่างมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน จะไม่ได้รับการยอมรับในการทดสอบ

2. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

หอยแมลงภู่ ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม (ธันวาคม 2560) ที่ล้างด้วยน้ำประปา แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยมาตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนต้ม พบว่า ปริมาณ TVB-N ของหอยแมลงภู่เท่ากับ 2.11 + 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม (ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที) มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 11.35 + 0.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐานสัตว์น้ำสดทั่วไป (ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (Huss, 1988) และมีค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.68 ± 0.18

3. ผลของสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก

3.1 คุณภาพทางเคมี

3.1.3 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าระหว่าง 11.58 – 11.63 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเกิดกระบวนการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อหอยโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนไปเป็นสารประกอบในกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา การศึกษาของ Manousaridis et al. (2005) ให้ผลสอดคล้องกันคือ พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซนมีปริมาณ TVB-N มากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น เช่นเดียวกับ สวามินี และคณะ (2559) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบและไม่เคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซี พบว่าตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ ชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า TCC และ TAC รวมทั้งเนื้อหอยในชุดการทดลอง TTM05 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลมากขึ้นทำให้จุลินทรีย์ถูกยับยั้งได้มากขึ้น การเสื่อมสภาพของโปรตีนเกิดช้าลง โดยสารประกอบ carvacrol และ thymol ที่มีในน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีคุณสมบัติเป็น antibacterial (Attouchi and Sadok, 2012) จึงไปลดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในเนื้อหอย ทั้งยังเป็น antioxidant (Makri, 2013) ที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในเนื้อหอย โดยหากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากทำให้เกิดสารประกอบคีโตนและอัลดีไฮด์มากขึ้น และสารดังกล่าวเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนทำให้ยิ่งเกิดการเน่าเสียเร็วขึ้น ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับ Goulas and Kontaminas (2007) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลา sea bream (*Sparus aurata*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศและการทำเค็มมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า

เนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน และ Kusuma & Teerawut (2014) ที่พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในตู้เย็น 16 วัน

หากพิจารณาปริมาณ TVB-N ในการบ่งบอกอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 20 mg N/100g (Okpala et al., 2014) ดังนั้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกชุดการทดลอง TTM05 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 16 วัน ขณะที่ TTM01 มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน ส่วน TAC มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน และ TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 6 วัน

3.1.2 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์

ปริมาณ TMA-N ที่เกิดการสะสมในสัตว์น้ำหลังสัตว์น้ำตายลงนั้นเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนในสัตว์น้ำ ได้แก่ สารประกอบ TMAO ถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N โดยเอนไซม์ trimethyamine oxidase จากแบคทีเรีย ทำให้สามารถใช้ปริมาณ TMA-N ในการตรวจสอบคุณภาพของสัตว์น้ำได้ (Krzymien & Elias, 1990) โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่าระหว่าง 0.081 – 0.083 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะเมื่อเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเป็นเวลานานขึ้นเกิดการสลายตัวของ TMAO ไปเป็น TMA-N มากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Erkan (2005) ที่พบว่าหอย (*Mytilus galloprovincialis*) มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่นานขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของสวามินี และคณะ (2559) พบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบและไม่เคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซีทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ได้เป็นอย่างดี โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล ได้แก่ชุดการทดลอง TTM05 และ TTM05 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่า TAC และ TAC ซึ่งเนื้อหอยในชุดการทดลองที่มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ TTM05 เช่นเดียวกับการทดลองของ Kusuma & Teerawut (2014) ที่พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในตู้เย็น 16 วัน และการทดลองของ Erkan (2012).พบว่าการเคลือบปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลและน้ำมันหอมระเหยกระเทียมช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาได้

3.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุก วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า มีค่าระหว่าง 3.34 – 3.39 log CFU/g และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่หลังผ่านการต้มเริ่มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Manousaridis et al. (2005) ที่พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ของหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซนมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา และ Mastromatteo et al. (2010) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้ง *Palaemon serratus* ที่ตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบและที่มีการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน โดยจุลินทรีย์ก่อโรคที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในหอยส่วนใหญ่ได้แก่ *Pseudomonas* spp., H_2S-producing bacteria, Lactic acid bacteria*, Enterobacter*, *Serratia* และ *Flavobacterium* (Gram and Huss, 1996)

อย่างไรก็ตามเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TTM05 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในโครงสร้างของสาร carvacrol และ thymol ที่มีในน้ำมันหอมระเหยไทมอลนั้นมี hydroxyl group ซึ่งไม่ค่อยเสถียร และสามารถแพร่ผ่านเข้าไปภายในเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์แล้วเกิดการแตกตัวของ H+ ส่งผลให้ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์มีสภาวะเป็นกรด โครงสร้างโปรตีนต่าง ๆ เช่น ดีเอ็นเอและเอนไซม์ถูกทำลายจึงช่วยชะลอการเจริญหรืออาจทำให้จุลินทรีย์ตายได้ (Burt, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chamanara et al. (2012) ที่พบว่า การใช้น้ำมันหอมระเหยไทมอลเคลือบบนชิ้นเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ ได้นาน 14 วัน ขณะที่ตัวอย่างควบคุมเก็บได้เพียง 8-9 วัน และ Jouki et al. (2014). ที่มีการใช้ Quince seed mucilage film (QSMF) ร่วมกับการเคลือบด้วยน้ำมันออริกาโน (O) และน้ำมันไทมอล (T) ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) พบว่าเนื้อปลามาห่อด้วยฟิล์มที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ยิ่งสูงขึ้นช่วยชะลอการเจริญของแบคทีเรียได้

หากพิจารณาจากมาตรฐานกำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g (กองควบคุมอาหาร, 2552) พบว่า เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TTM05 สามารถเก็บได้นาน 14 วัน ส่วน TTM05 เก็บได้นาน 10 วัน ในขณะที่ TAC และ TCC เก็บได้เพียง 6 และ 4 วัน ตามลำดับ

3.2.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งตัวอย่างที่ไม่เคลือบและที่มีการเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับการทดลองครั้งนี้ใช้อุณหภูมิในการต้มหอย 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งความร้อนจากการต้มมีผลทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพ จึงไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากโปรตีนและเอนไซม์ เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญได้ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียคือ 4 - 60 องศาเซลเซียส (ศูนย์ข้อมูลโรคติดเชื้อและพาหะนำโรค, 2544) หากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากเกินไปทำให้ท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ระยะเวลาที่ป่วยเริ่มจาก 6 ชั่วโมงถึง 3 วัน โดยเฉลี่ยมีการแสดงอาการภายในเวลา 24 ชั่วโมง (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548) ซึ่งอาหารทะเลแปรรูปที่มีความปลอดภัยจากอันตรายของ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ Food Safety Authority of Ireland (2001) กำหนดคือ ตรวจพบ *E. coli* และโคลิฟอร์ม ไม่เกิน log 2 cfu/กรัม (10^2 cfu/กรัม)

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกสูงที่สุดคือ 5 คะแนน โดยเนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์เนื้อเป็นมันเงาชัดเจน และคงรูปร่างตามธรรมชาติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM01 และ TTM05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยระดับการยอมรับลักษณะปรากฏที่ลดลงเนื่องจากเนื้อหอยมีสีเข้มมากขึ้นและสีผิดปกติซึ่งลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวอาจเกิดจากการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่ใช้สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยโครงสร้างของเนื้อหอยเพื่อนำสารประกอบต่างๆ ไปใช้ในการเจริญ ทำให้เนื้อหอยมีกลิ่น สี และรสชาติที่แตกต่างไปจากเดิม โดยปกติหากสัตว์น้ำไม่เกิดการเน่าเสียรงควัตถุในเนื้อสัตว์น้ำจับอยู่กับโปรตีน แต่เมื่อเกิดการเน่าเสียโปรตีนเม็ดสีถูกย่อย รงควัตถุที่ทำให้เกิดสีมีการเสียสภาพทำให้เนื้อสัตว์น้ำมีสีคล้ำลงได้ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2554) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ojagh et al. (2010) พบว่าผู้ทดสอบยอมรับตัวอย่างสีและลักษณะปรากฏของปลาเรนโบว์เทราท์ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยอบเชยน้อยลงเมื่อเก็บรักษาในเป็นเวลานานขึ้น และ Kusuma & Teerawut (2014) ที่พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏลดลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM05 ซึ่งเป็นผลจากสารประกอบฟีนอลมีปริมาณมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลทำให้สามารถเคลือบและซึมเข้าไปในเนื้อหอยได้ทั่วถึงกว่าและมีประสิทธิภาพของสารยับยั้งจุลินทรีย์สูงกว่าจึงช่วยชะลอการเจริญจุลินทรีย์ได้ดีทำให้โครงสร้างโปรตีนในในเนื้อหอยแมลงภู่สุกถูกย่อยสลายได้ช้าลง ส่งผลให้รงควัตถุที่ให้สียังคงจับอยู่กับโปรตีนได้ดี สีตามธรรมชาติของหอยแมลงภู่สุกจึงมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีคุณสมบัติในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในหอยแมลงภู่ได้ เมื่อปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดน้อยทำให้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ที่จะไปรวมตัวกับกรดอะมิโนอิสระแล้วทำให้เกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลนั้นเกิดน้อยลงไปด้วย (Pokorny, 1982) สอดคล้องกับการวิจัยของ Kusuma & Teerawut (2014) ที่พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงกว่าเนื้อกุ้งที่ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาในตู้เย็น 16 วัน และ Erkan (2012).พบว่าการเคลือบปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลและน้ำมันหอมระเหยกระเทียมช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อปลาได้

