# รายงานฉบับสมบูรณ์

# โครงการ การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

# Shelf-life Extension of Cooked Green Mussel Using Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants and Modified Atmosphere Packaging: Effect of Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants

**สวามินี ธีระวุฒิ**

**นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน**

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 89/2557

# รายงานฉบับสมบูรณ์

# การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

# Shelf-life Extension of Cooked Green Mussel Using Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants and Modified Atmosphere Packaging: Effect of Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants

สวามินี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

เมษายน พ.ศ. 2558

# บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ข้าพเจ้า อ.ดร.สวามินี ธีระวุฒิ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (ปีที่ 1) : ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน Shelf-life Extension of Cooked Green Mussel Using Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants and Modified Atmosphere Packaging: Effect of Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants สัญญาเลขที่ 89/2557 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 460,000 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี (ระหว่าง 1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 - 30 กันยายน พ.ศ. 2558)

**บทคัดย่อ**

ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตสำหรับเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคได้มากที่สุดคือ คือ 0.002% และระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ขณะที่การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซี (T1, T2, T3, T4) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% (T1), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% (T3), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% (T4) ที่เก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่การเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และไม่เคลือบสารละลาย (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน(พิจารณาเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคในอาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g)

**ข้อเสนอแนะ**

เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซีมีอายุการเก็บรักษาน้อย หากต้องการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 89/2557

# บทคัดย่อ

ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตสำหรับเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคได้มากที่สุดคือ คือ 0.002% และระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ขณะที่การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซี (T1, T2, T3, T4) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% (T1), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% (T3), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% (T4) ที่เก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่การเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และไม่เคลือบสารละลาย (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน(พิจารณาเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคในอาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g)

# Abstract

A trained descriptive analysis panel evaluated cooked sensory attributes for cooked green mussel coated with an alginate-based coating. The optimum coating conditions for sensorial acceptance in the experiments were 0.002% sodium alginate concentration. 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 an alginate-based coating incorporating with antioxidant. The effect of antioxidant (green tea and vitamin C) alginate-based coating on the quality changes of cooked green mussel during refrigerated storage of 18 days was investigated. Six different treatments were tested: control sample (TC), alginate–based coating (TA) and coated samples with alginate–based coating incorporating 2.5% green tea and 1.25% vitamin C (T1), 2.5% green tea and 2.5% vitamin C (T2), 0.625% green tea and 2.5% vitamin C (T3), 1.25% green tea and 2.5% vitamin C (T4) (v/v), respectively. Alginate-based coating incorporating antioxidant treatments (T1, T2, T3 and T4) effectively retarded qualities loss (chemical, physical, microbiological and sensorial quality) of cooked green mussel. Nevertheless, T2 had the highest inhibition on quality loss, compared with the other treatments. Therefore, an alginate-based coating incorporating with 2.5% green tea and 2.5% vitamin C coating could be a promising inhibition of cooked green mussel quality loss with extended shelf life. While the use of T2 extended the shelf life of cooked green mussel by 10 days, T1, T3 and T4 for 8 days compared to 6 days in TA and TC treatment samples (total plate count of not exceeded 6 log CFU/g). In addition, cooked green mussel coated with antioxidant alginate-based coating at all sample secure for growth of pathogenic microorganisms (Coliform bacteria and *E. coli*) as well.

# สารบัญ

หน้า

บทสรุปผู้บริหาร..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 4

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 14

4 ผลการวิจัย..... 19

5 อภิปรายผลการวิจัย..... 37

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 50

เอกสารอ้างอิง..... 51

ภาคผนวก..... 58

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 58

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2 - 1 การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม..... 6

2 - 2 การเปรียบเทียบปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่..... 6

4 - 1 การยอมรับในการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน..... 18

4 - 2 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนตกัน..... 19

ตารางผนวกที่

ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 59

ก - 2 ปริมาณความชื้นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 60

ก - 3 ปริมาณ TVB–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 61

ก - 4 ปริมาณ TMA–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 62

ก - 5 การสูญเสียน้ำหนักของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 63

ก - 6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 64

ก - 7 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 65

# สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 8 คะแนนการยอมรับกลิ่นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 66

ก - 9 คะแนนการยอมรับรสชาติของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 67

ก - 10 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 68

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 อวัยวะภายในส่วนต่าง ๆ ของหอยแมลงภู่..... 5

2 - 2 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ..... 10

4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม
สารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 23

4 - 2 ปริมาณความชื้นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 24

4 - 3 ปริมาณ TVB–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 25

4 - 4 ปริมาณ TMA–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 27

4 - 5 การสูญเสียน้ำหนักของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 28

4 - 6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต
ผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 30

4 - 7 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต
ผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 32

4 - 8 คะแนนการยอมรับกลิ่นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต
ผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 33

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 - 9 คะแนนการยอมรับรสชาติของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 35

4 - 8 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน..... 36

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีการเพาะเลี้ยงตามชายฝั่งทางภาคตะวันออกกันอย่างแพร่หลาย ทำให้ผลผลิตของหอยแมลงภู่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้มากขึ้น แต่การจำหน่ายหอยแมลงภู่เพื่อการบริโภคภายในประเทศยังมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากหอยมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา อีกทั้งความสดและสะอาดของหอยยังขึ้นอยู่กับแหล่งเลี้ยงเป็นสำคัญ เนื่องจากหอยจะกินอาหารโดยการกรองสิ่งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ หากแหล่งเลี้ยงนั้นอยู่ใกล้แหล่งชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ทิ้งของเสียลงในแหล่งน้ำก็จะพบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคปนเปื้อนในเนื้อหอย ซึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงความสะอาดสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคแล้ว ยังต้องคำนึงถึงวิธีการเก็บรักษาก่อนจะถึงมือผู้บริโภคด้วย เพื่อเป็นการลดปัญหาและอุปสรรคดังกล่าว จึงควรพิจารณาถึงการขยายตลาดของหอยแมลงภู่ด้านการแปรรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บไว้ได้นาน และสามารถส่งไปจำหน่ายยังพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลได้ อีกทั้งยังเป็นการขยายธุรกิจการส่งออกหอยแมลงภู่ออกสู่ตลาดต่างประเทศ รวมถึงสร้างความปลอดภัยในการบริโภคหอยแมลงภู่อีกด้วย โดยในปัจจุบันการแปรรูปหอยแมลงภู่นั้นมีหลายวิธี แต่วิธีการที่ง่ายที่สุดสำหรับชาวประมงคือการแปรรูปเป็นหอยต้มแกะเนื้อ ซึ่งใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ และผลิตภัณฑ์ที่ยังคงมีรสชาติใกล้เคียงกับหอยแมลงภู่สด สามารถนำไปประกอบอาหารได้โดยไม่สูญเสียรสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ กระบวนการผลิตทำได้โดยนำหอยสดทั้งเปลือกไปต้ม แยกเนื้อออกจากเปลือกแล้วนำไปลวกในน้ำที่เติมเกลือเล็กน้อยนาน 1-2 นาที นำเนื้อหอยไปลวกอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำขึ้นผึ่งลมให้แห้งพอหมาด ๆ โดยผึ่งบนตาข่ายประมาณ 5 นาที ใส่ถุงพลาสติกเพื่อรอการจำหน่าย แต่มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 3-4 วันเท่านั้น

ดังนั้น การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่ลวกที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพหอยแมลงภู่ให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น ด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากอัลจิเนตไปลดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำ เช่น จุลินทรีย์ทนเย็น, *Salmonella* , *L. monocytogenase* ส่วนสารกันหืน เช่น โพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชา และกรดแอสคอร์บิก นั้นไปชะลอการเน่าเสียในส่วนที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่ต้มด้วยอัลจิเนตผสมสารกันหืน จะช่วยชะลอการเน่าเสียได้ จึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพ

หลังการเก็บเกี่ยวหอยแมลงภู่ให้ดียิ่งขึ้น เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ และสร้างความปลอดภัยให้ผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมอุตสาหกรรมการเลี้ยงและอุตสาหกรรมการแปรรูปหอยแมลงภู่ต่อไป

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบอัลจิเนต
2. ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่สุกให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

## ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 กำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยการนำหอยแมลงภู่มาต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่างกัน นาน 5 วินาที จากนั้นนำมาให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุก จากนั้นนำสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ผู้ทดสอบยอมรับมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต โดยการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐาน ในการประเมินตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกในการทดลอง

การทดลองที่ 2 ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบโดยนำหอยแมลงภู่มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นแกะเอาแต่เนื้อหอยมาตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการทดลอง

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกโดยต้มหอยแมลงภู่ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที จากนั้นแกะเอาแต่เนื้อหอยมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ที่ผสมสารกันหืนได้แก่ วิตามินซี และ ชาเขียว ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันแล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เกณฑ์มาตรฐานในการวัดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

2. ทราบถึงประสิทธิภาพและความเข้มข้นของสารกันหืนที่ผสมลงในสารละลายอัลจิเนตที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่สุกให้มีคุณภาพดี สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกให้ปลอดภัยต่อการบริโภคได้

# 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

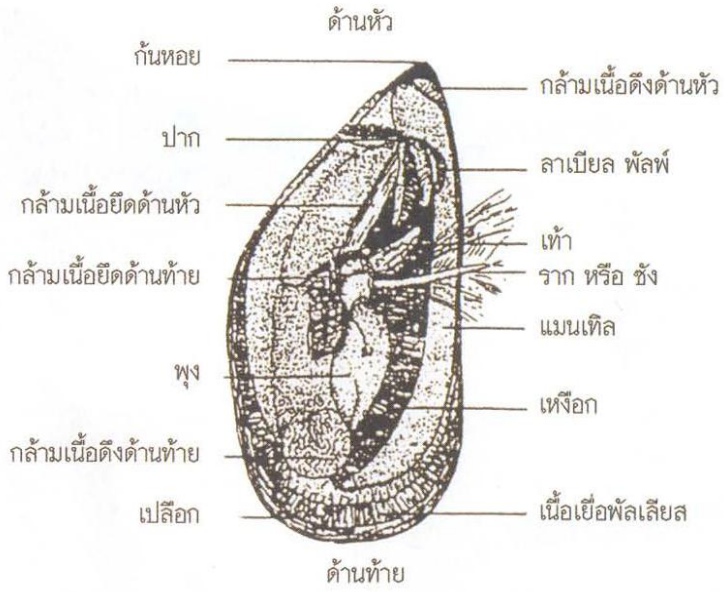
Class : Bivalvia หรือ Pelecypoda

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) ซึ่งมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับ หอยชนิดอื่น และมีรากหรือซัง (byssus) ซึ่งเป็นเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาล เหนียว เกิดจากสารประกอบของควิโนนแทน - โปรตีน (guinone tanned protein) เส้นใยดังกล่าวอยู่บริเวณฐานของเท้าซึ่งหอยใช้สำหรับยึดเกาะกับเสาไม้ หิน หรือวัสดุอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ นอกจากนี้มีเหงือกขนาดใหญ่ดังแสดงใน ภาพที่ 2 – 1




**ภาพที่ 2 - 1** อวัยวะภายในส่วนต่าง ๆ ของหอยแมลงภู่
ที่มา : Quayle and Newkirk, 1988

1.2 การกินอาหารและการปนเปื้อนแบคทีเรีย

การกินอาหารของหอยแมลงภู่ส่วนใหญ่ได้จากการกรองกิน เนื่องจากเป็นสัตว์ที่อยู่กับที่ และอวัยวะที่ใช้ในการกรองคือเหงือก จากลักษณะดังกล่าวจะทำให้มีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย และจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่กินเข้าไป อาหารที่ผ่านการกรองจะไหลเข้าไปในช่องแมนเทิล (mantle cavity) อาหารที่มีขนาดใหญ่จนเกินไปจะตกลงในตอนล่างของช่องแมนเทิล และถูกขับออกทางท่อน้ำออก 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 โดยควรเป็นแหล่งน้ำตื้นชายฝั่ง

ซึ่งมีความลึกประมาณ 3 - 10 เมตร สภาพดินเป็นโคลนหรืออาจเป็นโคลนปนทราย มีกระแสน้ำไหลผ่าน ทำให้มีอาหารหรือแพลงก์ตอนอุดมสมบูรณ์ และควรคำนึงถึงการคมนาคมที่สะดวกด้วย

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม พบว่าปริมาณเกลือแร่ในตัวหอยแมลงภู่มีสัดส่วนค่อนข้างสูง ดังตารางที่ 2 ขณะที่ปริมาณเกลือแร่และวิตามินที่พบในหอยแมลงภู่เทียบกับหอยนางรมมีค่าดังแสดงในตารางที่ 3 และสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช.] (2552) ได้รายงานว่าในหอยแมลงภู่สดมีโปรตีนประมาณ 11.90 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.24เปอร์เซ็นต์ 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 ซึ่งผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศนับวันจะเพิ่มปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้น โดยในปี 2553 สามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 829.3 ล้านบาท จากปริมาณการผลิต 242,273 ตัน ซึ่งหอยแมลงภู่ที่ซื้อขายกันในตลาดทั่วไปปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้จากแหล่งเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดชายฝั่งทะเล ทั้งบริเวณชายฝั่งของอ่าวไทยตอนนอก ชายฝั่งภาคตะวันออกและภาคใต้ โดยในปี 2551 จังหวัดในพื้นที่ชายฝั่งภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราดมีปริมาณการผลิต 25,963 ตัน คิดเป็นมูลค่า 58.3 ล้านบาท การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่เฉพาะในเขตจังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณการผลิต 8,579 ตัน จำนวนฟาร์ม 337 ฟาร์ม เนื้อที่ 2,742 ไร่ มูลค่า 2.5 ล้านบาท ส่วนในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณการผลิต 8,785 ตัน จำนวนฟาร์ม 340 ฟาร์ม เนื้อที่ 2,850 ไร่ มูลค่า 2.75 บาท และในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการผลิต 8,437 ตัน จำนวนฟาร์ม 328 ฟาร์ม เนื้อที่ 2,765 ไร่ มูลค่า 2.45 ล้านบาท ในปัจจุบันหอยแมลงภู่ มีราคาเฉลี่ยอยู่ที่กิโลกรัมละ 30 - 40 บาท ขึ้นอยู่กับขนาด (กรมประมง, 2553)

ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยจะสามารถส่งออกหอยแมลงภู่จึงยังคงมีอยู่สูง (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2547) อีกทั้งข้อได้เปรียบในเรื่องของลักษณะภูมิประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีแนวชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 2,600 กิโลเมตร ติดต่อกับทะเลจีนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก และทะเลอันดามันของมหาสมุทรอินเดีย ทะเลของภาคตะวันออกประกอบด้วยป่าชายเลน 470 ตารางกิโลเมตร ส่วนในฝั่งทะเลทางฝั่งตะวันตกมีป่าชายเลนปกคลุมเป็นพื้นที่ 1,917 ตารางกิโลเมตร ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุอาหาร อินทรีย์และอนินทรีย์สารซึ่งเหมาะแก่การอยู่อาศัยและดำรงชีวิตของสัตว์น้ำนานาชนิด รวมทั้งพวกหอยที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งรวมทั้งแมลงภู่ด้วย จากสาเหตุดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตหอยแมลงภู่ได้เป็นอย่างดี

## 2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

คุณภาพโดยรวมของสัตว์น้ำนั้นเป็นที่ยอมรับทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอยู่แล้ว การปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์และการเสื่อมคุณภาพโดยเอนไซม์ เป็นผลให้รสชาติ เนื้อสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง จนไม่เป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และอุณหภูมิการเก็บรักษา

หอยแมลงภู่เมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด โดยทันทีที่หอยตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา อันมีผลต่อคุณภาพของหอยเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้

ไม่นานซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ 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 เปนดัชนี วัดการเนา เสียโดยวัดปริมาณดางระเหยไดทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรียที่ทำใหสัตว์น้ำเนาเสีย เกิดเปน trimethyl amine (TMA), dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย ($NH_3$) (Banks *et al*., 1980) นอกจากนี้ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ glycolysis การสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ ซึ่งรวมถึงการสลายตัวของ adenosine triphosphate (ATP degradation) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า K เปนดัชนีวัดการเนาเสียโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารสารประกอบนิวคลีโอไทด์ 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) การปนเปื้อนจะพบในปริมาณสูงจากปลาที่มาจากกระแสน้ำอุ่น หรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด โดยเฉพาะในหอย (mollusk) ซึ่งกินอาหารโดยการกรองจะพบแบคทีเรียและไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคในปริมาณสูง กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่พบบ่อยในหอยได้แก่ กลุ่ม Staphylococcus, กลุ่ม Salmonella, กลุ่ม Vibrio และกลุ่ม Coliform โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้บริโภครับประทานหอยแมลงภู่ที่ไม่สด ซึ่งมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ดังกล่าว ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง และอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสโลหิตได้อีกด้วย

