รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

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

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2558A10802400
สัญญาเลขที่ 24/2558

รายงานฉบับสมบูรณ์
การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

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

สวามินี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 24/2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (ชาเขียวและวิตามินซี) โดยบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ ได้แก่ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2), TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และTM8 (80% CO_2 : 20% N_2) เปรียบเทียบกับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบ (TCC) และเคลือบเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TAC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (pH, ความชื้น, TVB-N และ TMA-N) คุณภาพทางกายภาพ (% cooking loss) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5, TM6, TM8, TAC ตามลำดับ ขณะที่ TM6 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) ได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการผลิตอาหารเพื่อการบริโภคและการยอมรับด้านประสาทสัมผัสถึงจุดสิ้นสุด (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน) เร็วกว่าค่าทางจุลชีววิทยา (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) ทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ดังนั้น TM4, TM5, TM6 และ TM8 เก็บรักษาได้ 24, 22, 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TOC เก็บรักษาได้ 14 วัน ขณะที่ TCC เก็บรักษาได้เพียง 8 วัน

Abstract

This research purposes the effect of modified atmosphere packaging on the antioxidant alginate-based coating of cooked green mussel (*Perna viridis*). The modified atmosphere packaging four different conditions: TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2), TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) and TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) compared to cooked green mussel were uncoated (TCC) and coated (TAC) with antioxidant alginate-based coating and air packed during refrigerated storage of 28 days was investigated. TM4 was the most effectively retarded chemical (pH, moisture, TVB-N and TMA-N), physical (% cooking loss) and sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked green mussel followed by TM5, TM6, TM8 and TAC, respectively. While TM6 was the most effectively retarded the changes the microbiological quality (total plate count). Considering the shelf life of product by the sensorial quality, that is something to consider of food production for human consumption and adoption on the sensorial qualities loss (odor scores below 3 points) were faster than the microbiology quality loss (total plate count was not exceeded 6 log CFU/g). While still maked it safe for consumption so TM4, TM5, TM6 and TM8 were shelf life for 24, 22, 20 and 16 days respectively. The TOC was shelf life by 14 days when stored at TCC have only 8 days.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

3 วิธีดำเนินการวิจัย 18

4 ผลการวิจัย 22

5 อภิปรายผลการวิจัย 41

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 60

เอกสารอ้างอิง 61

ภาคผนวก 71

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ 72

ภาคผนวก ข ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส 84

ประวัติผู้วิจัย 86

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2 - 1 การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม..... 5

2 - 2 การเปรียบเทียบปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่..... 5

ตารางผนวกที่

ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน..... 73

ก - 2 ปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน..... 74

ก - 3 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 75

ก - 4 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 76

ก - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 77

ก - 6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนต ผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 78

ก - 7 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลาย อัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 8 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 80

ก - 9 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 81

ก - 10 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 82

ข - 1 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนต..... 84

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 อวัยวะภายในส่วนต่าง ๆ ของหอยแมลงภู่..... 4

2 - 2 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ..... 9

4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน..... 23

4 - 2 ปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน..... 25

4 - 3 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 27

4 - 4 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 29

4 - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 31

4 - 6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 33

4 - 7 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 35

4 - 8 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 - 9 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 39

4 - 10 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 40

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีการเพาะเลี้ยงตามชายฝั่งทางภาคตะวันออกกันอย่างแพร่หลาย ทำให้ผลผลิตของหอยแมลงภู่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้มากขึ้น แต่การจำหน่ายหอยแมลงภู่เพื่อการบริโภคภายในประเทศยังมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากหอยมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา อีกทั้งความสดและสะอาดของหอยยังขึ้นอยู่กับแหล่งเลี้ยงเป็นสำคัญ เนื่องจากหอยจะกินอาหารโดยการกรองสิ่งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ หากแหล่งเลี้ยงนั้นอยู่ใกล้แหล่งชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ทิ้งของเสียลงในแหล่งน้ำก็จะพบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคปนเปื้อนในเนื้อหอย ซึ่งปัญหาดังที่กล่าวมานี้สามารถใช้วิธีการแปรรูปและดูแลการเก็บรักษาที่เหมาะสมมาช่วยได้ ประกอบกับผู้บริโภคในปัจจุบันมีการใช้ชีวิตแบบเร่งรีบและต้องการความสะดวกสบายในการบริโภค ขณะเดียวกันยังคงต้องการสินค้าที่มีคุณภาพและสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย โดยมีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่าสารกันหืนเช่นชาเขียวและวิตามินซีที่ทั้งช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์แล้วยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำแล้วยังเป็นสารยังเป็นสารถนอมอาหารตามธรรมชาติ ที่เมื่อใช้ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging หรือ MAP) ซึ่งเป็นการควบคุมสภาพบรรยากาศให้มีอัตราส่วนของก๊าซที่แตกต่างไปจากอากาศปกติทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในหอยแมลงภู่ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญถูกชะลอลง เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุเข้าไปภายใน มีผลไปชะลอช่วง Log phase ของจุลินทรีย์ออกไปได้การเสื่อมคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจึงเกิดช้าลงได้

ดังนั้น การศึกษาอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อหอยแมลงภู่สุกแบบปรับสภาพบรรยากาศจึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพหอยแมลงภู่ให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นและปลอดภัยต่อการบริโภค ทำให้เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ สนับสนุนอุตสาหกรรมการการแปรรูปหอยแมลงภู่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของการปรับสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่ให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเจตผสมสารกันหืน ร่วมกับการปรับสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเนื้อหอยสุก โดยนำเนื้อหอยสุกมาเคลือบนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% แล้วนำเนื้อหอยสุกไปบรรจุที่สภาวะปรับบรรยากาศต่างๆ กัน จากนั้นนำมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส เริ่มต้นและเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา ทุก ๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับ หรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงอัตราส่วนก๊าซสำหรับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนได้

2. สามารถนำความรู้จากงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการปรับใช้และพัฒนาอุตสาหกรรมการแปรรูปหอยแมลงภู่

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

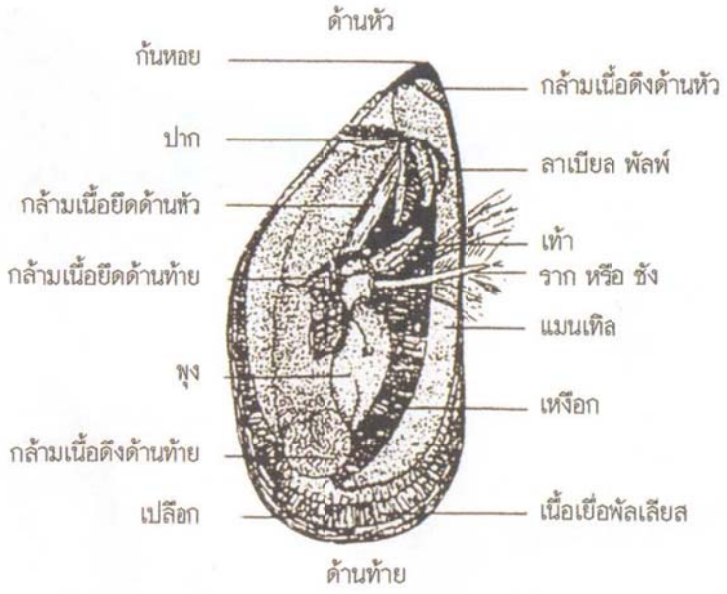
Class : Bivalvia หรือ Pelecypoda

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 นอกจากนี้มีเหงือกขนาดใหญ่ดังแสดงในภาพที่ 2 – 1



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

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 2.24 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 80.58 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.59 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 3.69 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 - 1 การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างหอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ และนม

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

ที่มา : ทรงชัย สหวัชรินทร์ (2536)

ตารางที่ 2 - 2 การเปรียบเทียบปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด)

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

ที่มา : ทรงชัย สหวัชรินทร์ (2536)

1.5 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ 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 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 ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลง

ของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen; NPN) โดยในส่วนของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์คาเทปซิน (Cathepsin) ทริพซิน (Trypsin) เปปซิน (Pepsin) และคอลลาจีเนส (Collagenase) ซึ่งจะย่อยโปรตีนได้โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำ และกรดอะมิโนอิสระ ทำให้โครงสร้างมีลักษณะหลวมและอ่อนตัว มีผลลดการยอมรับของสัตว์น้ำ นอกจากนี้สารประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า TVB-N เป็นดัชนี วัดการเน่า เสียโดยวัดปริมาณด่างระเหยได้ทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ทำให้สัตว์น้ำเน่าเสีย เกิดเป็น Trimethyl amine (TMA), Dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย (NH_3) (Banks *et al*., 1980) นอกจากนี้ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ Glycolysis การสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอ-ไทด์ ซึ่งรวมถึงการสลายตัวของ Adenosine triphosphate (ATP degradation) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า K เป็นดัชนีวัดการเน่าเสียโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารสารประกอบนิวคลีโอไทด์จาก 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 ซึ่งมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ดังกล่าวทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง และอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสโลหิตได้อีกด้วย

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน

เนื่องจากหอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่หอยตาย ทำให้หอยมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่น และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และความสะดวกต่อการบริโภค ทำให้ปัจจุบันมีการผลิตอาหารแปรรูปที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมปรุงมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

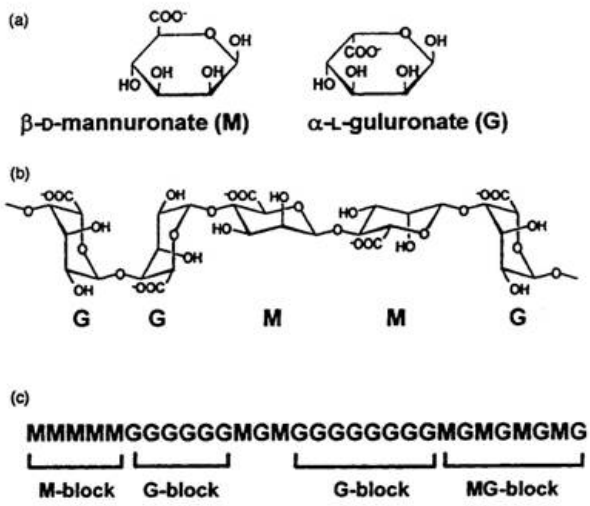
การใช้ความร้อนเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง โดยการใช้ความร้อนสามารถ ช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ รวมทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้เนื้อสัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ระดับเป็นการใช้ความร้อน ในระดับต่ำกว่าจุดเดือด 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 ตัวอย่างเนื้อปลาที่

ไม่ได้เคลือบสารใดเลยซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมมีจำนวน *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 แหล่งของกลิ่นรสผิดปกติที่เกิดขึ้นคือ 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 อาหารมีสีผิดปกติ 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*) ไปจุ่มในกรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นสารกันหืนชนิดหนึ่ง จากนั้นศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหอยแมลงภู่ที่นำไปจุ่มกรดแอสคอร์บิกมีอัตราการเพิ่มและปริมาณ 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 ทำให้เนื้อปลามีอายุการเก็บ

รักษาได้นาน 10 วันในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (ไม่แช่สาร) มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นสารกันหืน เช่น สารสกัดจากชา และแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมในการเป็นสารเคลือบที่เนื้อสัตว์น้ำเพื่อลดการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้

3.4 การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

การบรรจุแบบปรับบรรยากาศ หรือ การปรับสภาวะด้านในของบรรจุภัณฑ์ หรือ Modified Atmosphere Packaging (MAP) เป็นการเพิ่มและลดสัดส่วนของก๊าซที่เราต้องการที่จะควบคุมด้านในผลิตภัณฑ์ ให้เป็นไปตามความต้องการ โดยอาศัยก๊าซต่าง ๆ เช่น ออกซิเจน (Oxygen) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) และไนโตรเจน (Nitrogen) ในความเข้มข้นที่แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติในการบรรจุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอการเสื่อมเสียและรักษาความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง เก็บรักษาและจัดจำหน่าย ส่วนผสมของก๊าซที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับบรรยากาศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ภาชนะบรรจุและสภาวะการเก็บรักษา ควรเลือกก๊าซที่ปลอดภัย หาง่าย และราคาถูก ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของอาหาร (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550) ก๊าซแต่ละชนิดมีบทบาทต่อผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

3.4.1 บทบาทของก๊าซออกซิเจนต่อการบรรจุอาหาร

3.4.1.1 สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่าง ๆ ในอาหาร เช่น ไขมันและวิตามิน เป็นต้น อาหารที่มีไขมันสูงหรืออาหารที่สูญเสียวิตามินได้ง่ายควรบรรจุให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3.4.1.2 จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ชอบอากาศ เช่น Pseudomonas, Micrococcus และเชื้อราแทบทุกชนิด การบรรจุอาหารในสภาพที่ไร้ก๊าซออกซิเจน หรือมีก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 0.1% สามารถป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารจากการกระทำของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้

3.4.1.3 จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและฟักไข่ของหนอนและแมลงต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร

3.4.1.4 จำเป็นสำหรับปฏิกิริยาออกซิจิเนชั่นของไมโอโกลบิน เพื่อให้เนื้อมีสีแดงของออกซีไมโอโกลบิน

3.4.1.5 ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction) ในอาหาร ทำให้คุณภาพด้านสีของอาหารลดลง (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

3.4.2 บทบาทของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการบรรจุอาหาร

3.4.2.1 ชะลออัตราการหายใจของพืช โดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นอัตราการหายใจของพืชจะลดลงทำให้อายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามต้องใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับชนิดของพืชด้วย

3.4.2.2 ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็น Bacteriostatic หรือ Fungistatic agent หมายถึง ยับยั้งการเจริญเท่านั้น แต่ไม่ได้ทำลายหรือฆ่าจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อย 20% ที่สมดุลในบรรยากาศ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์แบบเลือกเฉพาะ (Selecttive effect) โดยแบคทีเรียที่ชอบอากาศและเชื้อราทั่วไปไม่สามารถเจริญในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ ส่วนแบคทีเรียที่ชอบอากาศน้อย ๆ (Slightly aerobic bacteria) เช่น Lactobacillus ยังคงเจริญได้ดีในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ ขณะที่กลุ่มแบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งในสภาพมีหรือไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobic bacteria) พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง ๆ ไม่ได้ช่วยยับยั้งการเจริญและบางกรณียังช่วยเร่งการเจริญของแบคทีเรียเหล่านั้นด้วย ส่วนกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่ชอบอากาศ (Anaerobic bacteria) นั้นหากมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 - 20% ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ แต่ถ้าผสมก๊าซออกซิเจนเข้าไปเพียงเล็กน้อย จะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้

3.4.2.3 ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีเมื่อจุลินทรีย์นั้นอยู่ในช่วงการเตรียมพร้อมเพื่อการแบ่งตัว (Lag phase) โดยจะทำให้ช่วงเวลานี้เพิ่มขึ้น เป็นผลให้การแบ่งตัวของจุลินทรีย์ช้าลงและผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลงหรือเมื่อความดันของบรรยากาศเพิ่มขึ้น

3.4.2.4 สามารถละลายได้ดีในน้ำและไขมันเมื่ออุณหภูมิลดลง โดยสังเกตได้จากการยุบตัวของภาชนะที่บรรจุ เนื่องจากความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศ นอกจากนี้หากการละลายสูงมากพอจะทำให้เกิดกลิ่นรสของกรดในผลิตภัณฑ์อาหารได้จึงต้องจำกัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับประเภทของอาหารที่จะบรรจุ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

3.4.3 บทบาทของก๊าซไนโตรเจนต่อการบรรจุอาหาร

3.4.3.1 เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีจึงมักใช้แทนที่ก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร นอกจากนี้ยังนิยมใช้ก๊าซไนโตรเจนเพื่อรักษาระดับความดันภายในภาชนะที่บรรจุ ป้องกันการยุบตัวของภาชนะที่บรรจุ และการแตกหักเสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์

3.4.3.2 ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จึงสามารถใช้ได้กับอาหารทุกชนิด และยังละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาผลของ MAP ต่อการชะลอการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ เช่น Cann (1983) แนะนำการใช้ MAP ในปลาเนื้อขาว Scampi กุ้ง และ Scallop ควรใช้ก๊าซคาร์บอนได - ออกไซด์ร้อยละ 40 ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 30 และก๊าซออกซิเจนร้อยละ 30 จะให้ผลดีที่สุด สำหรับปลาที่มีไขมันสูง เช่น ปลาแซลมอน (Salmon) ปลาเทร้าท์ (Trout) ปลาเฮอร์ริง (Herring) และปลาแมคเคอเรล (Mackerel) รวมทั้งผลิตภัณฑ์ประมงที่รมควัน ควรใช้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 60 ผสมกับก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 40 ปลาแล่ที่มีเนื้อขาวควรบรรจุปลา 3 ส่วนต่อก๊าซ 1 ส่วน จะยืดอายุการเก็บได้มากถึงร้อยละ 50 ในหอยหรือกุ้งควรเก็บในภาชนะที่มีก๊าซร้อยละ 30 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเกิดจุดดำได้ และงานวิจัยของ Fagan *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศร่วมกับการแช่แข็งต่อคุณภาพของปลาคอดดิบ ปลาทู และปลาแซลมอน โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ร่วมกับการแช่แข็ง โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศสำหรับปลาทูและปลาแซลมอนที่สภาวะ N_2 60% : CO_2 40% และสำหรับปลาคอดบรรจุที่สภาวะ N_2 30% : CO_2 40% : O_2 30% พบว่าปลามีความคงตัว ในระหว่างการบรรจุแบบแช่แข็งด้วย CO_2 100 % สามารถเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นได้นาน 5 วัน สำหรับปลาคอดและปลาทู ส่วนปลาแซลมอนเก็บได้นาน 7 วัน ส่วนตัวอย่างที่บรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศมีการย่อยสลายต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในอากาศ อย่างไรก็ตามการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศไม่มีผลต่อกลิ่นหรือคะแนนการยอมรับ แต่มีผลต่อสีเนื้อ การยืดหยุ่น ปริมาณด่างที่ระเหย ไนโตรเจน ปริมาณไตรเมทธิลเอมีน ค่าเปอร์ออกไซด์ และปริมาณกรดไขมันอิสระ ส่วน Özogul *et al*. (2004) ได้ศึกษาผลของการปรับสภาวะการบรรจุ และการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของปลาซาร์ดีน *(Sardina pilchardus*) โดยนำปลาซาร์ดีนมาบรรจุภายใต้สภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่สภาวะ 60% CO_2 : 40% N_2 สภาวะสุญญากาศ (VP) และบรรจุถุงธรรมดา (ตัวอย่างควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ปลาซาร์ดีนที่บรรจุแบบ MAP สามารถเก็บได้นาน 12 วัน ในขณะที่ปลาซาร์ดีนที่บรรจุแบบ VP สามารถเก็บได้ 9 วัน และการบรรจุถุงธรรมดาเก็บได้เพียง 3 วัน ขณะที่ Goulas and Kontominas (2007) ที่ได้ศึกษาผลของการทำเค็มร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) และน้ำมันออริกาโน ต่ออายุการเก็บรักษาปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ในแง่คุณลักษณะทางชีวเคมีและประสาทสัมผัส โดยนำเนื้อปลาตะเพียนทะเลมาทำเค็มแล้วเติมน้ำมันออริกาโน จากนั้นนำไปบรรจุแบบ MAP (CO_2 40% : O_2 30% : N_2 30%) แล้วนำไปแช่ตู้เย็น พบว่าเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ไม่ได้ทำเค็มและบรรจุแบบธรรมดามีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) และปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA - N) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่มีการทำเค็มและการบรรจุแบบธรรมดา, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.4% (v/w) และเนื้อปลา

ตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำเค็มจะช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาได้แต่ยังคงมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ 2 - thiobarbituric acid (TBA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ในขณะที่การเติมน้ำมันออริกาโนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการหืนช่วยลดปริมาณ TBA ได้ เมื่อพิจารณาถึงคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ปลาตะเพียนทะเลสดมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 - 16 วัน ในขณะที่เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มมีอายุการเก็บรักษา 20 - 21 วัน ส่วนเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP มีอายุการเก็บรักษา 27 - 28 วัน และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 33 วัน สอดคล้องกับ Sükriye *et al*. (2007) ได้ศึกษาผลของการปรับสภาวะการบรรจุและการบรรจุแบบสุญญากาศต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาและคุณภาพทางเคมีของเนื้อปลาเทราท์แล่ (*Oncorynchus mykiss*) โดยนำเนื้อปลาเทราท์แล่มาบรรจุด้วยสภาวะต่าง ๆ กัน ได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) ด้วยอัตราส่วนก๊าซต่าง ๆ กัน คือ สภาวะ 100% CO_2 ,สภาวะ 90% CO_2 : 2.5% O_2 : 7.5% N_2 และสภาวะ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อปลาที่บรรจุแบบ MAP มีจำนวนจุลินทรีย์ Enterobacteriaceae ต่ำกว่าเนื้อปลาที่บรรจุแบบอื่น และปริมาณต่างที่ระเหยได้ (TVB - N) พบต่ำสุดในเนื้อปลาที่บรรจุแบบสภาวะปรับบรรยากาศเช่นกัน อีกทั้ง Silvertsvik (2007) ได้ศึกษาปริมาณก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อปลาคอด (*Gadus morhua*) ในระยะก่อนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Pre - rigor) โดยนำเนื้อปลาคอดในระยะก่อนการเกร็งตัวมาบรรจุด้วยปริมาณก๊าซต่างๆกัน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยา พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและจุลินทรีย์ทนความเย็นในเนื้อปลาคอดแล่มีจำนวนลดลงเมื่อบรรจุในสภาวะที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอัตราส่วนของก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อปลาคอดในระยะก่อนการเกร็งตัวคือ ปริมาณ O_2 63 มิลลิลิตร/ 100 มิลลิลิตร และปริมาณ CO_2 37 มิลลิลิตร/ 100 มิลลิลิตร ขณะที่ Gong *et al*. (2008) ได้ศึกษาการเพิ่มอายุการเก็บรักษากุ้งนาง (*Cherax quadricarinatus*) ที่ทำให้สุกบางส่วนด้วยการปรับสภาวะการบรรจุ โดยนำกุ้งที่ผ่านการทำให้สุกบางส่วน (จุ่มในน้ำเดือดนาน 2 นาที) แกะเปลือกออกและนำมาบรรจุ 3 แบบ ได้แก่ บรรจุภายใต้สภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่สภาวะ 80% CO_2: 10 % O_2 : 10% N_2 สภาวะสุญญากาศ (VP) และบรรจุถุงธรรมดา (PVCP ; ตัวอย่างควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่า การบรรจุกุ้งแบบ MAP สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ดีกว่า VP และ PVCP และการบรรจุกุ้งแบบ MAP ยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง การสูญเสียน้ำและการ

นิ่มเละของเนื้อสัมผัสได้ดีกว่า VP และ PVCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถนำการบรรจุแบบ MAP ไปใช้ในการ ยืดอายุการเก็บรักษากุ้งที่ทำให้สุกบางส่วน สำหรับวางขายในร้านค้าทั่วไปได้ เช่นเดียวกับ Lu (2009) ได้ศึกษาผลของสารยับยั้งแบคทีเรียและการปรับสภาวะการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษากุ้ง (*Fenneropenaeus chinensis*) พบว่า กุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะ (MAP) ที่สภาวะ 40% CO_2: 30 % O_2 : 30% N_2 และกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบสภาวะ 100% CO_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ 10^7 cfu/g ในวันที่ 13 ของการเก็บรักษา ขณะที่กุ้งที่บรรจุในน้ำโอโซน และตัวอย่างควบคุม (น้ำเปล่า) มีจำนวนจุลินทรีย์ 10^7 cfu/g ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนปริมาณ TVB - N ในกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ MAP มีค่ามากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม (mg/100g) ในวันที่ 17 ของการเก็บรักษา ในขณะที่กุ้งที่บรรจุในน้ำโอโซนและตัวอย่างควบคุมมีค่า TVB - N เกินมาตรฐานในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาและในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 17) กุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ MAP และกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ CO_2 100% มีปริมาณ TVB - N ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วน สวามินี ธีระวุฒิ, รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น และโสภาวดี เมืองฮาม (2557) ได้ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศ ต่อคุณภาพทางกายภาพและจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือก (*Saccostrea cucullata*) ที่แช่ในสารละลายผสม (โพแทสเซียมซอร์เบต 3% และโซเดียมแล็กเตต 2.5 %) และปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุที่มีอัตราส่วนก๊าซแตกต่างกัน 5 สภาวะ ดังนี้ T1 (40% CO_2: 20% O_2: 40% N_2), T2 (40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2), T3 (60% CO_2: 20% O_2: 20% N_2), T4 (60% CO_2: 40% O_2), และ T5 (บรรยากาศปกติ) ร่วมกับการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่าหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะ T3 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางจุลชีววิทยาน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน log 6 CFU/g) T4, T2 และ T1 มีอายุการเก็บรักษา 9, 7 และ 6 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะ T5 ที่เป็นชุดควบคุม มีอายุการเก็บรักษาเพียง 5 วัน รวมทั้ง สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2555) ได้ศึกษาการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนของหอยนางรมหลังการรมควัน พบว่า การแช่หอยนางรมรมควันในน้ำมันถั่วเหลืองร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์และส่งผลดีต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทาง จุลชีววิทยาและคุณภาพทางเคมีของหอยนางรมรมควันภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ ดังนี้ T1 (บรรยากาศปกติ) T2 (60% N_2: 35% CO_2: 5% O_2) T3 (80% CO_2: 20% N_2) และ T4 (50% CO_2: 50% N_2) ผลการศึกษาพบว่า T4 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางจุลชีววิทยาน้อยที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อพิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่

เกิน log 7 CFU/g การใช้สภาวะการเก็บรักษาแบบ T4 สามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วัน ในขณะที่ T2 และ T3 มีอายุการเก็บรักษา 26 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะ T1 ที่เป็นชุดควบคุม มีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน และคุณภาพทางเคมี ให้ผลสอดคล้องกับคุณภาพทางจุลชีววิทยา และประสาท-สัมผัส โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานั้น การใช้สภาวะการเก็บรักษาในสภาวะ T4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าทางเคมี (ปริมาณความชื้น และ TVB-N) ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาวะอื่น เมื่อพิจารณาที่ค่า TVB-N < 12 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัม นั้นพบว่า T4 เก็บรักษาได้ 28 วัน, T3 และ T2 เก็บรักษาได้ 26 และ 24 วัน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ T1 ที่เป็นชุดควบคุม มีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 วัน สำหรับผลการยอมรับบรรจุภัณฑ์ในระดับปานกลางถึงมาก และยอมรับตัวผลิตภัณฑ์ระดับมาก

ดังนั้นการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่ให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น ด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากอัลจิเนตไปลดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำ เช่น จุลินทรีย์ทนเย็น, Salmonella , *L. monocytogenase* ส่วนสารกันหืน เช่น โพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชา และกรดแอสคอร์บิก นั้นไปชะลอการเน่าเสียในส่วนที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นการใช้อัลจิเนตผสมสารกันหืนมาเคลือบหอยแมลงภู่ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศเพื่อชะลอการเน่าเสียในเนื้อหอยแมลงภู่จึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิต เชิงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวหอยแมลงภู่ให้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 หอยแมลงภู่ที่ซื้อจากฟาร์มใน ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน ปี 2558 (จำนวนประมาณ 25-30 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม)

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

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

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

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มหอย

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

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

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

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

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

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

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (BE Memmert, Germany)

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

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter TM 39, Germany)

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

1.4.7 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.8 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.9 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

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

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำหอยแมลงภู่ (จำนวนประมาณ 25-30 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม) มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยด้วยอุปกรณ์ที่ปลอดเชื้อ และระวังอย่างให้เกิดการฉีกขาดก่อนนำตัวอย่างไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.2 การเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

นำเนื้อหอยสุกที่แกะได้จากข้อ 2.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน คือ สารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ใน 0.002% sodium alginate (green tea and vitamin C incorporate alginate- base coating) เคลือบเป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดสารละลายที่ใช้เคลือบนาน 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% นาน 1 นาที ทั้งนี้ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557)

2.3 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

คัดเลือกผู้ทดสอบมาทำการฝึกทดสอบให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคหอยแมลงภู่สุกโดยให้ผู้ทดสอบดูลักษณะภายนอก ดมกลิ่นและรับประทานหอยแมลงภู่สุก จากนั้นให้คะแนนในแบบประเมิน ซึ่งใช้การให้คะแนนตามเกณฑ์ (ภาคผนวก ข) (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ซึ่งการฝึกผู้ทดสอบเป็นการให้ผู้ทดสอบทั้ง 25 คนมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ โดยให้ผู้ทดสอบรับประทานหอยแมลงภู่สุกแล้วให้ผู้ทดสอบให้คะแนนทางประสาทสัมผัสจากนั้นคัดเลือกผู้ทดสอบให้เหลือ 20 คน โดยดูจากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสเป็นตัวตัดสินว่าจะคัดเลือกผู้ทดสอบคนใดออก

2.4 ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เตรียมจากข้อ 2.2 มาบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัว (20 ตัว/ถุง) โดยใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน ดังนี้

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

บรรจุเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่สภาวะข้างต้นด้วยเครื่องบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้อัตราส่วนก๊าซ 1 : 2 และปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 4 วินาที โดยระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่างไม่เกิน 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่

2.4.1 คุณภาพทางเคมี

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

2.4.2 คุณภาพทางกายภาพ

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

2.4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เตรียมเนื้อกุ้งเช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E.coli*, ตามวิธีของ AOAC (1994) โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน

2.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ตามเกณฑ์ที่กำหนด (ภาคผนวก ข) (สวามินีธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติโดยเป็นผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกจากข้อ 2.3 ซึ่งมีการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน

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

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 ตึกวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

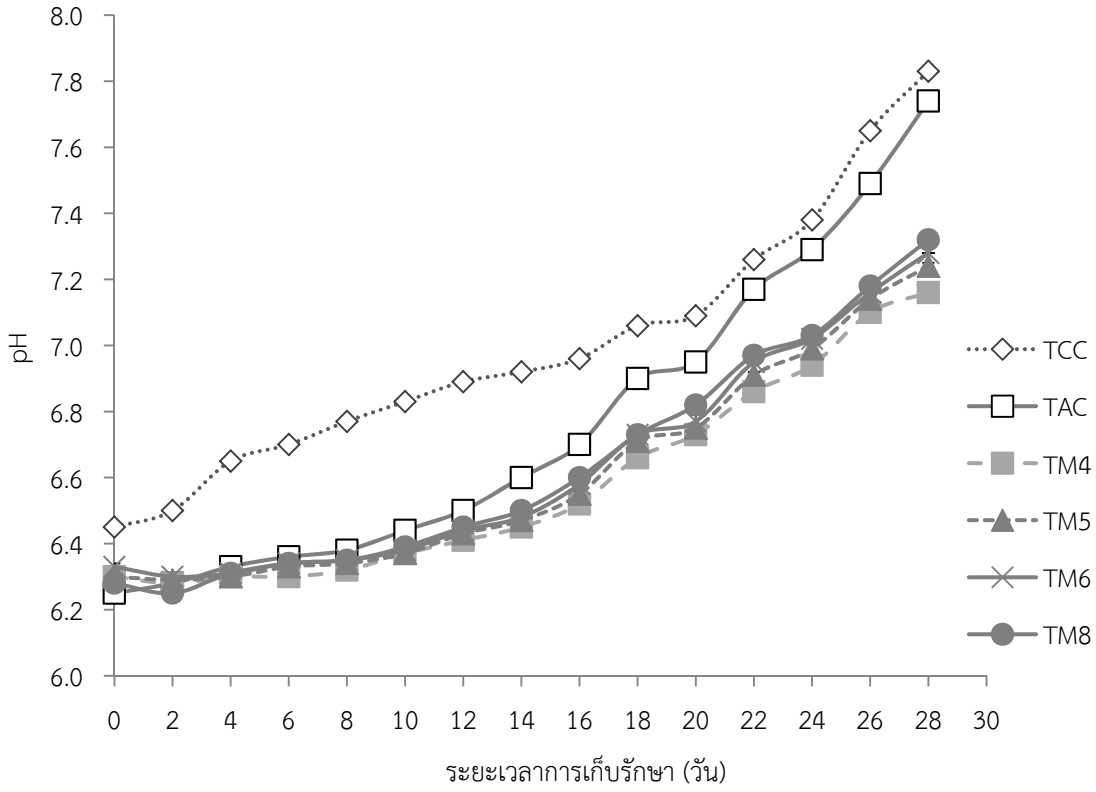
บทที่ 4
ผลการวิจัย

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) นาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% นาน 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) แล้วนำมาบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัวโดยใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่าความเป็นกรดด่าง 6.28 – 6.45 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) โดยวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นค่าความเป็นกรดด่างของ TCC เท่ากับ 7.83 ส่วน TAC เท่ากับ 7.74 ขณะที่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีค่าเท่ากับ 7.16, 7.24, 7.28 และ 7.32 ตามลำดับ ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่มีการเคลือบอะไรเลย (TCC) มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศทั้ง TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ



ภาพที่ 4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

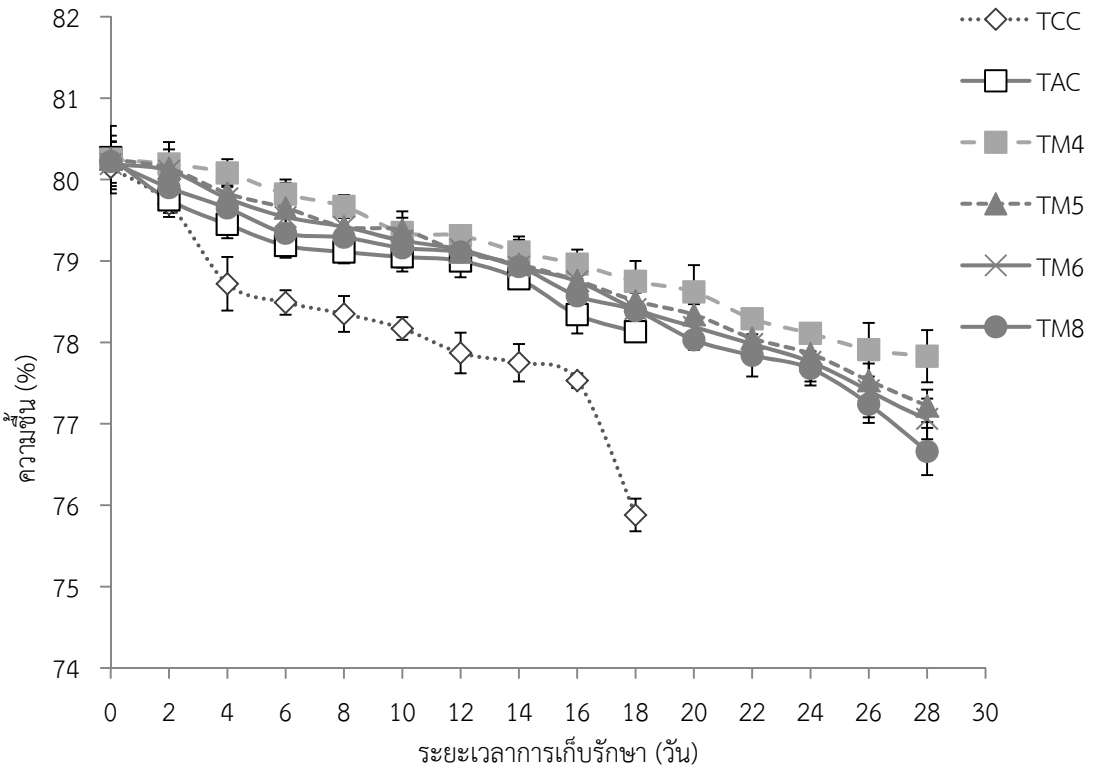
TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

1.2 ปริมาณความชื้น

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองที่ใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) มีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในวันแรกของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีปริมาณความชื้นระหว่าง 80.15 – 80.27 % จากนั้นปริมาณความชื้นค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) และเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TAC) มีปริมาณความชื้น 75.88% และ 78.13% ตามลำดับ ขณะที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM4, TM6, TM5 และ TM8 มีปริมาณความชื้น 77.83%, 77.06%,77.22% และ 76.66% ตามลำดับ ในวันที่28 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4 – 2 แสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ TM4, TM6, TM5 และ TM8 มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า TCC และ TAC รวมทั้งยังพบว่าปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TM4 มีค่ามากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ดังนั้น TM4 จึงเป็นอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมที่สุดในการชะลอการสูญเสียความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน



ภาพที่ 4 - 2 ปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

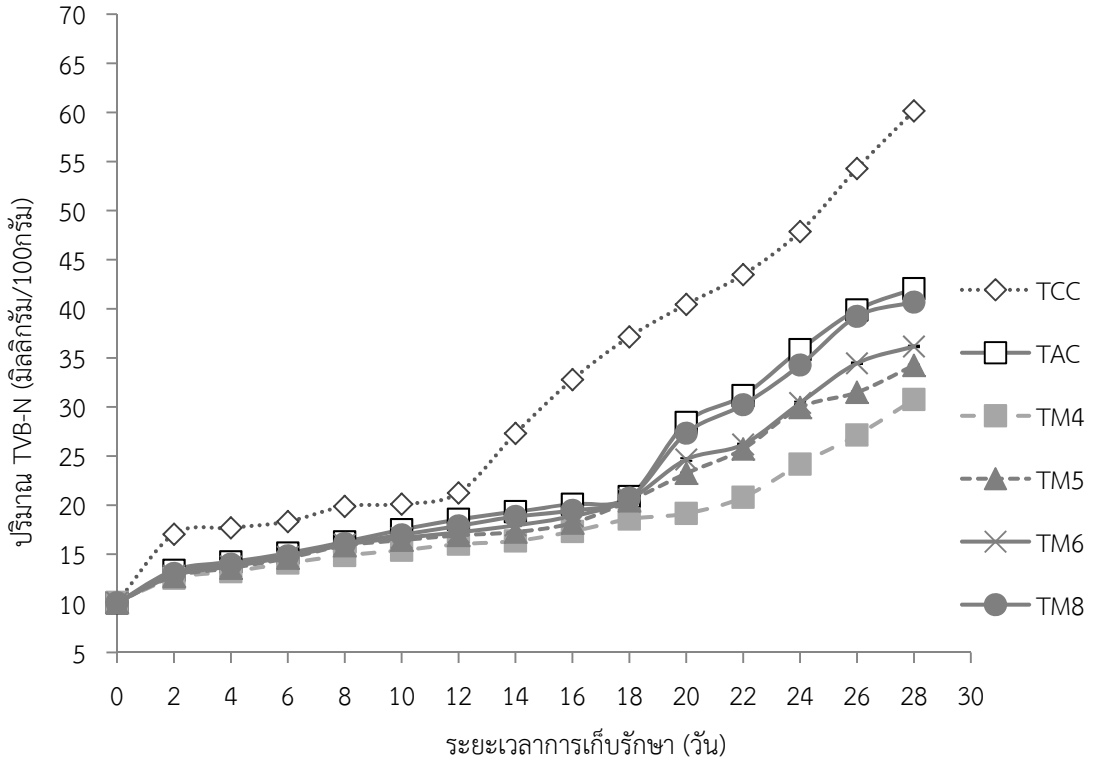
TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

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

เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 10.05 – 10.11 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา และเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 28) ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TCC เท่ากับ 60.16 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TAC เท่ากับ 42.04 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีค่าเท่ากับ 30.76, 34.23, 36.16 และ 40.68 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) มีปริมาณ TVB-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TAC) เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM8, TM6 และ TM5 ตามลำดับ ขณะที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุด 30.76 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง

ปริมาณ TVB-N นั้นเป็นค่าที่สามารถบอกถึงอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแปรรูปได้ เมื่อพิจารณาให้ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 20 mg N/100g (Okpala et al., 2014) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าดังกล่าวพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 22 วัน ในขณะที่ TM5, TM6 และ TM8 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 18 วัน ส่วน TAC มีอายุการเก็บรักษา 16 วัน และ TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 10 วัน



ภาพที่ 4 - 3 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

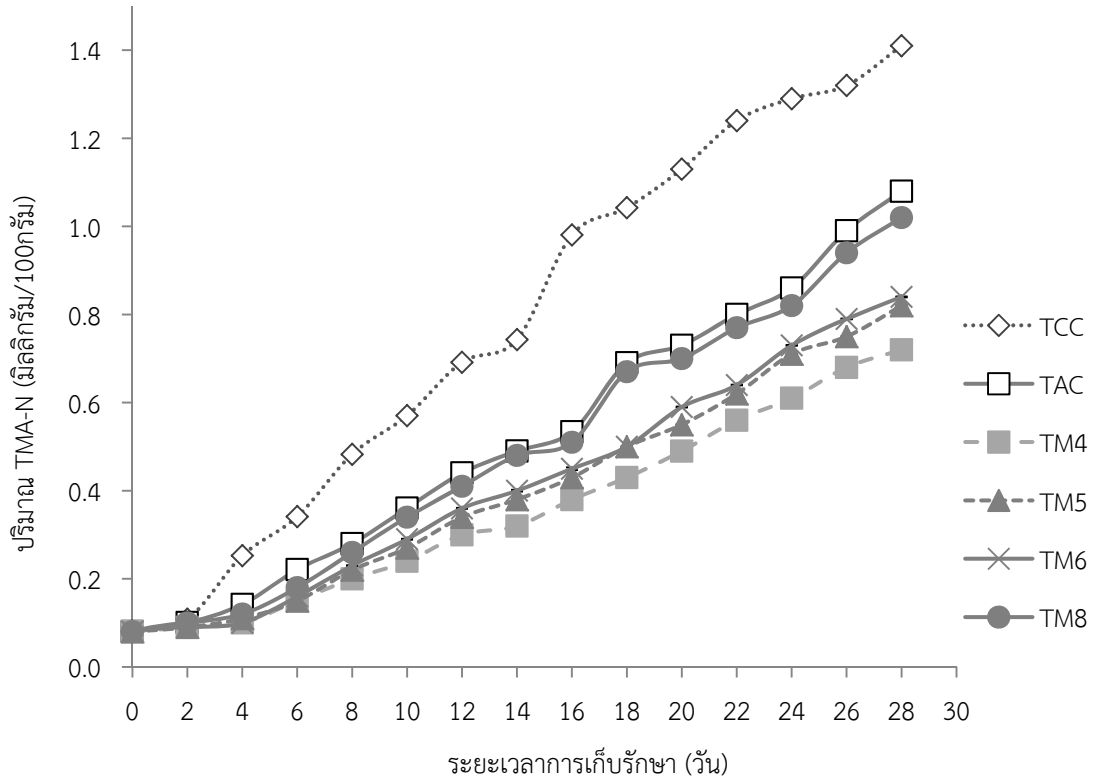
TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

1.4 ปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA-N)

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีปริมาณ TMA-N เท่ากับ 0.08 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) โดยวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TCC เท่ากับ 1.41 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TAC เท่ากับ 1.08 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ TM8, TM6, TM5 และ T4 มีค่าเท่ากับ 1.02, 0.84, 0.82 และ 0.72 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) มีปริมาณ TMA-N สูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TAC) เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM8, TM6 และ TM5 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4 มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุด คือ 0.72 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง



ภาพที่ 4 - 4 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

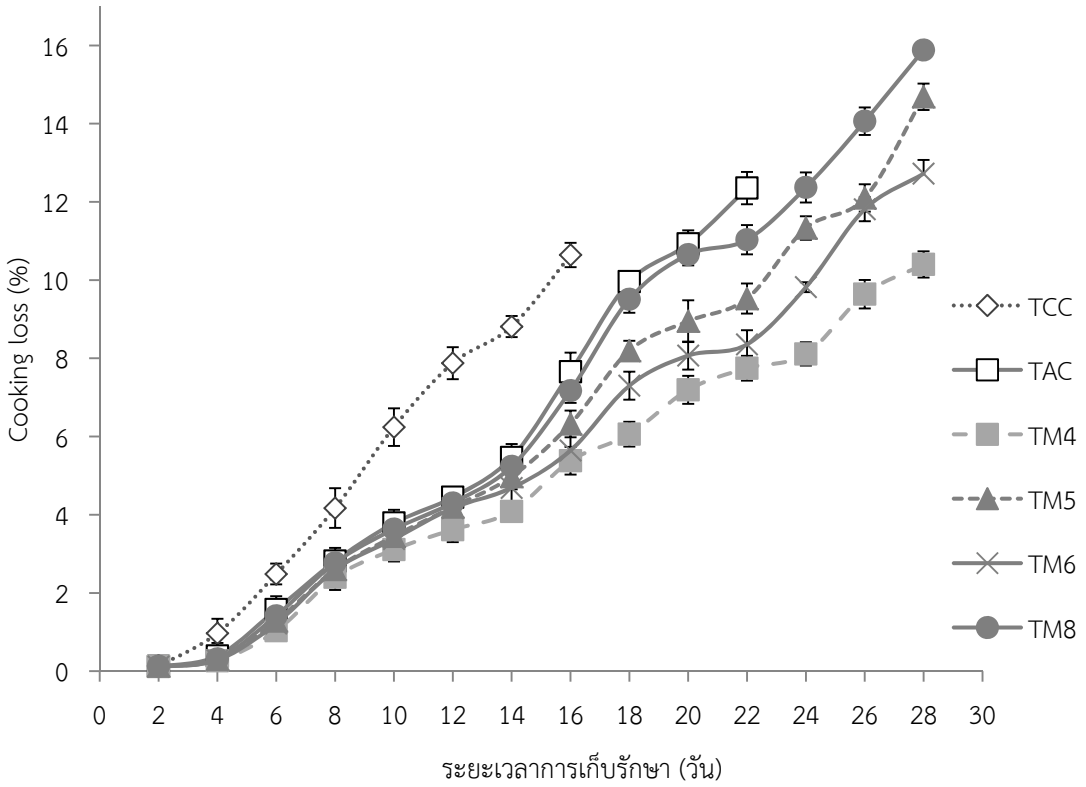
TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

2. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองที่ใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) มีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 0.12 – 0.14 % จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยในวันที่ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) และวันที่ 22 ซึ่งเป็นเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TAC) มีการสูญเสียน้ำหนัก 10.64% และ 12.35% ตามลำดับ ขณะที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM4, TM6, TM5 และ TM8 มีการสูญเสียน้ำหนัก 10.40%, 12.72%, 14.69% และ 15.88% ตามลำดับ ในวันที่28 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4 – 5 จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ TM4, TM6, TM5 และ TM8 มีค่าสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า TCC และ TAC ทั้งยังพบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TM4 มีค่าน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ดังนั้น TM4 จึงเป็นอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมที่สุดในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน



ภาพที่ 4 - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

3. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

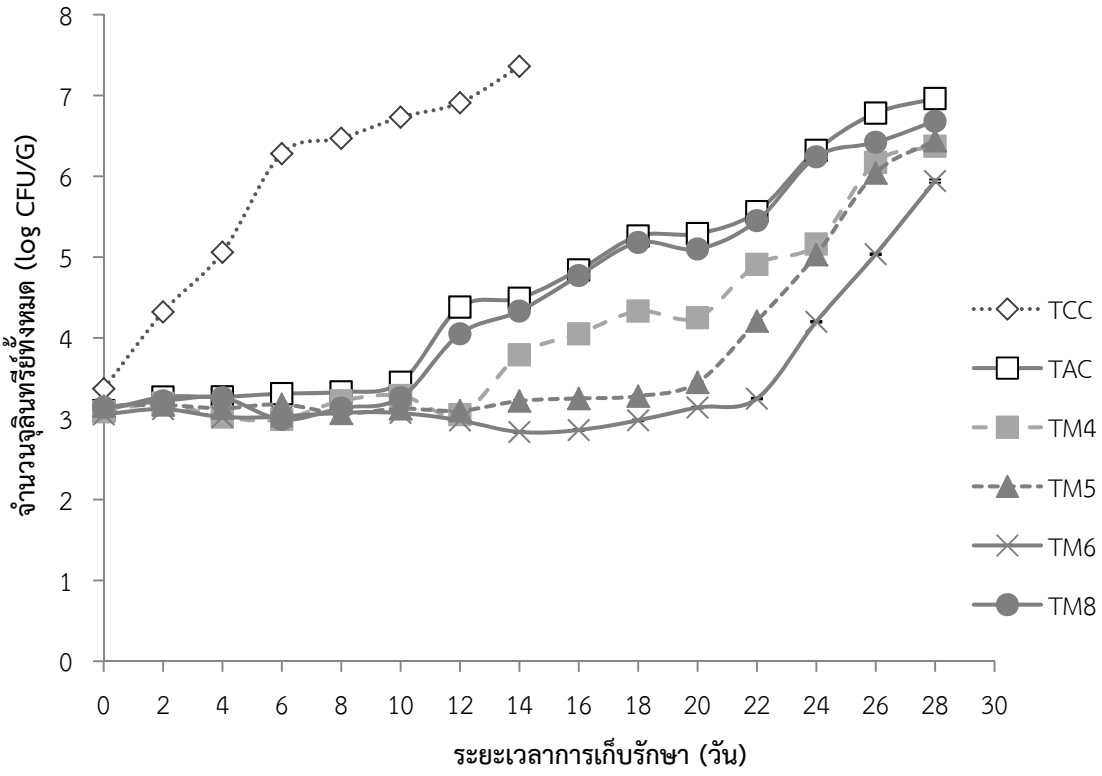
3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC)

ในวันแรกของการเก็บรักษา เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่าง 3.05-3.37 log CFU/g จากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 6) โดยในวันที่ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง TCC มีจำนวนจุลินทรีย์ 7.36 log CFU/g ขณะที่วันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองอื่นๆนั้น TAC ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.96 log CFU/g ส่วน TM4, TM5, TM6 และ TM8 คือ 6.37, 6.44, 5.94 และ 6.68 log CFU/g ตามลำดับ

กองควบคุมอาหาร (2552) มีการกำหนดมาตรฐานให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6.0 log CFU/g ซึ่งเมื่อนำผลการทดลองในครั้งนี้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานดังกล่าว พบว่า ตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ TM6 สามารถเก็บได้นาน 28 วัน รองลงมาได้แก่ TM4 และ TM5 เก็บได้นานเท่ากันคือ 26 วัน ส่วน TM8 และ TAC สามารถเก็บได้นาน 24 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม TCC เก็บได้เพียง 6 วัน

3.2 จุลินทรีย์ชนิดโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

เมื่อตรวจสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ของตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ไม่พบจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด



ภาพที่ 4 - 6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

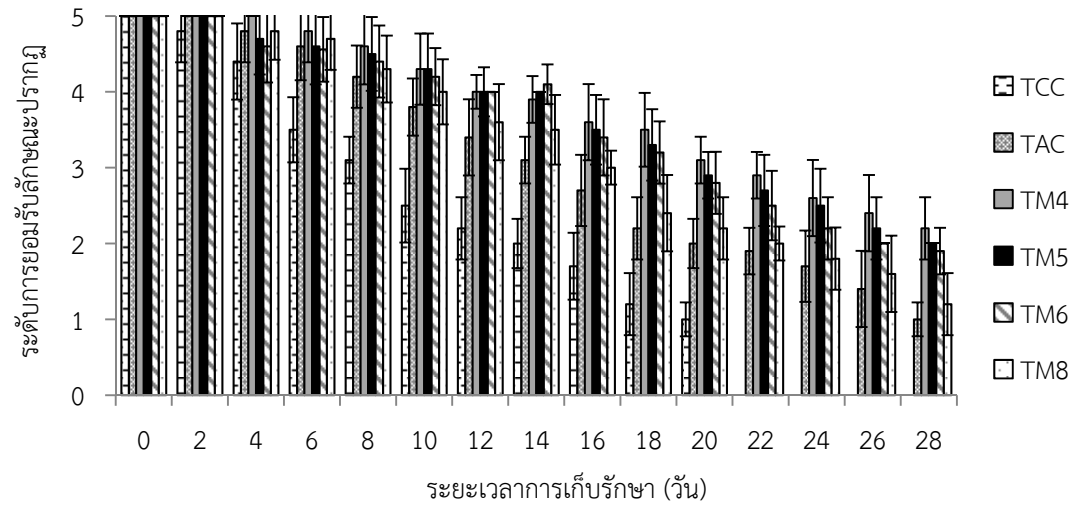
4. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

เมื่อผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ผ่านการฝึกและมีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อหอยแมลงภู่สุกให้คะแนนในแบบประเมินที่ได้จากการกำหนดเกณฑ์การทดสอบตั้งแต่ต้น โดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ผลการทดลอง คือ

4.1 ลักษณะปรากฏ

คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจากผู้ทดสอบ 20 คน มีการยอมรับลักษณะปรากฏของในระดับ 5 คะแนน ในวันที่ 0 และ 2 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกเนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาชัดเจน และคงรูปร่างตามธรรมชาติและเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 7) โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกเนื้อไม่เป็นมันเงาและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติชัดเจน เช่นเพศผู้ มีสีขาวอมเขียว/เทา/น้ำตาลจางๆ และเพศเมีย มีสีส้มจางลงแต่มีสีส้มอมน้ำตาล/เขียว/เทา ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 นั่นเอง

การบรรจุเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏได้ดีกว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TAC รวมทั้งการไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC โดยผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TM4, TM5, TM6 และ TM8 สูงกว่า TAC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ TM4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงกว่า TM5, TM6 และ TM8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน



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

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

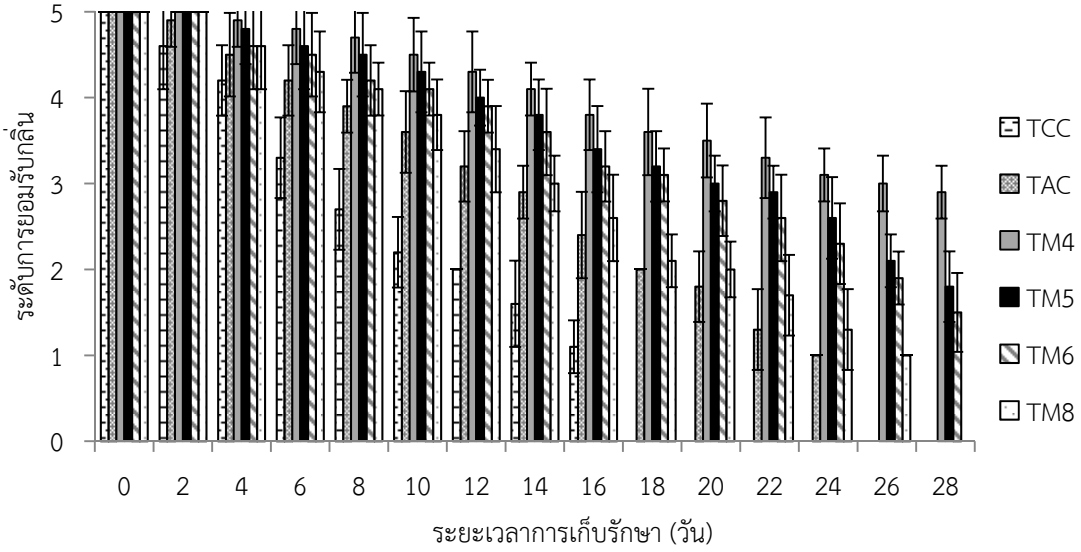
TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

4.2 กลิ่น

คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีระดับการยอมรับกลิ่นอยู่ที่ 5 คะแนน โดยมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจนและเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ โดยความเข้มของของกลิ่นชัดเจน เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 ตามแบบทดสอบ ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 8) ในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8)

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TAC และการไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC ซึ่งคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นสำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีคะแนนสูงกว่า TAC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ TM4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับกลิ่นสูงกว่า TM5, TM6 และ TM8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน



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

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

4.3 เนื้อสัมผัส

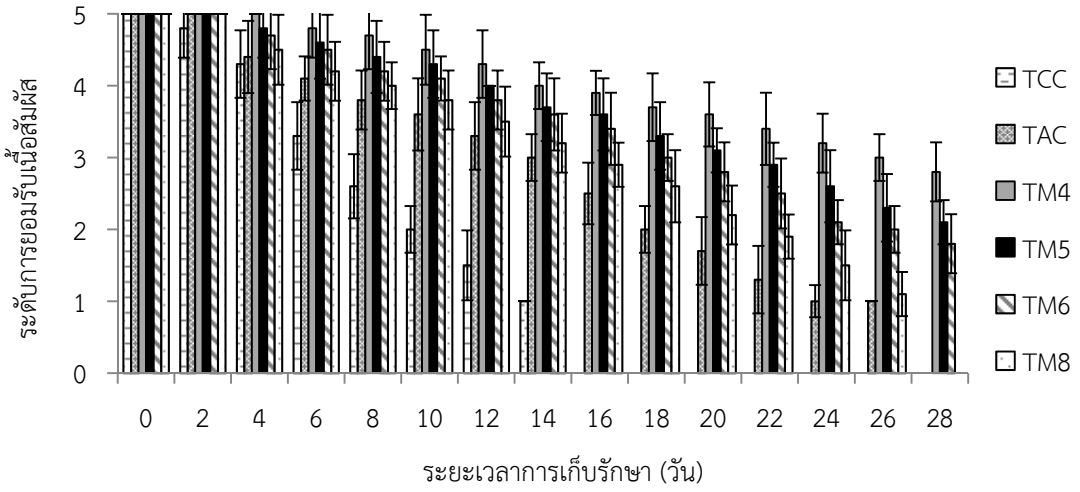
คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส 5 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีความยืดหยุ่นดีมาก มีความชุ่มน้ำมาก และเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตาระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 9) เนื่องจากเนื้อสัมผัส นิ่มเละรวมทั้งมีความเป็นเมือก

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TAC และการไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC โดยคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีคะแนนสูงกว่า TAC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ TM4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูงกว่า TM5, TM6 และ TM8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน

4.4 รสชาติ

คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจากผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับรสชาติที่ 5 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยชัดเจนและเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 10) ในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว หรือเฝื่อนที่รุนแรงซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติช้ากว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TAC รวมทั้งการไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC โดยคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของตัวอย่างในชุดการทดลอง TM4, TM5, TM6 และ TM8 มีคะแนนสูงกว่า TAC และ TCC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ TM4 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับรสชาติสูงกว่า TM5, TM6 และ TM8 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน



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

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

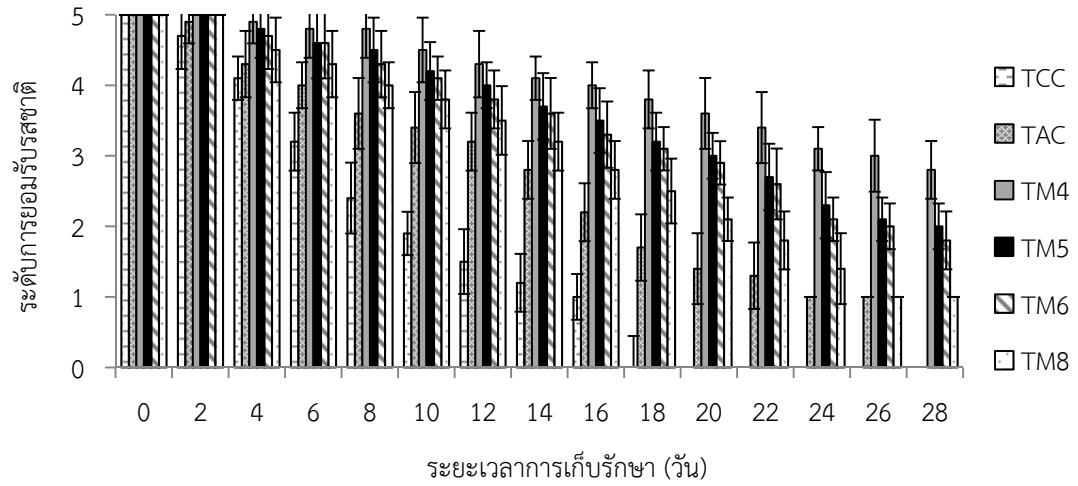
TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2



ภาพที่ 4 - 10 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และ TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในที่ใช้การบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ทุกชุดการทดลองนั้นมีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เช่น Amine, Trimethylamine oxide (TMAO) และ Ammonia เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยเมลงภู่ต้มมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Chiou and Huang (2004) ที่พบว่าปูทะเล (*Scylla serrata*) และ Khan *et al*. (2005) ใน Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) รวมทั้ง Vongsawasdi *et al*. (2011) ที่พบว่าหอยลาย (*Paphia undulata*) และ Siripatrawan *et al*. (2009) หอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) นั้นต่างก็มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ซึ่งยังคงมีค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 20 วัน เนื่องจากการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยชาเขียวที่มีสารคาเทชินมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และวิตามินซีที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้เช่นกัน ร่วมกับการบรรจุในสภาวะการปรับสภาพบรรยากาศที่มีการปรับสัดส่วนและปริมาณก๊าซให้แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ CO_2 ที่สามารถละลายในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อหอยเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งทำให้ความเป็นกรดด่างลดต่ำลงและยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้ รวมทั้งอาจทำให้เกิดภาวะไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงทำให้เกิด

การเน่าเสียช้าลง ทั้งนี้การใช้ก๊าซ CO_2 ที่มากเกินไปอาจส่งผลให้มีปริมาณกรดคาร์บอนิกอยู่มาก ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดเจริญได้ อีกทั้งความเป็นกรดด่างที่ต่ำลงดังกล่าวมีผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนบางส่วนทำให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้น ดังนั้น TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) จึงมีปริมาณก๊าซที่เหมาะสมต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ibrahim *et al*. (2008) นั้นมีการใช้อัตราส่วนก๊าซในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ คือ 35% CO_2: 5% O_2: 60% N_2 โดยปลากระบอกรมควัน (*Mugil cephalus*) ที่บรรจุในอัตราส่วนก๊าซดังกล่าวมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ และ วิชชญา นะราแก้ว (2548) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinine*) โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่ใช้การปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2: 30% N_2 มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอุณหภูมิ 2 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 13 วัน

1.2 ปริมาณความชื้น

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ ทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และ TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ทุกชุดการทดลองนั้นมีปริมาณความชื้นลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่สุก ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการจับกับน้ำและสารอาหารอื่นๆ ทำให้เกิดการปลดปล่อยน้ำออกจากโมเลกุลเกิดเป็นน้ำอิสระมากขึ้น (กนกอร อินทราพิเชษฐ์, 2538) และซึมออกมาทำให้ปริมาณความชื้นที่เหลือภายในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่วัดได้มีค่าลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Khan *et al*. (2005) ที่แสดงให้เห็นว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่นานขึ้นเช่นกัน ส่วน Rohani *et al*. (2008) นั้นพบว่าปริมาณความชื้นของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นด้วย

ส่วนการที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีปริมาณความชื้นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ซึ่งยังคงมีปริมาณความชื้นมากกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 20 วัน เนื่องจากก๊าซ

CO_2 ที่ใช้ในการปรับสภาพบรรยากาศในปริมาณสูงนั้นมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อส่วนที่เป็นโปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่สุกลดลง จึงเกิดการเยิ้มน้ำออกจากเนื้อหอย ทำให้ปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในเนื้อหอยลดลง ซึ่งการปรับสภาพปรับบรรยากาศที่มีการใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 สูงเกินไปดังเช่นใน TM5, TM6 และ TM8 นั้น ยิ่งทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลง อีกทั้งการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ผสมชาเขียวและวิตามินซี ซึ่งชาเขียวมีสารประกอบคาเทชินที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนได้ รวมทั้งคาเทชินยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้น และวิตามินซีที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้เช่นกัน ทำให้การเติมสารทั้ง 2 ชนิดมีผลไปชะลอการเน่าเสียดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำโปรตีนในเนื้อหอยยังคงมีอยู่ จึงทำให้เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 มีปริมาณความชื้นมากที่สุด ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen and Youling (2008) ที่นำชิ้นส่วนหางกุ้งก้ามแดง (*Cherax quadricarinatus*) มาบรรจุในสภาพปรับบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศช่วยลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกุ้งจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ อีกทั้ง Young *et al*. (2014) พบว่ากุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) สุกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2 มีค่าความยืดหยุ่น (Elasticity) สูงกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ ซึ่งความยืดหยุ่นที่มากนั้นเกิดจากคุณสมบัติของโปรตีนเรื่องความสามารถในการอุ้มน้ำยังคงดีอยู่ น้ำไม่ถูกปลดปล่อยออกจากโมลเลกุลมากซึ่งหมายถึงความชื้นที่ออกมาจึงมีไม่มากเช่นกัน นอกจากนี้ Day (2001) และ Hutton (2003) ยังแนะนำว่าหากต้องการชะลอการเน่าเสียของหอยและปลาที่มีไขมันต่ำ ควรใช้การบรรจุแบบปรับบรรยากาศอัตราส่วนก๊าซ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

1.3 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และ TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื่องจากเกิดการเน่าเสียเพิ่มมากขึ้นโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนั้นไปย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนแล้วได้เป็นสารประกอบในกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Manousaridis *et al*. (2005) ที่พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซน ส่วน Mace *et al.* (2014) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในกุ้งขาว

(*L. vannamei*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศและบรรยากาศปกติ ที่ต่างพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นตัวอย่างมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นเช่นกัน

ผลการทดลองครั้งนี้เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับแต่ยังคงมีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดสูงกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 20 วัน เนื่องจากการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน คือ ชาเขียวและวิตามินซีนั้น ทั้งคาเทชินในชาเขียวและความเป็นกรดของวิตามินซีช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้การเปลี่ยนแปลงโปรตีนไปเป็นสารประกอบ TVB-N เกิดได้น้อยลงตามไปด้วย รวมทั้งชาเขียวและวิตามินซียังช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งผลลัพธ์ของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นนั้นนอกจากจะทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีมากในเนื้อหอยแมลงภู่รวมทั้งยังทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกแล้ว ยังเกิดสารประกอบดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ ที่สามารถไปกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนได้อีกทางหนึ่ง และเมื่อร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีการใช้ก๊าซ CO_2 ในปริมาณมากกว่าบรรยากาศปกติซึ่งมีผลไปชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศทำให้จุลินทรีย์เจริญช้าลง การสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยโปรตีนแล้วได้เป็น TVB-N จึงลดลงตามไปด้วย แต่หากมีปริมาณก๊าซ CO_2 ไม่เหมาะสมหรือมากเกินไปกลับส่งผลในทางตรงกันข้าม โดยเกิดภาวะความเป็นกรดในเนื้อของหอยแมลงภู่สุกเนื่องจากก๊าซ CO_2 สามารถละลายในน้ำที่อยู่ในเนื้อหอยแล้วเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ชอบกรดเกิดการเจริญได้ดีขึ้นและสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนแล้วได้เป็น TVB-N มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ชุดการทดลอง TM4 ที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 พอเหมาะ มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Goulas and Kontominas (2007) ที่พบว่าปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ทำเค็มร่วมกับใช้น้ำมันหอมระเหยออริกาโนและการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ CO_2 40%: O_2 30%: N_2 30% มีปริมาณ TVB - N น้อยที่สุด รวมทั้ง Sükriye *et al*. (2007) พบว่า เนื้อปลาเทราท์แล่ (*Oncorynchus mykiss*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 มีปริมาณ TVB - N น้อยกว่าการบรรจุที่การปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ รวมทั้งชุดการทดลองควบคุม เช่นเดียวกับ Lu (2009) พบว่าการบรรจุกุ้ง (*Litopenaeus vannamei*) ที่ผ่านการเติมสารต้านแบคทีเรียด้วยการปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 มีปริมาณ TVB - N น้อยที่สุด เช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (Okpala *et al*., 2014) ดังนั้น เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ TM4 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 22 วัน ในขณะที่ TM5, TM6 และ TM8 มีอายุการเก็บรักษาที่ใกล้เคียงกัน คือ 18 วัน รองลงมาคือ TAC มีอายุการเก็บรักษา 16 วัน ส่วน TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 10 วัน

1.4 ปริมาณไตรเมธิลามีน

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และ TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณไตรเมธิลามีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เพราะแบคทีเรียใช้สารอาหารต่างๆ ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกในการเจริญด้วยการสร้างเอนไซม์ชนิดต่างๆ รวมทั้งเอนไซม์ Trimethyamine oxidase ที่ทำให้สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่สุก เช่น TMAO เปลี่ยนเป็น TMA-N ทำให้ปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ Erkan (2005) ที่พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่นานขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Qian *et al*. (2014) ที่ศึกษาปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดจากจุลินทรีย์ในกุ้งขาว (*L. vannamei*) บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ และ Rey *et al*. (2012) ที่พบว่า ปลา Hake (*Merluccius merluccius*) ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา Angler (*Lophius piscatorius*) ที่ใช้ในน้ำแข็งที่ผสมวิตามินซีและกรดซิตริก ที่ปริมาณ TMA-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับแต่ยังคงมีปริมาณไตรเมธิลามีนสูงกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีปริมาณ TMA-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 20 วัน เนื่องจากก๊าซ CO_2 ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Facultative bacteria) ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยน TMA-O ไปเป็น TMA-N ได้ รวมทั้งก๊าซ CO_2 เพิ่มความเป็นกรดซึ่งอาจทำให้เอนไซม์ Trimethylamine oxidase ทำงานได้ช้าลง จึงช่วยชะลอการเพิ่มปริมาณของ TMA-N ได้ แต่ในขณะเดียวกันก๊าซ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ที่มากเกินไปดังชุดการทดลอง

TM5, TM6 และ TM8 ส่งผลให้เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีปริมาณกรดคาร์บอนิกสะสมเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถเจริญในสภาวะกรดเจริญได้ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อหอยแมลงภู่สุกเกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้น ทำให้ปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นชุดการทดลอง TM4 ซึ่งมีก๊าซ CO_2 พอเหมาะจึงมีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ประกอบกับการเนื้อหอยแมลงภู่สุกถูกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน คือ วิตามินซีและชาเขียว ซึ่งวิตามินซีสามารถถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจน ได้เป็น Dehydroascorbic acid และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้ปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ของการเกิดออกซิเดชั่นที่จะเกิดขึ้นหยุดชะงักลงและยังยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีอีกด้วย และคาเทชินในชาเขียวที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทำให้การเกิดปริมาณ TMA-N น้อยลง ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Vongsawasdi *et al*. (2011) พบว่า หอยลาย (*Paphia undulata*) ก่อนปรุงสุกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ TMA-N น้อยกว่าหอยลายที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศปกติ และ Goulas and Kontominas (2007) พบว่าปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ทำเค็มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแล้วนำมาบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 มีปริมาณ TMA - N ต่ำที่สุด ส่วน Ibrahim *et al*. (2008) นั้นใช้การปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนก๊าซใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ คือบรรจุปลากระบอกรมควัน (*Mugil cephalus*) ที่ 35% CO_2: 5% O_2: 60% N_2 มีปริมาณ TMA - N น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ±1 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

2. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

2.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอย (% Cooking loss)

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และ TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์รวมทั้งการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีน ที่โดยปกติมีความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำในระดับหนึ่งซึ่งทำให้เมื่อเคี้ยวเนื้อสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีสามารถรู้สึกได้ถึงความยืดหยุ่นไม่นิ่มเละ เมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลงจึงสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำมากตามไปด้วย ทำให้น้ำถูกปลดปล่อยออกมาการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่จึงเกิดได้มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cyprian *et al*. (2013) ที่พบว่าเนื้อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เก็บภายใต้

บรรยากาศปกติและการปรับสภาพบรรยากาศมีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่เนื้อปลาที่มีการปรับสภาพบรรยากาศมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าบรรยากาศปกติ ส่วน นิชนันท์ เธียรพัฒนะวงศ์ (2551) ศึกษาอายุการเก็บของหอยแครง *(Anadara granosa)* ลวก พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น หอยแครงลวกมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และงานวิจัยของ Shi *et al*. (2014) พบว่าเนื้อปลา Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเช่นกัน