3.3.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TCC และ TAC สูงที่สุดคือ 5 คะแนน กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติโดยมีความเข้มของกลิ่นชัดเจน ส่วนเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลในชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีระดับการยอมรับกลิ่นที่ 4.85 คะแนน เนื่องจากมีกลิ่นสารเคมีจางๆ คล้ายๆ กลิ่นมิ้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอล ต่อมาในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นในชุดการทดลอง TCC และ TAC ลดลง ขณะที่ชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีระดับการยอมรับกลิ่นสูงขึ้น เนื่องจากกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจางลงนั่นเอง อย่างไรก็ตามหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM01 และ TTM05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเกิดจากโครงสร้างโปรตีนในหอยถูกทำลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นของสารที่ระเหยได้ เช่น กลิ่นแอมโมเนีย และการเกิด TMA-N ที่ทำให้เกิดกลิ่นคาม กลิ่นเหม็นเน่าเป็นต้น (Krzymien & Elias, 1990) และเมื่อการเน่าเสียเกิดมากขึ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนกับลิพิด (lipid) ซึ่งหมายถึง ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) บริเวณตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรส

ที่ไม่ดีมากขึ้น เรียกว่า การหืน (rancidity) (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) ทั้งนี้ กลิ่นเหม็นหืนในเนื้อหอยแมลงภู่สุกนั้นมีความเข้มของกลิ่นไม่มากนักเนื่องจากกลิ่นเหม็นเน่าที่เป็นผลจากการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์มีความเข้มของกลิ่นสูงกว่า ในขณะที่กลิ่นเหม็นเปรี้ยวนั้นอาจเกิดจากการเจริญของ lactic acid bacteria ซึ่งสร้างกรดแล็กติกขึ้น (Francoise, 2010) โดยกลิ่นที่แสดงลักษณะการเน่าเสียเฉพาะในหอยคือ กลิ่นของสารประกอบในกลุ่ม ethyl esters ส่วนกลิ่นที่บ่งบอกถึงความสดของหอยคือ สารประกอบในกลุ่ม methyl esters (Yasuhara, 1987) สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาภรณ์ และคณะ (2560) พบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุก (*Perna viridis*) ที่เคลือบด้วยวิตามินซีและชาเขียวมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Mohammad et al. (2013) พบว่า ผู้ทดสอบยังให้การยอมรับกลิ่นของปลาเรนโบวเทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและน้ำมันหอมระเหยไธม์ได้ถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษาหลังจากนั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับลดลงจนกระทั่งไม่ยอมรับเมื่อเกิดกลิ่นเหม็นเน่ารุนแรงมากขึ้น

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM05 ซึ่งเป็นผลจากความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่มากขึ้นยิ่งส่งผลดีต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ได้การเน่าเสียในสัตว์น้ำที่เกิดจากจุลินทรีย์น้อยลงจึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ของสารระเหยต่าง ๆ เช่น ไตรเมทธิลเอมีน ฮีสตามีนและแอมโมเนียซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Vatavali *et al*. (2012) ที่ได้นำ red porgy (*Pagrus pagrus*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและไคโตซาน รวมทั้ง Chamanara *et al*. (2012) ได้นำปลาเรนโบว์เทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) มาเคลือบด้วยไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยโหระพาซึ่งงานวิจัยทั้งคู่พบว่าตัวอย่างมีการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นดีกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

3.3.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TCC และ TAC สูงที่สุดคือ 5 คะแนน รสชาติหอมหวานตามธรรมชาติ ส่วนเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลในชุดการทดลอง TTM01 และ TTM05 มีระดับการยอมรับรสชาติที่ 4.90 คะแนน เนื่องจากมีรสเฝื่อนของน้ำมันหอมระเหยไทมอล อย่างไรก็ตามหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM01 และ TTM05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษานั้นเนื่องจากเมื่อการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์มีมากขึ้นทำให้กรดอะมิโนอิสระ

ต่างๆ ถูกทำลายลง ส่งผลให้การแสดงออกของรสหวานที่เกิดจากกรดอะมิโนไกลซีนและอะลานีน รสอร่อยที่เกิดจากกรดกลูตามิกตามธรรมชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกถูกทำลายลง ส่งผลให้การแสดงออกของรสหวานและรสอร่อยตามธรรมชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเมื่อตอนที่ยังไม่เน่าเสียนั้นเปลี่ยนไปเป็นเกิดรสเปรี้ยวจากกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติก และรสเฝื่อนเล็กน้อยจากกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีน (Aristoy et al., 2010; Fuentes et al., 2009) รวมทั้งยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันในหอยแมลงภู่ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสที่ไม่ดีมากขึ้น (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับรสชาติลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ สวามินี และคณะ (2556) ที่พบว่าหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สดแกะเปลือกทั้งที่แช่ในน้ำเปล่าและสารละลายโซเดียมแล็กเตตและโพแทสเซียมซอร์เบต ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้นด้วย รวมทั้งการศึกษาของ Khan et al. (2006) พบว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่ง TBARS นี้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียในสัตว์น้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ ดังนั้นเมื่อสัตว์น้ำมีค่า TBARS สูงจะทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านรสชาติลดลงได้

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM05 ซึ่งอาจเป็นผลจากสารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยจับกับอนุมูลอิสระทำให้ไปหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ นอกจากนั้นสารประกอบฟีนอลยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลนทรีย์ได้อีกด้วย (Teerawut, 2013; Vatavali et al., 2012) สอดคล้องกับการวิจัยของ Kusuma & Teerawut (2014) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านรสชาติของเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีคะแนนความชอบรสชาติน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อยในวันแรกของการเก็บรักษาเนื่องจากมีรสเฝื่อนของน้ำมันหอมระเหยออกริกาโน แต่หลังจากวันแรกจนถึงวันที่ 16 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวสุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และ Masniyom et al. (2012) พบว่าหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้น และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและช่วยให้รสชาติของหอยแมลงภู่ดีกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