## 3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน

เนื่องจากหอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่หอยตาย ทำให้หอยมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่น และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และความสะดวกต่อการบริโภค ทำให้ปัจจุบันมีการผลิตอาหารแปรรูปที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมปรุงมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

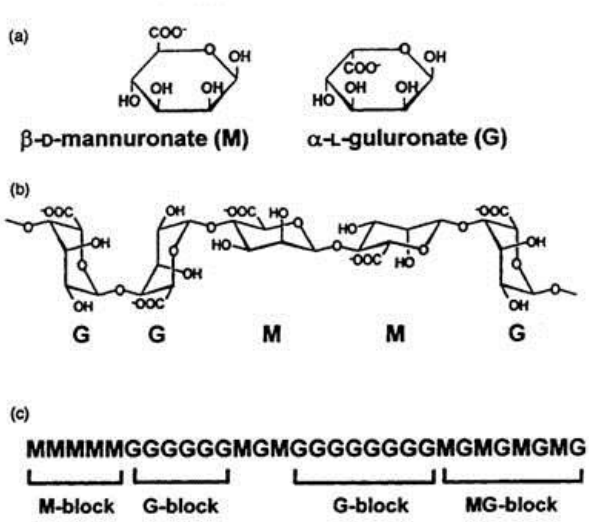
การใช้ความร้อนเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง โดยการใช้ความร้อนสามารถ ช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ รวมทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้เนื้อสัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ระดับเป็นการใช้ความร้อน ในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนสูงกว่าจุดเดือด คือ

การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด เป็นการใช้ความร้อนเพื่อการทำลายจุลินทรีย์บางส่วนในอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เรียกการใช้ความร้อนในระดับนี้ว่า การพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) ความร้อน จะช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้ ผลิตภัณฑ์เนื้อที่นิยมใช้ความร้อนระดับนี้ ได้แก่ แฮม เบคอน และไส้กรอก เป็นต้น โดยทั่วไปมักให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 65 - 75 องศาเซลเซียส นอกจากความร้อนจะช่วยทำลายจุลินทรีย์แล้วยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่นและมีความคงตัว วิธีการพาสเจอร์ไรส์แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ - วิธีใช้ความร้อนต่ำ - เวลานาน (LTLT : Low Temperature - Long Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียส กรรมวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำนมด้วย และอีกวิธีคือ ใช้ความร้อนสูง - เวลาสั้น (HTST : High Temperature - Short Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรก แต่ใช้เวลาน้อยกว่าคืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียสคงไว้เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลง กล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส ซึ่งวัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรซ์ คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารยาวนานขึ้น และรักษารสชาติของอาหารให้เหมือนรสชาติดั้งเดิม

3.2 การใช้สารสกัดอัลจิเนต

อัลจิเนตหรืออัลจินเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ ได้แก่ *Macrocystis pyrifera* มีอัลจินประมาณ 14-19 %, *Laminaria cloustoni* และ *Laminaria digitata* มีอัลจินประมาณ 15 - 40 % ปริมาณที่พบจะขึ้นกับชนิดของสาหร่าย ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่ว ๆไปในโลก ประเทศที่ผลิตอัลจิเนตมาก คือ อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนนาดา และญี่ปุ่น

อัลจิเนตเป็น unbranched binary copolymer ของ 1,4-D-manuronic acid (M) และ L-guluronic acid (G) ในโมเลกุลประกอบด้วย homopolymeric regions ของ G และ M ที่เรียกว่า G- และ M-blocks ตามลำดับและยังมีบางส่วนของโมเลกุลเป็น MG-blocks ดังภาพที่ 2-3 สัดส่วนของ copolymer และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจิเนต




**ภาพที่ 2 - 2** โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ
ที่มา : Phillips and Williams, 2000

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของอัลจิเนตต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Neetoo et al (2010) พบว่า การนำสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมแลกเตต สารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมไดอะซิเตต มาเคลือบบนเนื้อปลาแซลมอนรมควัน ช่วยลดจำนวน *Listeria monocytogenes* ในปลาแซลมอนรมควันเย็นที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับการแทนที่สารอัลจิเนตด้วยคาราจีแนน เพคติน และเจลาติน โดยในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ตัวอย่างเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารใดเลยซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมมีจำนวน *L. monocytogenes* คือ 6.8 log CFU/g

แต่เนื้อปลาที่เคลือบด้วยสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมแลกเตต 2.4% และ เนื้อปลาที่เคลือบด้วยสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมไดอะซิเตต 0.25% มีจำนวน *L. monocytogenes* เป็น 3.3 และ 3.8 log CFU/g ตามลำดับ ขณะที่การศึกษาของ Song et al (2011) ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเนตต่อ อายุการเก็บรักษาปลากะพงแช่เย็น โดยนำเนื้อปลากะพงมาเคลือบด้วยสารต่างๆ ได้แก่ แคลเซียม อัลจิเนต (T1) แคลเซียมอัลจิเนตผสมวิตามินซี 5 % (T2) แคลเซียมอัลจิเนตผสมโพลีฟีนอล (T3) โดยมีเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบเป็นตัวอย่างควบคุม (C) พบว่าเนื้อปลาที่เคลือบแบบ T2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า T1 และ T3 และเนื้อปลาที่เคลือบทุกแบบ (T1 T2 และ T3) ช่วยลดการสูญเสียน้ำของเนื้อปลา ลดการเน่าเสีย ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีทั้งค่าความเป็นกรดด่าง TVBN และ TBA ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบ ได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ ส่วน Lu et al (2010) ได้ศึกษาถึงการใช้แคลเซียมอัลจิเนตร่วมกับสารหลายชนิด ได้แก่ สารแคลเซียมอัลจิเนต (Y0) แคลเซียมอัลจิเนตผสมอบเชย (Y1) แคลเซียมอัลจิเนตผสม nisin และ EDTA (Y2) แคลเซียมอัลจิเนตผสมอบเชยผสม nisin และ EDTA (Y3) เคลือบบนเนื้อปลา northern snakehead fish ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การเคลือบเนื้อปลาด้วย Y1 และ Y3 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าการเน่าเสียต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณ TVB-N ปริมาณ TBA ได้ดีกว่า Y0 และ Y2 จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าอัลจิเนตที่ได้จากสาหร่ายสีแดงมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้

3.3 การใช้สารกันหืน

การเสื่อมเสียของสัตว์น้ำสาเหตุหนึ่งเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์น้ำที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง (autoxidation) ทำให้เกิดสารประกอบพวกอัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในอาหาร แหล่งของกลิ่นรสผิดปกติที่เกิดขึ้น คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในเนื้อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยเกิดขึ้นตลอดเวลาเหมือนปฏิกิริยาลูกโซ่ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน ระดับความไม่อิ่มตัวของไขมัน วัตถุกันหืน โลหะ และตัวเร่งอินทรีย์ เช่น เอนไซม์ กรรมวิธีการแปรรูป ภาชนะบรรจุ แสงสว่าง และอุณหภูมิ เมื่อสัตว์น้ำเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี จะส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ซื้อสินค้านั้น ดังนั้นวิธีการป้องกันหรือชะลอปฏิกิริยาดังกล่าวจึงเป็นที่ต้องการ ซึ่งหนึ่งในหลายๆ วิธีนั้นก็ได้แก่การใช้สารกันหืน ซึ่งหมายถึง สารที่ใช้เพื่อชะลอการเสียของอาหาร อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยลักษณะของการเสียเนื่องจากปฏิกิริยารวมถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหาร การหืน อาหารมีสี

ผิดปกติ กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป คุณค่าทางอาหารลดลง และบางครั้งอาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้นด้วย เป็นต้น กลไกในการทำงานของสารกันหืน คือ เมื่อเติมสารกันหืนลงไปในอาหารที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย สารกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไปด้วย เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำปฏิกิริยากับวัตถุกันหืน ที่เติมลงไป จะเหลืออนุมูลของวัตถุกันหืน ซึ่งเกิดปฏิกิริยา ได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมาก และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัว ดังนั้นผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยาดังกล่าวก็จะลดลง คุณภาพของสัตว์น้ำจึงยังคงมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่

งานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารกันหืนต่อการรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำให้ดีและสามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น อาทิเช่น Li et al. (2012) พบว่า การนำเนื้อปลา yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) มาจุ่มในสารละลายผสมระหว่าง สารสกัดโพลีฟีนอลจากชา (TP) 0.2% กับสารสกัดจากโรสแมรี่ 0.2% และเคลือบซ้ำอีกขั้นด้วยไคโตซาน (C) แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อปลาดังกล่าวมีคุณภาพดีกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสม และมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสม 8-10 วัน ส่วนงานวิจัยของ Lin and Lin (2005). ได้ศึกษาผลของการเคลือบด้วยสารสกัดจากชาหลายๆ ชนิดต่อคุณภาพของเนื้อปลาโอ ซึ่งพบว่า การใช้สารสกัดจากชาเขียว (Green tea) และสารสกัดจากชา Pouchong tea ความเข้มข้น 5% มีผลในการชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาโอจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่าสารสกัดจากชาดำ (black tea) และอย่างไรก็ตามพบว่า เนื้อปลาโอที่เคลือบด้วยสารสกัดจากชาทุกชนิด มีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าตัวอย่างควบคุม (เนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ) เช่นเดียวกับ Khan et al. (2006). ได้นำหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) ไปจุ่มในกรดแอสคอร์บิก ซึ่งเป็นสารกันหืนชนิดหนึ่ง จากนั้นศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอย โดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า หอยแมลงภู่ที่นำไปจุ่มกรดแอสคอร์บิกมีอัตราการเพิ่มและปริมาณ TBARS น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม (หอยแมลงภู่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งนาน 5 วัน ส่วน Zambuchini et al. (2008) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลา *Solea solea* โดยการนำไปจุ่มในสารละลาย ellagic acid (EA) สารละลายกรดแอสคอร์บิก (l-AA) สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบต (SA) และสารละลายผสมของสารทั้ง 3 ชนิด พบว่า การใช้สารละลาย EA เข้มข้น 3 % และสารละลายผสมระหว่าง l-AA เข้มข้น 1.71 % กับ SA เข้มข้น 1.98 % มีผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ทนเย็น และ แบคทีเรีย Pseudomonas .ในเนื้อปลาที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียสได้เป็นอย่างดี ทำให้เนื้อปลามีอายุการเก็บรักษาได้นาน 10 วันในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (ไม่แช่สาร) มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน จาก

ตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นสารกันหืน เช่น สารสกัดจากชา และแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าว เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมในการเป็นสารเคลือบที่เนื้อสัตว์น้ำเพื่อลดการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้

ดังนั้นการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่ให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น ด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากอัลจิเนตไปลดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำ เช่น จุลินทรีย์ทนเย็น, Salmonella , *L. monocytogenase* ส่วนสารกันหืน เช่น โพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชา และกรดแอสคอร์บิกนั้นไปชะลอการเน่าเสียในส่วนที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ดังนั้นการใช้อัลจิเนตผสมสารกันหืนมาเคลือบหอยแมลงภู่เพื่อชะลอการเน่าเสียในเนื้อหอยแมลงภู่จึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวหอยแมลงภู่ให้ดียิ่งขึ้น

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

## 1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

### 1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 หอยแมลงภู่ที่ซื้อจากฟาร์มใน ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน ปี 2557 (จำนวนประมาณ 25-30 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม)

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

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

1.1.4 ชาเขียว ชนิด food grade (บริษัทวิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด)

1.1.5 วิตามินซี ชนิด food grade (โซเดียมแอสคอร์เบท)

### 1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับลวกหอย

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

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

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (BE Memmert, Germany)

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

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter TM 39, Germany)

1.4.6 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ปริมาณชื้น ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.4.7 ชุดวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และปริมาณไตรเมทิล - เอมีน (TMA) ได้แก่ จาน Conway และ Auto pipet ตามวิธีของ Hasegawa (1987)

1.4.8 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.9 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.10 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

**1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์**

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

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

## 2. วิธีการทดลอง

**2.1 การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยสุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต**

2.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

กำหนดเกณฑ์การตัดสินการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อหอยสุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยนำหอยแมลงภู่ ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยด้วยอุปกรณ์ที่ปลอดเชื้อ และระวังอย่างให้เกิดการฉีกขาด ก่อนนำตัวอย่างไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.1.2 การกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้

นำเนื้อหอยสุกที่แกะได้จากข้อ 2.1.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่างกัน 7 ระดับ (1.0%, 0.5%, 0.2%, 0.1%, 0.05%, 0.025% และ 0.002%) และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย $CaCl_2$ เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำหอยทั้ง 7 ชุด สำหรับกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) จากนั้นนำสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตและฝึกฝนผู้ทดสอบ

2.1.3 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

นำเนื้อหอยสุกที่แกะได้จากข้อ 2.1.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมจากข้อ 2.1.2 จากนั้นให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน

1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหอยสุกในการทดลองต่อไป นำเกณฑ์ที่ได้ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบก่อนทำการทดสอบจริง

**2.2 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ**

นำหอยแมลงภู่ ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยด้วยอุปกรณ์ที่ปลอดเชื้อ และระวังอย่างให้เกิดการฉีกขาด จากนั้นนำเนื้อหอยสุกที่แกะได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการทดลอง ดังนี้

2.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile basic nitrogen: TVB-N) ตามวิธีของ MFRD (1987) คุณภาพของหอยที่ใช้ผลิตหอยต้มได้มีการกำหนดความสด โดยแสดงในรูปปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ต้องมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (Okpala *et al*., 2014)

2.2.2 วัดความเป็นกรดด่าง ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

**2.3 ศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก**

เคลือบเนื้อหอยแมลภู่สุกที่เตรียมตามวิธีการในข้อ 2.2 ด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดจากข้อ 2.1.2 ที่ผสมสารกันหืนได้แก่ วิตามินซี และ ชาเขียว ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น 6 ชุดการทดลอง ได้แก่

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

เคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 10 ออนซ์ ในอัตราส่วน หอย : สารละลาย เท่ากับ 1 : 2 (w/v) โดยใช้ระยะเวลาในการเคลือบนาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย

0.002% $CaCl_2$ เป็นเวลาเท่ากับที่ใช้ในการเคลือบสารละลายอัลจิเนต พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบในทุกขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่กำหนดไปบรรจุในถุงพลาสติกทนความเย็นและนำไปเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยคุณภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่

2.3.1 คุณภาพทางเคมี

นำเฉพาะเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ตามวิธี A.O.A.C. (2000), ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000), ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA) ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 18 วัน

2.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาวัดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอย (% cooking loss) ตามวิธีของ Young and Lyon (1997) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 18 วัน

2.3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

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

2.3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกมาแล้ว ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 2.1 ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน จนกว่าผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยา 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 เพื่อทราบถึงความเข้มข้นของสารกันหืนที่ผสมลงในสารละลายอัลจิเนตที่เหมาะสมในการเคลือบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก

## 3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 ตึกวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

## 1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

### 1.1 การกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่างกัน 7 ระดับ (1.0%, 0.5%, 0.2%, 0.1%, 0.05%, 0.01% และ 0.002%) และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย $CaCl_2$ เป็นเวลา 1 นาที และให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) พบว่า ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตในระดับความเข้มข้น 1.0%, 0.5%, 0.2% และ 0.1% ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดคือ 0.002% รองลงมาได้แก่ 0.01% และ 0.05% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 – 1 ดังนั้นจึงใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคทั้ง 3 ระดับในการดำเนินการกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต และใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนต 0.002% ในการศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกต่อไป

**ตารางที่ 4 – 1** การยอมรับในการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (ผู้ทดสอบ 25 คน)

| ความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนต (%) | การยอมรับในการบริโภค (%) | |
|---|---|---|
| | ยอมรับ | ไม่ยอมรับ |
| 1.0 | 0 | 100 |
| 0.5 | 0 | 100 |
| 0.2 | 0 | 100 |
| 0.1 | 0 | 100 |
| 0.05 | 76 | 24 |
| 0.01 | 80 | 20 |
| 0.002 | 100 | - |