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ TM6 (60% CO_2 : 20% N_2 : 20% N_2), TM5 (50% CO_2 : 50% O_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับและมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยต่ำกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 20 วัน เนื่องจากการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนได้ อีกทั้งคาเทชินในชาเขียวยังช่วยชะลออการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้น ดังนั้นความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนจึงยังคงมีอยู่ การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกจึงน้อยลง (Jo *et al*., 2003; Chidanandaiah *et al*., 2009) และเมื่อร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมโดยมีปริมาณก๊าซ CO_2 ไม่มากเกินไป เนื่องจากจะยิ่งส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนมากขึ้นเพราะมีความเป็นกรดเนื่องจากเกิดการละลายของก๊าซ CO_2 ได้เป็นกรดคาร์บอนิกที่สูงมากขึ้นตามปริมาณก๊าซ CO_2 แต่หากใช้การปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ด้วยปริมาณก๊าซ CO_2 พอเหมาะ ดังเช่นชุดการทดลองที่ TM4 การเกิดภาวะความเป็นกรดไม่สูงและสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic microorganism) ได้ จึงทำให้เป็นการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น เช่นเดียวกับการทดลองของ Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยวิตามินซีและปลาที่เคลือบชาเขียวมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิด และ Choubert and Baccaunaud (2006) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss* W.) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่ชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ

3. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลองที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และ TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน) และเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM4, TM5, TM6 และ TM8 ทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่หลังผ่านการต้มเริ่มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายในบรรจุภัณฑ์และมีการใช้สารอาหารต่างๆ ที่มีในเนื้อหอยแมลงภู่สุกสำหรับการเจริญ โดยสร้างเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงเกิดการเจริญและแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cyprian *et al*. (2013) ที่พบว่าเนื้อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เก็บภายใต้บรรยากาศปกติและการปรับสภาพบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ดีกว่าบรรยากาศปกติ และ Manousaridis *et al*. (2005) ตรวจพบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซนมีจำนวนจุลินทรีย์สูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาโดยจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียในหอยส่วนใหญ่ได้แก่ *Pseudomonas* spp., H_2S-producing bacteria, Lactic acid bacteria, *Enterobacter*, *Serratia* และ *Flavobacterium* (Gram and Huss, 1996)

อีกทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2) และ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 28 วัน เนื่องจากมีการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศทำให้ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้โดย สารกันหืนที่ใช้คือวิตามินซีที่สามารถจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ Lipopolysaccharide (LPS) บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์สูญเสียไปแล้วเกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาจุลินทรีย์จึงตายลง (Jeon *et al*., 2002) ส่วนสารกันหืนอีกชนิดที่ใช้คือชาเขียวซึ่งนอกจากจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อหอยแมลงภู่แล้วยังสามารถ

ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย (Fan *et al*., 2008) และที่สำคัญเมื่อมีการปรับสภาพบรรยากาศระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งก๊าซ CO_2 ที่ใช้นั้นมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ และมีการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดไม่สามารถเจริญได้จำนวนจุลินทรีย์จึงลดลงเนื่องจากกรดคาร์บอกนิกซึมผ่านผนังเซลล์แบคทีเรียทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดของ cytosol ในเซลล์แบคทีเรีย (Sears and Eisenberg, 1961; Wolfe, 1980) แต่หากในบรรจุภัณฑ์มีก๊าซ CO_2 มากถึง 80% ดังเช่นในชุดการทดลองที่ TM8 นั้น การเกิดกรดคาร์บอนิกสูงอาจทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ชอบความเป็นกรดด่างต่ำๆ เจริญได้ดีขึ้นและยิ่งเกิดการสลายตัวของโปรตีนได้ดีเนื่องจากที่ภาวะความเป็นกรดอาจทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพบางส่วนได้ ส่วนชุดการทดลองที่ TM4 และ TM5 ที่มีก๊าซ CO_2 40 – 50% ซึ่งน้อยกว่าชุดการทดลองที่ TM6 นั้นอาจทำให้ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศมีน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นใช้ก๊าซ CO_2 ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน คือชุดการทดลองที่ TM6 จึงมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Benjakul *et al*. (2011) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบที่ใช้และไม่ใช้สารสกัดชาเขียวร่วมกับการใช้และไม่ใช้กรดแอสคอร์บิค พบว่าจำนวนแบคทีเรียทนความเย็น (Psychrotrophic bacteria), Enterobacteriaceae และแบคทีเรียที่สร้างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (H_2S-producing bacteria) น้อยกว่ากุ้งที่บรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhu *et al*. (2016) ที่พบว่าเนื้อปลา *Clarias gariepinus* ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2: 40% N_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งกลุ่ม Mesophillic และ Psychrophilic bacteria น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน และการศึกษาของ Parlapani *et al*. (2014) พบว่าเนื้อปลา Gilthead sea bream (*Sparus aurata*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2: 10% O_2 : 30% N_2 มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

หากพิจารณาจากมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกนั้นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม พบว่า TM6 ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุดทำให้เก็บได้นานถึง 28 วัน ส่วน TM5 และ TM4 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 26 วัน รองลงมาได้แก่ TM8 และ TAC ซึ่งเก็บได้นาน 24 วันเท่ากัน ในขณะที่ TCC มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน

3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องจากอุณหภูมิในการต้มหอยคือ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีผลทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพบางส่วนเพราะโปรตีนและเอนไซม์เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์ โดยปกติแล้ว *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีช่วงอุณหภูมิในการเจริญอยู่ที่ 4 - 60 องศาเซลเซียส (ศูนย์ข้อมูลโรคติดเชื้อและพาหะนำโรค, 2544) อีกทั้งในจุลินทรีย์บางส่วนที่อาจเหลืออยู่นั้นเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากชาเขียวและวิตามินซีซึ่งเป็นสารกันหืนที่ใช้เคลือบรวมทั้งสภาพบบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ O_2 ในปริมาณน้อยเพราะถูกแทนที่ด้วยก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในการทดลองนี้ยังช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดได้

หากพิจารณาจากเกณฑ์อาหารทะเลปรุงสุกที่มีความปลอดภัยจากอันตรายของจุลินทรีย์ชนิด *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียนั้น Food Safety Authority of Ireland (2001) กำหนดให้ตรวจพบ *E. coli* และโคลิฟอร์ม ไม่เกิน log 2 CFU/กรัม (10^2 cfu/กรัม) พบว่า เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีความปลอดภัยจากอันตรายของจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งหากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากเกินไปทำให้มีอาการ ท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น โดยเฉลี่ยอาการจะแสดงภายในเวลา 24 ชั่วโมง (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

4. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดคือ 5 คะแนน เนื้อสีขาวอมเหลืองหรือสีส้มตามธรรมชาติของเพศและสายพันธุ์ เนื้อเป็นมันเงาชัดเจน และคงรูปร่างตามธรรมชาติโดยเนื้อไม่ฉีกขาด และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการลดลงของระดับการยอมรับลักษณะปรากฏเกิดจากเนื้อหอยไม่เป็นมันเงาและด้าน อีกทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกในบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติชัดเจนและมีเมือกลื่น เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจากการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ภายในเนื้อหอยแมลงภู่สุกแล้วนำสารอาหารต่างๆ เหล่านั้นมาใช้ในการเจริญทำให้โปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่สุกเกิดการเสื่อมสภาพรงควัตถุให้สีที่จับอยู่กับโปรตีนในลักษณะของ matrix ถูกปลดปล่อยและเกิดการเสื่อมสภาพเช่นกัน รวมทั้งความสามารถในการจับน้ำของ

โปรตีนที่เสื่อมสภาพนั้นมีน้อยลงจึงเกิดการปลดปล่อยน้ำออกมาและความมันเงาที่เกิดจากที่เกิดจากแคปซูลของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2554) ที่สังเกตได้ในลักษณะการเกิดเมือกขึ้นนั้นมองเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่อเกิดการเน่าเสียเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของสวามินี ธีระวุฒิ อัครพล นางแล และราตรี คำหอม (2557) ที่พบว่าหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมซอร์เบตและโซเดียมแล็กเตตที่ความเข้มข้นต่างกันนั้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Ranjith *et al*. (2013) พบว่าการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบโดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศสามารถเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวได้นานกว่าการเก็บภายใต้บรรยากาศปกติ โดยการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกุ้งขาวมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 10 วัน

ผลการทดลองยังพบว่าชุดการทดลองที่มีการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ที่มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 28 วัน เนื่องจากอัตราส่วนก๊าซในบรรจุภัณฑ์แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติโดยมีการใช้ก๊าซ CO_2 40 – 80% ทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ต้องการก๊าซ O_2 (Aerobic bacteria) ไปใช้ในการเจริญนั้นชะลอการเจริญลง การสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารอาหารและโครงสร้างต่างๆ รวมทั้งการย่อยสลายโปรตีนเกิดน้อยลงตามไปด้วย โปรตีนจึงยังคงมีความสามารถในการอุ้มน้ำและจับกับรงควัตถุได้ดีอยู่ อย่างไรก็ตามหากในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณ ก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมากทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกละลายในเนื้อหอยแมลงภู่มากขึ้น ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดไม่สามารถเจริญได้จำนวนจุลินทรีย์จึงลดลง เนื่องจากรดคาร์บอกนิกซึมผ่านผนังเซลล์แบคทีเรียทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดของ cytosol ในเซลล์แบคทีเรีย (Sears and Eisenberg, 1961; Wolfe, 1980) และความเป็นกรดที่เกิดขึ้นอาจส่งผลให้โปรตีนบางส่วนเสื่อมสภาพเนื่องจากภาวะความเป็นกรดดังกล่าว รวมทั้งอาจทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ชอบเจริญในที่มีความเป็นกรดด่างต่ำๆ เจริญได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการเร่งให้กระบวนการเน่าเสียจากจุลินทรีย์เกิดเร็วขึ้น ดังนั้นสำหรับการทดลองในครั้งนี้ การบรรจุบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศดังชุดการทดลองที่ TM4 จึงมีความเหมาะสมในการรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน สอดคล้องกับการวิจัยของวิชชญา นะราแก้ว (2548) ที่พบว่าการเก็บรักษาหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinine*) โดยการบรรจุแบบ

ปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2: 30% N_2 มีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏด้านสีมากกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 13 วัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้ปริมาณก๊าซในอัตราส่วนใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ Nirmal and Benjakul (2011) ได้พบว่าเมื่อนำชาเขียวและกรดแอสคอร์บิกมาเคลือบบนตัวกุ้งขาว (*L. vannamei*) ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50%CO_2 : 45%N_2 : 5%O_2 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น โดยผู้ทดสอบสามารถยอมรับคะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวดิบได้ถึงวันสุดท้ายที่เก็บรักษา

อีกทั้งในชุดการทดลองดังกล่าวมีการมีการใช้ชาเขียวและวิตามินซีเป็นสารกันหืนในการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุก ทำให้การเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดได้ช้าลงด้วย โดยเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นน้อยทำให้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากปฏิกิริยาดังกล่าวที่จะไปรวมตัวกับกรดอะมิโนอิสระแล้วทำให้เกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลนั้นเกิดน้อยลงไปด้วย (Pokorny, 1982)

4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุด คือ 5 คะแนน โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นลดลงนั้นเพราะผู้ทดสอบรับรู้ถึงการเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเกิดจากสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่าง ๆ เช่น TMA, แอมโมเนีย, เอมีน ที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากโปรตีนถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น อีกทั้งในเนื้อหอยแมลงภู่สุกนั้นมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) อยู่มากซึ่งเมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างออกซิเจนกับไขมันทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์, อัลดีไฮด์ และคีโตนชนิดต่างๆ ที่ให้กลิ่นและรสที่ไม่ดีมากยิ่งขึ้น ส่วนกลิ่นเหม็นเปรี้ยวนั้นอาจเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแล็คติกได้ (Francoise, 2010; ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nirmal and Benjakul (2011) พบว่ากุ้งขาวเคลือบชาเขียว และ Esaiassen *et al*. (2005) พบว่าเนื้อปลาคอดแช่ในวิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Masniyom *et al*. (2011) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในการรักษาคุณภาพหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*)

แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับกลิ่นของหอยแมลงภู่ดีที่สุดในวันแรก และมีการยอมรับลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อีกทั้งชุดการทดลองที่มีการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ที่มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 28 วัน เนื่องจากมีการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งคือชาเขียวที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ทำให้การสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนลดลง รวมทั้งยังมีผลในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วย ส่วนสารกันหืนอีกชนิดที่ใช้คือวิตามินซีนั้นมีคุณสมบัติในการเป็น Pro-oxidant ที่เข้าไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) และยิ่งร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีผลทำให้จุลินทรีย์ชะลอการสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายสารอาหารต่าง ๆ ในเนื้อหอยแมลงภู่สุก จุลินทรีย์จึงไม่สามารถนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญได้ และก๊าซ CO_2 ยังส่งผลให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์จึงช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกสูงกว่าชุดการทดลอง TAC ซึ่งมีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนเพียงอย่างเดียว แต่ในชุดการทดลอง TM5, TM6 และ TM8 นั้นมีปริมาณก๊าซ CO_2 สูงจึงทำให้เกิดการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำที่มีในเนื้อหอยเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกจึงเป็นสาเหตุทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ในภาวะความเป็นกรดเกิดการเจริญและสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนแล้วได้เป็นสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกน้อยกว่าชุดการทดลอง TM4 สอดคล้องกับการวิจัยของ Lu (2009) พบว่าการบรรจุ Chinese shrimp (*Feneropenaeus chinensis*) ที่ผ่านการเติมสารต้านแบคทีเรียด้วยการปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด รวมทั้งยังมีงานวิจัยที่ใช้อัตราส่วนก๊าซใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ เช่น Maneesin *et al.* (2013) ที่ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากกระเทียมและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (MA) ต่อคุณภาพของกุ้ง (*Litopenaeus vannamei*) แช่เย็น เก็บที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ ที่มีอัตราส่วนของก๊าซ 40% CO_2 : 60% N_2 ผู้ทดสอบสามารถยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งได้ถึงวันที่ 18 ของการเก็บรักษา ดังนั้นการใช้น้ำมันกระเทียมร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ O_2 ต่ำ มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของกุ้งได้ดีกว่าการใช้น้ำมัน

กระเทียมหรือการปรับสภาพบรรยากาศเพียงอย่างเดียว และงานวิจัยของ Fernandez *et al*. (2009) ที่ศึกษาเนื้อปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*)ร่วมกับการใช้วัตถุเจือปนอาหารและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่มีอัตราส่วนของก๊าซ 40% CO_2 : 60% N_2 ซึ่งผู้ทดสอบสามารถยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งได้ถึงวันที่ 27 ของการเก็บรักษา

4.3 รสชาติ

ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุดคือ 5 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยชัดเจน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นลดลงนั้นเพราะรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่จืดลงจนกระทั่งเกิดรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว หรือเฝื่อนที่รุนแรง ซึ่งรสชาติที่ผิดปกติเหล่านี้เกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่ด้วยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจนได้เป็นสารประกอบเอมีนชนิดต่าง ๆ โดยสารประกอบเอมีนนั้นเป็นสารที่ทำให้เกิดรสขมจนทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกถึงความเฝื่อนของรสชาติ ส่วนรสเปรี้ยวนั้นเกิดจากโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้รสชาติที่เคยหวานตามธรรมชาติของเนื้อหอยจากกรดอะมิโนอิสระชนิดต่างๆ ได้แก่กรดอะมิโนไกลซีนและอะลานีนที่เป็นกรดอะมิโนอิสระที่ให้รสหวาน และกรดกลูตามิกที่ให้รสอร่อยในเนื้อหอยแมลงภู่นั้นถูกทำลายไป และการย่อยสลายโปรตีนยังทำให้โครงสร้างโปรตีนถูกทำลายเกิดการปลดปล่อยกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติกที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวและกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีนที่ทำให้เกิดรสเฝื่อนได้มากขึ้น (Aristoy, *et al*., 2010; Fuentes *et al*., 2009) และอาจเกิดการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแล็คติกได้ทำให้ ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรสชาติลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Manousaridis *et al*. (2005) ที่พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซน อีกทั้งการศึกษาของ Kenar *et al*.(2010) ยืดอายุการเก็บรักษาปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) โดยการเคลือบด้วยน้ำมันโรสแมรี่ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่ต่างก็พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่มีการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสาร กันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ที่มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

28 วัน การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศนั้นมีการใช้ก๊าซ CO_2 ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Facultative bacteria) ทำให้โปรตีนถูกย่อยสลายช้าลงไม่เกิดการปลดปล่อยกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติกที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวและกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีนที่ทำให้เกิดรสเฝื่อน รวมทั้งกรดอะมิโนไกลซีนและอะลานีนที่ให้รสหวาน และกรดกลูตามิกที่ให้รสอร่อยในเนื้อหอยแมลงภู่นั้นถูกทำลายช้าลงด้วย แต่การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 มากเกินไปอาจทำให้เกิดการละลายเป็นกรดคาร์บอนิกที่ส่งเสริมให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ชอบสภาพความเป็นกรดเจริญได้ดี ดังนั้นการสร้างเอนไซม์จากจุลินทรีย์ดังกล่าวมาย่อยสลายโปรตีนจึงเกิดมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งมีผลต่อการเกิดรสชาติที่ผิดปกติในเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ ทำให้ชุดการทดลอง TM4 ซึ่งมีปริมาณก๊าซ CO_2 เหมาะสมมีการยอมรับรสชาติจากผู้ทดสอบสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับการวิจัยของ Lu (2009) พบว่าการบรรจุ Chinese shrimp (*Feneropenaeus chinensis*) ที่ผ่านการเติมสารต้านแบคทีเรียด้วยการปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เช่นกัน ส่วน Ibrahim *et al*. (2008) นั้นมีการใช้อัตราส่วนก๊าซในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ คือ 35% CO_2: 5% O_2: 60% N_2 โดยปลากระบอกรมควัน (*Mugil cephalus*) ที่ใช้การปรับสภาพบรรยากาศที่อัตราส่วนก๊าซดังกล่าวมีปริมาณ TBA น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยปริมาณ TBA ที่เกิดขึ้นน้อยนั้นแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาปฏิกิริยาออกซิเดชั่นน้อย เนื่องจาก TBA นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาดังกล่าวที่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติเกิดขึ้นในสัตว์น้ำได้