3.3.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TTM01 และ TTM05) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกมีความนิ่มเละ ไม่ยืดหยุ่น และเป็นเมือก เนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษาไมโอฟิบริลลาโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นเมื่อผู้บริโภครับประทาน ยังไม่เกิดการเสื่อมคุณภาพทำให้เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีความยืดหยุ่นดีมากรวมทั้งมีความชุ่มน้ำมาก แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหอยแมลงภู่สุกทำให้โครงสร้างของโปรตีนเล็กลง ความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนก็ลดลงตามไปด้วยความยืดหยุ่นและความชุ่มน้ำลดลง (นิชนันท์ เธียรพัฒนะวงศ์, 2551) รวมทั้งความเป็นเมือกเกิดจากแคปซูลของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีมากขึ้นเมื่อเกิดการเน่าเสียเพิ่มขึ้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2554) ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยของ สวามินี และคณะ (2556) ที่พบว่าหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สดแกะเปลือกทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำเปล่าและสารละลายโซเดียมแล็กเตตและโพแทสเซียมซอร์เบตผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น รวมทั้ง Pezeshk et al. (2011) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้นและน้ำมันหอมระเหยหอมแดงร่วมกับการบรรจุสุญญากาศ และทั้งตัวอย่างควบคุมและที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ด้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TTM05 สารประกอบฟีนอลในน้ำมันออริกาโนสามารถเข้าทำลายระบบภายในของจุลินทรีย์ทำให้เป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นโครงสร้างโปรตีนจึงถูกย่อยได้ช้ากว่า โปรตีนยังสามารถจับกับน้ำได้ดีทำให้เนื้อหอยแมลงภู่สุงยังมีความชุ่มน้ำและความยืดหยุ่นได้ดีกว่าทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูง เช่นเดียวกับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kostaki *et al*. (2009) พบว่าเนื้อปลากะพงขาว (*Dicentrarchus labrax*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 17 วัน และการศึกาของ Kusuma & Teerawut (2014) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหย ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาในตู้เย็น 16 วัน

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ พบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในชุดการทดลอง TTM05 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 คุณลักษณะสูงกว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ระดับความเข้มข้นอื่น อย่างไรก็ตามหากใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลสูงกว่านี้จะยิ่งมีผลต่อข้อจำกัดด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสต่อผู้ทดสอบ เนื่องจากน้ำมันออริกาโนมีกลิ่นรสเฉพาะเมื่อนำมาเคลือบตัวอย่างจึงส่งผลให้กลิ่น รสชาติบางส่วนโดยเกิดกลิ่นคล้ายกลิ่นมิ้นและมีรสชาติเผื่อนได้

อย่างไรก็ตามปัจจัยเรื่องชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันรวมถึงความเข้มข้นและชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถเติมลงไปแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ทำให้ได้ผลการวิจัยที่แตกต่างกันไป เช่น Kusuma & Teerawut (2014) พบว่าการนำเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกมาที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของกุ้งขาวสุกได้เป็นอย่างดี ส่วน Frangos et al. (2010) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันออริกาโน 0.2% และบรรจุแบบสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ขณะที่ Antonios et al. (2009) พบว่าในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตัวอย่างปลากะพง (Sparus aurata) เคลือบน้ำมันออริกาโน (0.8% (v/w)) บรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศผู้ทดสอบสามารถยอมรับกลิ่นได้ถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่ Masniyom et al. (2012) พบว่าหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้น 0.25% และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 0.25% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและช่วยให้รสและกลิ่นดีขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน และ Jouki, Yazdi, Mortazavi, Koocheki and Khazaei (2014) ที่มีการใช้ Quince seed mucilage film (QSMF) ร่วมกับการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (O) และน้ำมันหอมระเหยไทมอล (T) ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) เก็บรักษาในตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) และการห่อฟิล์มเพียงอย่างเดียวช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ได้ 2 วัน ในขณะที่เนื้อปลาที่ห่อด้วยฟิล์มและเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล 2% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเทราท์ได้ 11 วัน

หากพิจารณาเฉพาะคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในการทดลองครั้งนี้ จากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนน้อยกว่าลักษณะอื่นๆ (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ที่ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของมนุษย์นั้นมีความไวมากกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น จึงสามารถการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของอาหารในการบ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาได้ (Coban et al., 2012) เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในชุดการทดลอง TTM05 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 14 วัน รองลงมา คือ TTM01 มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน ส่วน TAC มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน และ TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 4 วัน

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อพิจาณาจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในทุกด้านระหว่างการเก็บรักษาพบว่าการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% (TTM05) มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด

ส่วนการพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลโดยเมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภคจากมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่สูงกว่า 6.0 log CFU/g ทำให้การศึกษาครั้งนี้ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% (TTM05) สามารถเก็บได้นาน 14 วัน รองลงมาได้แก่ สารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% (TTM01) เก็บรักษาได้นาน 10 วัน ในขณะที่การเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เก็บได้เพียง 6 และ 4 วัน ตามลำดับ