**1.2 การกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต**

กำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยใช้อัลจิเนตความเข้มข้น 0.05%, 0.025% และ 0.002% นำไปเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม (ความเข้มข้นที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคจากข้อ 1.1) โดยมีระยะเวลาในการเคลือบ คือ 5 วินาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบไปตั้งบนตะแกรงให้สะเด็ดสารเคลือบ นาน 1 นาทีและเคลือบด้วยสารละลาย $CaCl_2$ เป็นเวลา 1 นาที นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกในการทดลองต่อไป ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

**ตารางที่ 4 - 2 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต**

| คุณลักษณะ | ระดับการยอมรับ (คะแนน) | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | 5 | เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาชัดเจน และคงรูปร่างตามธรรมชาติ |
| | 4 | เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาเล็กน้อย และคงรูปร่างตามธรรมชาติ |
| | 3 | เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน และคงรูปร่างตามธรรมชาติ ยังไม่มีสีผิดปกติอื่น ๆ ปรากฏ |
| | 2 | เนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติเล็กน้อย เช่น เพศผู้ มีสีขาวอมเขียว/เทา/น้ำตาลจางๆ และ เพศเมีย มีสีส้มจางลงแต่มีสีส้มอมน้ำตาล/เขียว/เทา |
| | 1 | เนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น เพศผู้ มีสีขาวอมเขียว/เทา/น้ำตาลจางๆ และ เพศเมีย มีสีส้มจางลงแต่มีสีส้มอมน้ำตาล/เขียว/เทา |

**ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)**

| คุณลักษณะ | ระดับการยอมรับ (คะแนน) | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| กลิ่น | 5 | กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน |
| | 4 | กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นปานกลาง จนถึง เจือจาง และยังไม่มีกลิ่นผิดปกติอื่น |
| | 3 | ไม่มีกลิ่นหอมหวาน เริ่มมีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ เล็กน้อย เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว |
| | 2 | กลิ่นผิดปกติอื่นๆ โดยความเข้มของกลิ่นปานกลาง เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นเหม็นเน่า |
| | 1 | กลิ่นผิดปกติอื่นๆ โดยความเข้มของของกลิ่นชัดเจน เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง |
| เนื้อสัมผัส | 5 | ยืดหยุ่นดีมาก มีความชุ่มน้ำมาก |
| | 4 | ยืดหยุ่นดี มีความชุ่มน้ำเล็กน้อย |
| | 3 | ยืดหยุ่นปานกลาง ไม่มีความชุ่มน้ำ กระด้าง |
| | 2 | ไม่ยืดหยุ่น เริ่มนิ่ม |
| | 1 | นิ่มเละ และเป็นเมือก |
| รสชาติ | 5 | รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยชัดเจน |
| | 4 | รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยเล็กน้อย |
| | 3 | จืดและไม่มีรสชาติ |
| | 2 | รสเปรี้ยวเล็กน้อย และรสเฝื่อนเล็กน้อย |
| | 1 | รสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว หรือเฝื่อนที่รุนแรง |

## 2. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

หอยแมลงภู่ ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม (ตุลาคม 2557) ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยไปตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนต้ม พบว่า ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile basic nitrogen: TVB-N) เท่ากับ 2.09 $\pm$ 0.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนเนื้อหอยที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 8.72 $\pm$ 0.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (มีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และมีค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.70 $\pm$ 0.15

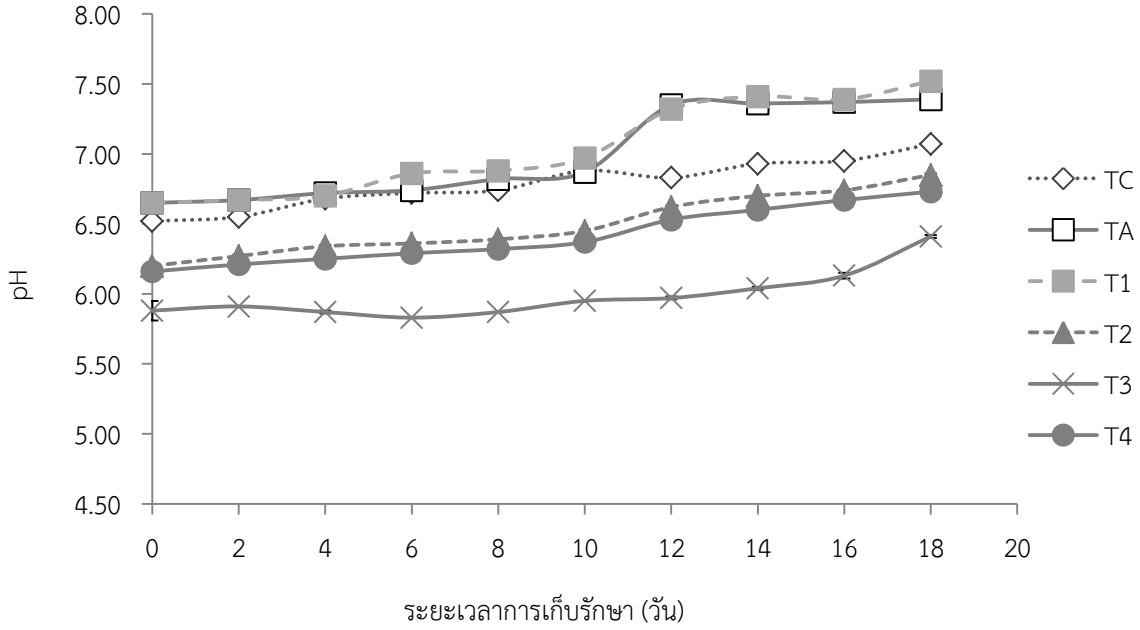
## 3. ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.002% (ความเข้มข้นที่ได้รับการยอมรับผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดจากข้อ 1.1) ผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืน (ชาเขียวและวิตามินซี) แตกต่างกัน จากนั้นเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา คุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลอง ดังนี้

### 3.1 คุณภาพทางเคมี

3.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 5.88 – 6.65 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีค่าค่อยๆ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุดคือ 7.52 รองลงมาได้แก่ TA (สารละลายอัลจิเนต), TC (ไม่เคลือบสารละลาย), T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%), T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) และ T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง 7.39, 7.07, 6.85, 6.73 และ 6.41 ตามลำดับ



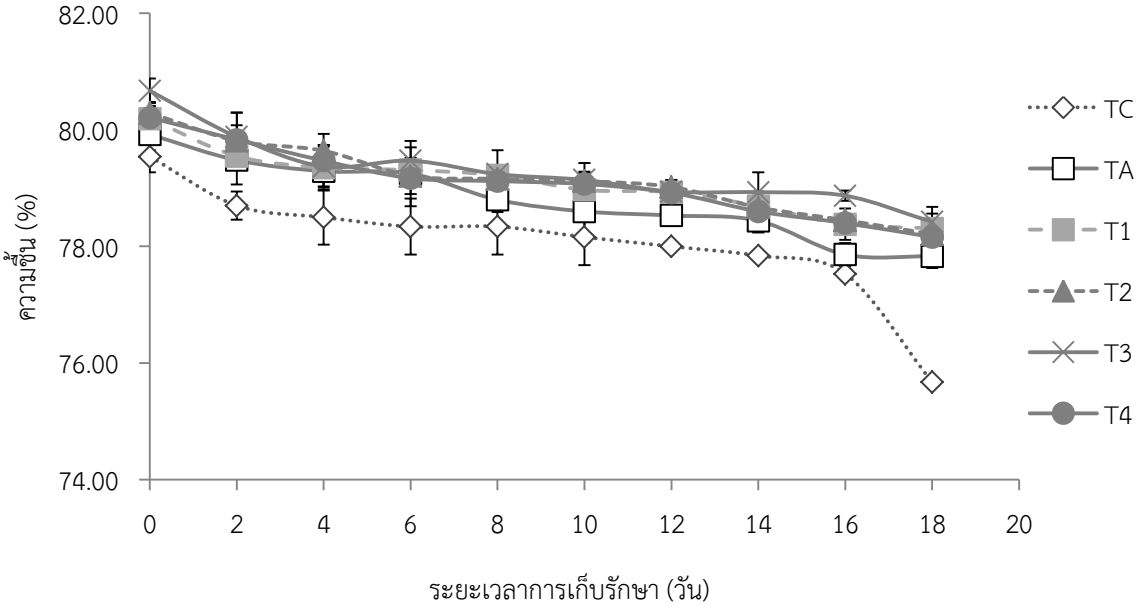

**ภาพที่ 4 - 1** ค่าความเป็นกรดด่างของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

3.1.2 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าระหว่าง 79.54 – 80.67 % และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณความชื้นของ TC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่าน้อยที่สุดคือ 75.67 % รองลงมาได้แก่ TA (สารละลายอัลจิเนต) 77.83% T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%), T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%), T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) และ T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งมีปริมาณความชื้น 78.16%, 78.21%, 78.31% และ 78.42% ตามลำดับ

นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 ซึ่งมีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนมีปริมาณความชื้นสูงกว่า TA และ TC



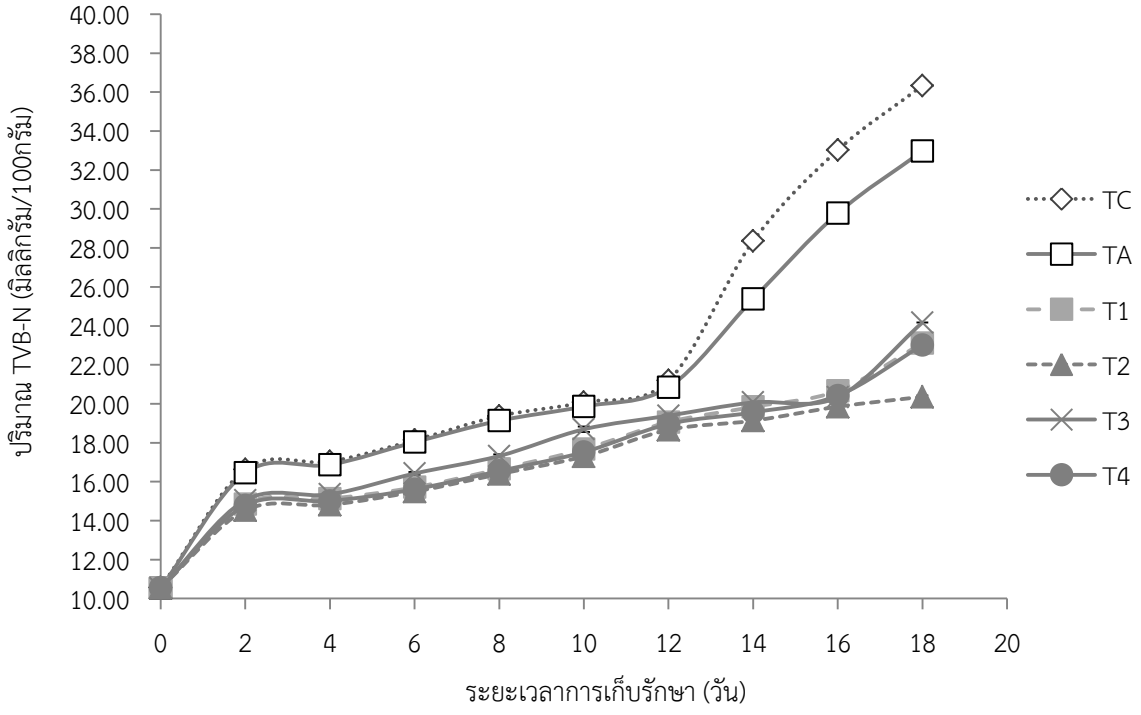

**ภาพที่ 4 - 2** ปริมาณความชื้นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

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

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าระหว่าง 10.53 – 10.56 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TVB-N ของ TC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 36.33 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ TA (สารละลายอัลจิเนต) 32.97 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง,

T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 24.17 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) และ T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) มีปริมาณ TVB-N ใกล้เคียงกัน คือ 23.11 และ 23.01 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีปริมาณ TVB-N ต่ำที่สุด คือ 20.36 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง สำหรับในการทดลองในครั้งนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่า TC ส่วน T2 มีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 มี มีปริมาณ TVB-N ใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ

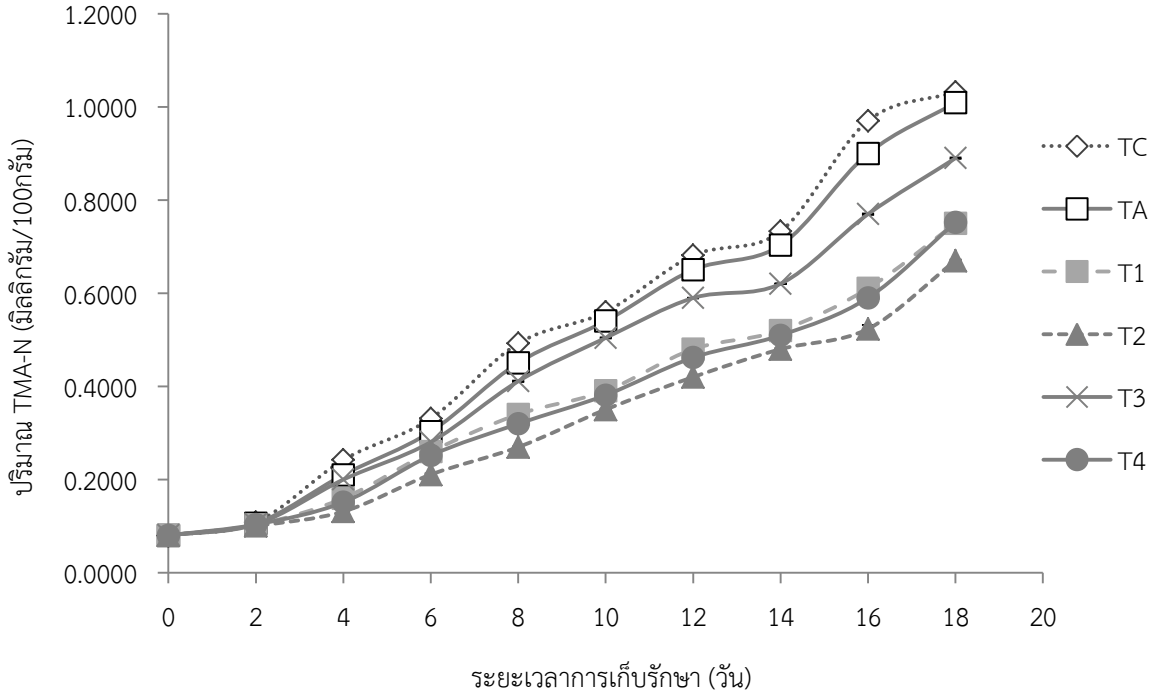



**ภาพที่ 4 - 3** ปริมาณ TVB–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

3.1.4 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA)

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่ามีค่าระหว่าง 0.0803 – 0.0810 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TMA-N ของ TC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.0324 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ TA (สารละลายอัลจิเนต) 1.0095 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง, T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 0.8904 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) และ T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) มีปริมาณ TMA-N ใกล้เคียงกัน คือ 0.7522 และ 0.7504 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุด คือ 0.6703 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่า TA และ TC ส่วน T2 นั้นมีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 มี มีปริมาณ TMA-N ใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ




**ภาพที่ 4 - 4** ปริมาณ TMA-N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

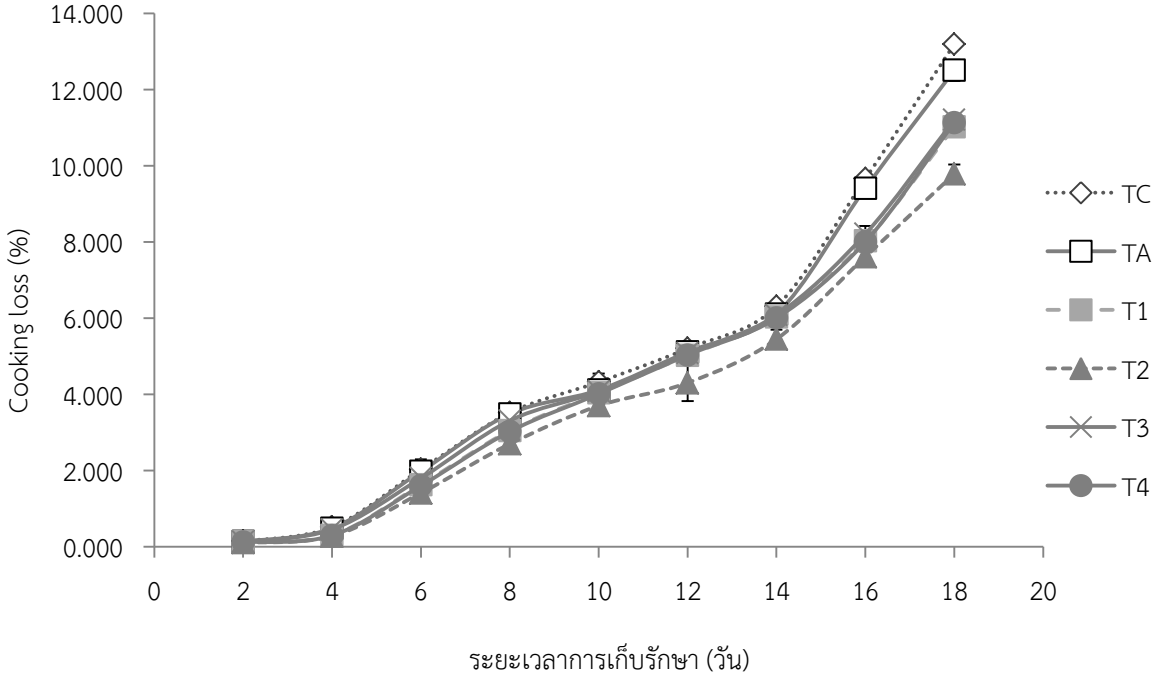
TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**3.2 คุณภาพทางกายภาพ**

3.2.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอย (% cooking loss)

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุก โดยเริ่มต้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 0.11 – 0.15 .% จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) จนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ค่าสูญเสียน้ำหนักของ TC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 13.19.% รองลงมาได้แก่ TA (สารละลายอัลจิเนต) 12.50 %, T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 11.20 %, T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) 11.02%, T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%)

11.13 % ตามลำดับ ในขณะที่ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีค่าสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด คือ 9.78 % รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีค่าสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า TA และ TC ส่วน T2 นั้นมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T1, T3, T4 มีค่าสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน และ TA, TC ตามลำดับ




**ภาพที่ 4 - 5** การสูญเสียน้ำหนักของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

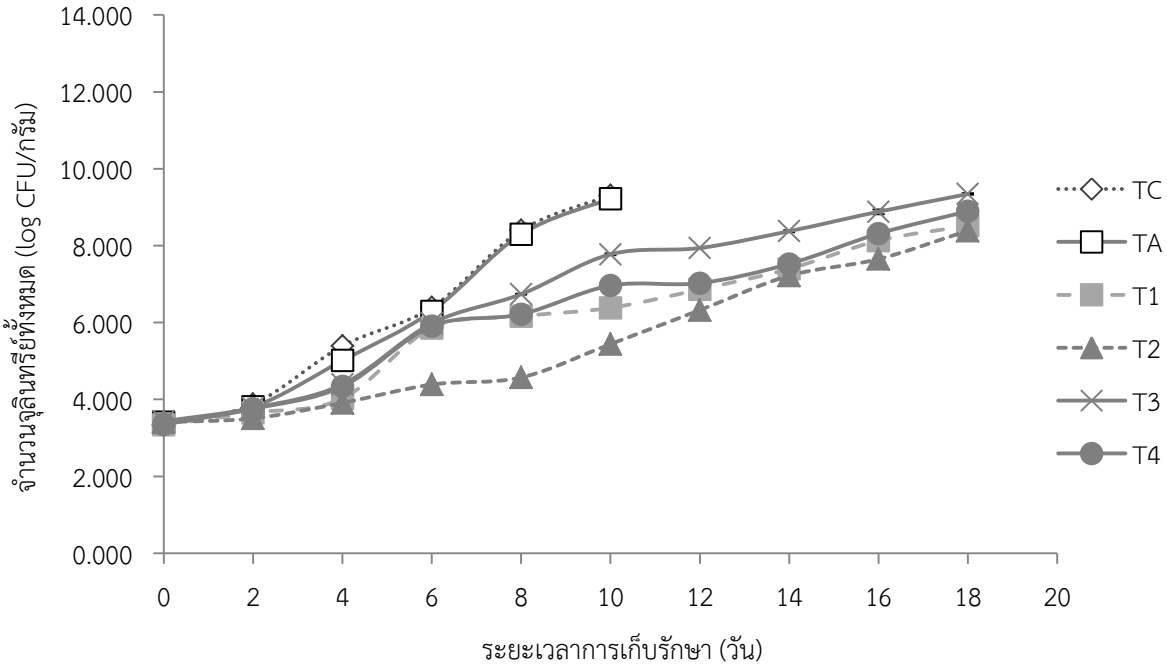
**3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา**

3.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC)

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า TC, TA, T1, T2, T3 และ T4 มีค่า 3.34, 3.41, 3.34., 3.41, 3.43 และ 3.35 log CFU/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในการทดลองนี้ได้เก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก TC และ TA เป็นเวลา 8 วัน ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก TC และ TA มีจำนวนจุลินทรีย์ เท่ากับ 9.30 และ 9.22 log CFU/g ตามลำดับ ส่วน T1, T2, T3 และ T4 เก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก เป็นเวลา 18 วัน โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก T2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 8.39 log CFU/g รองลงมาได้แก่ T4, T1 และ T3 ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 8.90, 8.51 และ 9.34 log CFU/g ตามลำดับ ดังภาพที่ 4 – 6 อย่างไรก็ตาม เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า TA และ TC โดย T2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ

3.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย




**ภาพที่ 4 - 6** จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

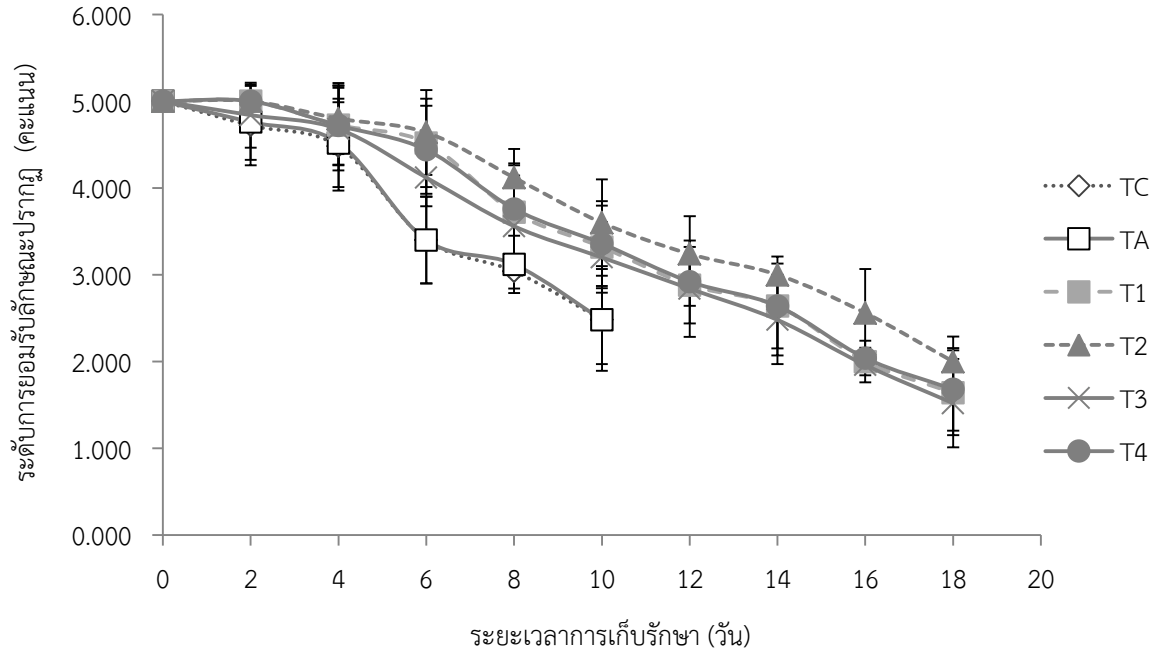
**3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ผ่านการฝึกและมีความคุ้นเคยกับการบริโภคหอยแมลงภู่ให้คะแนนในแบบประเมิน ซึ่งใช้ระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตตามตารางที่ 4 - 1 คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติ โดยผลการทดลองดังนี้

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5 คะแนน โดยเนื้อหอยมีสีแดง/สีขาวครีมหรือสีน้ำตาลอมเหลืองตามธรรมชาติ มีอวัยวะครบสมบูรณ์ ไม่ฉีกขาด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 7 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ของตัวอย่าง T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏมากที่สุด (2.00 คะแนน) รองลงมาได้แก่ T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) และ T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) ที่มีคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 1.68 และ 1.64 คะแนน ตามลำดับ จากนั้นคือ T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 1.52 คะแนน ส่วน TA (สารละลายอัลจิเนต) และ TC (Control) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ คือ 2.48 คะแนน โดยผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากกว่า TA และ TC รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดในกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 ที่มีการยอมรับด้านลักษณะปรากฏใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ



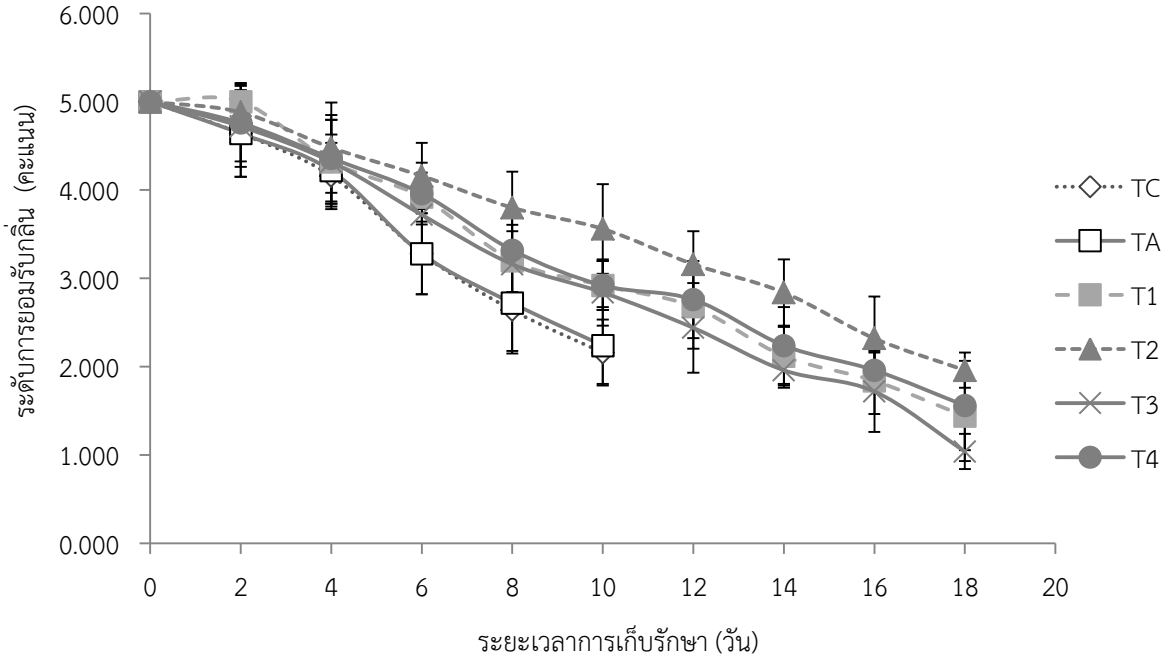

**ภาพที่ 4 - 7** คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

3.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เนื้อหอยมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 8 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ตัวอย่าง T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีคะแนนการยอมรับกลิ่นมากที่สุด (1.96 คะแนน) รองลงมาได้แก่ T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) และ T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) ที่มีคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 1.56 และ1.44 คะแนน ตามลำดับ จากนั้น คือ T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 1.04 คะแนน

ส่วน TA (สารละลายอัลจิเนต) และ TC (Control) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น คือ 2.24 และ 2.16 คะแนน ตามลำดับ โดยผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่า TA และ TC อีกทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 มีการยอมรับด้านกลิ่นใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ

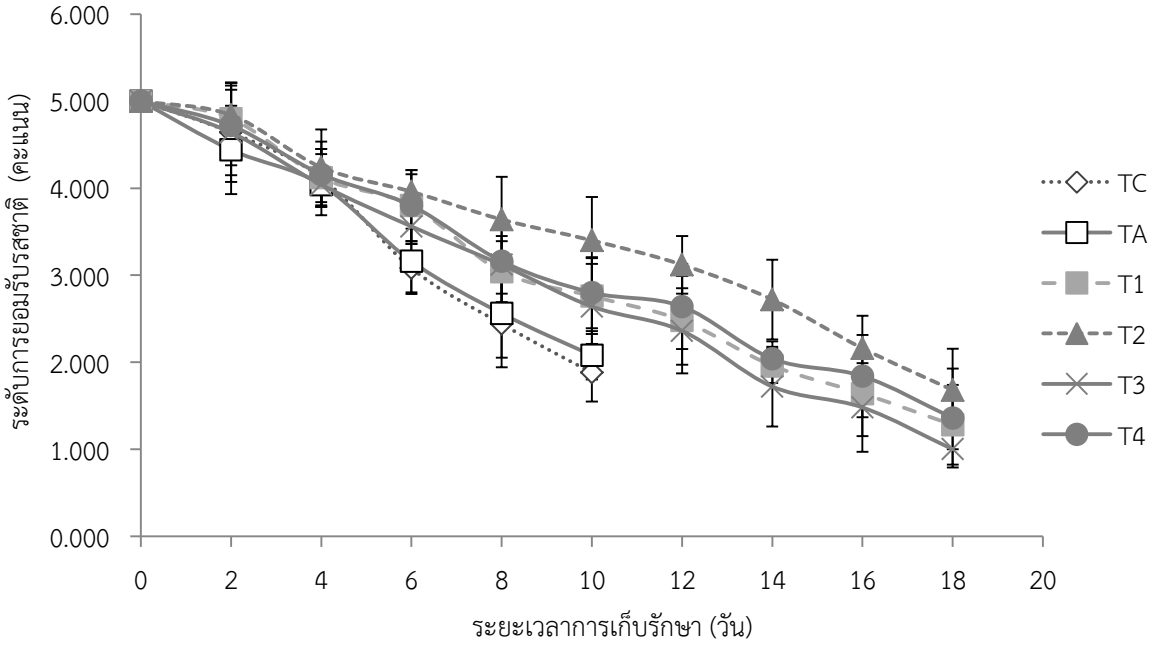



**ภาพที่ 4 - 8** คะแนนการยอมรับกลิ่นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

3.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 9 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ตัวอย่าง T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีคะแนนการยอมรับรสชาติมากที่สุด (1.68 คะแนน) รองลงมาได้แก่ T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) และ T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) ที่มีคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 1.36 และ 1.28 คะแนน ตามลำดับ จากนั้น คือ T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 1.00 คะแนน ส่วน TA (สารละลายอัลจิเนต) และ TC (Control) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ คือ 2.08 และ 1.88 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 ได้รับการยอมรับด้านรสชาติมากกว่า TA และ TC รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 มีการยอมรับด้านรสชาติใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ



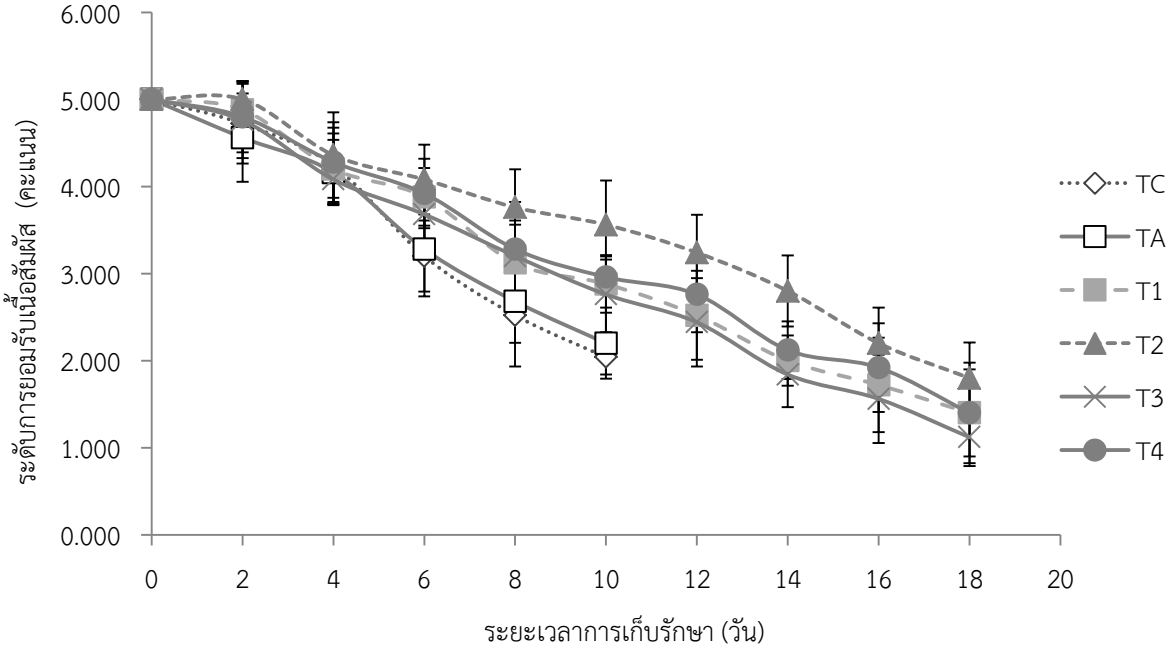

**ภาพที่ 4 - 9** คะแนนการยอมรับรสชาติของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

3.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 10 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18 ของการเก็บรักษา) ตัวอย่าง T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) มีคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสมากที่สุด (1.80 คะแนน) รองลงมาได้แก่ T4 (ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%) และ T1 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) ที่มีคะแนนเท่ากันกัน คือ 1.40 คะแนน จากนั้น คือ T3 (ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%) 1.12 คะแนน ส่วน TA (สารละลายอัลจิเนต) และ TC (Control) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส คือ 2.20