อีกทั้งยังมีการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารกันหืนทั้งวิตามินซีและชาเขียว โดยวิตามินซีสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ด้วยการจับกับอนุมูลเปอร์ออกซี่ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ ซึ่งหากปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนที่เป็นตัวกระตุ้นการย่อยสลายโปรตีนได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนั้นในชาเขียวยังมีสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่จับกับอนุมูลอิสระทำให้ไปหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ รวมทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลนทรีย์ได้อีกด้วย (Perumalla & Hettiarachchy, 2011; Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011)

4.4 เนื้อสัมผัส

การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือ 5 คะแนนในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เกิดจากการที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกมีความยืดหยุ่นดีมาก มีความชุ่มน้ำมาก แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของ

เนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, TM4, TM5, TM6 และ TM8) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเกิดจากมีความนิ่มเละ ไม่ยืดหยุ่น และเป็นเมือกซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีนทำให้การยืดหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากไมโอฟิบริลลาโปรตีนลดลง รวมทั้งเมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้เกิดการเสื่อมสภาพซึ่งเป็นผลให้ความสามารถของโปรตีนในการจับกับน้ำลดลง เกิดการปลดปล่อยน้ำออกจากโมเลกุลมากขึ้นความรู้สึกชุ่มน้ำในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผู้ทดสอบรู้สึกได้ในช่วงแรกของการเก็บรักษาจึงลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sriket *et al*. (2012) พบว่า กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Thainphatthanawong *et al*. (2008) ที่พบว่าหอยแครง (*Anadara granosa*) ลวกที่เก็บรักษาแบบปรับสภาพบรรยากาศนั้นผู้ทดสอบมีการยอมรับเนื้อสัมผัสของหอยแครงลวกเป็นอย่างดีในช่วงแรกของการเก็บรักษาและมีการยอมรับลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น

อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ที่มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 28 วัน เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีในสารกันหืนที่ใช้เคลือบคือชาเขียวและวิตามินซี โดยสารคาเทชินในชาเขียวไปทำลายไขมันในชั้น phospholipid bilayer ที่ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์จึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ส่วนวิตามินซีสามารถจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ Lipopolysaccharide (LPS) บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์สูญเสียไปแล้วเกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาจุลินทรีย์จึงตายลง (Jeon *et al*., 2002) อีกทั้งเมื่อนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนดังกล่าวข้างต้นมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ CO_2 ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่ม Aerobic bacteria ได้ รวมทั้งก๊าซ CO_2 ยังเกิดการละลายในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อหอยเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกทำให้ความเป็นกรดด่างลดต่ำลงส่งผลไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้ รวมทั้งอาจทำให้เกิดภาวะไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงทำให้เกิดการเน่าเสียช้าลง อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซ CO_2 ที่มากเกินไปส่งผลให้มีปริมาณกรดคาร์บอนิกอยู่มาก ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดเจริญได้ อีกทั้งภาวะดังกล่าวมีผลให้เกิดโปรตีนบางส่วนเกิดการเสื่อมสภาพทำให้การเน่าเสียเกิดเร็วขึ้น ดังนั้น TM4 (40% CO_2 :

30% O_2 : 30% N_2) จึงมีปริมาณก๊าซที่เหมาะสมต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ วิชชญา นะราแก้ว (2548) ที่พบว่าการปรับสภาพบรรยากาศที่ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinine*) ได้ดีที่สุดคือการปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2: 30% N_2 รวมทั้ง Lu (2009) พบว่าการบรรจุ Chinese shrimp (*Feneropenaeus chinensis*) ที่ผ่านการเติมสารต้านแบคทีเรียด้วยการปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดเช่นกัน และ Young *et al*. (2014) เมื่อนำกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) สุกมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2 จะทำให้เนื้อกุ้งมีค่าความยืดหยุ่น (Elasticity) สูงกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ ซึ่งความยืดหยุ่นที่มากนั้นเกิดจากคุณสมบัติของโปรตีนเรื่องความสามารถในการอุ้มน้ำยังคงดีอยู่ น้ำไม่ถูกปลดปล่อยออกจากโมลเลกุลมากซึ่งหมายถึงเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้อัตราส่วนก๊าซในการบรรจุแบบปรบสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมในการชะลอการเน่าเสียของหอยและปลาที่มีไขมันต่ำ ควรเป็น 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2 (Day, 2001; Hutton, 2003)

จากภาพรวมของคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ แสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 คุณลักษณะมากที่สุดเนื่องจากการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM4 มีการใช้ก๊าซ CO_2 ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Facultative bacteria) ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการย่อยสลายโปรตีนจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นถูกย่อยสลายช้าลง ซึ่งผลของการที่โปรตีนถูกย่อยสลายทำให้เกิดลักษณะการเน่าเสียทางประสาทสัมผัสที่ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ ไม่ว่าจะเป็นสีเนื้อหอยที่ผิดปกติ การเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนีย รสชาติจืดลงจนกระทั่งเกิดรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยวหรือเฝื่อน และเนื้อสัมผัสนิ่มเละ ไม่ยืดหยุ่น และเป็นเมือก ตามที่กล่าวข้างต้น แต่การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีประสิทธิภาพรองลงมา ได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณก๊าซ CO_2 ที่สูงเกินไปนั้นทำให้มีปริมาณกรดคาร์บอนิกที่เกิดจากก๊าซ CO_2 ละลายในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่อยู่มาก ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดเจริญได้ อีกทั้งภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นมีผลให้โปรตีนบางส่วนเกิดการเสื่อมสภาพทำให้การเน่าเสียเกิดเร็วขึ้น ส่วน TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) นั้นมีเพียงประสิทธิภาพของชาเขียวและวิตามินซีเท่านั้นในการชะลอการเน่าเสียทำให้ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าชุดการ

ทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ขณะที่ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 28 วัน

อย่างไรก็ตามปัจจัยเรื่องชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน สารเคมีและวิธีการในการชะลอการเสื่อมคุณภาพรวมถึงอัตราส่วนก๊าซที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ทำให้ได้ผลการวิจัยถึงอัตราส่วนก๊าซที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันออกไป เช่น Calliauw *et al.* (2016) พบว่าเนื้อกุ้ง Peeled brown shrimp (*Crangon crangon*) ที่บรรจุภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2: 60% N_2 ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เป็นอย่างดี ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน และ Hassoun and Karoui (2016) พบว่าเนื้อปลา Whiting (*Merlangius merlangus*) ที่เก็บรักษาภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% CO_2: 50% N_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TBARS, TVB-N และ pH) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะเนื้อสัมผัส) ส่วน Goulas and Kontominas (2007) พบว่าปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ทำเค็มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยออกริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 30% O_2: 30% N_2 ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TBARS, TVB-N และ TMA – N) ได้ดีที่สุด ขณะที่ Gong *et al*. (2008) พบว่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย) และคุณภาพทางกายภาพ (pH และการสูญเสียน้ำหนัก) รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะเนื้อสัมผัส) ของกุ้งนาง (*Cherax quadricarinatus*) ที่ทำให้สุกบางส่วนด้วยการจุ่มในน้ำเดือดนาน 2 นาที แล้วนำมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 80% CO_2: 10 % O_2 : 10% N_2 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดังกล่าวน้อยที่สุด ในขณะที่สวามินี ธีระวุฒิ, รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น และโสภาวดี เมืองฮาม (2557) พบว่าหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือก (*Saccostrea cucullata*) ที่แช่ในสารละลายผสม (โพแทสเซียมซอร์เบต 3% และโซเดียมแล็กเตต 2.5 %) ร่วมกับการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ควรใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 60% CO_2: 20% O_2: 20% N_2 เนื่องจากช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางจุลชีววิทยาได้

หากพิจารณาเพียงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน จากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะด้านอื่นๆ (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ที่ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน ประกอบกับการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของมนุษย์ที่มีความไวมากกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น จึงสามารถใช้บ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้เป็น

อย่างดี (Coban *et al*, 2012) นั้น แสดงให้เห็นว่า TM4 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 28 วัน รองลงมาได้แก่ TM5, TM6 และ TM8 ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 22, 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC เก็บได้นาน 14 วัน ในขณะที่ TCC มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกัน เมื่อพิจาณาจากคุณภาพทั้ง 4 ด้านที่กล่าวมานั้นพบว่า การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซีร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศสามารถช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ โดยการบรรจุเนื้อหอยแมลงภู่สุกแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนก๊าซตามชุดการทดลอง TM4 คือ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2 นั้นให้ผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสดีที่สุด แม้ว่าจะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ได้น้อยกว่า TM6 แต่ผู้ทดสอบให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติดีที่สุด ซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการผลิตอาหารเพื่อการบริโภค อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนนและคุณภาพทางจุลชีววิทยาซึ่งต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) พบว่าการยอมรับด้านประสาทสัมผัสถึงจุดสิ้นสุด (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน) เร็วกว่าค่าทางจุลชีววิทยา ซึ่งทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ดังนั้น สำหรับการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในการทดลองนี้จึงพิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสดังที่กล่าวมา ทำให้ TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 24 วัน รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ที่สามารถเก็บรักษาได้นาน 22, 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บได้นาน 14 วัน และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%) ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (TM4, TM5, TM6 และ TM8) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ TM4 มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ TM5, TM6 และ TM8 ตามลำดับ ส่วน TM6 มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ดีที่สุด รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน

สำหรับการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในการทดลองนี้ พิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน) เนื่องจากมีการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าค่าทางจุลชีววิทยา (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) ซึ่งทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ดังนั้น TM4 (40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 24 วัน รองลงมาได้แก่ TM5 (50% CO_2 : 50% O_2), TM6 (60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2) และ TM8 (80% CO_2 : 20% N_2) ที่สามารถเก็บรักษาได้นาน 22, 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บได้นาน 14 วัน และ TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 หากเพิ่มการการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยระบุชนิดของจุลินทรีย์ เช่น การตรวจสอบจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแล็คติก จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จุลินทรีย์ทนความเย็นจะช่วยระบุกลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

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

งามทิพย์ ภู่วโรดม. (2550). *การบรรจุอาหาร.* กรุงเทพฯ: เอส.เอ็ม.พี. การพิมพ์ จำกัด. หน้า 29 – 35.

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

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.

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

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

สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2555). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน : การปรับสภาวะบรรยากาศในการบรรจุภัณฑ์.* รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555.

สวามินี ธีระวุฒิ อัครพล นางแล และราตรี คำหอม (2557). การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สดแกะเปลือกด้วยการแช่สารละลายผสมร่วมกับการแช่เย็น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 19*(1), 119-130.

สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2557). การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยอุดหนุนงบประมาณแผ่นดินสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557

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

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). *คู่มือปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* วันที่เข้าค้นข้อมูล 1 ธันวาคม 2558, 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.

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.

Benjakul, S. & Nirmal, N.P. (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*(1), 247–253.

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

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

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

Chen, G. & Youling, Y. L. (2008). Shelf – stability enhancement of precooked red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) tails by modified $CO_2/O_2/N_2$ gas packaging, *LWT*, *41*, 1431–1436.

Chidanandaiah, Keshri, R.C. & Sanyal, M.K. (2009). 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.

Chiou, T.K. & Huang, J.P. (2004). Biochemical changes in the abdominal muscle of mud crab (*Scylla serrate*) during storage. *Fisheries Sci, 70*, 167–173.

Choubert, G. & Baccaunaud, M. (2006). Colour changes of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed astaxanthin or canthaxanthin during storage under controlled or modified atmosphere. *LWT - Food Science and Technology 39*(10), 1203–1213.

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

Day, B.P.F. (2001). *Modified atmosphere packaging of chilled fish and seafood products*. S.C. Kestin, P.D. Warris (Eds.), Farmed fish quality, Blackwell Science, Oxford, UK (2001), pp. 276–282.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Hutton, T. (2003). *Food packaging: an introduction*. Campden & Chorleywood Food Research Association Group, Chipping.

Ibrahim, S.M., Nassar, A.G. & Badry, N.E. (2008). Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging methods on some quality aspects of smoked mullet (*Mugil cephalus*). *Global Veterinaria. 2* (6), 296-300.

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.

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.

Kenar, M., Ozogul, F., & Kuley, E. (2010). Effects of rosemary and sage tea extracts on the sensory, chemical and microbiological changes of vacuum-packed and refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. *International Journal of Food Science & Technology*, *45*(11), 2366-2372.

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

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

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

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

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

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

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

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

Parlapani, F.F., Mallouchos, A., Haroutounian, S.A. & Boziaris, I.S. (2014). Microbiological spoilage and investigation of volatile profile during storage of sea bream fillets under various conditions. *International Journal of Food Microbiology, 189*, 153–163. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2014.08.006

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.

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

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

Ranjith, K.K, Inyee, Y.H., Joe, E.T., Feng, C., Hyun, J.K., & Paul, L.D. (2013). Shelf life extension of shrimp (white) using modified atmosphere packaging. *Food Tecnology, 6*3(2), 87–94.

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

Rohani, C. A., Faridah, S. M. & Shokri, A. O. (2008). The effects of modified atmosphere packaging on chemical, sensory and microbiological changes in black tiger prawn (*Penaeus monodon*). *J. Trop. Agric. and Fd. S*, 36(2). 211-219.

Sears, D.F. & Eisenberg, R.M. (1961). A model representing a physiological role of CO_2 at the cell membrane. *Journal of General Physiology, 44*, 869–887.

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

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

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

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

Thainphatthanawong N., Vongsawasdi, P. & Nopharatana, M. (2008). Shelf life extension of blanched cockles (*Anadara granosa*) by modified atmosphere packaging. Proceedings of the 46th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart, Thailand, 29 January – 1 February. 2008, Subject: Agro-industry 2008 pp. 414-421.

Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Khueankhancharoen, J. & Changyoug, C. (2011). Effect of modified atmosphere packaging on qualities and shelf life of precooked baby clam (*Paphia undulata*). *Kasetsart J.* (*Nat. Sci.*), *45*(3), 530–538.

Wolfe, S.K. (1980). Use of CO_2 and CO_2 enriched atmospheres for meats, fish and produce. *Food Technology, 34*, 55–58.

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

Young, H., Anang, D.M. & Tiwari, B.K. (2014). Shelf life and textural properties of cooked-chilled black tiger prawns (*Penaeus monodon*) stored in vacuum pack or modified atmospheric packaging at 4 or 20 °C. *Food Packaging and Shelf Life, 2*(2), 59-64. doi:10.1016/j.fpsl.2014.07.001

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

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

Zhu, Y., Ma, L.,Yang, H., Xiao, Y. & Xiong, Y.L. (2016). Super-chilling (–0.7 °C) with high-CO_2 packaging inhibits biochemical changes of microbial origin in catfish (*Clarias gariepinus*) muscle during storage. *Food Chemistry*, *206*, 182–190.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0	6.45_{a}^{E} ± 0.01	6.25_{a}^{A} ± 0.01	6.30_{b}^{B} ± 0.00	6.30_{a}^{C} ± 0.01	6.33_{b}^{D} ± 0.01	6.28_{b}^{B} ± 0.01
2	6.50_{b}^{D} ± 0.01	6.28_{b}^{B} ± 0.01	6.28_{a}^{B} ± 0.01	6.29_{a}^{C} ± 0.01	6.30_{a}^{C} ± 0.00	6.25_{a}^{A} ± 0.01
4	6.65_{c}^{D} ± 0.01	6.33_{c}^{C} ± 0.01	6.30_{b}^{A} ± 0.01	6.30_{a}^{A} ± 0.00	6.31_{a}^{B} ± 0.01	6.31_{c}^{B} ± 0.01
6	6.70_{d}^{D} ± 0.01	6.36_{d}^{C} ± 0.01	6.30_{b}^{A} ± 0.00	6.33_{b}^{B} ± 0.01	6.34_{bc}^{B} ± 0.02	6.34_{d}^{B} ± 0.01
8	6.77_{e}^{D} ± 0.01	6.38_{e}^{C} ± 0.01	6.32_{c}^{A} ± 0.02	6.34_{b}^{B} ± 0.01	6.35_{c}^{B} ± 0.01	6.35_{d}^{B} ± 0.01
10	6.83_{f}^{D} ± 0.01	6.44_{f}^{C} ± 0.01	6.37_{d}^{A} ± 0.01	6.37_{c}^{A} ± 0.01	6.38_{d}^{A} ± 0.01	6.39_{e}^{B} ± 0.02
12	6.89_{g}^{E} ± 0.01	6.50_{g}^{D} ± 0.01	6.41_{e}^{A} ± 0.01	6.43_{d}^{B} ± 0.01	6.44_{e}^{B} ± 0.01	6.45_{f}^{C} ± 0.01
14	6.92_{g}^{E} ± 0.01	6.60_{h}^{D} ± 0.01	6.45_{f}^{A} ± 0.02	6.47_{e}^{AB} ± 0.01	6.48_{f}^{B} ± 0.01	6.50_{g}^{C} ± 0.01
16	6.96_{h}^{F} ± 0.01	6.70_{i}^{E} ± 0.01	6.52_{g}^{A} ± 0.01	6.55_{f}^{B} ± 0.00	6.58_{g}^{C} ± 0.02	6.60_{h}^{D} ± 0.01
18	7.06_{i}^{E} ± 0.01	6.90_{j}^{D} ± 0.00	6.66_{h}^{A} ± 0.01	6.71_{g}^{B} ± 0.01	6.73_{h}^{C} ± 0.00	6.73_{i}^{C} ± 0.01
20	7.09_{i}^{E} ± 0.01	6.95_{k}^{D} ± 0.01	6.73_{i}^{A} ± 0.01	6.75_{h}^{B} ± 0.01	6.77_{i}^{B} ± 0.02	6.82_{j}^{C} ± 0.01
22	7.26_{j}^{E} ± 0.00	7.17_{l}^{D} ± 0.01	6.86_{j}^{A} ± 0.01	6.91_{i}^{B} ± 0.01	6.95_{j}^{B} ± 0.01	6.97_{k}^{C} ± 0.01
24	7.38_{k}^{E} ± 0.01	7.29_{m}^{D} ± 0.01	6.94_{k}^{A} ± 0.00	6.99_{j}^{AB} ± 0.02	7.02_{k}^{B} ± 0.01	7.03_{l}^{C} ± 0.01
26	7.65_{l}^{F} ± 0.01	7.49_{n}^{E} ± 0.00	7.10_{l}^{A} ± 0.00	7.14_{k}^{B} ± 0.01	7.16_{l}^{C} ± 0.01	7.18_{m}^{D} ± 0.01
28	7.83_{m}^{E} ± 0.00	7.74_{o}^{D} ± 0.01	7.16_{m}^{A} ± 0.01	7.24_{l}^{B} ± 0.01	7.28_{m}^{B} ± 0.00	7.32_{n}^{C} ± 0.01

ตารางผนวกที่ ก - 2 ความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณความชื้น (%) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	$80.15_{a} \pm 0.32$	$80.27_{a} \pm 0.39$	$80.25_{a} \pm 0.04$	$80.25_{a} \pm 0.29$	$80.19_{a} \pm 0.27$	$80.22_{a} \pm 0.05$
2	$79.70_{b}^{C} \pm 0.11$	$79.75_{b}^{BC} \pm 0.21$	$80.19_{a}^{AB} \pm 0.18$	$80.14_{a}^{A} \pm 0.32$	$80.11_{ab}^{A} \pm 0.12$	$79.90_{ab}^{ABC} \pm 0.22$
4	$78.72_{c}^{C} \pm 0.33$	$79.45_{bc}^{B} \pm 0.17$	$80.08_{ab}^{A} \pm 0.17$	$79.83_{ab}^{AB} \pm 0.22$	$79.77_{bc}^{AB} \pm 0.28$	$79.65_{bc}^{AB} \pm 0.28$
6	$78.49_{cd}^{D} \pm 0.15$	$79.19_{cd}^{C} \pm 0.15$	$79.82_{bc}^{A} \pm 0.14$	$79.65_{b}^{AB} \pm 0.35$	$79.54_{cd}^{ABC} \pm 0.27$	$79.34_{cd}^{BC} \pm 0.05$
8	$78.35_{cd}^{C} \pm 0.22$	$79.11_{de}^{B} \pm 0.14$	$79.67_{cd}^{A} \pm 0.14$	$79.42_{bc}^{AB} \pm 0.25$	$79.42_{cd}^{AB} \pm 0.24$	$79.29_{cd}^{AB} \pm 0.24$
10	$78.17_{de}^{B} \pm 0.14$	$79.05_{de}^{A} \pm 0.13$	$79.35_{de}^{A} \pm 0.18$	$79.38_{bc}^{A} \pm 0.23$	$79.25_{de}^{A} \pm 0.14$	$79.16_{d}^{A} \pm 0.29$
12	$77.87_{ef}^{B} \pm 0.25$	$79.00_{de}^{A} \pm 0.09$	$79.31_{ef}^{A} \pm 0.09$	$79.11_{cd}^{A} \pm 0.21$	$79.14_{def}^{A} \pm 0.15$	$79.11_{d}^{A} \pm 0.31$
14	$77.75_{f}^{B} \pm 0.23$	$78.78_{e}^{A} \pm 0.10$	$79.11_{ef}^{A} \pm 0.19$	$78.96_{cde}^{A} \pm 0.30$	$78.93_{ef}^{A} \pm 0.18$	$78.93_{de}^{A} \pm 0.24$
16	$77.53_{f}^{C} \pm 0.09$	$78.34_{f}^{B} \pm 0.23$	$78.96_{fg}^{A} \pm 0.18$	$78.76_{def}^{A} \pm 0.29$	$78.75_{fg}^{A} \pm 0.23$	$78.57_{ef}^{AB} \pm 0.19$
18	$75.88_{g}^{C} \pm 0.20$	$78.13_{f}^{B} \pm 0.08$	$78.75_{g}^{A} \pm 0.25$	$78.51_{efg}^{AB} \pm 0.34$	$78.41_{gh}^{AB} \pm 0.22$	$78.39_{fg}^{AB} \pm 0.22$
20	-	-	$78.62_{gh}^{A} \pm 0.33$	$78.34_{fgh}^{AB} \pm 0.28$	$78.19_{hi}^{B} \pm 0.28$	$78.03_{gh}^{B} \pm 0.10$
22	-	-	$78.29_{hi}^{A} \pm 0.10$	$78.05_{gh}^{AB} \pm 0.19$	$77.98_{ij}^{B} \pm 0.21$	$77.84_{h}^{B} \pm 0.26$
24	-	-	$78.11_{ij}^{A} \pm 0.09$	$77.86_{hi}^{AB} \pm 0.24$	$77.76_{jk}^{B} \pm 0.24$	$77.68_{h}^{B} \pm 0.21$
26	-	-	$77.91_{j}^{A} \pm 0.33$	$77.53_{ij}^{AB} \pm 0.37$	$77.41_{kl}^{B} \pm 0.33$	$77.24_{i}^{B} \pm 0.23$
28	-	-	$77.83_{j}^{A} \pm 0.32$	$77.22_{j}^{B} \pm 0.20$	$77.06_{l}^{B} \pm 0.25$	$76.66_{j}^{C} \pm 0.29$

ตารางผนวกที่ ก - 3 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB–N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	10.11_{a} ± 0.08	10.05_{a} ± 0.08	10.09_{a} ± 0.08	10.08_{a} ± 0.08	10.08_{a} ± 0.00	10.06_{a} ± 0.08
2	17.04_{b}^{E} ± 0.08	13.36_{b}^{D} ± 0.08	12.56_{b}^{A} ± 0.08	12.74_{b}^{B} ± 0.08	12.82_{b}^{B} ± 0.14	13.04_{b}^{C} ± 0.08
4	17.69_{c}^{F} ± 0.08	14.22_{c}^{E} ± 0.08	13.22_{c}^{A} ± 0.08	13.58_{c}^{B} ± 0.08	13.76_{c}^{C} ± 0.13	13.99_{c}^{D} ± 0.08
6	18.33_{d}^{E} ± 0.08	15.11_{d}^{D} ± 0.08	14.10_{d}^{A} ± 0.08	14.61_{d}^{B} ± 0.08	14.74_{d}^{BC} ± 0.08	14.84_{d}^{C} ± 0.08
8	19.88_{e}^{E} ± 0.08	16.26_{e}^{D} ± 0.08	14.87_{e}^{A} ± 0.16	15.88_{e}^{B} ± 0.08	15.99_{e}^{BC} ± 0.08	16.09_{e}^{CD} ± 0.08
10	20.11_{f}^{F} ± 0.08	17.49_{f}^{E} ± 0.08	15.41_{f}^{A} ± 0.14	16.43_{f}^{B} ± 0.08	16.66_{f}^{C} ± 0.08	16.98_{f}^{D} ± 0.08
12	21.25_{g}^{F} ± 0.13	18.55_{g}^{E} ± 0.08	16.02_{g}^{A} ± 0.08	16.92_{g}^{B} ± 0.08	17.23_{g}^{C} ± 0.08	17.89_{g}^{D} ± 0.08
14	27.30_{h}^{F} ± 0.8	19.33_{h}^{E} ± 0.08	16.35_{h}^{A} ± 0.13	17.26_{h}^{B} ± 0.08	17.94_{h}^{C} ± 0.08	18.84_{h}^{D} ± 0.08
16	32.78_{i}^{F} ± 0.14	20.09_{i}^{E} ± 0.08	17.32_{i}^{A} ± 0.08	18.18_{i}^{B} ± 0.15	18.87_{i}^{C} ± 0.08	19.46_{i}^{D} ± 0.14
18	37.14_{j}^{E} ± 0.08	20.86_{j}^{D} ± 0.08	18.58_{j}^{A} ± 0.08	20.44_{j}^{B} ± 0.08	20.59_{j}^{C} ± 0.08	20.72_{j}^{CD} ± 0.08
20	40.45_{k}^{F} ± 0.08	28.41_{k}^{E} ± 0.08	20.15_{k}^{A} ± 0.08	23.24_{k}^{B} ± 0.08	24.65_{k}^{C} ± 0.14	27.33_{k}^{D} ± 0.08
22	43.48_{l}^{F} ± 0.08	31.15_{l}^{E} ± 0.13	22.80_{l}^{A} ± 0.08	25.73_{l}^{B} ± 0.07	26.19_{l}^{C} ± 0.08	30.22_{l}^{D} ± 0.08
24	47.86_{m}^{F} ± 0.08	35.83_{m}^{E} ± 0.08	24.17_{m}^{A} ± 0.01	29.94_{m}^{B} ± 0.016	30.41_{m}^{C} ± 0.13	34.29_{m}^{D} ± 0.08
26	54.29_{n}^{F} ± 0.13	39.88_{n}^{E} ± 0.08	27.14_{n}^{A} ± 0.16	31.49_{n}^{B} ± 0.08	34.45_{n}^{C} ± 0.08	39.23_{n}^{D} ± 0.08
28	60.16_{o}^{F} ± 0.08	42.04_{o}^{E} ± 0.13	30.76_{o}^{A} ± 0.08	34.23_{o}^{B} ± 0.08	36.16_{o}^{C} ± 0.08	40.68_{o}^{D} ± 0.08

ตารางผนวกที่ ก - 4 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA–N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	0.08_{a} ± 0.00	0.08_{a} ± 0.00	0.08_{a} ± 0.00	0.08_{a} ± 0.00	0.08_{a} ± 0.00	0.08_{a} ± 0.00
2	0.11_{b}^{C} ± 0.00	0.10_{b}^{B} ± 0.00	0.09_{b}^{A} ± 0.00	0.09_{b}^{A} ± 0.00	0.09_{b}^{A} ± 0.00	0.10_{b}^{B} ± 0.00
4	0.25_{c}^{E} ± 0.00	0.14_{c}^{D} ± 0.00	0.10_{c}^{A} ± 0.00	0.11_{c}^{B} ± 0.00	0.10_{c}^{A} ± 0.00	0.12_{c}^{C} ± 0.00
6	0.34_{d}^{E} ± 0.00	0.22_{d}^{D} ± 0.00	0.15_{d}^{A} ± 0.00	0.15_{d}^{B} ± 0.00	0.16_{d}^{B} ± 0.00	0.18_{d}^{C} ± 0.00
8	0.48_{e}^{F} ± 0.00	0.28_{e}^{E} ± 0.00	0.20_{e}^{A} ± 0.00	0.22_{e}^{B} ± 0.00	0.23_{e}^{C} ± 0.00	0.26_{e}^{D} ± 0.00
10	0.57_{f}^{F} ± 0.00	0.36_{f}^{E} ± 0.00	0.24_{f}^{A} ± 0.00	0.27_{f}^{B} ± 0.00	0.29_{f}^{C} ± 0.00	0.34_{f}^{D} ± 0.00
12	0.69_{g}^{F} ± 0.00	0.44_{g}^{E} ± 0.00	0.30_{g}^{A} ± 0.00	0.34_{g}^{B} ± 0.00	0.46_{g}^{C} ± 0.00	0.41_{g}^{D} ± 0.00
14	0.74_{h}^{F} ± 0.00	0.49_{h}^{E} ± 0.00	0.32_{h}^{A} ± 0.00	0.38_{h}^{B} ± 0.00	0.40_{h}^{C} ± 0.00	0.48_{h}^{D} ± 0.00
16	0.98_{i}^{F} ± 0.00	0.53_{i}^{E} ± 0.00	0.38_{i}^{A} ± 0.00	0.43_{i}^{B} ± 0.00	0.45_{i}^{C} ± 0.00	0.51_{i}^{D} ± 0.00
18	1.04_{j}^{E} ± 0.00	0.69_{j}^{D} ± 0.00	0.43_{j}^{A} ± 0.00	0.50_{j}^{B} ± 0.00	0.50_{j}^{B} ± 0.00	0.67_{j}^{C} ± 0.00
20	1.13_{k}^{F} ± 0.00	0.73_{k}^{E} ± 0.00	0.52_{k}^{A} ± 0.00	0.55_{k}^{B} ± 0.00	0.59_{k}^{C} ± 0.00	0.70_{k}^{D} ± 0.00
22	1.24_{l}^{F} ± 0.00	0.80_{l}^{E} ± 0.00	0.56_{l}^{A} ± 0.00	0.62_{l}^{B} ± 0.00	0.64_{l}^{C} ± 0.00	0.77_{l}^{D} ± 0.00
24	1.29_{m}^{F} ± 0.00	0.86_{m}^{E} ± 0.00	0.61_{m}^{A} ± 0.00	0.71_{m}^{B} ± 0.00	0.73_{m}^{C} ± 0.00	0.82_{m}^{D} ± 0.00
26	1.32_{n}^{F} ± 0.00	0.99_{n}^{E} ± 0.00	0.68_{n}^{A} ± 0.00	0.75_{n}^{B} ± 0.00	0.79_{n}^{C} ± 0.00	0.94_{n}^{D} ± 0.00
28	1.41_{o}^{F} ± 0.00	1.08_{o}^{E} ± 0.00	0.72_{o}^{A} ± 0.00	0.82_{o}^{B} ± 0.00	0.84_{o}^{C} ± 0.00	1.02_{o}^{D} ± 0.00

ตารางผนวกที่ ก - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0						
2^{NS}	0.135_{a} ± 0.015	0.120_{a} ± 0.066	0.117_{a} ± 0.144	0.128_{a} ± 0.078	0.118_{a} ± 0.058	0.127_{a} ± 0.049
4^{NS}	0.969_{b} ± 0.372	0.389_{a} ± 0.333	0.265_{a} ± 0.323	0.301_{a} ± 0.246	0.281_{a} ± 0.148	0.313_{a} ± 0.086
6	2.484_{c}^{C} ± 0.266	1.573_{b}^{B} ± 0.342	1.033_{b}^{A} ± 0.217	1.283_{b}^{AB} ± 0.286	1.219_{b}^{AB} ± 0.078	1.417_{b}^{AB} ± 0.211
8	4.170_{d}^{B} ± 0.507	2.813_{c}^{A} ± 0.243	2.400_{c}^{A} ± 0.325	2.601_{c}^{A} ± 0.401	2.594_{c}^{A} ± 0.355	2.769_{c}^{A} ± 0.383
10	6.240_{e}^{B} ± 0.480	3.787_{d}^{A} ± 0.340	3.109_{d}^{A} ± 0.303	3.448_{d}^{A} ± 0.322	3.379_{d}^{A} ± 0.344	3.632_{d}^{A} ± 0.386
12	7.875_{f}^{C} ± 0.410	4.446_{e}^{B} ± 0.178	3.618_{e}^{A} ± 0.319	4.198_{e}^{B} ± 0.195	4.169_{e}^{B} ± 0.345	4.302_{e}^{B} ± 0.316
14	8.811_{g}^{D} ± 0.271	5.461_{f}^{C} ± 0.346	4.082_{e}^{A} ± 0.202	4.977_{f}^{BC} ± 0.327	4.686_{f}^{B} ± 0.354	5.237_{f}^{BC} ± 0.285
16	10.643_{h}^{D} ± 0.311	7.657_{g}^{C} ± 0.488	5.379_{f}^{A} ± 0.354	6.322_{g}^{B} ± 0.340	5.641_{g}^{A} ± 0.441	7.174_{g}^{C} ± 0.315
18		9.959_{h}^{D} ± 0.247	6.059_{g}^{A} ± 0.317	8.196_{h}^{C} ± 0.253	7.300_{h}^{B} ± 0.360	9.511_{h}^{D} ± 0.347
20		10.924_{i}^{D} ± 0.347	7.194_{h}^{A} ± 0.359	8.949_{i}^{C} ± 0.533	8.069_{i}^{B} ± 0.357	10.652_{i}^{D} ± 0.275
22		12.352_{j}^{E} ± 0.413	7.747_{i}^{A} ± 0.317	9.528_{j}^{C} ± 0.385	8.356_{i}^{B} ± 0.361	11.033_{i}^{D} ± 0.375
24			8.111_{i}^{A} ± 0.298	11.331_{k}^{C} ± 0.300	9.819_{j}^{B} ± 0.128	12.369_{j}^{D} ± 0.384
26			9.640_{j}^{A} ± 0.364	12.100_{l}^{B} ± 0.349	11.810_{k}^{B} ± 0.307	14.063_{k}^{C} ± 0.352
28			10.400_{k}^{A} ± 0.334	14.687_{m}^{C} ± 0.339	12.723_{l}^{B} ± 0.351	15.882_{l}^{D} ± 0.102

ตารางผนวกที่ ก - 6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0	3.37_{a}^{D} ± 0.02	3.10_{a}^{B} ± 0.01	3.09_{d}^{B} ± 0.01	3.16_{d}^{C} ± 0.01	3.05_{e}^{A} ± 0.01	3.14_{b}^{C} ± 0.01
2	4.32_{b}^{F} ± 0.01	3.27_{b}^{E} ± 0.01	3.19_{e}^{C} ± 0.01	3.17_{d}^{B} ± 0.01	3.12_{g}^{A} ± 0.01	3.22_{c}^{D} ± 0.01
4	5.06_{c}^{D} ± 0.02	3.27_{b}^{C} ± 0.02	3.02_{b}^{A} ± 0.01	3.13_{c}^{B} ± 0.01	3.02_{d}^{A} ± 0.01	3.26_{a}^{C} ± 0.01
6	6.28_{d}^{E} ± 0.01	3.31_{c}^{D} ± 0.02	2.99_{a}^{A} ± 0.02	3.18_{e}^{C} ± 0.02	3.03_{d}^{A} ± 0.01	2.99_{a}^{A} ± 0.01
8	6.47_{e}^{E} ± 0.01	3.33_{c}^{D} ± 0.01	3.22_{f}^{C} ± 0.02	3.07_{a}^{A} ± 0.01	3.07_{f}^{A} ± 0.02	3.13_{b}^{B} ± 0.01
10	6.73_{f}^{F} ± 0.01	3.45_{d}^{E} ± 0.01	3.29_{g}^{D} ± 0.02	3.12_{c}^{B} ± 0.02	3.07_{f}^{A} ± 0.01	3.26_{d}^{C} ± 0.01
12	6.91_{g}^{F} ± 0.01	4.38_{e}^{E} ± 0.01	3.05_{c}^{B} ± 0.02	3.10_{b}^{C} ± 0.01	2.98_{c}^{A} ± 0.01	4.05_{e}^{D} ± 0.01
14	7.36_{h}^{F} ± 0.01	4.49_{f}^{E} ± 0.01	2.79_{h}^{C} ± 0.01	3.22_{f}^{B} ± 0.01	2.84_{a}^{A} ± 0.01	4.33_{f}^{D} ± 0.02
16	-	4.84_{g}^{E} ± 0.01	4.05_{i}^{C} ± 0.02	3.25_{g}^{B} ± 0.01	2.86_{b}^{A} ± 0.01	4.77_{g}^{D} ± 0.01
18	-	5.26_{h}^{E} ± 0.01	4.33_{j}^{C} ± 0.01	3.28_{h}^{B} ± 0.01	2.98_{c}^{A} ± 0.01	5.18_{h}^{D} ± 0.02
20	-	5.29_{i}^{E} ± 0.01	4.25_{k}^{C} ± 0.01	3.45_{i}^{B} ± 0.01	3.14_{h}^{A} ± 0.01	5.10_{i}^{D} ± 0.01
22	-	5.56_{j}^{E} ± 0.02	4.91_{l}^{C} ± 0.01	4.21_{j}^{B} ± 0.01	3.25_{i}^{A} ± 0.01	5.45_{j}^{D} ± 0.02
24	-	6.32_{k}^{E} ± 0.01	5.16_{m}^{C} ± 0.01	5.03_{k}^{B} ± 0.02	4.20_{j}^{A} ± 0.01	6.24_{k}^{D} ± 0.01
26	-	6.78_{l}^{E} ± 0.01	6.17_{n}^{C} ± 0.02	6.04_{l}^{B} ± 0.01	5.04_{k}^{D} ± 0.01	6.42_{l}^{A} ± 0.01
28	-	6.96_{m}^{E} ± 0.01	6.37_{o}^{B} ± 0.01	6.44_{m}^{C} ± 0.01	5.94_{l}^{A} ± 0.02	6.68_{m}^{D} ± 0.01