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

ระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล มีลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่มีระดับคำแนนน้อยกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล การเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่ด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลทั้งที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 0.1% และ 0.5% ช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีกว่าการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% เพียงอย่างเดียวการและการไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล โดยระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด นอกจากนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลให้มีความปลอดภัยในการบริโภคตามมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g และการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ระดับคะแนนน้อยกว่า 3 แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% สามารถเก็บได้นาน 14 และ 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ซึ่งเก็บได้นาน 6 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม เก็บได้ 4 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีอายุการเก็บรักษานานแต่ หากต้องการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

2.2 การนำไปประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนอาจศึกษาถึงผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นที่ผลิตได้ในประเทศ เช่น น้ำมันโหระพาหรือน้ำมันตะไคร้ต่อประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2536). *การเลี้ยงหอยแมลงภู่*. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, กองส่งเสริมการประมง.

กองควบคุมอาหาร. (2552). *มาตรฐานจุลชีววิทยาในอาหารที่ตรวจพบ.* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.

คเชนทร เฉลิมวัฒน์. (2544). *การเพาะเลี้ยงหอย.* กรุงเทพฯ : รั้วเขียว.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2554). *การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์.* วันที่ค้นข้อมูล 2 สิงหาคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1856/การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์-microbial-spoilage.

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

นิชนันท์ เธียรพัฒนะวงศ์, พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และมณฑิรา นพรัตน์. (2551). *การยืดอายุการเก็บของหอยแครง (Anadara granosa) ลวกโดยใช้สภาพบรรยากาศดัดแปร*. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี

ณัฐวัฒน์ เอกธีรเศรษฐ์. (2550). *DHA EPA.* เข้าถึงได้จาก http://www.zegrain.com/view-topic.asp?ID=1579

เบญจา ชุตินทราศรี. (2554). *เทคโนโลยีกลิ่นรสอาหาร (Food Flavor Technology) (FDT4602)*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง: กรุงเทพมหานคร. 464 หน้า.

ทรงชัย สหวัชรินทร์. (2536). *คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยนางรม*. กรุงเทพฯ : กรมประมง.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2548). *ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชดาภรณ์ อาจพงษ์ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบชาเขียวและวิตามินซี: คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัส. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9"*, 119-128.

ชาตรี เอี้ยพิณ และภาราได แจ่มจำรูญ. (2550). ผลอุณหภูมิและเวลาต่อสมบัติการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของหัวหอมใหญ่อบแห้ง. *Agricultural Science Journal. 38 (6)*, 139-142.

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

สวามินี ธีระวุฒิ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน และรัชดาภรณ์ อาจพงษ์. (2559). ชาเขียวและวิตามินซีกับการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุก : คุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 21*(2), 1-16.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2548). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช. 7018 - 2550]. (2550) *หอยแมลงภู่ (GREEN MUSSEL)*. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอิร์ล มินเดอลล์. (2553). *วิตามินไบเบิล* (ธิดากานต์ รุจิพัฒนกุล, แปล). กรุงเทพฯ: อมรินทร์สุขภาพ.

Abdollahzadeh, E., Rezaei, M. & Hosseini, H. (2014). Antibacterial activity of plant essential oils and extracts: The role of thyme essential oil, nisin, and their combination to control *Listeria monocytogenes* inoculated in minced fish meat. *Food Control*., *35,* 177 – 183.

Antonios, E.G., & Michael, G.K. (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. Food Chemistry, 100*, 287-296.

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

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.

AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. The Association of official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Aristoy, M.C. & Toldrá, F. (2010). Chapter 14: Essential Amino Acids L.M.L. Nollet, F. Toldrá (Eds.), *Handbook of seafood and seafood products analysis*, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, Florida, USA, 287–307.

Attouchi, M., & Sadok, S. (2012). The effects of essential oils addition on the quality of wild and farmed sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *Food Bioprocess Technol*, 5, 1803-1816

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.

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

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. *International Journal of Food Microbiology, 94*(3), 223-253.

Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S., & Khomeiri, M. (2012). An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, *50*, 540–544.

Coban, O.E., Patir, B. & Yilmaz, O. (2012). Protective effect of essential oils on the shelf life of smoked and vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.1972) fillets. J. Food Sci Technology.

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

Erkan, N. (2005). Changes in quality characteristics during cold storage of shucked mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and selected chemical decomposition indicators. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 85*(15), 2625–2630. doi: 10.1002/jsfa.2331

Erkan, N. (2012). The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuumpackaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Bioprocess Technol, 5*, 1246-1254

Food Safety Authority of Ireland. (2001). Guidance note no 3 guidelines for the interpretation of results of microbiological analysis of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale.

Francoise, L. (2010). Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology, 27*(6), 698-709. doi:10.1016/j.fm.2010.05.016

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.

Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Escriche, I. & Serra, J.A. (2009). Comparison of physico-chemical parameters and composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) from different Spanish origins. *Food Chemistry, 112*(2), 295-302. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.064

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. *Food Chem, 100*, 287-296.