และ 2.04 คะแนน ตามลำดับ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า TA และ TC นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 มีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ




**ภาพที่ 4 - 10** คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate
T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

จากคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดที่กล่าวมานั้น พบว่า การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วย T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ T1 และ T4 ที่มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกัน และ T3, TA และ TC ตามลำดับ

# บทที่ 5
# อภิปรายผลการวิจัย

## 1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

### 1.1 การกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่างกัน 7 ระดับ (1.0%, 0.5%, 0.2%, 0.1%, 0.05%, 0.01% และ 0.002%) และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย $CaCl_2$ เป็นเวลา 1 นาที และให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) พบว่า ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ความเข้มข้น 1.0%, 0.5%, 0.2% และ 0.1% เนื่องจากเกิดการประสานกัน (crosslink) ระหว่างอัลจิเนตกับแคลเซียมไอออน (Ca2+) ทำให้เกิดเป็นลักษณะเจลใส (Rhim, 2004) เคลือบบนเนื้อหอยแมลงภู่สุก โดยเมื่อความเข้มข้นของอัลจิเนตมากขึ้น การเกิดเจลดังกล่าวมากเกินไป ทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเมือกหลังจากรับประทาน ส่วนความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดคือ 0.002% รองลงมาได้แก่ 0.01% และ 0.05% ตามลำดับ การยอมรับในการบริโภค เนื่องจากเมื่อผู้ทดสอบรับประทานเนื้อหอยแมลงภู่ในชุดการทดลองดังกล่าวเข้าไปแล้วรู้สึกถึงความเป็นเจลในลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบอยู่แต่ไม่มีลักษณะเป็นเมือกขณะรับประทาน ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่ได้ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อสัมผัสและรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ดังนั้นจึงใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคทั้ง 3 ระดับในการดำเนินการกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต และใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนต 0.002% ในการศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกต่อไป

อย่างไรก็ตามปัจจัยเรื่องชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันรวมถึงความเข้มข้นของสาระละลายอัลจิเนตที่สามารถเติมลงไปแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ทำให้ได้ผลการวิจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น Hamzeh, & Rezaei (2012) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 3% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้ ส่วน Song et al. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.3% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การ

เปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสได้ ขณะที่ Lu *et al*. (2010) พบวาเนื้อปลา snakehead fish (*Channa argus*) ที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 2% (20 μg mL−1) ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้

**1.2 การกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต**

ระดับการยอมรับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยใช้สารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.05%, 0.025% และ 0.002% (ความเข้มข้นที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคจากข้อ 1.1) นำไปเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุก โดยมีระยะเวลาในการเคลือบ คือ 5 วินาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่สังเกตได้ พบว่ามีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยคะแนนระดับการยอมรับสูงที่สุดคือ 5 คะแนน และระดับการยอมรับต่ำที่สุดคือ 1 คะแนน รวมทั้งผู้ทดสอบกำหนดให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 คะแนนเป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื่องจากเป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเน่าเสียเร็วกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น และหากมีคะแนนต่ำกว่า 3 คะแนนจะไม่ได้รับการยอมรับในการทดสอบ

## 2. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

หอยแมลงภู่ ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม (ตุลาคม 2557) ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยไปตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนต้ม พบว่า ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile basic nitrogen: TVB-N) เท่ากับ 2.09 $\pm$ 0.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนเนื้อหอยที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 8.72 $\pm$ 0.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงว่าหอยแมลงภู่ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้มีคุณภาพดี เนื่องจากมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานในการตรวจวัดคุณภาพของสัตว์น้ำ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529) และมีค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.70 ± 0.15

## 3. ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก

### 3.1 คุณภาพทางเคมี

3.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าระหว่าง 5.88 – 6.65 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีค่าค่อยๆ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อสัตว์ตายจะเกิดการสลายตัวตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เช่น Amine, Trimethylamine oxide (TMAO) และ Ammonia เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Nuray et al. (2010) ที่พบว่าปลาสีนวล (*Pomatomus saltatrix)* และ การศึกษาของ Khan *et al*. (2005) ที่พบว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) ที่ต่างก็มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเช่นกัน

3.1.2 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าระหว่าง 79.54 – 80.67 % และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณความชื้นมีผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการสลายตัวของโปรตีนในสัตว์น้ำ ซึ่งเกิดการย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนโดยจุลินทรีย์ทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดออกมาจากโครงสร้างของโปรตีนเกิดเป็นน้ำอิสระมากขึ้น (กนกอร อินทราพิเชษฐ์, 2538) ดังนั้นเมื่อเกิดการเน่าเสียเพิ่มขึ้นน้ำอิสระเกิดได้มากขึ้นจึงเกิดการซึมออกนอกเนื้อหอยทำให้ปริมาณความชื้นที่วัดได้มีค่าลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Villemure et al. (1986) ได้ทำการทดลองเก็บรักษาปลาคอดด้วยการลดอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาเนื้อปลานานขึ้นมีน้ำซึมออกมาสู่พลาสติกที่บรรจุและการเยิ้มน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อการเก็บรักษาเนื้อปลาภายใต้อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง และการศึกษาของ Khan *et al*. (2005) ที่พบว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่นานขึ้นเช่นกัน

ส่วนการที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 ซึ่งมีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนนั้น มีปริมาณความชื้นสูงกว่า TC เนื่องจากการเติมชาเขียวที่มีสารคาเทชินมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ รวมทั้งวิตามินซีที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้เช่นกัน ทำให้การเติมสารทั้ง 2 ชนิดมีผลไปชะลอการเน่าเสียทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อส่วนที่เป็นโปรตีนในเนื้อหอยยังคงมีอยู่จึงเกิดการเยิ้มน้ำ

ออกจากเนื้อหอยได้น้อยกว่า ซึ่ง Kang *et a*l. (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของแพตตี้หมูพบว่า ปริมาณความชื้นของแพตตี้หมูที่เคลือบด้วยชาเขียวมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ชาเขียว และ Song et al. (2011) พบว่าเนื้อปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยวิตามินซีและเนื้อปลาที่เคลือบชาเขียวมีการสูญเสียความชื้นต่ำ ซึ่งแสดงถึงปริมาณความชื้นที่ยังคงมีอยู่ในเนื้อปลามากกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิด

3.1.3 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าระหว่าง 10.53 – 10.56 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะเกิดกระบวนการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) โดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวหอยรวมกับการเน่าเสียที่เกิดจากของกิจกรรมจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่ง Fuentes et al. (2011) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในปลากะพงรมควันพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Manousaridis *et al*. (2005) ที่พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซนมีปริมาณ TVB-N มากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้นด้วย

สำหรับในการทดลองครั้งนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่า TC และ T2 มีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของชาเขียวทำให้จุลินทรีย์ถูกยับยั้งจากสารคาเทชินในชาเขียว การเปลี่ยนแปลงโปรตีนไปเป็นสารประกอบ TVB-N จึงเกิดได้น้อยลงตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Feng *et al*. (2012) ที่พบว่าปลา black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ขณะที่วิตามินซีที่ความเข้มข้นสูงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำลงจึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโปรตีนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Song *et al*. (2011) ที่พบว่าวิตามินซีช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลา *Megalobrama amblycephala* เช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 20 mg N/100g (Okpala *et al*., 2014) ดังนั้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ T2 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 16 วัน ในขณะที่ T1 และ T4 มีอายุการเก็บรักษาที่ใกล้เคียงกัน คือ 14 วัน รองลงมาคือ T3 มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน ส่วน TA มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน และ TC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 8 วัน

3.1.4 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่ามีค่าระหว่าง 0.0803 – 0.0810 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะเมื่อเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเป็นเวลานานขึ้นเกิดการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่ เช่น TMAO ถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N โดยเอนไซม์ trimethyamine oxidase จากแบคทีเรีย ทำให้ปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Ibrahim *et al*. (2008) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ในปลากะพงรมควัน พบว่า ปริมาณ TMA-N ในช่วงแรกของการเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Erkan (2005) ที่พบว่าหอย (*Mytilus galloprovincialis*) มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่นานขึ้น

อีกทั้งผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนทั้งวิตามินซีและชาเขียวช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จากการที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่า TC และ T2 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Feng *et al*. (2012) ที่พบว่าปลา black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมและการทดลองของ Rey *et al*, (2012) พบว่าน้ำแข็งที่ผสมวิตามินซีและกรดซิตริกช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ของปลา hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา angler (*Lophius piscatorius*) ได้ดีกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา อาจเนื่องจากวิตามินซีสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง TMAO ช้าลงได้

**3.2 คุณภาพทางกายภาพ**

3.2.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอย (% cooking loss)

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุก โดยเริ่มต้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 0.11 – 0.15 .% จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษาทีนานขึ้นในเนื้อหอยแมลงภู่สุกทุกชุดการทดลอง เนื่องจากการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์รวมทั้งการย่อยสลายองค์ประกอบในส่วนที่เป็นโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์น้ำทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลงจึงเกิดการปลดปล่อยน้ำออกมาภายนอกเนื้อหอยได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิชนันท์ เธียรพัฒนะวงศ์ (2551) ศึกษาอายุการเก็บของหอยแครง *(Anadara granosa)* ลวกพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น หอยแครงลวกมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และงานวิจัยของ.Shi *et al*., (2014) พบว่าเนื้อปลา silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น

นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนได้แก่ ชุดการทดลอง T1, T2, T3 และ T4 มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า TC โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง T2 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของชาเขียวทำให้สารประกอบคาเทชินที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนได้ อีกทั้งคาเทชินยังช่วยชะลออการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้นดังนั้นความสามารถของโปรตีนในการยึดเกาะกับน้ำยังคงมีอยู่ การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจึงน้อยลง ขณะที่วิตามินซีที่ความเข้มข้นสูงมีผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้มากทำให้โปรตีนยังคงสามารถจับกับน้ำได้ทำให้ไม่สูญเสียน้ำหนัก (Jo *et al*., 2003; Chidanandaiah *et al*., 2009) เช่นเดียวกับการทดลองของ Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยวิตามินซีและปลาที่เคลือบชาเขียวมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิด

**3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา**

3.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุก วันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า TC, TA, T1, T2, T3 และ T4 มีค่าระหว่าง 3.34 – 3.43 log CFU/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่หลังผ่านการต้มเริ่มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Atrea

*et al.* (2009) ที่พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อหมึก (*Octopus vulgaris*) สด มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา 23 วัน และ Manousaridis *et al*. (2005) ตรวจพบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซนมีจำนวนจุลินทรีย์สูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาโดยจุลินทรีย์ก่อโรคที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในหอยส่วนใหญ่ได้แก่ *Pseudomonas* spp., $H_2S$-producing bacteria, Lactic acid bacteria*, Enterobacter*, *Serratia* และ *Flavobacterium* (Gram and Huss, 1996)

อย่างไรก็ตามเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง T2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากวิตามินซีมีความสามารถในการไปจับกับโลหะซึ่งอยู่ในชั้น lipopolysaccharide (LPS) ที่บริเวณผนังเซลล์ภายนอกและบริเวณอื่น ๆ ของเซลล์แบคทีเรียทำให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์เปลี่ยนไป เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาจุลินทรีย์จึงตายลง ซึ่งคล้ายกับคุณสมบัติของไคโตซานเช่นกัน (Jeon *et al*., 2002) ส่วนชาเขียวนั้นมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่เรียกว่า คาเทชิน (Catechins) ที่มีประสิทธิภาพทั้งในการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในหอยแมลงภู่ และมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย (Fan *et al*., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Song *et al*. (2011) ที่พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่ผ่านการเคลือบวิตามินซี และปลาที่ผ่านการเคลือบชาเขียวมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกวาเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน

หากพิจารณาจากมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2552) ได้กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g พบว่า T2 ให้ผลดีที่สุดในการช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยสามารถเก็บได้นาน 10 วัน (5.44 log CFU/g) ส่วน T1, T3, T4 เก็บได้นาน 6 วัน ในขณะที่ TA และ TC เก็บได้เพียง 4 วัน ซึ่งหากเพิ่มความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีให้มีความเข้มข้นมากกว่า 2.5% อาจส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องจากอุณหภูมิในการต้มหอยคือ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีผลทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพ ทำให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เพราะโปรตีนและเอนไซม์ เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์ดังนั้นจุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญได้ ซึ่งโดยปกติแล้ว *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีช่วงอุณหภูมิในการเจริญอยู่ที่ 4 - 60 องศาเซลเซียส (ศูนย์ข้อมูลโรคติดเชื้อและพาหะนำโรค, 2544)

หากพิจารณาจากเกณฑ์อาหารทะเลแปรรูปที่มีความปลอดภัยจากอันตรายของ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ Food Safety Authority of Ireland (2001) กำหนดให้ตรวจพบ *E. coli* และโคลิฟอร์ม ไม่ให้เกิน log 2 cfu/กรัม ($10^2$ cfu/กรัม) พบว่า เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีความปลอดภัยจากอันตรายของ *E.coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อย่างไรก็ตาม หากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากเกินไปทำให้มีอาการโดยทั่วไป คือ ท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ระยะเวลาที่ป่วยเริ่มจาก 6 ชั่วโมงถึง 3 วัน โดยเฉลี่ยจะแสดงอาการภายในเวลา 24 ชั่วโมง (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

**3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5 คะแนน โดยเนื้อหอยมีสีแดง/สีขาวครีมหรือสีน้ำตาลอมเหลืองตามธรรมชาติ มีอวัยวะครบสมบูรณ์ ไม่ฉีกขาด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยระดับการยอมรับลักษณะปรากฏที่ลดลงเนื่องจากเนื้อหอยมีสีซีดลงและมีเมือกซึ่งลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวเกิดจาก เมื่อจุลินทรีย์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจากการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ภายในเนื้อหอย ทำให้ความมันเงาที่เกิดจากแคปซูลของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่สังเกตได้ในลักษณะการเกิดเมือกขึ้นนั้นมองเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่อเกิดการเน่าเสียเพิ่มขึ้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2554) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ojagh *et al*. (2012) พบว่าในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบยอมรับตัวอย่างสีและลักษณะปรากฏของปลาเรนโบว์เทราท์น้อยลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งเป็นผลจากคาเทชินที่มีความเข้มข้นมากขึ้นตามความเข้มข้นของชาเขียวสามารถชะลอการเจริญจุลินทรีย์ได้ดีทำให้โครงสร้างโปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่สุกถูกย่อยสลายได้ช้าลง ส่งผลให้รงควัตถุที่ให้สียังคงจับอยู่กับโปรตีนได้ดี สีตามธรรมชาติของหอยแมลงภู่สุกจึงยังคงอยู่ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการวิจัยของ Li *et al*. (2012) ที่พบว่าเนื้อปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบ และทั้งชาเขียวและวิตามินซีมีคุณสมบัติในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในหอยแมลงภู่ได้ เมื่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดน้อยทำให้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ที่จะไปรวมตัวกับกรดอะมิโนอิสระ