ตารางผนวกที่ ก - 7 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	$5.00_{h} \pm 0.00$	$5.00_{l} \pm 0.00$	$5.00_{h} \pm 0.00$	$5.00_{h} \pm 0.00$	$5.00_{i} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$
2	$4.80_{h}^{A} \pm 0.41$	$5.00_{l}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{h}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{h}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{i}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{j}^{B} \pm 0.00$
4	$4.40_{g}^{A} \pm 0.50$	$4.80_{kl}^{BC} \pm 0.41$	$5.00_{h}^{C} \pm 0.00$	$4.70_{gh}^{B} \pm 0.47$	$4.60_{h}^{AB} \pm 0.48$	$4.80_{ij}^{BC} \pm 0.38$
6	$3.50_{f}^{A} \pm 0.43$	$4.60_{k}^{B} \pm 0.45$	$4.80_{gh}^{B} \pm 0.41$	$4.60_{fg}^{B} \pm 0.50$	$4.56_{h}^{B} \pm 0.43$	$4.70_{i}^{B} \pm 0.41$
8	$3.10_{e}^{A} \pm 0.31$	$4.20_{j}^{B} \pm 0.41$	$4.60_{g}^{C} \pm 0.50$	$4.50_{fg}^{BC} \pm 0.49$	$4.40_{gh}^{BC} \pm 0.48$	$4.30_{h}^{BC} \pm 0.44$
10	$2.50_{d}^{A} \pm 0.49$	$3.80_{i}^{B} \pm 0.38$	$4.30_{f}^{CD} \pm 0.47$	$4.30_{f}^{CD} \pm 0.47$	$4.20_{fg}^{BC} \pm 0.38$	$4.00_{g}^{BC} \pm 0.43$
12	$2.20_{c}^{A} \pm 0.41$	$3.40_{h}^{B} \pm 0.50$	$4.05_{e}^{C} \pm 0.22$	$4.00_{e}^{C} \pm 0.32$	$4.00_{f}^{C} \pm 0.00$	$3.60_{f}^{B} \pm 0.50$
14	$2.00_{c}^{A} \pm 0.32$	$3.10_{g}^{B} \pm 0.31$	$3.90_{e}^{D} \pm 0.31$	$4.00_{e}^{D} \pm 0.00$	$4.10_{f}^{D} \pm 0.26$	$3.50_{f}^{C} \pm 0.46$
16	$1.70_{b}^{A} \pm 0.44$	$2.70_{f}^{B} \pm 0.47$	$3.60_{d}^{D} \pm 0.50$	$3.50_{d}^{D} \pm 0.46$	$3.40_{e}^{D} \pm 0.50$	$3.00_{e}^{C} \pm 0.22$
18	$1.20_{a}^{A} \pm 0.41$	$2.20_{e}^{B} \pm 0.41$	$3.50_{d}^{C} \pm 0.49$	$3.30_{d}^{C} \pm 0.47$	$3.20_{e}^{C} \pm 0.41$	$2.40_{d}^{B} \pm 0.50$
20	$1.05_{a}^{A} \pm 0.22$	$2.00_{de}^{B} \pm 0.32$	$3.10_{c}^{E} \pm 0.31$	$2.90_{c}^{D} \pm 0.31$	$2.80_{d}^{D} \pm 0.41$	$2.20_{cd}^{C} \pm 0.41$
22	-	$1.90_{cd}^{A} \pm 0.31$	$2.90_{c}^{C} \pm 0.31$	$2.70_{bc}^{BC} \pm 0.47$	$2.50_{c}^{B} \pm 0.46$	$2.05_{c}^{A} \pm 0.22$
24	-	$1.70_{c}^{A} \pm 0.47$	$2.60_{b}^{C} \pm 0.50$	$2.50_{b}^{C} \pm 0.49$	$2.20_{b}^{B} \pm 0.41$	$1.80_{b}^{A} \pm 0.41$
26	-	$1.40_{b}^{A} \pm 0.50$	$2.40_{ab}^{C} \pm 0.50$	$2.20_{a}^{BC} \pm 0.41$	$2.00_{ab}^{B} \pm 0.00$	$1.60_{b}^{A} \pm 0.50$
28	-	$1.00_{a}^{A} \pm 0.22$	$2.20_{a}^{C} \pm 0.41$	$2.00_{a}^{B} \pm 0.00$	$1.90_{a}^{B} \pm 0.31$	$1.20_{a}^{A} \pm 0.41$

ตารางผนวกที่ ก - 8 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{k} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{k} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{k} ± 0.00
2	4.60_{h}^{A} ± 0.50	4.90_{k}^{B} ± 0.31	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{k}^{B} ± 0.00	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{k}^{B} ± 0.00
4	4.20_{g}^{A} ± 0.41	4.50_{j}^{B} ± 0.49	4.90_{ij}^{D} ± 0.31	4.80_{jk}^{CD} ± 0.41	4.60_{i}^{BC} ± 0.50	4.60_{j}^{BC} ± 0.50
6	3.30_{f}^{A} ± 0.47	4.20_{i}^{B} ± 0.41	4.80_{ij}^{D} ± 0.41	4.60_{ij}^{CD} ± 0.50	4.50_{i}^{BCD} ± 0.49	4.30_{i}^{BC} ± 0.47
8	2.70_{e}^{A} ± 0.47	3.90_{h}^{B} ± 0.31	4.70_{hi}^{D} ± 0.41	4.50_{hi}^{D} ± 0.49	4.20_{h}^{C} ± 0.41	4.10_{i}^{BC} ± 0.31
10	2.20_{d}^{A} ± 0.41	3.60_{g}^{B} ± 0.48	4.50_{gh}^{C} ± 0.43	4.30_{h}^{C} ± 0.47	4.10_{gh}^{C} ± 0.31	3.80_{h}^{B} ± 0.41
12	2.00_{c}^{A} ± 0.00	3.20_{f}^{B} ± 0.41	4.30_{fg}^{D} ± 0.47	4.00_{g}^{C} ± 0.32	3.90_{g}^{C} ± 0.31	3.40_{g}^{B} ± 0.50
14	1.60_{b}^{A} ± 0.50	2.90_{e}^{B} ± 0.31	4.10_{f}^{D} ± 0.31	3.80_{g}^{C} ± 0.41	3.60_{f}^{C} ± 0.50	3.00_{f}^{B} ± 0.32
16	1.10_{a}^{A} ± 0.31	2.40_{d}^{B} ± 0.50	3.80_{ef}^{D} ± 0.41	3.40_{f}^{C} ± 0.50	3.20_{e}^{C} ± 0.41	2.60_{e}^{BC} ± 0.50
18	-	2.00_{c}^{A} ± 0.00	3.60_{e}^{C} ± 0.50	3.20_{ef}^{B} ± 0.41	3.10_{e}^{B} ± 0.3	2.10_{d}^{A} ± 0.31
20	-	1.80_{c}^{A} ± 0.41	3.50_{de}^{C} ± 0.43	3.00_{de}^{B} ± 0.32	2.80_{d}^{B} ± 0.41	2.00_{d}^{A} ± 0.32
22	-	1.30_{b}^{A} ± 0.47	3.30_{cd}^{E} ± 0.47	2.90_{d}^{D} ± 0.31	2.60_{d}^{C} ± 0.50	1.70_{c}^{B} ± 0.47
24	-	1.00_{a}^{A} ± 0.00	3.10_{bc}^{E} ± 0.31	2.60_{c}^{D} ± 0.48	2.30_{c}^{C} ± 0.47	1.30_{b}^{B} ± 0.47
26	-	-	3.00_{ab}^{D} ± 0.32	2.10_{b}^{C} ± 0.31	1.90_{b}^{B} ± 0.31	1.00_{a}^{A} ± 0.00
28	-	-	2.90_{a}^{C} ± 0.31	1.80_{a}^{B} ± 0.41	1.50_{a}^{A} ± 0.46	-

ตารางผนวกที่ ก - 9 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	$5.00_{h} \pm 0.00$	$5.00_{k} \pm 0.00$	$5.00_{k} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$	$5.00_{i} \pm 0.00$	$5.00_{l} \pm 0.00$
2	$4.80_{g}^{A} \pm 0.41$	$5.00_{k}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{k}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{j}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{i}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{l}^{B} \pm 0.00$
4	$4.30_{f}^{A} \pm 0.47$	$4.40_{j}^{A} \pm 0.50$	$5.00_{k}^{C} \pm 0.00$	$4.80_{ij}^{B} \pm 0.41$	$4.70_{h}^{B} \pm 0.47$	$4.50_{k}^{A} \pm 0.49$
6	$3.30_{e}^{A} \pm 0.47$	$4.10_{i}^{B} \pm 0.31$	$4.80_{jk}^{D} \pm 0.41$	$4.60_{hi}^{CD} \pm 0.50$	$4.50_{h}^{C} \pm 0.49$	$4.20_{j}^{B} \pm 0.41$
8	$2.60_{d}^{A} \pm 0.45$	$3.80_{h}^{B} \pm 0.41$	$4.70_{ij}^{E} \pm 0.47$	$4.40_{gh}^{D} \pm 0.50$	$4.20_{g}^{CD} \pm 0.41$	$4.00_{ij}^{BC} \pm 0.32$
10	$2.00_{c}^{A} \pm 0.32$	$3.60_{h}^{B} \pm 0.50$	$4.50_{hi}^{C} \pm 0.49$	$4.30_{g}^{C} \pm 0.47$	$4.10_{g}^{C} \pm 0.31$	$3.80_{i}^{B} \pm 0.41$
12	$1.50_{b}^{A} \pm 0.49$	$3.30_{g}^{B} \pm 0.47$	$4.30_{h}^{D} \pm 0.47$	$4.00_{f}^{C} \pm 0.00$	$3.80_{f}^{C} \pm 0.41$	$3.50_{h}^{B} \pm 0.49$
14	$1.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$3.00_{f}^{B} \pm 0.32$	$4.00_{g}^{D} \pm 0.32$	$3.70_{e}^{C} \pm 0.47$	$3.60_{ef}^{C} \pm 0.50$	$3.20_{g}^{B} \pm 0.41$
16	-	$2.50_{e}^{A} \pm 0.43$	$3.90_{fg}^{D} \pm 0.31$	$3.60_{e}^{C} \pm 0.50$	$3.40_{e}^{C} \pm 0.50$	$2.90_{f}^{B} \pm 0.31$
18	-	$2.00_{d}^{A} \pm 0.32$	$3.70_{ef}^{E} \pm 0.47$	$3.30_{d}^{D} \pm 0.47$	$3.00_{d}^{C} \pm 0.32$	$2.60_{e}^{B} \pm 0.50$
20	-	$1.70_{c}^{A} \pm 0.47$	$3.60_{de}^{E} \pm 0.45$	$3.10_{cd}^{D} \pm 0.31$	$2.80_{d}^{C} \pm 0.41$	$2.20_{d}^{B} \pm 0.41$
22	-	$1.30_{b}^{A} \pm 0.47$	$3.40_{cd}^{E} \pm 0.50$	$2.90_{c}^{D} \pm 0.31$	$2.50_{c}^{C} \pm 0.49$	$1.90_{c}^{B} \pm 0.31$
24	-	$1.00_{a}^{A} \pm 0.22$	$3.20_{bc}^{E} \pm 0.41$	$2.60_{b}^{D} \pm 0.50$	$2.10_{b}^{C} \pm 0.31$	$1.50_{b}^{B} \pm 0.49$
26	-	$1.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$3.00_{ab}^{D} \pm 0.32$	$2.30_{a}^{C} \pm 0.47$	$2.00_{ab}^{B} \pm 0.32$	$1.10_{a}^{A} \pm 0.31$
28	-	-	$2.80_{a}^{C} \pm 0.41$	$2.10_{a}^{B} \pm 0.31$	$1.80_{a}^{A} \pm 0.41$	-

ตารางผนวกที่ ก - 10 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	TM4	TM5	TM6	TM8
0^{NS}	$5.00_{j} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$	$5.00_{i} \pm 0.00$	$5.00_{i} \pm 0.00$	$5.00_{i} \pm 0.00$	$5.00_{k} \pm 0.00$
2	$4.70_{i}^{A} \pm 0.47$	$4.90_{j}^{B} \pm 0.31$	$5.00_{i}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{i}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{i}^{B} \pm 0.00$	$5.00_{k}^{B} \pm 0.00$
4	$4.10_{h}^{A} \pm 0.31$	$4.30_{i}^{BC} \pm 0.47$	$4.90_{i}^{D} \pm 0.31$	$4.80_{hi}^{D} \pm 0.41$	$4.70_{h}^{CD} \pm 0.47$	$4.50_{j}^{BC} \pm 0.46$
6	$3.20_{g}^{A} \pm 0.41$	$4.00_{h}^{B} \pm 0.32$	$4.80_{i}^{D} \pm 0.41$	$4.60_{gh}^{D} \pm 0.50$	$4.60_{h}^{D} \pm 0.50$	$4.30_{j}^{C} \pm 0.47$
8	$2.40_{f}^{A} \pm 0.50$	$3.60_{g}^{B} \pm 0.50$	$4.80_{i}^{E} \pm 0.41$	$4.50_{g}^{D} \pm 0.46$	$4.30_{g}^{D} \pm 0.47$	$4.00_{i}^{C} \pm 0.32$
10	$1.90_{e}^{A} \pm 0.31$	$3.40_{fg}^{B} \pm 0.50$	$4.50_{h}^{D} \pm 0.46$	$4.20_{f}^{D} \pm 0.41$	$4.10_{g}^{D} \pm 0.31$	$3.80_{i}^{C} \pm 0.41$
12	$1.50_{d}^{A} \pm 0.46$	$3.20_{f}^{B} \pm 0.41$	$4.30_{gh}^{E} \pm 0.47$	$4.00_{f}^{D} \pm 0.32$	$3.80_{f}^{D} \pm 0.41$	$3.50_{h}^{C} \pm 0.49$
14	$1.20_{c}^{A} \pm 0.41$	$2.80_{e}^{B} \pm 0.41$	$4.10_{fg}^{E} \pm 0.31$	$3.70_{e}^{D} \pm 0.47$	$3.60_{f}^{D} \pm 0.50$	$3.20_{g}^{C} \pm 0.41$
16	$1.00_{b}^{A} \pm 0.00$	$2.20_{d}^{B} \pm 0.41$	$4.00_{ef}^{E} \pm 0.32$	$3.50_{e}^{D} \pm 0.46$	$3.30_{e}^{D} \pm 0.47$	$2.80_{f}^{C} \pm 0.41$
18	$1.00_{a}^{A} \pm 0.45$	$1.70_{c}^{B} \pm 0.47$	$3.80_{de}^{E} \pm 0.41$	$3.20_{d}^{D} \pm 0.41$	$3.10_{de}^{D} \pm 0.31$	$2.50_{e}^{C} \pm 0.46$
20	-	$1.40_{b}^{A} \pm 0.50$	$3.60_{cd}^{D} \pm 0.50$	$3.00_{d}^{C} \pm 0.32$	$2.90_{d}^{C} \pm 0.31$	$2.10_{d}^{B} \pm 0.31$
22	-	$1.30_{b}^{A} \pm 0.47$	$3.40_{c}^{D} \pm 0.50$	$2.70_{c}^{C} \pm 0.47$	$2.60_{c}^{C} \pm 0.50$	$1.80_{c}^{B} \pm 0.41$
24	-	$1.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$3.10_{b}^{D} \pm 0.31$	$2.30_{b}^{C} \pm 0.47$	$2.10_{b}^{C} \pm 0.31$	$1.40_{b}^{B} \pm 0.50$
26	-	$1.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$3.05_{b}^{C} \pm 0.51$	$2.10_{ab}^{B} \pm 0.31$	$2.00_{ab}^{B} \pm 0.32$	$1.00_{a}^{A} \pm 0.00$
28	-	-	$2.80_{a}^{D} \pm 0.41$	$2.00_{a}^{C} \pm 0.32$	$1.80_{a}^{B} \pm 0.41$	$1.00_{a}^{A} \pm 0.00$

หมายเหตุ:

TCC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TAC คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM4 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2 : 30% O_2 : 30% N_2

TM5 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2 : 50% O_2

TM6 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2

TM8 คือ เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2 : 20% N_2

ภาคผนวก ข

ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

ตารางผนวกที่ ข - 1 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 โดยความเข้มของกลิ่นปานกลางจนถึงเจือจาง 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

ที่มา : (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557)

ประวัติผู้วิจัย

1. ผู้วิจัยหลัก

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- *งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว* :

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

2. ผู้ร่วมวิจัย

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

2543 วท.ม.(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ประเทศไทย

2536 วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ประเทศไทย

5. สาขาวิชาการที่ความชำนาญ
- สถิติ วัตถุเจือปนอาหาร และผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
- *งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว* :

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