Gram, L. & Huss, H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Microbiol., 33*, 121–137.

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.

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.

Huss, H.H. (1988). Fresh Fish-Quality and Quality Changes. FAO Fisheries, Roma, *series No. 29.*

Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortaza, S. A., Koocheki, A. & Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology, 174*, 88 – 97.

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.

Krzymien, M.E. & Elias, L. (1990). Feasibility study on the determination of fish freshness by trimethylamine headspace analysis. *Journal of Food Science, 55* (5), 1228–1232.

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

Makri, M. (2013). Effect of oregano and rosemary essential oils on lipid oxidation of stored frozen minced gilthead sea bream muscle. DOI 10.1007/s00003-013-0814-3.

Manousaridis, G., Nerantzaki, A., Paleologos, E.K., Tsiotsias, A., Savvaidis, I.N. & Kontominas, M.G. (2005). Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. *Food Microbiology, 22*(1), 1–9. doi:10.1016/j.fm.2004.06.003

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.

Mastromatteo, M., Danza, A., Conte, A., Muratore, G. & Nobile, M.A. (2010). Shelf life of ready to use peeled shrimps as affected by thymol essential oil and modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Microbiology, 144*(2), 250-256.

Mohammad, J., Farideh, T.Y., Seyed, A.M., Arash, K., & Naimeh, K. (2013). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology, 174*, 88-97.

Ojagh, S.M., Rezavi, S.H., & Hossrini, S.M.H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry, 120*, 193-198.

Okpala, C.O.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

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.

Pokorny, J. (1982). Browning from lipid-protein interactions. *Prog. Food Nutr. Sci*., *5*, 421–428.

Quayle D. B. & Newkirk G. F., (1989). *Farming Bivalve Molluscs: Methods for Study and Development*. Canada: International Development Research Centre.

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

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

Vatavali, K., Karakosta, L., Nathanailides, C., Georgantelis, D., & Kontominas, M.G. (2013). Combined effect of chitosan and oregano essential oil dip on the microbiological, chemical, and sensory attributes of red porgy (*Pagrus pagrus*) stored in ice. *Food and Bioprocess Technology, 6*(12), 3510-3521.

Yasuhara, A. (1987). Comparison of volatile components between fresh and rotten mussels by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, *409*, 251–258. doi: 10.1016/S0021-9673(01)86801-1

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0^{NS}	$11.63_{a} \pm 0.08$	$11.58_{a} \pm 0.07$	$11.59_{a} \pm 0.08$	$11.60_{a} \pm 0.08$
2	$17.51_{b}{}^{D} \pm 0.08$	$16.47_{b}{}^{C} \pm 0.08$	$14.38_{b}{}^{B} \pm 0.08$	$14.13_{b}{}^{A} \pm 0.08$
4	$18.76_{c}{}^{D} \pm 0.08$	$16.84_{c}{}^{C} \pm 0.08$	$15.06_{c}{}^{B} \pm 0.08$	$14.44_{c}{}^{A} \pm 0.00$
6	$19.90_{d}{}^{D} \pm 0.08$	$18.05_{d}{}^{C} \pm 0.08$	$15.93_{d}{}^{B} \pm 0.08$	$15.18_{d}{}^{A} \pm 0.00$
8	$20.36_{e}{}^{D} \pm 0.00$	$19.11_{e}{}^{C} \pm 0.08$	$17.15_{e}{}^{B} \pm 0.08$	$16.35_{e}{}^{A} \pm 0.08$
10	$22.13_{f}{}^{D} \pm 0.08$	$20.57_{f}{}^{C} \pm 0.08$	$19.18_{f}{}^{B} \pm 0.08$	$17.26_{f}{}^{A} \pm 0.00$
12	$27.10_{g}{}^{D} \pm 0.08$	$23.91_{g}{}^{C} \pm 0.08$	$20.17_{g}{}^{B} \pm 0.08$	$18.25_{g}{}^{A} \pm 0.08$
14	$31.23_{h}{}^{D} \pm 0.08$	$27.10_{h}{}^{C} \pm 0.08$	$22.33_{h}{}^{B} \pm 0.08$	$18.85_{h}{}^{A} \pm 0.08$
16	$36.03_{i}{}^{D} \pm 0.08$	$31.77_{i}{}^{C} \pm 0.08$	$25.08_{i}{}^{B} \pm 0.08$	$19.57_{i}{}^{A} \pm 0.08$
18	$40.17_{j}{}^{D} \pm 0.08$	$34.06_{j}{}^{C} \pm 0.08$	$26.87_{j}{}^{B} \pm 0.08$	$20.17_{j}{}^{A} \pm 0.08$