แล้วทำให้เกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลนั้นเกิดน้อยลงไปด้วย (Pokorny, 1982) ทำให้ผู้ทดสอบยังคงให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าตัวอย่างในชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สองคล้องกับการศึกษาของ Hamre *et al*. (2003) ที่พบว่าเนื้อปลา Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.) ที่ฉีดพ่นด้วยวิตามินซีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L*, a*, b*) ที่ส่งผลต่อสีที่ผู้ทดสอบสามารถมองเห็นได้

3.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เนื้อหอยมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจนเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนจึงทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นของสารที่ระเหยได้ เช่น กลิ่นแอมโมเนีย เป็นต้น และเมื่อการเน่าเสียเกิดมากขึ้นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างออกซิเจนกับลิพิด (lipid) ซึ่งหมายถึง ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) บริเวณตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสที่ไม่ดีมากยิ่งขึ้น เรียกว่า การหืน (rancidity) (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) อย่างไรก็ตามกลิ่นเหม็นหืนในเนื้อหอยแมลงภู่สุกนั้นไม่ชัดเจนมากนักเพราะกลิ่นเหม็นเน่าอันเป็นผลมาจากการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์มีความเข้มของกลิ่นมากกว่าจึงกลบกลิ่นเหม็นหืน ส่วนกลิ่นเหม็นเปรี้ยวนั้นอาจเกิดจากการเจริญของ lactic acid bacteria ซึ่งสร้างกรดแล็คติกขึ้น (Francoise, 2010) โดยกลิ่นที่แสดงลักษณะการเน่าเสียโดยเฉพาะในหอยคือ สารประกอบในกลุ่ม Ethyl esters ขณะที่กลิ่นที่บ่งบอกถึงความสดของหอยคือ สารประกอบในกลุ่ม Methyl esters (Yasuhara, 1987) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dabadé *et al*, (2015) พบว่ากุ้ง tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) ที่แม้จะเก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันแต่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งเป็นผลจากความเข้มข้นที่สูงของคาเทชินในชาเขียวสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี ทำให้จุลินทรีย์เกิดการเปลี่ยนสารประกอบโปรตีนต่างๆ ที่ให้กลิ่นเหม็นเน่า เช่น แอมโมเนีย, TMA - N, DMA, เมทิลเอมีน และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้นั้นเกิดได้ช้าลง และชาเขียวยังมีผลไปชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วย และ T2 ยังมีความเข้มข้นของวิตามินซีสูงซึ่งมีฤทธิ์เป็นทั้ง antioxidant ที่ไปจับสารประกอบเปอร์ออกไซด์ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง และวิตามินซียังเป็น

pro-oxidant ที่รบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อการเกิดออกซิเดชั่นน้อยลงกลิ่นหืนจึงเกิดน้อยลงตามไปด้วย (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) ส่งผลให้เนื้อหอยแมลงภู่สุกยังคงกลิ่นตามธรรมชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกไว้ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการวิจัยของ Nirmal & Benjakul (2011) พบว่ากุ้งขาวที่เคลือบชาเขียวได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และ Esaiassen *et al*. (2005) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อปลาคอดที่แช่วิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที มีคะแนนมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการแช่วิตามินซี

3.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Manousaridis *et al*. (2005) ที่พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซนผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้นด้วย อีกทั้งการศึกษาของ Khan *et al*. (2005) พบว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) มีค่าTBARS เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่ง TBARS นี้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียในสัตว์น้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ ดังนั้นเมื่อสัตว์น้ำมีค่า TBARS สูงจะทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านรสชาติลดลงได้

การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษานั้นเนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษากรดอะมิโนไกลซีนและอะลานีนที่เป็นกรดอะมิโนอิสระที่ให้รสหวาน และกรดกลูตามิกที่ให้รสอร่อยในเนื้อหอยแมลงภู่นั้นยังไม่ถูกทำลาย แต่เมื่อการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีมากขึ้นทำให้กรดอะมิโนเหล่านี้ถูกทำลายลง ส่งผลให้การแสดงออกของรสหวานและรสอร่อยตามธรรมชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเมื่อตอนที่ยังไม่เน่าเสียนั้นเปลี่ยนไปเป็นรสเปรี้ยวจากกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติกและรสเฝื่อนเล็กน้อยจากกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีน ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรสชาติลดลง (Aristoy, *et al*., 2010; Fuentes *et al*., 2009)

อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งอาจเป็นผลจากสารประกอบฟลาโวนอยด์ในชาเขียวจับกับอนุมูลอิสระทำให้ไปหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ นอกจากนั้นในชาเขียวยังมีสารประกอบฟีนอลที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลนทรีย์ได้อีกด้วย (Perumalla & Hettiar achchy, 2011) ขณะที่วิตามินซีเป็นสารที่

มีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลเปอร์ออกซี่ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัตว์น้ำ ทำให้ปฏิกิริยาถูกชะลอลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโปรตีนและกรดอะมิโนดอิสระที่ให้รสชาติต่าง ๆ จากเอนไซม์ในตัวสัตว์น้ำเองและจุลินทรีย์นั้นจะเกิดอย่างรวดเร็วหากมีปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นมาก และวิตามินซียังมีความเป็นกรดที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) สอดคล้องกับการวิจัยของ Nirmal & Benjakul (2011) พบว่ากุ้งขาวที่เคลือบชาเขียวได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Esaiassen *et al*. (2005) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านรสชาติของเนื้อปลาคอดที่แช่วิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที มีคะแนนมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการแช่วิตามินซี

3.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T1, T2, T3 และ T4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกมีความนิ่มเละ ไม่ยืดหยุ่น ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของโปรตีนที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษายังไม่เกิดการเน่าเสียของโปรตีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโอฟิบริลลาโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นเมื่อผู้บริโภครับประทานยังไม่เกิดการเสื่อมคุณภาพทำให้เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีความยืดหยุ่นดีมากรวมทั้งมีความชุ่มน้ำมากในช่วงแรกของการเก็บรักษา แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อสัมผัสกลายเป็นนิ่มเละ และเกิดเมือก เนื่องจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหอยแมลงภู่สุกทำให้โครงสร้างของโปรตีนเล็กลง ความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนก็ลดลงตามไปด้วยทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sriket *et al*. (2012) พบว่า กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T2 (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) เพราะในชาเขียวมีสารคาเทชิน 2 ตัวหลักที่มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งจุลินทรีย์ คือ epigallocatechin-3-gallate (EGCG) และ epicatechin-3-gallate (ECG) ไปทำลายไขมันใน phospholipid bilayer ที่ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ จึงช่วยชะลอการเน่าเสียได้ สอดคล้องกับการวิจัยของ Zhao *et al*. (2013) ที่พบว่าการเคลือบชาเขียวลงบนเนื้อปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงไมโอฟิบริลลาโปรตีนได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

25 วัน ส่วนวิตามินซีช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนได้น้อยลง ความยืดหยุ่นและความสามารถในการจัดน้ำของโครงสร้างโปรตีนจึงยังคงมีอยู่ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูง เช่นเดียวกับ Rey et al, (2012) พบว่าเนื้อสัมผัสของปลา hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่เย็นในน้ำแข็งผสมวิตามินซีและกรดซิตริกมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ แสดงให้เห็นว่าว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ในชุดการทดลอง T2 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 คุณลักษณะสูงกว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้นอื่น เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่น้อยเกินไปอาจมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียได้น้อย ทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ อันเกิดจากปฏิกิริยาการเน่าเสียของหอยแมลงภู่ เช่น สีซีดจาง กลิ่นเหม็นเน่า รสเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสนิ่มเละ ยังคงเกิดขึ้น แต่หากใช้ความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่มากเกินไปอาจส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเช่นกัน โดยชาเขียวความเข้มข้นมากเกินไปอาจทำให้รสชมและรสเผื่อนของคาเทชิน (Wang *et al*., 2000) ไปมีผลต่อรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ ส่วนการเติมวิตามินซีที่มากเกินไปอาจทำให้เนื้อหอยแมลงภู่มีรสเปรี้ยวทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับได้

อย่างไรก็ตามปัจจัยเรื่องชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันรวมถึงความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่สามารถเติมลงไปแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ทำให้ได้ผลการวิจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น Nirmal & Benjakul (2011) พบว่ากุ้งขาวที่เคลือบชาเขียว 5-10 กรัม/ลิตร ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดี ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน ส่วน Song et al. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.3% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและประสาทสัมผัสได้ ขณะที่ Xi *et al.* (2012). พบว่าจุลินทรีย์ทนเย็นในเนื้อหอยนางรมมีจำนวนลดลงเมื่อนำเนื้อหอยมาเคลือบด้วยชาเขียว 10% เช่นเดียวกับความเข้มข้นของวิตามินซีในการชะลอการเน่าเสียในสัตว์น้ำที่มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำ โดย Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยวิตามินซี 5% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและประสาทสัมผัสได้ ในขณะที่หากต้องการชะลอการเน่าเสียของปลา sole (*Solea solea* L.) ต้องใช้วิตามินซี 1.7% (Zambuchini *et al*, 2008) ส่วน Khan *et al*, (2006) พบว่า วิตามินซี 0.001% (0.01 M) ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชั่นที่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของ Newfoundland blue mussel (*Mytilus edulis*) ได้

หากพิจารณาเฉพาะคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซี จากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะอื่น (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ที่ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน ประกอบกับการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของมนุษย์ที่มีความไวมากกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น จึงสามารถใช้บ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาได้เป็นอย่างดี (Coban *et al*, 2012) เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ในชุดการทดลอง T2 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 12 วัน รองลงมา คือ T4, T1, T3 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน 8 วัน ส่วน TA และ TC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 6 วัน

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนได้แก่ชาเขียวและวิตามินซีในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อพิจาณาจากคุณภาพในทุกด้านพบว่า การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซี (T1, T2, T3, T4) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด

ส่วนการพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซีนั้น เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภคจากมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% (T1), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% (T3), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% (T4) เก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่การเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และไม่เคลือบสารละลาย (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน

# บทที่ 6
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 1. สรุปผลการวิจัย

ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตสำหรับเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคได้มากที่สุดคือ คือ 0.002%

ระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซี (T1, T2, T3, T4) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด นอกจากนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน

การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซีให้สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% (T1), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% (T3), สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% (T4) เก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่การเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และไม่เคลือบสารละลาย (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน

## 2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซีมีอายุการเก็บรักษาน้อย หากต้องการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

# เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมอาหาร. (2552). *คู่มือการปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. วันที่ค้นข้อมูล 5 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก http://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf

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

กรมประมง. (2553). *แผนแม่บทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยปี พ.ศ. 2555 – 2559* กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศประมง. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กนกอร อินทราพิเชฐ. (2538). *เอกสารประกอบการสอน วิชา 305271 การเปลี่ยนแปลงของวัสดุชีวภาพหลังการเก็บเกี่ยว*. สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

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

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

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

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

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

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2554). การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์. วันที่ค้นข้อมูล 2 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1856/การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์-microbial-spoilage.

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

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

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). *คู่มือปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* วันที่เข้าค้นข้อมูล 1 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาdhttp://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf

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

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

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

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

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.

Atrea, I., Papavergou, A., Amvrosiadis, I., & Savvaidis, I.N. (2009). Combined effect of vacuum-packaging and oregano essential oil on the shelf-life of Mediterranean octopus (*Octopus vulgaris*) from the Aegean Sea stored at 4 °C. *Food Microbiology*, *26*, 166-172.

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.

Chidanandaiah, Keshri, R.C. & Sanyal, M.K. (2003). Effect of sodium alginate with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated (4±1°C) storage. *Journal of Muscle Foods*, *20*(3), 275–292.

Dabadé, D.S., Besten, H.M.W, Azokpota, P., Nout, M.J.R., Hounhouigan, D.J & Zwietering, M.H. (2015). Spoilage evaluation, shelf-life prediction, and potential spoilage organisms of tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) at different storage temperatures. *Food Microbiology, 48*, 8–16. doi:10.1016/j.fm.2014.11.005

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

Esaiassen, M., Ostli, J., Joensen, S., Prytz, K., Olsen, J.V., Carlehog, M., Elvevoll, E.O. & Richardsen, R. (2005). Brining of cod fillets: Effects of phosphate, salt, glucose, ascorbate and starch on yield, sensory quality and consumers liking. *LWT - Food Science and Technology, 38*(6), 641-649. doi:10.1016/j.lwt.2004.08.011

Fan, W.J., Chi, Y.L. & Zhang, S. (2008). The use of a tea polyphenols dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry, 108*(1), 148–153.

Feng, L.F., Jiang, T.J., Wang, Y.B. & Li, J.R. (2012). Effects of tea polyphenol coating combined with ozone water washing on the storage quality of black sea bream (*Sparus macrocephalus*). *Food Chemistry, 135*(4), 2915–2921. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.078

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

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

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

Hamzeh, A., & Rezaei, M. (2012). The effects of sodium alginate on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored at 4±2°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology, 12*(1), 14-21. doi: 10.1080/10498850.2011.57938

Hamre, K., Lie, O. & Sandnes, K. (2003). Development of lipid oxidation and flesh color in frozen stored fillets of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.): Effect of treatment with ascorbic acid. *Food Chemistry, 82*, 447–453. doi:10.1016/S0308-8146(03)00070-0

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.

Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A.. & Shahidi, F. (2002). Chitosan as edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*(8), 5167–5178.

Jo, C., Son, J.H., Sohn, C.B. & Byun, M.W. (2003). Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4°C. *Meat Science, 64*(1), 13–17.

Kang, H.J., Jo C., Kwon J.H., Kim J.H., Chung H.J. & Byun, M.W. (2007). Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. *Food Control, 18*(5), 430-435. doi:10.1016/j.foodcont.2005.11.010

Khan, M.A., Parrish, C.C. & Shahidi, F. (2005). Quality indicators of cultured Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) during storage on ice: microbial growth, pH, lipid oxidation, chemical composition characteristics, and microbial fatty acid contents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53* (18), 7067–7073. doi: 10.1021/jf050082g

Khan, M.A., Parrish, C.C. & Shahidi, F. (2006). Effects of mechanical handling, storage on ice and ascorbic acid treatment on lipid oxidation in cultured Newfoundland blue mussel (*Mytilus edulis*). *Food Chemistry*. *99*(3), 605 - 614.

Li, T., Hu, W., Li, J., Zhang, X., Zhu, J. & Li, X. (2012). Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control, 25*(1), 101–106. doi: 10.1016/j.foodcont.2011.10.029

Lin, C.C. & Lin, C.S. (2005). Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food Control*. *16*(2), 162-175.

Lu F., Ding, Y., Ye, X. & Liu, D. (2010). Cinnamon and nisin in alginate-calcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish fillets. *LWT - Food Science and Technology, 43*(9), 1331-1335. doi:10.1016/j.lwt.2010.05.003

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

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

Neetoo, H., Ye, M. & Chen, H. (2010). Bioactive alginate coatings to control *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon slices and fillets. *International Journal of Food Microbiology*. *136*(3), 326-331.

Nirmal, N.P.& Benjakul, S. (2011). Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology, 149*(3), 247-253. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.002

Nuray, E., Sehnaz, Y.T., Safak, U., & Gonca, U. (2011). The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish (*Pomatomus-saltatrix*) during storage in ice. *Journal of Consumer Protection and Food Safety, 6*, 39-48.

Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. & Hosseini, S.M.H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry, 120*(1), 193–198. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.10.006

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

Perumalla, A.V.S., & Hettiarachchy, N.S. (2011). Green tea and grape seed extracts - Potential applications in food safety and quality. *Food Research International, 44*(4), 827-839.

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

Rey, M.S., Soto, B.G., Gamundi, J.R.F., Aubourg, S. & Velázquez, J.B. (2012). Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. *LWT - Food Science and Technology. 46*(1), 217–223. doi:10.1016/j.lwt.2011.10.003

Rhim, J.W. (2004). Physical and chemical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food Sci. Technol*. *37*, 323–330.

Shi, C., Cui, J., Luo, Y. & Zhou, Z. (2014). Effect of lightly salt and sucrose on rigor mortis changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stored at 4°C. *International Journal of Food Science and Technology, 49*(1), 160-167. doi: 10.1111/ijfs.12291

Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J. & Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control, 22*(3–4), 608–615. doi:10.1016/j.foodcont.2010.10.012

Sriket, C., Benjakul, S., Visessanguan, W., Hara, K. & Yoshida, A. (2012). Retardation of post-mortem changes of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) stored in ice by legume seed extracts. *Food Chemistry, 135*(2), 571-579. doi:10.1016/j.foodchem.2012.04.121

Villemure, G., Simard, R.E. & Picard, G. (1986). Bulk storageof cod fillets and gutted cod (*Gadus morhua*) under carbon dioxide atmosphere. *Journal of Food Science and Technology, 10(3),* 77 - 86.

Wang H., Provan G.J. & Helliwell, K. (2000). Tea flavonoids: Their functions, utilisation and analysis. *Trends in Food Science and Technology, 11*(4-5), 152-160. doi: 10.1016/S0924-2244(00)00061-3

Xi, D., Liu, C. & Su Y.C. (2012). Effects of green tea extract on reducing *Vibrio parahaemolyticus* and increasing shelf life of oyster meats. *Food Control, 25*(1), 368-373. doi:10.1016/j.foodcont.2011.11.002

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

Yen, G., Duh, P. & Tsai, H. (2002). Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chemistry, 79*(3), 307-313. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00145-0

Zambuchini, B., Fiorini, D., Verdenelli, M.C., Orpianesi, C. & Ballini, R. (2008). Inhibition of microbiological activity during sole (*Solea solea* L.) chilled storage by applying ellagic and ascorbic acids. *LWT - Food Science and Technology*. *41*(9), 1733-1738. doi:10.1016/j.lwt.2007.11.004

Zhao, J., Weijin, L, Wang, J., Li, J., Liu, X. & Zhu, J. (2013). Effects of tea polyphenols on the post-mortem integrity of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) fillet proteins. *Food Chemistry, 141*(3), 2666–2674. doi:10.1016/j.foodchem.2013.04.126

# ภาคผนวก ก

# การวิเคราะห์ทางสถิติ

**ตารางผนวกที่ ก - 1** ค่าความเป็นกรดด่างของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 0 | $6.52_{a}^{C}$ ± 0.01 | $6.65_{a}^{D}$ ± 0.01 | $6.65_{a}^{D}$ ± 0.01 | $6.20_{a}^{B}$ ± 0.01 | $5.88_{b}^{A}$ ± 0.07 | $6.16_{a}^{B}$ ± 0. 01 |
| 2 | $6.55_{b}^{D}$ ± 0.03 | $6.67_{b}^{E}$ ± 0.01 | $6.67_{b}^{E}$ ± 0.01 | $6.27_{b}^{C}$ ± 0.01 | $5.91_{bc}^{A}$ ± 0.00 | $6.21_{b}^{B}$ ± 0.01 |
| 4 | $6.68_{c}^{D}$ ± 0.01 | $6.72_{c}^{F}$ ± 0.01 | $6.70_{c}^{E}$ ± 0.01 | $6.34_{c}^{C}$ ± 0.01 | $5.87_{ab}^{A}$ ± 0.01 | $6.25_{c}^{B}$ ± 0.01 |
| 6 | $6.72_{d}^{D}$ ± 0.01 | $6.74_{d}^{E}$ ± 0.01 | $6.86_{d}^{F}$ ± 0.01 | $6.36_{d}^{C}$ ± 0.01 | $5.83_{a}^{A}$ ± 0.00 | $6.29_{d}^{B}$ ± 0.01 |
| 8 | $6.74_{e}^{D}$ ± 0.00 | $6.82_{e}^{E}$ ± 0.01 | $6.88_{e}^{F}$ ± 0.01 | $6.39_{e}^{C}$ ± 0.01 | $5.87_{ab}^{A}$ ± 0.00 | $6.32_{e}^{B}$ ± 0.01 |
| 10 | $6.88_{g}^{E}$ ± 0.01 | $6.87_{f}^{D}$ ± 0.00 | $6.97_{f}^{F}$ ± 0.00 | $6.45_{f}^{C}$ ± 0.01 | $5.95_{cd}^{A}$ ± 0.00 | $6.37_{f}^{B}$ ± 0.00 |
| 12 | $6.83_{f}^{D}$ ± 0.00 | $7.35_{g}^{F}$ ± 0.01 | $7.32_{g}^{E}$ ± 0.00 | $6.62_{g}^{C}$ ± 0.01 | $5.97_{d}^{A}$ ± 0.01 | $6.53_{g}^{B}$ ± 0.01 |
| 14 | $6.93_{h}^{D}$ ± 0.00 | $7.36_{h}^{E}$ ± 0.01 | $7.41_{i}^{F}$ ± 0.01 | $6.70_{h}^{C}$ ± 0.00 | $6.04_{e}^{A}$ ± 0.01 | $6.60_{h}^{B}$ ± 0.01 |
| 16 | $6.95_{i}^{D}$ ± 0.00 | $7.37_{i}^{E}$ ± 0.00 | $7.39_{h}^{F}$ ± 0.01 | $6.74_{i}^{C}$ ± 0.01 | $6.13_{f}^{A}$ ± 0.02 | $6.67_{i}^{B}$ ± 0.01 |
| 18 | $7.07_{j}^{D}$ ± 0.01 | $7.39_{j}^{E}$ ± 0.00 | $7.52_{j}^{F}$ ± 0.00 | $6.85_{j}^{C}$ ± 0.01 | $6.41_{g}^{A}$ ± 0.01 | $6.73_{j}^{B}$ ± 0.00 |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 2** ปริมาณความชื้นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | ปริมาณความชื้น (%) ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 0 | $79.54_{e}^{B}$ ± 0.27 | $79.92_{e}^{B}$ ± 0.27 | $80.19_{f}^{B}$ ± 0.45 | $80.29_{f}^{B}$ ± 0.19 | $80.67_{e}^{B}$ ± 0.21 | $80.21_{f}^{B}$ ± 0.20 |
| 2 | $78.87_{d}^{B}$ ± 0.24 | $79.48_{de}^{AB}$ ± 0.42 | $79.55_{e}^{A}$ ± 0.09 | $79.81_{e}^{AB}$ ± 0.49 | $79.88_{d}^{A}$ ± 0.21 | $79.83_{ef}^{AB}$ ± 0.46 |
| 4 | $78.50_{cd}^{B}$ ± 0.47 | $79.29_{cd}^{A}$ ± 0.06 | $79.35_{de}^{A}$ ± 0.39 | $79.64_{e}^{A}$ ± 0.10 | $79.37_{c}^{A}$ ± 0.34 | $79.47_{de}^{A}$ ± 0.46 |
| 6 | $78.34_{cd}^{C}$ ± 0.48 | $79.25_{cd}^{B}$ ± 0.56 | $79.31_{de}^{A}$ ± 0.08 | $79.21_{d}^{AB}$ ± 0.31 | $79.47_{c}^{A}$ ± 0.23 | $79.17_{cd}^{AB}$ ± 0.14 |
| 8 | $78.34_{cd}^{B}$ ± 0.48 | $78.80_{bc}^{B}$ ± 0.21 | $79.22_{cde}^{A}$ ± 0.43 | $79.16_{d}^{A}$ ± 0.17 | $79.24_{bc}^{A}$ ± 0.10 | $79.12_{cd}^{A}$ ± 0.20 |
| 10 | $78.16_{bcd}^{B}$ ± 0.48 | $78.60_{b}^{B}$ ± 0.53 | $78.97_{cde}^{A}$ ± 0.46 | $79.12_{d}^{A}$ ± 0.16 | $79.14_{bc}^{A}$ ± 0.12 | $79.07_{cd}^{A}$ ± 0.06 |
| 12 | $78.00_{bc}^{C}$ ± 0.48 | $78.53_{b}^{B}$ ± 0.07 | $78.93_{bcd}^{A}$ ± 0.04 | $79.02_{cd}^{A}$ ± 0.12 | $78.94_{b}^{A}$ ± 0.20 | $78.92_{bc}^{A}$ ± 0.07 |
| 14 | $77.84_{bc}^{C}$ ± 0.06 | $78.44_{b}^{B}$ ± 0.20 | $78.69_{abc}^{A}$ ± 0.22 | $78.67_{bc}^{A}$ ± 0.27 | $78.93_{b}^{A}$ ± 0.34 | $78.60_{ab}^{A}$ ± 0.21 |
| 16 | $77.53_{b}^{C}$ ± 0.31 | $77.86_{a}^{B}$ ± 0.20 | $78.38_{ab}^{A}$ ± 0.27 | $78.45_{ab}^{A}$ ± 0.09 | $78.87_{b}^{A}$ ± 0.09 | $78.40_{a}^{A}$ ± 0.13 |
| 18 | $75.67_{a}^{C}$ ± 0.08 | $77.83_{a}^{B}$ ± 0.20 | $78.31_{a}^{A}$ ± 0.25 | $78.21_{a}^{A}$ ± 0.17 | $78.42_{a}^{A}$ ± 0.26 | $78.16_{a}^{A}$ ± 0.26 |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 3** ปริมาณ TVB–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | ปริมาณ TVB–N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง) ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $0^{NS}$ | $10.56_{a}$ ± 0.07 | $10.53_{a}$ ± 0.13 | $10.54_{a}$ ± 0. 08 | $10.55_{a}$ ± 0.08 | $10.53_{a}$ ± 0.08 | $10.55_{a}$ ± 0.08 |
| 2 | $16.63_{b}^{D}$ ± 0.08 | $16.45_{b}^{D}$ ± 0.14 | $14.85_{b}^{B}$ ± 0.14 | $14.53_{b}^{A}$ ± 0.08 | $15.05_{b}^{C}$ ± 0.08 | $14.78_{b}^{B}$ ± 0.08 |
| 4 | $17.03_{c}^{E}$ ± 0.08 | $16.87_{c}^{D}$ ± 0.00 | $15.13_{c}^{B}$ ± 0.07 | $14.81_{c}^{A}$ ± 0.08 | $15.35_{c}^{C}$ ± 0.08 | $15.01_{c}^{B}$ ± 0.07 |
| 6 | $18.13_{d}^{D}$ ± 0.08 | $18.03_{d}^{D}$ ± 0.00 | $15.71_{d}^{B}$ ± 0.08 | $15.49_{d}^{A}$ ± 0.08 | $16.42_{d}^{C}$ ± 0.08 | $15.61_{d}^{AB}$ ± 0.07 |
| 8 | $19.37_{e}^{E}$ ± 0.08 | $19.13_{e}^{D}$ ± 0.00 | $16.65_{e}^{B}$ ± 0.08 | $16.39_{e}^{A}$ ± 0.00 | $17.32_{e}^{C}$ ± 0.08 | $16.55_{e}^{B}$ ± 0.08 |
| 10 | $20.27_{f}^{E}$ ± 0.08 | $19.86_{f}^{D}$ ± 0.08 | $17.67_{f}^{B}$ ± 0.08 | $17.30_{f}^{A}$ ± 0.00 | $18.69_{f}^{C}$ ± 0.14 | $17.52_{f}^{B}$ ± 0.14 |
| 12 | $21.19_{g}^{E}$ ± 0.08 | $20.85_{g}^{D}$ ± 0.08 | $19.06_{g}^{B}$ ± 0.00 | $18.66_{g}^{A}$ ± 0.00 | $19.39_{g}^{C}$ ± 0.08 | $18.96_{g}^{B}$ ± 0.08 |
| 14 | $28.35_{h}^{F}$ ± 0.08 | $25.38_{h}^{E}$ ± 0.08 | $19.84_{h}^{C}$ ± 0.07 | $19.13_{h}^{A}$ ± 0.09 | $20.07_{h}^{D}$ ± 0.08 | $19.56_{h}^{B}$ ± 0.08 |
| 16 | $33.02_{i}^{E}$ ± 0.08 | $29.78_{i}^{D}$ ± 0.08 | $20.67_{i}^{C}$ ± 0.00 | $19.85_{i}^{A}$ ± 0.08 | $20.34_{i}^{B}$ ± 0.00 | $20.42_{i}^{B}$ ± 0.07 |
| 18 | $36.33_{j}^{E}$ ± 0.08 | $32.97_{j}^{D}$ ± 0.08 | $23.11_{j}^{B}$ ± 0.07 | $20.36_{j}^{A}$ ± 0.07 | $24.17_{j}^{C}$ ± 0.00 | $23.01_{j}^{B}$ ± 0.07 |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 4** ปริมาณ TMA–N ของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | ปริมาณ TMA–N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง) ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $0^{NS}$ | $0.080_{a}$ ± 0.001 | $0.080_{a}$ ± 0.001 | $0.081_{a}$ ± 0.001 | $0.081_{a}$ ± 0.001 | $0.081_{a}$ ± 0.001 | $0.081_{a}$± 0. 001 |
| 2 | $0.109_{b}^{C}$ ± 0.002 | $0.016_{b}^{B}$ ± 0.001 | $0.103_{b}^{C}$ ± 0.002 | $0.101_{b}^{A}$ ± 0.001 | $0.104_{b}^{A}$ ± 0.001 | $0.104_{b}^{A}$ ± 0.001 |
| 4 | $0.243_{c}^{F}$ ± 0.001 | $0.211_{c}^{E}$ ± 0.001 | $0.160_{c}^{C}$ ± 0.003 | $0.132_{c}^{A}$ ± 0.001 | $0.200_{c}^{D}$ ±0.001 | $0.152_{c}^{B}$ ± 0.002 |
| 6 | $0.331_{d}^{F}$ ± 0.002 | $0.303_{d}^{E}$ ± 0.002 | $0.260_{d}^{C}$ ± 0.002 | $0.211_{d}^{A}$ ± 0.002 | $0.281_{d}^{D}$ ± 0.002 | $0.252_{d}^{B}$ ± 0.001 |
| 8 | $0.493_{e}^{F}$ ± 0.002 | $0.451_{e}^{E}$ ± 0.002 | $0.340_{e}^{C}$ ± 0.002 | $0.270_{e}^{A}$ ± 0.001 | $0.411_{e}^{D}$ ± 0.002 | $0.320_{e}^{B}$ ± 0.002 |
| 10 | $0.560_{f}^{F}$ ± 0.002 | $0.541_{f}^{E}$ ± 0.002 | $0.391_{f}^{C}$ ± 0.001 | $0.351_{f}^{A}$ ± 0.002 | $0.504_{f}^{D}$ ± 0.001 | $0.382_{f}^{B}$ ± 0.002 |
| 12 | $0.682_{g}^{F}$ ± 0.002 | $0.651_{g}^{E}$ ± 0.002 | $0.480_{g}^{C}$ ± 0.002 | $0.420_{g}^{A}$ ± 0.001 | $0.590_{g}^{D}$ ± 0.001 | $0.462_{g}^{B}$ ± 0.001 |
| 14 | $0.733_{h}^{F}$ ± 0.001 | $0.703_{h}^{E}$ ± 0.002 | $0.520_{h}^{C}$ ± 0.002 | $0.480_{h}^{A}$ ± 0.002 | $0.621_{h}^{D}$ ± 0.001 | $0.510_{h}^{B}$ ± 0.002 |
| 16 | $0.971_{i}^{F}$ ± 0.001 | $0.900_{i}^{E}$ ± 0.001 | $0.611_{i}^{C}$ ± 0.001 | $0.524_{i}^{A}$ ± 0.008 | $0.770_{i}^{D}$ ± 0.001 | $0.591_{i}^{B}$ ± 0.001 |
| 18 | $1.032_{j}^{F}$ ± 0.001 | $1.901_{j}^{E}$ ± 0.001 | $0.750_{j}^{C}$ ± 0.002 | $0.670_{j}^{A}$ ± 0.002 | $0.890_{j}^{D}$ ± 0.001 | $0.752_{j}^{B}$ ± 0.002 |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 5** การสูญเสียน้ำหนักของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $2^{NS}$ | $0.15_{a} \pm 0.05$ | $0.14_{a} \pm 0.00$ | $1.31_{a} \pm 0.05$ | $0.11_{a} \pm 0.01$ | $0.14_{a} \pm 0.01$ | $0.13_{a} \pm 0.04$ |
| 4 | $0.52_{b}^{B} \pm 0.14$ | $0.49_{b}^{B} \pm 0.03$ | $0.30_{b}^{A} \pm 0.03$ | $0.28_{b}^{A} \pm 0.11$ | $0.46_{b}^{AB} \pm 0.01$ | $0.30_{a}^{A} \pm 0.12$ |
| 6 | $2.03_{c}^{D} \pm 0.27$ | $1.98_{c}^{CD} \pm 0.20$ | $1.63_{c}^{ABC} \pm 0.16$ | $1.41_{c}^{A} \pm 0.19$ | $1.80_{c}^{BCD} \pm 0.10$ | $1.60_{b}^{AB} \pm 0.20$ |
| 8 | $3.52_{d}^{C} \pm 0.20$ | $3.49_{d}^{C} \pm 0.15$ | $3.50_{d}^{AB} \pm 0.22$ | $2.70_{d}^{BC} \pm 0.19$ | $3.31_{d}^{A} \pm 0.31$ | $3.03_{c}^{AB} \pm 0.10$ |
| 10 | $4.32_{e}^{D} \pm 0.22$ | $4.11_{e}^{BC} \pm 0.20$ | $4.04_{e}^{BC} \pm 0.19$ | $3.70_{e}^{A} \pm 0.11$ | $4.08_{e}^{BC} \pm 0.10$ | $4.01_{d}^{B} \pm 0.06$ |
| 12 | $5.21_{f}^{B} \pm 0.10$ | $5.12_{f}^{B} \pm 0.07$ | $5.02_{f}^{B} \pm 0.15$ | $4.30_{f}^{A} \pm 0.48$ | $5.08_{f}^{B} \pm 0.14$ | $5.03_{e}^{B} \pm 0.25$ |
| 14 | $6.31_{g}^{B} \pm 0.25$ | $6.11_{g}^{B} \pm 0.24$ | $6.03_{g}^{B} \pm 0.23$ | $5.45_{g}^{A} \pm 0.25$ | $6.08_{g}^{B} \pm 0.09$ | $6.00_{f}^{B} \pm 0.23$ |
| 16 | $9.66_{h}^{C} \pm 0.31$ | $9.41_{h}^{C} \pm 0.21$ | $8.03_{h}^{AB} \pm 0.09$ | $7.61_{h}^{A} \pm 0.23$ | $8.21_{h}^{B} \pm 0.21$ | $8.21_{g}^{AB} \pm 0.25$ |
| 18 | $13.19_{i}^{D} \pm 0.22$ | $12.50_{i}^{C} \pm 0.28$ | $11.02_{i}^{B} \pm 0.15$ | $9.78_{i}^{A} \pm 0.25$ | $11.20_{i}^{B} \pm 0.16$ | $11.20_{h}^{B} \pm 0.22$ |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 6** จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 0 | $3.34_{a}^{A} \pm 0.01$ | $3.41_{a}^{B} \pm 0.02$ | $3.34_{a}^{A} \pm 0.01$ | $3.41_{a}^{B} \pm 0.02$ | $3.43_{a}^{B} \pm 0.02$ | $3.35_{a}^{A} \pm 0.02$ |
| 2 | $3.88_{b}^{E} \pm 0.01$ | $3.81_{b}^{D} \pm 0.02$ | $3.65_{b}^{B} \pm 0.02$ | $3.51_{b}^{A} \pm 0.03$ | $3.78_{b}^{C} \pm 0.02$ | $3.76_{b}^{C} \pm 0.03$ |
| 4 | $5.39_{c}^{F} \pm 0.03$ | $5.01_{c}^{E} \pm 0.01$ | $4.02_{c}^{B} \pm 0.02$ | $3.091_{c}^{A} \pm 0.02$ | $4.39_{c}^{D} \pm 0.02$ | $4.34_{c}^{C} \pm 0.01$ |
| 6 | $6.39_{d}^{F} \pm 0.01$ | $6.29_{d}^{E} \pm 0.01$ | $5.86_{d}^{B} \pm 0.03$ | $3.39_{d}^{A} \pm 0.02$ | $5.98_{d}^{D} \pm 0.02$ | $5.91_{d}^{C} \pm 0.01$ |
| 8 | $8.40_{e}^{F} \pm 0.01$ | $8.30_{e}^{E} \pm 0.01$ | $6.16_{e}^{B} \pm 0.03$ | $4.57_{e}^{A} \pm 0.01$ | $6.74_{e}^{D} \pm 0.03$ | $6.22_{e}^{C} \pm 0.03$ |
| 10 | $9.30_{f}^{F} \pm 0.02$ | $9.22_{f}^{E} \pm 0.01$ | $6.38_{f}^{B} \pm 0.01$ | $5.44_{f}^{A} \pm 0.01$ | $7.78_{f}^{D} \pm 0.01$ | $6.96_{f}^{C} \pm 0.02$ |
| 12 | - | - | $6.86_{g}^{B} \pm 0.01$ | $6.32_{g}^{A} \pm 0.01$ | $7.94_{g}^{D} \pm 0.01$ | $7.03_{g}^{C} \pm 0.01$ |
| 14 | - | - | $7.40_{h}^{B} \pm 0.01$ | $7.22_{h}^{A} \pm 0.01$ | $8.38_{h}^{D} \pm 0.01$ | $7.53_{h}^{C} \pm 0.01$ |
| 16 | - | - | $8.13_{i}^{B} \pm 0.02$ | $7.65_{i}^{A} \pm 0.01$ | $8.88_{i}^{D} \pm 0.01$ | $8.31_{i}^{C} \pm 0.01$ |
| 18 | - | - | $8.52_{j}^{B} \pm 0.01$ | $8.39_{j}^{A} \pm 0.03$ | $9.34_{j}^{D} \pm 0.01$ | $8.90_{j}^{C} \pm 0.01$ |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 7** คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏ ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $0^{NS}$ | $5.00_{e} \pm 0.00$ | $5.00_{e} \pm 0.00$ | $5.00_{h} \pm 0.00$ | $5.00_{h} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ |
| 2 | $4.72_{d}^{A} \pm 0.46$ | $4.76_{de}^{A} \pm 0.44$ | $5.00_{h}^{B} \pm 0.00$ | $5.00_{h}^{B} \pm 0.00$ | $4.84_{hi}^{AB} \pm 0.38$ | $5.00_{i}^{B} \pm 0.00$ |
| 4 | $4.48_{d}^{A} \pm 0.51$ | $4.52_{d}^{AB} \pm 0.51$ | $4.73_{g}^{BC} \pm 0.46$ | $4.80_{gh}^{C} \pm 0.41$ | $4.68_{h}^{ABC} \pm 0.48$ | $4.72_{h}^{BC} \pm 0.46$ |
| 6 | $3.40_{c}^{A} \pm 0.50$ | $3.40_{c}^{A} \pm 0.50$ | $4.52_{g}^{C} \pm 0.51$ | $4.64_{g}^{C} \pm 0.49$ | $4.12_{g}^{B} \pm 0.33$ | $4.44_{g}^{C} \pm 0.51$ |
| 8 | $3.04_{b}^{A} \pm 0.20$ | $3.12_{b}^{A} \pm 0.33$ | $3.72_{f}^{B} \pm 0.54$ | $4.12_{f}^{C} \pm 0.33$ | $3.56_{f}^{B} \pm 0.58$ | $3.76_{f}^{B} \pm 0.52$ |
| 10 | $2.48_{a}^{A} \pm 0.58$ | $2.48_{a}^{A} \pm 0.51$ | $3.32_{e}^{BC} \pm 0.48$ | $3.60_{e}^{C} \pm 0.50$ | $3.20_{e}^{B} \pm 0.41$ | $3.36_{e}^{BC} \pm 0.49$ |
| 12 | - | - | $2.88_{d}^{A} \pm 0.44$ | $3.24_{d}^{B} \pm 0.44$ | $2.84_{d}^{A} \pm 0.55$ | $2.92_{d}^{A} \pm 0.28$ |
| 14 | - | - | $2.64_{c}^{A} \pm 0.57$ | $3.00_{c}^{B} \pm 0.00$ | $2.48_{c}^{A} \pm 0.51$ | $2.64_{c}^{A} \pm 0.49$ |
| 16 | - | - | $2.00_{b}^{A} \pm 0.00$ | $2.56_{b}^{B} \pm 0.51$ | $1.96_{b}^{A} \pm 0.20$ | $2.04_{b}^{A} \pm 0.20$ |
| 18 | - | - | $1.64_{a}^{A} \pm 0.49$ | $2.00_{a}^{B} \pm 0.29$ | $1.52_{a}^{A} \pm 0.51$ | $1.68_{a}^{A} \pm 0.48$ |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 8** คะแนนการยอมรับกลิ่นของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | คะแนนการยอมรับกลิ่น ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $0^{NS}$ | $5.00_{f} \pm 0.00$ | $5.00_{f} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{j} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ |
| 2 | $4.64_{e}^{A} \pm 0.49$ | $4.64_{e}^{A} \pm 0.49$ | $5.00_{i}^{C} \pm 0.00$ | $4.88_{i}^{BC} \pm 0.33$ | $4.72_{i}^{AB} \pm 0.46$ | $4.76_{h}^{AB} \pm 0.44$ |
| 4 | $4.16_{d}^{A} \pm 0.37$ | $4.22_{d}^{A} \pm 0.41$ | $4.32_{h}^{AB} \pm 0.48$ | $4.48_{h}^{B} \pm 0.51$ | $4.32_{h}^{AB} \pm 0.48$ | $4.36_{g}^{AB} \pm 0.49$ |
| 6 | $3.28_{c}^{A} \pm 0.46$ | $3.28_{c}^{A} \pm 0.46$ | $3.92_{g}^{BC} \pm 0.28$ | $4.16_{g}^{C} \pm 0.38$ | $3.72_{g}^{B} \pm 0.38$ | $3.96_{f}^{BC} \pm 0.35$ |
| 8 | $2.64_{b}^{A} \pm 0.49$ | $2.72_{b}^{A} \pm 0.54$ | $3.20_{f}^{B} \pm 0.41$ | $3.80_{f}^{C} \pm 0.41$ | $3.16_{f}^{B} \pm 0.38$ | $3.32_{e}^{B} \pm 0.48$ |
| 10 | $2.16_{a}^{A} \pm 0.37$ | $2.24_{a}^{A} \pm 0.44$ | $2.92_{e}^{B} \pm 0.28$ | $3.56_{e}^{C} \pm 0.51$ | $2.84_{e}^{B} \pm 0.38$ | $2.92_{d}^{B} \pm 0.27$ |
| 12 | - | - | $2.68_{d}^{AB} \pm 0.48$ | $3.16_{d}^{C} \pm 0.38$ | $2.44_{d}^{A} \pm 0.51$ | $2.76_{d}^{B} \pm 0.44$ |
| 14 | - | - | $2.12_{c}^{AB} \pm 0.33$ | $2.84_{c}^{B} \pm 0.38$ | $1.96_{c}^{A} \pm 0.20$ | $2.24_{c}^{AB} \pm 0.44$ |
| 16 | - | - | $1.84_{b}^{A} \pm 0.37$ | $2.32_{b}^{B} \pm 0.48$ | $1.72_{b}^{A} \pm 0.46$ | $1.96_{b}^{A} \pm 0.20$ |
| 18 | - | - | $1.44_{a}^{B} \pm 0.51$ | $1.96_{a}^{C} \pm 0.20$ | $1.04_{a}^{A} \pm 0.20$ | $1.56_{a}^{B} \pm 0.51$ |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 9** คะแนนการยอมรับรสชาติของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | คะแนนการยอมรับรสชาติ ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $0^{NS}$ | $5.00_{f} \pm 0.00$ | $5.00_{f} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{j} \pm 0.00$ | $5.00_{h} \pm 0.00$ |
| 2 | $4.64_{e}^{B} \pm 0.57$ | $4.44_{e}^{A} \pm 0.51$ | $4.80_{i}^{B} \pm 0.41$ | $4.84_{i}^{B} \pm 0.37$ | $4.64_{i}^{B} \pm 0.49$ | $4.72_{g}^{B} \pm 0.46$ |
| $4^{NS}$ | $4.12_{d} \pm 0.33$ | $4.04_{d} \pm 0.20$ | $4.12_{h} \pm 0.33$ | $4.24_{h} \pm 0.44$ | $4.04_{h} \pm 0.35$ | $4.16_{f} \pm 0.37$ |
| 6 | $3.08_{c}^{A} \pm 0.28$ | $3.16_{c}^{A} \pm 0.37$ | $3.80_{g}^{C} \pm 0.41$ | $3.96_{g}^{C} \pm 0.20$ | $3.56_{g}^{B} \pm 0.20$ | $3.80_{e}^{C} \pm 0.41$ |
| 8 | $2.44_{b}^{A} \pm 0.50$ | $2.56_{b}^{A} \pm 0.51$ | $3.04_{f}^{B} \pm 0.35$ | $3.64_{f}^{C} \pm 0.49$ | $3.12_{f}^{B} \pm 0.33$ | $3.16_{d}^{B} \pm 0.47$ |
| 10 | $1.88_{a}^{A} \pm 0.33$ | $2.08_{a}^{A} \pm 0.28$ | $2.76_{e}^{B} \pm 0.44$ | $3.40_{e}^{C} \pm 0.50$ | $2.64_{e}^{B} \pm 0.49$ | $2.80_{c}^{B} \pm 0.41$ |
| 12 | - | - | $2.48_{d}^{AB} \pm 0.51$ | $3.12_{d}^{C} \pm 0.33$ | $2.36_{d}^{A} \pm 0.49$ | $2.64_{c}^{B} \pm 0.49$ |
| 14 | - | - | $1.96_{c}^{B} \pm 0.20$ | $2.72_{c}^{C} \pm 0.46$ | $1.72_{c}^{A} \pm 0.49$ | $2.04_{b}^{B} \pm 0.20$ |
| 16 | - | - | $1.64_{b}^{AB} \pm 0.49$ | $2.16_{b}^{C} \pm 0.37$ | $1.48_{b}^{A} \pm 0.51$ | $1.84_{b}^{B} \pm 0.47$ |
| 18 | - | - | $1.28_{a}^{B} \pm 0.46$ | $1.68_{a}^{C} \pm 0.48$ | $1.00_{a}^{A} \pm 0.00$ | $1.36_{a}^{B} \pm 0.57$ |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