ตารางผนวกที่ ก - 2 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0	$0.08_{a}^{A} \pm 0.01$	$0.0828_{a}^{A} \pm 0.01$	$0.0818_{a}^{B} \pm 0.01$	$0.0806_{a}^{A} \pm 0.01$
2	$0.12_{b}^{C} \pm 0.01$	$0.1104_{b}^{B} \pm 0.01$	$0.1086_{b}^{B} \pm 0.01$	$0.1012_{b}^{A} \pm 0.01$
4	$0.26_{c}^{D} \pm 0.01$	$0.2240_{c}^{C} \pm 0.01$	$0.1770_{c}^{B} \pm 0.01$	$0.1447_{c}^{A} \pm 0.01$
6	$0.34_{d}^{D} \pm 0.01$	$0.3150_{d}^{C} \pm 0.01$	$0.2748_{d}^{B} \pm 0.01$	$0.2244_{d}^{A} \pm 0.01$
8	$0.50_{e}^{D} \pm 0.01$	$0.4658_{e}^{C} \pm 0.01$	$0.3653_{e}^{B} \pm 0.01$	$0.2567_{e}^{A} \pm 0.01$
10	$0.59_{f}^{D} \pm 0.01$	$0.5591_{f}^{C} \pm 0.01$	$0.4101_{f}^{B} \pm 0.01$	$0.3631_{f}^{A} \pm 0.01$
12	$0.69_{g}^{D} \pm 0.01$	$0.6644_{g}^{C} \pm 0.01$	$0.4932_{g}^{B} \pm 0.01$	$0.4303_{g}^{A} \pm 0.01$
14	$0.75_{h}^{D} \pm 0.01$	$0.7101_{h}^{C} \pm 0.01$	$0.5354_{h}^{B} \pm 0.01$	$0.4915_{h}^{A} \pm 0.01$
16	$0.99_{i}^{D} \pm 0.01$	$0.9115_{i}^{C} \pm 0.01$	$0.6354_{i}^{B} \pm 0.01$	$0.5156_{i}^{A} \pm 0.01$
18	$1.14_{j}^{D} \pm 0.01$	$1.0176_{j}^{C} \pm 0.01$	$0.7659_{j}^{B} \pm 0.01$	$0.6625_{j}^{A} \pm 0.01$

ตารางผนวกที่ ก - 3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0	$3.39_{a}^{B} \pm 0.01$	$3.38_{a}^{B} \pm 0.01$	$3.37_{a}^{B} \pm 0.01$	$3.34_{a}^{A} \pm 0.01$
2	$3.92_{b}^{D} \pm 0.01$	$3.78_{b}^{C} \pm 0.01$	$3.64_{b}^{B} \pm 0.01$	$3.45_{b}^{A} \pm 0.01$
4	$5.42_{c}^{D} \pm 0.01$	$5.06_{c}^{C} \pm 0.01$	$4.11_{c}^{B} \pm 0.01$	$3.76_{c}^{A} \pm 0.01$
6	$6.37_{d}^{D} \pm 0.01$	$5.79_{d}^{C} \pm 0.01$	$4.69_{d}^{B} \pm 0.01$	$3.96_{d}^{A} \pm 0.01$
8	$8.36_{e}^{D} \pm 0.01$	$7.11_{e}^{C} \pm 0.01$	$5.18_{e}^{B} \pm 0.01$	$4.22_{e}^{A} \pm 0.01$
10	$9.33_{f}^{D} \pm 0.01$	$8.68_{f}^{C} \pm 0.01$	$5.68_{f}^{B} \pm 0.01$	$4.61_{f}^{A} \pm 0.01$
12	-	-	$6.86_{g} \pm 0.01$	$5.48_{g} \pm 0.01$
14	-	-	$7.42_{h} \pm 0.01$	$5.86_{h} \pm 0.01$
16	-	-	$8.08_{i} \pm 0.01$	$6.98_{i} \pm 0.01$
18	-	-	$8.49_{j} \pm 0.01$	$7.68_{j} \pm 0.01$

ตารางผนวกที่ ก - 4 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0^{NS}	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{e} \pm 0.00$	$5.00_{g} \pm 0.00$	$5.00_{f} \pm 0.00$
2	$4.65_{e}^{A} \pm 0.49$	$4.70_{d}^{A} \pm 0.47$	$5.00_{g}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{f}^{B} \pm 0.00$
4	$4.35_{d}^{A} \pm 0.49$	$4.55_{d}^{AB} \pm 0.51$	$4.70_{f}^{B} \pm 0.47$	$4.80_{ef}^{B} \pm 0.41$
6	$3.40_{c}^{A} \pm 0.50$	$4.10_{c}^{B} \pm 0.31$	$4.50_{ef}^{C} \pm 0.51$	$4.70_{de}^{C} \pm 0.47$
8	$3.00_{b}^{A} \pm 0.00$	$3.30_{b}^{B} \pm 0.47$	$4.35_{e}^{C} \pm 0.49$	$4.60_{de}^{C} \pm 0.50$
10	$2.35_{a}^{A} \pm 0.49$	$2.80_{a}^{B} \pm 0.41$	$4.10_{d}^{C} \pm 0.31$	$4.50_{d}^{D} \pm 0.51$
12	-	-	$3.80_{c}^{A} \pm 0.41$	$4.20_{c}^{B} \pm 0.41$
14	-	-	$3.25_{b}^{A} \pm 0.44$	$4.00_{c}^{B} \pm 0.00$
16	-	-	$2.85_{a}^{A} \pm 0.37$	$3.70_{b}^{B} \pm 0.47$
18	-	-	$2.60_{a}^{A} \pm 0.50$	$3.20_{a}^{B} \pm 0.41$

ตารางผนวกที่ ก - 5 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0^{NS}	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{f} \pm 0.00$	$4.85_{i} \pm 0.37$	$4.85_{g} \pm 0.37$
2	$4.65_{e}{}^{A} \pm 0.49$	$4.70_{e}{}^{A} \pm 0.47$	$5.00_{hi}{}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{g}{}^{B} \pm 0.00$
4	$3.70_{d}{}^{A} \pm 0.47$	$4.40_{d}{}^{B} \pm 0.50$	$4.60_{h}{}^{B} \pm 0.50$	$4.75_{g}{}^{B} \pm 0.44$
6	$2.90_{c}{}^{A} \pm 0.31$	$3.55_{c}{}^{B} \pm 0.37$	$3.95_{g}{}^{C} \pm 0.22$	$4.15_{f}{}^{C} \pm 0.37$
8	$2.55_{b}{}^{A} \pm 0.51$	$2.85_{b}{}^{B} \pm 0.37$	$3.35_{f}{}^{C} \pm 0.49$	$3.80_{e}{}^{D} \pm 0.41$
10	$2.10_{a}{}^{A} \pm 0.31$	$2.45_{a}{}^{B} \pm 0.51$	$3.10_{e}{}^{C} \pm 0.31$	$3.55_{d}{}^{D} \pm 0.51$
12	-	-	$2.80_{d}{}^{A} \pm 0.41$	$3.30_{cd}{}^{B} \pm 0.47$
14	-	-	$2.10_{c}{}^{A} \pm 0.31$	$3.15_{c}{}^{B} \pm 0.37$
16	-	-	$1.80_{b}{}^{A} \pm 0.41$	$2.30_{b}{}^{B} \pm 0.47$
18	-	-	$1.35_{a}{}^{A} \pm 0.49$	$1.95_{a}{}^{B} \pm 0.22$

ตารางผนวกที่ ก - 6 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0^{NS}	5.00_{f} ± 0.00	5.00_{d} ± 0.00	4.90_{f} ± 0.31	4.90_{f} ± 0.31
2^{NS}	4.70_{e} ± 0.47	4.70_{c} ± 0.47	4.80_{f} ± 0.51	4.80_{f} ± 0.41
4	3.60_{d}^{A} ± 0.50	4.50_{c}^{B} ± 0.51	4.65_{f}^{B} ± 0.49	4.80_{f}^{B} ± 0.41
6	2.95_{c}^{A} ± 0.22	3.60_{b}^{B} ± 0.50	4.15_{e}^{C} ± 0.37	4.65_{f}^{D} ± 0.49
8	2.60_{b}^{A} ± 0.50	2.85_{a}^{B} ± 0.37	3.90_{e}^{C} ± 0.31	4.20_{e}^{D} ± 0.41
10	2.20_{a}^{A} ± 0.41	2.60_{a}^{B} ± 0.50	3.15_{d}^{C} ± 0.37	$3.65_{d\ D}$ ± 0.49
12	-	-	2.90_{d}^{A} ± 0.31	3.40_{cd}^{B} ± 0.50
14	-	-	2.55_{c}^{A} ± 0.51	3.20_{c}^{B} ± 0.41
16	-	-	1.85_{b}^{A} ± 0.37	2.45_{b}^{B} ± 0.51
18	-	-	1.45_{a}^{A} ± 0.51	2.00_{a}^{B} ± 0.00

ตารางผนวกที่ ก - 7 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	TTM01	TTM05
0^{NS}	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{d} \pm 0.00$	$5.00_{g} \pm 0.00$	$5.00_{h} \pm 0.00$
2	$4.70_{e}^{A} \pm 0.47$	$4.80_{d}^{AB} \pm 0.41$	$5.00_{g}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{gh}^{B} \pm 0.00$
4	$3.80_{d}^{A} \pm 0.41$	$4.30_{c}^{B} \pm 0.47$	$4.70_{f}^{C} \pm 0.47$	$4.80_{fgh}^{C} \pm 0.41$
6	$3.30_{c}^{A} \pm 0.47$	$3.60_{b}^{A} \pm 0.50$	$4.40_{e}^{B} \pm 0.50$	$4.70_{fg}^{B} \pm 0.47$
8	$2.80_{b}^{A} \pm 0.41$	$3.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$4.25_{e}^{B} \pm 0.44$	$4.55_{f}^{C} \pm 0.51$
10	$2.45_{a}^{A} \pm 0.51$	$2.85_{a}^{B} \pm 0.37$	$3.75_{d}^{C} \pm 0.44$	$4.20_{e}^{D} \pm 0.41$
12	-	-	$3.00_{c}^{A} \pm 0.00$	$3.75_{d}^{B} \pm 0.44$
14	-	-	$2.85_{c}^{A} \pm 0.37$	$3.45_{c}^{B} \pm 0.51$
16	-	-	$2.05_{b}^{A} \pm 0.22$	$2.50_{b}^{B} \pm 0.51$
18	-	-	$1.55_{a}^{A} \pm 0.51$	$2.00_{a}^{B} \pm 0.00$

หมายเหตุ :

TCC คือ ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอล (ชุดการทดลองควบคุม)

TAC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

TTM 01 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

TTM 05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%