**ตารางผนวกที่ ก - 10** คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

| ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัส ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | | |
| | TC | TA | T1 | T2 | T3 | T4 |
| $0^{NS}$ | $5.00_{f} \pm 0.00$ | $5.00_{f} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{h} \pm 0.00$ | $5.00_{i} \pm 0.00$ | $5.00_{g} \pm 0.00$ |
| 2 | $4.72_{e}^{B} \pm 0.46$ | $4.56_{e}^{A} \pm 0.51$ | $4.88_{i}^{BC} \pm 0.33$ | $5.00_{h}^{C} \pm 0.00$ | $4.76_{i}^{B} \pm 0.44$ | $4.80_{g}^{B} \pm 0.41$ |
| 4 | $4.24_{d}^{AB} \pm 0.44$ | $4.16_{d}^{AB} \pm 0.37$ | $4.20_{h}^{AB} \pm 0.41$ | $4.36_{g}^{B} \pm 0.49$ | $4.08_{h}^{A} \pm 0.23$ | $4.28_{f}^{AB} \pm 0.46$ |
| 6 | $3.20_{c}^{A} \pm 0.41$ | $3.28_{c}^{A} \pm 0.54$ | $3.88_{g}^{BC} \pm 0.33$ | $4.08_{f}^{C} \pm 0.40$ | $3.68_{g}^{B} \pm 0.40$ | $3.92_{e}^{C} \pm 0.40$ |
| 8 | $2.52_{b}^{A} \pm 0.58$ | $2.68_{b}^{A} \pm 0.47$ | $3.12_{f}^{B} \pm 0.44$ | $3.76_{e}^{C} \pm 0.44$ | $3.20_{f}^{B} \pm 0.41$ | $3.28_{d}^{B} \pm 0.54$ |
| 10 | $2.04_{a}^{A} \pm 0.20$ | $2.20_{a}^{A} \pm 0.41$ | $2.88_{e}^{B} \pm 0.33$ | $3.56_{e}^{C} \pm 0.50$ | $1.84_{e}^{B} \pm 0.44$ | $2.96_{c}^{B} \pm 0.20$ |
| 12 | - | - | $2.52_{d}^{AB} \pm 0.51$ | $3.24_{d}^{C} \pm 0.44$ | $1.56_{d}^{A} \pm 0.51$ | $2.76_{c}^{B} \pm 0.44$ |
| 14 | - | - | $2.00_{c}^{AB} \pm 0.29$ | $2.80_{c}^{C} \pm 0.41$ | $1.12_{c}^{A} \pm 0.38$ | $2.12_{b}^{B} \pm 0.33$ |
| 16 | - | - | $1.72_{b}^{A} \pm 0.54$ | $2.20_{b}^{B} \pm 0.41$ | $1.96_{b}^{A} \pm 0.51$ | $1.92_{a}^{A} \pm 0.51$ |
| 18 | - | - | $1.40_{a}^{B} \pm 0.58$ | $1.80_{a}^{C} \pm 0.41$ | $1.52_{a}^{A} \pm 0.33$ | $1.40_{a}^{B} \pm 0.50$ |

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TA คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T1 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T2 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T3 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate

T4 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate