รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม: ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

Application of Alginate-based Antioxidant Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked White Shrimp: Effected of Modified Atmosphere Packaging

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2559A10802207

สัญญาเลขที่ 59/2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม: ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

Application of Alginate-based Antioxidant Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked White Shrimp: Effected of Modified Atmosphere Packaging

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

มกราคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 59/2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (ชาเขียวและวิตามินซี) โดยบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และTM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) เปรียบเทียบกับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบ (TCC) และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TGC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (pH, ความชื้น, TVB-N และ TMA-N) คุณภาพทางกายภาพ (% cooking loss) คุณภาพคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการผลิตอาหารและการยอมรับด้านประสาทสัมผัสถึงจุดสิ้นสุด (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน) เร็วกว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) ทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ดังนั้น TM55, TM81, TM85 และ TM51 เก็บรักษาได้ 28, 26, 24 และ 22 วัน ตามลำดับ ขณะที่ TGC เก็บรักษาได้ 20 วัน ส่วน TCC เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาสั้นที่สุดคือ 6 วัน

Abstract

This research purposes the effect of modified atmosphere packaging on the antioxidant alginate-based coating of cooked Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). The modified atmosphere packaging four different conditions: TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) and TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) compared to Pacific white shrimp were uncoated (TCC) and coated (TGC) with antioxidant alginate-based coating and air packed during refrigerated storage of 28 days was investigated. TM55 was the most effectively retarded chemical (pH, moisture, TVB-N and TMA-N), physical (% cooking loss), microbiological quality (total plate count) and sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked Pacific white shrimp followed by TM81, TM85, TM51, TGC and TCC, respectively. Considering the shelf life of product by the sensorial quality, that is important to consider for human food and adoption on the sensorial qualities loss (odor scores were less than 3 points) were faster than the microbiology quality loss (total plate count was not exceeded 6 log CFU/g). While still made it safe for consumption so the shelf life of TM55, TM81, TM85 and TM51 were 28, 26, 24 and 22 days respectively. The TGC was shelf life by 20 days, while the shelf life of TCC was only 6 days.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

3 วิธีดำเนินการวิจัย 14

4 ผลการวิจัย 19

5 อภิปรายผลการวิจัย 35

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 58

เอกสารอ้างอิง 59

ภาคผนวก 70

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ 70

ภาคผนวก ข ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส 81

ประวัติผู้วิจัย 83

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 71

ก - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 72

ก - 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 73

ก - 4 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม (ปล้องที่ 2) เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 74

ก - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 75

ก - 6 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดย เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 76

ก - 7 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 77

ก - 8 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 9 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 79

ข - 1 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต..... 81

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ..... 7

4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 20

4 - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 22

4 - 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 23

4 - 4 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม (ปล้องที่ 2) เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 24

4 - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้ม (ปล้องที่ 2) เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน 26

4 - 6 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 28

4 - 7 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 30

4 - 8 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 - 9 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 34

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หนึ่งในสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ภาคตะวันออก ของประเทศไทย 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด ที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างมากคือ กุ้งขาว ซึ่งคิดเป็นปริมาณการผลิตสูงถึงร้อยละ 30 ส่วนภาคใต้ฝั่งอันดามันนั้นมีผลผลิตประมาณร้อยละ 60 และภาคใต้ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยมีผลผลิตร้อยละ 60 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554) ซึ่งกุ้งขาวนั้นสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างมูลค่าได้หลากหลาย มีตั้งแต่การแปรรูปขั้นต้น ได้แก่ กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง ไปจนกระทั่งถึงการแปรรูปในลักษณะอาหารพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีปริมาณการผลิตสูงแต่การจัดจำหน่ายกุ้งขาวยังมีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากกุ้งขาวมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา อีกทั้งความสดของวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูปต่างๆ ยังคงเป็นสิ่งจำเป็นในอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งเพื่อการส่งออก หรือแม้กระทั่งผู้บริโภคในประเทศที่ปัจจุบันมีวิถีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ ต้องการความสะดวกสบายในการซื้อหาวัตถุดิบมาปรุงอาหารและยังคงคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของวัตถุดิบดังกล่าว ซึ่งหนึ่งในส่วนผสมสำหรับเมนูอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคก็คือเนื้อกุ้งขาวต้ม นั่นเอง โดยนอกจากจะต้องคำนึงถึงความสะอาดสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคแล้ว ยังต้องคำนึงถึงวิธีการเก็บรักษาก่อนจะถึงผู้บริโภคด้วย

วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น ด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากสารกันหืน เช่น โพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชาเขียวและกรดแอสคอร์บิก นั้นไปชะลอการเน่าเสียในส่วนที่มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่การใช้สารกันหืนทั้งสองชนิดในปริมาณมากเกินไปยังมีข้อจำกัดที่ส่งผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ขณะที่การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนของก๊าซต่างไปจากบรรยากาศปกติ ทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในกุ้งขาวซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญถูกชะลอลง โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุเข้าไปภายใน มีผลไปชะลอช่วง log phase ของจุลินทรีย์ออกไปได้ ดังนั้นการใช้ทั้งสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในบรรยากาศในอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อกุ้งขาวสุกจึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษา

เนื้อกุ้งขาวสุกที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้มีการเน่าเสียช้าลง มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นรวมทั้งปลอดภัยต่อการบริโภค เป็นประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าทั้งการส่งออกและการจำหน่ายภายในและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของการปรับสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อกุ้งขาวให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของการเคลือบสารละลายอัลจิเจตผสมสารกันหืน ร่วมกับการปรับสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวสุก โดยนำเนื้อกุ้งขาวสุกมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% แล้วนำเนื้อกุ้งสุกไปบรรจุที่สภาวะปรับบรรยากาศต่างๆ กัน แล้วนำมาแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา ทุก ๆ 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน หรือผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงอัตราส่วนก๊าซสำหรับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวสุกเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนได้
2. นำความรู้จากงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการปรับใช้เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งขาวได้

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. กุ้งขาว

1.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาว

กุ้งขาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* ชื่อที่เรียกกันทั่วไปคือ Pacific white shrimp, White leg shrimp มีลำตัวขาวใส ขามีสีขาว หางสีแดงกุ้งขาว เป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง มีเปลือกประกอบด้วยสารไคตินห่อหุ้มลำตัว เปลือกกุ้งแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนหน้าหุ้มหัวและอกซึ่งรวมเป็นส่วนเดียวกันเรียกว่า ส่วนหัว (Carapace) ส่วนลำตัว (Abdomen) เป็นข้อปล้องอยู่ถัดจากหัว แต่ละปล้องมีรยางค์ 1 คู่ นัยน์ตาเป็นตารวม ก้านตาโยกคลอนได้ มีหนวด 2 คู่ มีขา 5 คู่ ทำหน้าที่เป็นก้ามหนีบและขาเดิน กรีของกุ้งขาวมีแนวตรงปลายงุ้มลงเล็กน้อย เมื่อโตขึ้นฟันกรีด้านบนจะมี 8 ฟัน และด้านล่าง 2 ฟัน ความยาวของกรียาวกว่าลูกตาไม่มาก อวัยวะภายในของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณส่วนหัว ประกอบด้วยหัวใจ ระบบประสาท และอวัยวะสืบพันธุ์ อวัยวะย่อยอาหาร ที่สังเกตเห็นเด่นชัดที่สุดคือลำไส้ของกุ้งชนิดนี้จะโตเห็นได้ชัดและตัวเมียจะใหญ่กว่าตัวผู้ กระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นถุงอยู่บริเวณอก ถัดมาเป็นส่วนลำไส้ทอดไปตามแนวสันหลัง อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับและตับอ่อน มีลักษณะเป็นถุงอ่อนนุ่มสีเหลืองแสดซึ่งมักเรียกว่า มันกุ้ง กุ้งสดในแต่ละสายพันธุ์มีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเม็ดสีและขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต อายุ พันธุ์ โดยเม็ดสีที่มีผลต่อสีของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณผิวใต้เปลือก กลุ่มเม็ดสีที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ แคโรทีนอยด์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) Boone, (1931) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของกุ้งขาวไว้ดังนี้

Phylum : Arthropoda

Class : Malacostraca

Order : Decapoda

Family : Penaeidae

Genus : Litopenaeus

Species : *Litopenaeus vannamei*

1.2 การเลี้ยงกุ้งขาว

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยมี 2 ลักษณะ แยกตามระดับความเค็มของน้ำ คือ ลักษณะแรกเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดและในพื้นที่ภาคกลาง ภิญโญ (2545) ได้อธิบายว่าการเลี้ยงกุ้งขาวโดยใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะซื้อน้ำเค็มความเข้มข้นสูงจากนาเกลือที่มีความเค็มประมาณ 100 – 200 ppt มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มของน้ำประมาณ 3 – 4 ppt จากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้ง ลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10 - 12 (พี 10 - 12) ซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้วมาเลี้ยง การเลี้ยงในลักษณะต่อมาคือ การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ เกษตรกรโดยส่วนใหญ่ในภาคใต้นิยมเลี้องด้วยวิธีนี้ ใช้น้ำความเค็มน้ำประมาณ 10 ppt ขึ้นไป จะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง

1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของกุ้งขาว

ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกกุ้งขาวคิดเป็นร้อยละ 23 ของการส่งออกกุ้งทั่วโลก โดยตลาดที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป ทั้งนี้ปริมาณการผลผลิตในปี 2554 ของการเลี้ยงกุ้งทะเล 600,000 ตัน คิดเป็นกุ้งขาวแวนนาไมถึงร้อยละ 99 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด สร้างรายได้ให้ประเทศปีละไม่ต่ำกว่าแสนล้านบาท ซึ่งผลผลิตประมาณร้อยละ 30 ของกุ้งขาวที่ผลิตได้ทั้งประเทศนั้นได้จากการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด ส่วนภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยนั้นมีผลผลิตประมาณร้อยละ 60 และภาคใต้ฝั่งอันดามันมีผลผลิตร้อยละ 10 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ ประกอบกับแนวโน้มความต้องการของตลาดในเอเชียโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีนมีมากขึ้น ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยที่จะสามารถส่งออกกุ้งขาวจึงยังคงมีอยู่สูงและเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี โดยผลิตภัณฑ์กุ้งเพื่อการส่งออกแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ กุ้งแช่เย็นแช่แข็ง และกุ้งแปรรูป (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

นอกจากตลาดส่งออกต่างประเทศแล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองให้ความนิยมบริโภคกันเช่นกัน เนื่องจากรสชาติอร่อย และราคาไม่สูงมาก รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยในกุ้ง 100 กรัม มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีเพียงอย่างละร้อยละ 0.9 และยังมีแร่ธาตุต่างๆ มากมาย อาทิเช่น โดยมีแคลเซียม 79.00 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 184.00 มิลลิกรัม เหล็ก 1.60 มิลลิกรัม ไทอะมีน 0.40 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.08 มิลลิกรัม ไนอะซีน 2.30 มิลลิกรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ส่งออกจากกุ้งมีตั้งแต่การแปรรูปขั้นต้น เช่น กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง ไปจนถึงการแปรรูปในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น จากแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำเกษตรกรเลี้ยงกุ้งกันอย่างแพร่หลาย

แม้ว่าเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งขาวจะพัฒนาจนสามารถประสบผลสำเร็จในเชิงพาณิชย์ สร้างรายได้ให้เกษตรกรเป็นจำนวนมากแล้วก็ตาม แต่ยังคงพบปัญหาที่ต้องปรับปรุงอีก คือ การเกิดโรคในกุ้งระหว่างการเพาะเลี้ยง เมื่อเลี้ยงได้แล้วยังเกิดปัญหาอีกหลายประการ เช่น การเกิดสีน้ำตาลในกุ้ง และปัญหาเนื้อกุ้งนิ่มเละ ซึ่งทำให้คุณภาพวัตถุดิบกุ้งสดก่อนการแปรรูปมีคุณภาพน้อยลงอันส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูปรวมถึงการยอมรับของผู้บริโภคด้วย

2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

กุ้งขาวเมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด โดยทันทีที่กุ้งตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีววิทยาอันมีผลต่อคุณภาพของกุ้งเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทำให้มีเกิดการเสื่อมคุณภาพและมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และอุณหภูมิการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียในสัตว์น้ำเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) โดยในส่วนของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ย่อยโปรตีนชนิดต่างๆ ได้แก่ เอนไซม์คาเทปซิน (Cathepsin) ทริพซิน (Trypsin) เปปซิน (Pepsin) และคอลลาจีเนส (Collagenase) ทำให้ได้โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำและกรดอะมิโนอิสระ โครงสร้างมีลักษณะหลวมและอ่อนตัว การยอมรับของผู้บริโภคลดลง นอกจากนี้สารประกอบที่เป็นผลจากการย่อยสลายของเอนไซม์เหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย

การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า TVB-N เปนดัชนี ตรวจวัดการเนาเสียโดยวัดปริมาณดางระเหยไดทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรียที่ทำใหสัตว์น้ำเนาเสียเกิดเปนสารต่างๆ ได้แก่ Trimethyl amine (TMA), Dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย (NH_3) (Banks *et al*., 1980) นอกจากนี้ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ Glycolysis การสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ ซึ่งรวมถึงการสลายตัวของ Adenosine triphosphate (ATP degradation) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า K เปนดัชนีวัดการเนาเสียโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารสารประกอบนิวคลีโอไทด์ จาก ATP เป็น Adenosine diphosphate (ADP), Adenosine monophosphate (AMP), Inosine monophosphate (IMP), Inosine (HXR), Hypoxanthin (HX) (Botta, 1995)

การเน่าเสียจากจุลินทรีย์รวมถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำเช่นกัน โดยแหล่งของการปนเปื้อน ได้แก่ สภาวะแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ เช่น แหล่งน้ำ อุณหภูมิ เครื่องมืออุปกรณ์ในการจับสัตว์ การขนส่งและแปรรูป รวมถึงในระหว่างการเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย (Huss *et al*., 1997) กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่พบบ่อยในกุ้งคือ กลุ่ม Staphylococcus, กลุ่ม Salmonella, กลุ่ม Vibrio และกลุ่ม Coliform ซึ่งหากผู้บริโภครับประทานกุ้งที่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ดังกล่าวจะทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง และอาหารเป็นพิษ รวมทั้งยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสเลือดด้วย

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของกุ้งต้ม

เนื่องจากกุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำที่มีความชื้นในปริมาณสูงรวมทั้งมีโปรตีนที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อย จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่กุ้งตาย ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่อคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย และความสะดวกต่อการบริโภคทำให้ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในลักษณะที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมปรุงหรืออาหารพร้อมรับประทานมากขึ้น ซึ่งกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีและช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพในกุ้งมีหลายวิธีการ ได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

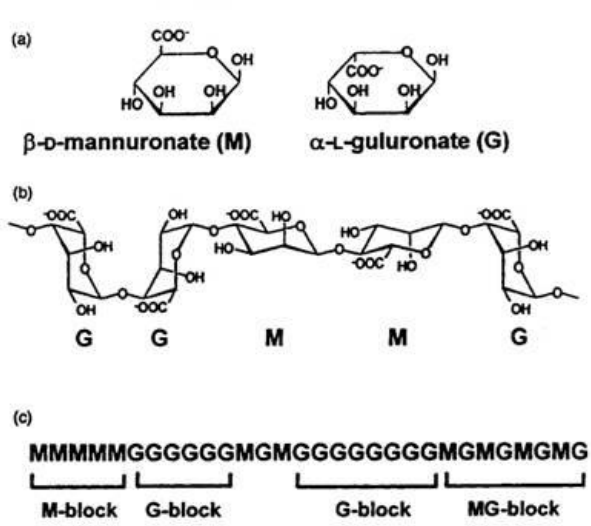
การใช้ความร้อนในการแปรรูปสามารถช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ รวมทั้งยังช่วยหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้เนื้อสัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพได้อีกด้วย โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร แบ่งได้ 2 ระดับ ได้แก่การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนสูงกว่าจุดเดือด โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด เป็นการใช้ความร้อนเพื่อการทำลายจุลินทรีย์บางส่วนในอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เรียกการใช้ความร้อนในระดับนี้ว่า การพาสเจอไรเซชัน (Pasteurization) ความร้อนจะช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้ ผลิตภัณฑ์เนื้อที่นิยมใช้ความร้อนระดับนี้ ได้แก่ แฮม เบคอน และไส้กรอก เป็นต้น โดยทั่วไปมักให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 65 - 75 องศาเซลเซียส นอกจากความร้อนจะช่วยทำลายจุลินทรีย์แล้วยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่นและมีความคงตัว วิธีการพาสเจอร์ไรส์แบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีใช้ความร้อนต่ำ - เวลานาน (LTLT : Low Temperature - Long Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียส วิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอีกวิธีคือ การใช้ความร้อนสูง - เวลาสั้น (HTST : High Temperature -

Short Time) เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรกแต่ใช้เวลาน้อยกว่าคืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส คงไว้เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลง กล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส ซึ่งวัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรซ์ คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารยาวนานขึ้น และรักษารสชาติของอาหารให้เหมือนรสชาติดั้งเดิม

3.2 การใช้สารสกัดอัลจิเนต

อัลจิเนตหรืออัลจินเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในทางอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ผลิตอัลจิเนต ได้แก่ *Macrocystis pyrifera* มีอัลจิน ประมาณ 14-19 %, *Laminaria cloustoni* และ *Laminaria digitata* มีอัลจินประมาณ 15-40 % ปริมาณที่พบจะขึ้นกับชนิดของสาหร่าย ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่วไปในโลก 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 - 1 สัดส่วนของ Copolymer และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจิเนต



ภาพที่ 2 - 1 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ

ที่มา : Phillips and Williams (2000)

สำหรับงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงถึงประสิทธิภาพของอัลจิเนตต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Neetoo *et al.* (2010) พบว่า การนำสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมแลกเตต สารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมไดอะซิเตตมาเคลือบบนเนื้อปลาแซลมอนรมควัน ช่วยลดจำนวน *Listeria monocytogenes* ในปลาแซลมอนรมควันเย็นที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับการแทนที่สารอัลจิเนตด้วยคาราจีแนน เพคติน และเจลาติน โดยในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ตัวอย่างเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารใดเลยซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมมีจำนวน *L. monocytogenes* คือ 6.8 log CFU/g แต่เนื้อปลาที่เคลือบด้วยสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมแลกเตต 2.4% และ เนื้อปลาที่เคลือบด้วยสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมไดอะซิเตต 0.25% มีจำนวน *L. monocytogenes* เป็น 3.3 และ 3.8 log CFU/g ตามลำดับ ส่วน Lu *et al*. (2010) ศึกษาการใช้แคลเซียมอัลจิเนตร่วมกับสารหลายชนิด 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 ไม่ว่า จะเป็นค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณ TVB-N ปริมาณ TBA ได้ดีกว่า Y0 และ Y2 จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอัลจิเนตช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำได้

3.3 การใช้สารกันหืน

การเสื่อมเสียของสัตว์น้ำสาเหตุหนึ่งเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์น้ำที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง (Autoxidation) ทำให้เกิดสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในอาหาร แหล่งของกลิ่นรสผิดปกติที่เกิดขึ้น คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในเนื้อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่เกิดอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน ระดับความไม่อิ่มตัวของไขมัน วัตถุกันหืน โลหะ และตัวเร่งอินทรีย์ เช่น เอนไซม์ กรรมวิธีการแปรรูป ภาชนะบรรจุ แสงสว่าง และอุณหภูมิ เมื่อสัตว์น้ำเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีจะส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ซื้อสินค้านั้น ดังนั้นวิธีการป้องกันหรือชะลอปฏิกิริยาดังกล่าวจึงเป็นที่ต้องการ ซึ่งหนึ่งในหลายๆ วิธีนั้นได้แก่การใช้สารกันหืน ซึ่งหมายถึง สารที่ใช้เพื่อชะลอการเสียของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยลักษณะของการเสียเนื่องจากปฏิกิริยารวมถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหาร การหืน อาหารมีสีผิดปกติ กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป คุณค่าทางโภชนาการลดลง และบางครั้ง

อาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้นด้วย เป็นต้น กลไกในการทำงานของสารกันหืน คือ เมื่อเติมสารกันหืนลงไปในอาหารที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย สารกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไปด้วย เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันทำปฏิกิริยากับวัตถุกันหืนที่เติมลงไปจะเหลืออนุมูลของวัตถุกันหืนซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมากและเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัว ดังนั้นผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยาดังกล่าวก็จะลดลง คุณภาพของสัตว์น้ำจึงยังคงมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่

งานวิจัยหลายชิ้นได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารกันหืนต่อการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำ อาทิเช่น Li *et al*. (2012) พบว่า การจุ่มเนื้อปลา Yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ในสารละลายผสมระหว่างสารสกัดโพลีฟีนอลจากชา (TP) 0.2% กับสารสกัดจากโรสแมรี่ 0.2% และเคลือบซ้ำอีกขั้นด้วยไคโตซาน (C) ก่อนนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อปลาดังกล่าวมีคุณภาพดีกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสมและมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ 8-10 วัน ส่วน Lin and Lin (2005) ได้ศึกษาผลของการเคลือบเนื้อปลาโอด้วยสารสกัดจากชาหลายๆ พบว่า การใช้สารสกัดจากชาเขียว (Green tea) และสารสกัดจากชา Pouchong tea ความเข้มข้น 5% ช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารสกัดจากชาดำ (black tea) และเนื้อปลาโอที่เคลือบด้วยสารสกัดจากชาทุกชนิดมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ ขณะที่ Khan *et al.* (2006) ได้นำหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) ไปจุ่มในกรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นสารกันหืนชนิดหนึ่ง พบว่าหอยแมลงภู่ที่นำไปจุ่มกรดแอสคอร์บิกมีอัตราการเพิ่มและปริมาณ TBARS น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งนาน 5 วัน ซึ่งการวัดปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) นั้นเป็นการวัดปริมาณสารที่เป็นผลลัพธ์อันเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วน Zambuchini *et al*. (2008) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลา *Solea solea* โดยการนำไปจุ่มในสารละลาย Ellagic acid (EA) สารละลายกรดแอสคอร์บิก (l-AA) สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบต (SA) และสารละลายผสมของสารทั้ง 3 ชนิด พบว่า สารละลาย EA เข้มข้น 3% และสารละลายผสมระหว่าง l-AA เข้มข้น 1.71% กับ SA เข้มข้น 1.98% ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ทนเย็น และ แบคทีเรีย Pseudomonas ในเนื้อปลาที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส ได้เป็นอย่างดี ทำให้เนื้อปลามีอายุการเก็บรักษาได้นาน 10 วัน ขณะที่ตัวอย่างที่ไม่แช่สารมีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน ขณะที่การศึกษาของ Song *et al*. (2011) ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเนตต่ออายุการเก็บรักษาปลากะพงแช่เย็น โดยนำเนื้อปลากะพงมาเคลือบด้วยสารต่างๆ ได้แก่ แคลเซียมอัลจิเนต (T1) แคลเซียมอัลจิเนตผสมวิตามินซี 5 % (T2) แคลเซียมอัลจิเนตผสมโพลีฟีนอล (T3) โดยมีเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบเป็นตัวอย่างควบคุม (C) พบว่า เนื้อปลาที่เคลือบแบบ T2 มีจำนวนจุลินทรีย์

ทั้งหมดน้อยกว่า T1 และ T3 และเนื้อปลาที่เคลือบทุกแบบ (T1, T2 และ T3) ช่วยลดการสูญเสียน้ำของเนื้อปลา ลดการเน่าเสีย ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีทั้งค่าความเป็นกรดด่าง TVBN และ TBA ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่ม การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสารกันหืนเช่น สารสกัดจากชาและแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมในการเป็นสารเคลือบที่เนื้อสัตว์น้ำเพื่อลดการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำได้

3.4 การบรรจุแบบปรับบรรยากาศ

การบรรจุแบบปรับบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging, MAP) หมายถึง การปรับองค์ประกอบบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างจากองค์ประกอบของบรรยากาศปกติ โดยปรับองค์ประกอบของบรรยากาศเฉพาะตอนเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่านั้น โดยทั่วไปในการปรับบรรยากาศนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดร่วมกัน เพื่อยับยั้งและชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ กลไกการทำงานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ การเข้าแทนที่ก๊าซออกซิเจนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ (aerobic microorganism) ส่งผลให้ Lag phase ยาวนานขึ้นและยังมีผลต่อจุลินทรีย์ microflora นอกจากนี้ ก๊าซ CO_2 ยังมีผลต้าน pathogenic bacteria อีกทั้งเมื่อก๊าซ CO_2 ที่ละลายน้ำจะให้กรดคาร์บอนิกซึ่งมีผลในการปรับสภาวะของเนื้อให้เป็นกรด การสลายตัวของกรดคาร์บอนิกอย่างรวดเร็ว จะได้เป็นเกลือไบคาร์บอเนต (HCO3-) และไฮโดรเจนไอออน(H +) และประจุที่เกิดจากก๊าซ CO_2 จะไปมีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของของเหลวที่ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกรดไขมันและกรดอะมิโน รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อกระบวนการ metabolic pathways โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรีย การบรรจุอาหารทะเลในภาชนะบรรจุที่ปรับสภาวะบรรยากาศให้ผลในการเก็บรักษาที่ดีเพราะอาหารทะเลมี myoglobine ต่ำกว่าเนื้อแดง ซึ่งเนื้อแดงจะมีสีซีดลงจนเป็นสีน้ำตาลหากใช้ก๊าซ CO_2 มากกว่าร้อยละ 20 ในภาชนะบรรจุ (Silliker et al., 1977) ส่วนกลไกการทำงานของก๊าซ N_2 นั้นถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการยุบตัวของภาชนะบรรจุอาหารที่บรรจุด้วยก๊าซ CO_2 ปริมาณสูง เนื่องจากก๊าซ CO_2 สามารถละลายได้ไนไขมันของเนื้อสัตว์ ดังนั้นก๊าซไนโตรเจนสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อย ละลายในน้ำและไขมันได้ต่ำเมื่อเทียบกับก๊าซ CO_2 การใช้ MAP มักใช้ควบคู่กับการใช้ความเย็น ซึ่งควรใช้อุณหภูมิร่วมกับ MAP ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิ 3.3 องศาเซลเซียส

มีการศึกษาผลของ MAP ต่อเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเป็นจำนวนมาก เช่น Lennelorgue et al. (1982) ศึกษาผลของ MAP ใน brown shrimp (*Penaeus aztecus*) โดยใช้ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 100 ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 66 ผสมกับ N_2 ร้อยละ 34 ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 38 ผสมกับ N_2 ร้อยละ 62 ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 65 ผสมกับ N_2 ร้อยละ 35 และใช้ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 35 ผสมกับ N_2 ร้อยละ 65 เก็บรักษาในน้ำแข็งอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทุก 3, 6, 10, 14 และ 19 วัน ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นอยู่ที่ 5.8x10 4 CFU/g และเมื่อใช้ก๊าซ CO_2 ทำให้ Lag phase ของแบคทีเรียนานขึ้นหลังเก็บ 14 วัน ตัวอย่างที่ใช้ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 100 พบจุลินทรีย์ 1.7x10 6 CFU/g และตัวอย่างที่ใช้ก๊าซ N_2 ร้อยละ 100 พบจุลินทรีย์ 108 CFU/g ส่วน Cann (1983) แนะนำการใช้ MAP ในปลาเนื้อขาว scampi กุ้ง และ scallop ควรใช้ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 40 ก๊าซ N_2 ร้อยละ 30 และก๊าซ O_2 ร้อยละ 30 จะให้ผลดีที่สุด สำหรับปลาที่มีไขมันสูง เช่น ปลาแซลมอน (salmon) ปลาเทราท์ (trout) ปลาเฮอร์ริง (herring) และปลาแมกเคอเรล (mackerel) รวมทั้งผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่รมควัน ควรใช้ก๊าซ CO_2 ร้อยละ 60 ผสมกับก๊าซ N_2 ร้อยละ 40 ปลาแล่ที่มีเนื้อขาวควรบรรจุปลา 3 ส่วนต่อก๊าซ 1 ส่วน จะยืดอายุการเก็บได้มากถึงร้อยละ 50 ในหอยหรือกุ้งควรเก็บในภาชนะที่มีก๊าซร้อยละ 30 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเกิดจุดดำได้ งานวิจัยของ Fagan et al. (2004) ได้ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศร่วมกับการแช่แข็งต่อคุณภาพของปลาคอดดิบ ปลาทู และปลาแซลมอนบางส่วน โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ร่วมกับการแช่แข็ง โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศสำหรับปลาทูและปลาแซลมอนที่สภาวะ N_2 60% : CO_2 40% และสำหรับปลาคอดบรรจุที่สภาวะ N_2 30% : CO_2 40% : O_2 30% พบว่าปลามีความคงตัวในระหว่างการบรรจุแบบแช่แข็งด้วย CO_2 100 % สามารถเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นได้นาน 5 วัน สำหรับปลาคอดและปลาทู ส่วนปลาแซลมอนเก็บได้นาน 7 วัน ส่วนตัวอย่างที่บรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศมีการย่อยสลายต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในอากาศ อย่างไรก็ตามการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศไม่มีผลต่อกลิ่นหรือคะแนนการยอมรับ แต่มีผลต่อสีของเนื้อ 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 และ

การบรรจุถุงธรรมดาเก็บได้เพียง 3 วัน ขณะที่ 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) ก็พบต่ำสุดในเนื้อปลาที่บรรจุแบบสภาวะปรับบรรยากาศเช่นกัน สอดคล้องกับ Silvertsvik (2007) ได้ศึกษาปริมาณก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อปลาคอด (*Gadus morhua*) ในระยะก่อนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (pre - rigor) โดยนำเนื้อปลาคอดในระยะก่อนการเกร็งตัวมาบรรจุด้วยปริมาณก๊าซต่างๆกัน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยา พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและจุลินทรีย์ทนความเย็นในเนื้อปลาคอดแล่มีจำนวนลดลงเมื่อบรรจุในสภาวะที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอัตราส่วนของก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อปลาคอดในระยะก่อนการเกร็งตัว คือ ปริมาณ O_2 63 มิลลิลิตร/ 100 มิลลิลิตร และปริมาณ CO_2 37 มิลลิลิตร/ 100 มิลลิลิตร และ Gong et al. (2008) ได้ศึกษาการเพิ่มอายุการเก็บรักษากุ้งนาง (*Cherax quadricarinatus*) ที่ทำให้สุกบางส่วนด้วยการปรับสภาวะการบรรจุ โดยนำกุ้งที่ผ่านการทำให้สุกบางส่วน (จุ่มในน้ำเดือดนาน 2 นาที) แกะเปลือกออกและนำมาบรรจุ 3 แบบ ได้แก่ บรรจุภายใต้สภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่สภาวะ 80% CO_2: 10 % O_2 : 10% N_2 สภาวะสุญญากาศ (VP) และบรรจุถุงธรรมดา (PVCP ; ตัวอย่างควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่า การบรรจุกุ้งแบบ MAP สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ดีกว่า VP และ PVCP และการบรรจุกุ้งแบบ MAP ยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดด่าง การสูญเสียน้ำ และการนิ่มเละของเนื้อสัมผัสได้ดีกว่า VP และ PVCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถนำการบรรจุแบบ MAP ไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษากุ้งที่ทำให้สุกบางส่วน สำหรับวางขายในร้านค้าทั่วไปได้ สอดคล้องกับ Lu (2009) ได้ศึกษาผลของสารยับยั้งแบคทีเรียและการปรับสภาวะการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษากุ้ง (*Fenneropenaeus chinensis*) พบว่า กุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะ (MAP) ที่สภาวะ 40% CO_2: 30 % O_2 : 30% N_2 และกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบสภาวะ 100% CO_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ 10^7 cfu/g ในวันที่ 13 ของการเก็บรักษา ขณะที่กุ้งที่บรรจุในน้ำโอโซน และตัวอย่างควบคุม (น้ำเปล่า) มีจำนวน

จุลินทรีย์ 10^7 cfu/g ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนปริมาณ TVB - N ในกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ MAP มีค่ามากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (mg/100g) ในวันที่ 17 ของการเก็บรักษา ในขณะที่กุ้งที่บรรจุในน้ำโอโซนและตัวอย่างควบคุมมีค่า TVB - N เกินมาตรฐานในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาและในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 17) กุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ MAP และกุ้งที่เติมสารยับยั้งแบคทีเรียร่วมกับการบรรจุแบบ CO_2 100% มีปริมาณ TVB - N ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 กุ้งขาวที่ซื้อจากสะพานปลา ต.อ่างศิลา จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมิถุนายน – สิงหาคม ปี 2559 (ขนาดกุ้ง 60-70 ตัว/กิโลกรัม)

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

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

1.1.4 ชาเขียว ชนิด food grade (บริษัทวิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด)

1.1.5 วิตามินซี ชนิด food grade (โซเดียมแอสคอร์เบท)

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มกุ้ง

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3.2 ถุงพลาสติกบรรจุอาหาร (ขนาด 15x25 เซนติเมตร ความหนา 80 ไมครอน)

1.3.3 ถุงพลาสติกชนิด Cast Polyropropylene (PVDC/ PA/ CPP) Center seal และ Polyvinylidene Chloride Polyamide ขนาด 180×30×250 มิลลิเมตร ความหนา 20/40 ไมครอน ค่า Water vapor permeability เท่ากับ 4 g / m 2 * 24 hrs. Oxygen permeability เท่ากับ 10 cc / m 2 * 24 hrs. ที่อุณหภูมิ 20 - 25 องศาเซลเซียส

1.3.4 เครื่องบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Multivac, ModelA 300/16. Germany)

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 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-HD texture analyzer, UK)

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

1.4.8 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.9 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.10 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

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

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วแกะเปลือกและเอาไส้ออกจากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วจุ่มเนื้อกุ้งในน้ำผสมน้ำแข็ง นาน 10 วินาที (กุ้ง 150 กรัม/ น้ำผสมน้ำแข็ง 1 ลิตร) ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที ก่อนนำตัวอย่างไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.2 การเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

นำเนื้อกุ้งต้มที่แกะได้จากข้อ 2.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน คือ สารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% ใน 0.002% sodium alginate (green tea and vitamin C incorporate alginate- base coating) เคลือบเป็นเวลา 5 วินาที จากนั้น ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายที่ใช้เคลือบนาน 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียม-คลอไรด์ 0.002% นาน 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนโดยการแช่ตู้เย็นจนสารละลายมีอุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของเนื้อกุ้งขาวต้มต่อสารละลาย คือ เนื้อกุ้งขาวต้ม 150 กรัม : สารละลาย 1 ลิตร ส่วนการทิ้งให้สะเด็ดสารละลายนั้นควบคุมอุณหภูมิโดยนำกุ้งขาวต้มไปวางบนตะแกรงสแตนเลสที่อยู่เหนือผิวหน้าน้ำแข็งในลังโฟม (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558)

2.3 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

คัดเลือกผู้ทดสอบมาทำการฝึกทดสอบให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยให้ผู้ทดสอบดูลักษณะภายนอก ดมกลิ่นและรับประทานเนื้อกุ้งขาวต้ม จากนั้นให้คะแนนในแบบประเมิน ซึ่งใช้การให้คะแนนตามเกณฑ์ (ภาคผนวก ข) (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ซึ่งการฝึกผู้ทดสอบเป็นการให้ผู้ทดสอบทั้ง 25 คนมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ โดยให้ผู้ทดสอบรับประทานเนื้อกุ้งขาวต้มแล้วให้ผู้ทดสอบให้คะแนนทางประสาทสัมผัสจากนั้นคัดเลือกผู้ทดสอบให้เหลือ 20 คน โดยดูจากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสเป็นตัวตัดสินว่าจะคัดเลือกผู้ทดสอบคนใดออก

2.4 ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

นำเนื้อกุ้งขาวต้มที่เตรียมจากข้อ 2.2 มาบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัว (13 ตัว/ถุง) โดยใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน ดังนี้

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TGC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM85 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2

TM55 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2

TM81 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2

TM51 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

บรรจุเนื้อกุ้งขาวต้มที่สภาวะตามชุดการทดลองข้างต้นด้วยเครื่องบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศโดยมีอัตราส่วนก๊าซ 1 : 2 และปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 4 วินาที ใช้ระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่างไม่เกิน 1 ชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่

2.4.1 คุณภาพทางเคมี

นำเนื้อกุ้งขาวต้มไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) แล้วนำเนื้อกุ้งที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ตามวิธี A.O.A.C. (2000), ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) ตามวิธีของ ตามวิธีของ Hasegawa (1987) โดยวิเคราะห์คุณภาพ ทุก 2 วัน นาน 30 วัน

2.4.2 คุณภาพทางกายภาพ

นำเนื้อกุ้งต้มมาวัดค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้ง (TA-HD texture analyzer, UK) ตรงบริเวณกึ่งกลางของเนื้อปล้องที่ 2 โดยวัดแรงเฉือน ตามวิธีของ Bourne (1982) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 30 วัน

2.4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

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

2.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามเกณฑ์ที่กำหนด (ภาคผนวก ข) (สวามินีธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) โดยนำตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มที่เก็บรักษาไว้มาใส่ในถ้วยสแตนเลสแล้วปิดด้วยกระดาษฟอยล์ จากนำไปอุ่นด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำเนื้อกุ้งขาวต้มได้ใส่ลงในถ้วยพลาสติกเพื่อให้ผู้ทดสอบ 20 คน (ที่ผ่านการฝึกจากข้อ 2.3) ได้ทดสอบและให้คะแนนตัวอย่างในคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ตามระดับคะแนน (ภาคผนวก ข) และบันทึกคะแนนลงใบทดสอบ (ภาคผนวก ก) เมื่อเปลี่ยนตัวอย่างถัดไปให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิของน้ำใกล้เคียงอุณหภูมิห้องทุกครั้ง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน

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

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) นาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% นาน 1 นาที ที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) แล้วบรรจุเนื้อกุ้งต้มในถุงพลาสติกลามิเนตชนิดอ่อนตัวโดยใช้สภาวะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกันและเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4$\pm$1 องศาเซลเซียส นั้น ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ คือ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

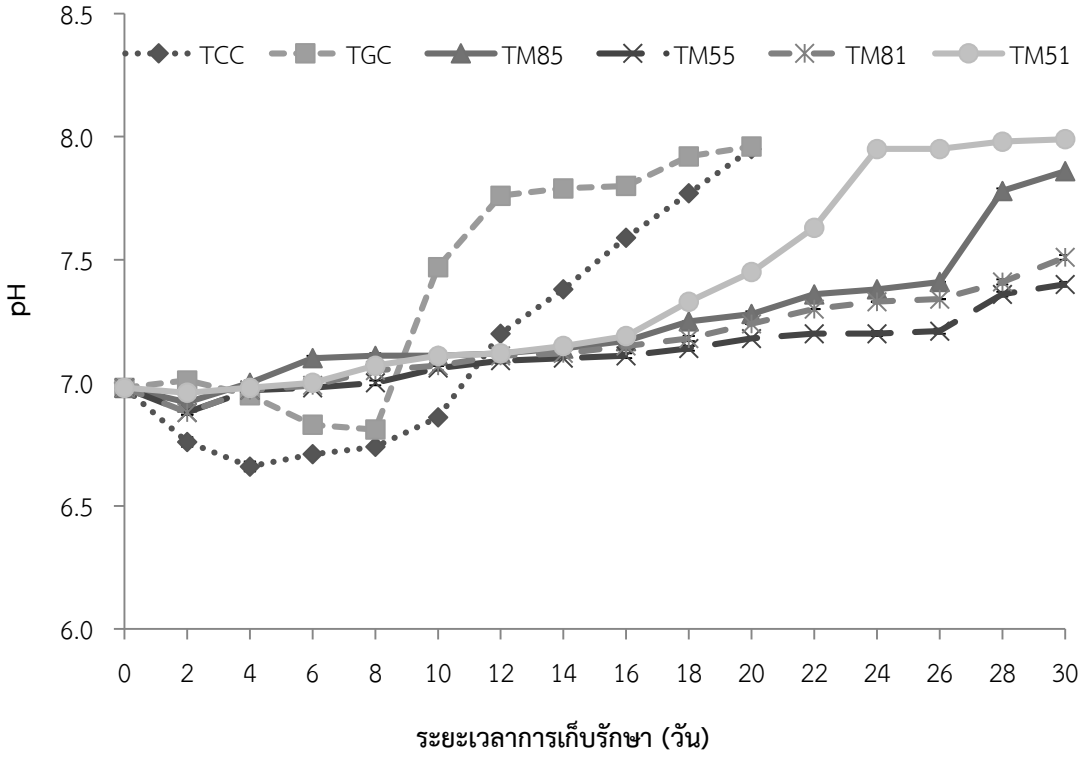
1. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้ม มีค่า 6.98 $\pm$ 0.01 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีค่าค่อยๆ ลดลงในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นค่าความเป็นกรดด่างจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) จนกระทั่งวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) มีค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างคงที่ ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนกระทั่งวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

ในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC และ TGC นั้นมีค่าความเป็นกรดด่าง 7.95 และ 7.96 ตามลำดับ ขณะที่ในวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กันนั้น มีค่าความเป็นกรดด่างเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ชุดการทดลอง TM51, TM85, TM81 และ TM55 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.99, 7.86, 7.51 และ 7.40 ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มี

การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าชุดการทดลองที่บรรจุแบบสภาพบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2
TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2
TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen; TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 16.28 – 16.48 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้นเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและบรรจุ

แบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กัน มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีปริมาณ TVB-N สูงที่สุดเท่ากับ 103.77 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เท่ากับ 39.32 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 28 ของการเก็บรักษา) และ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ที่มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 34.52, 34.54, 32.24 และ 30.87 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 30 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

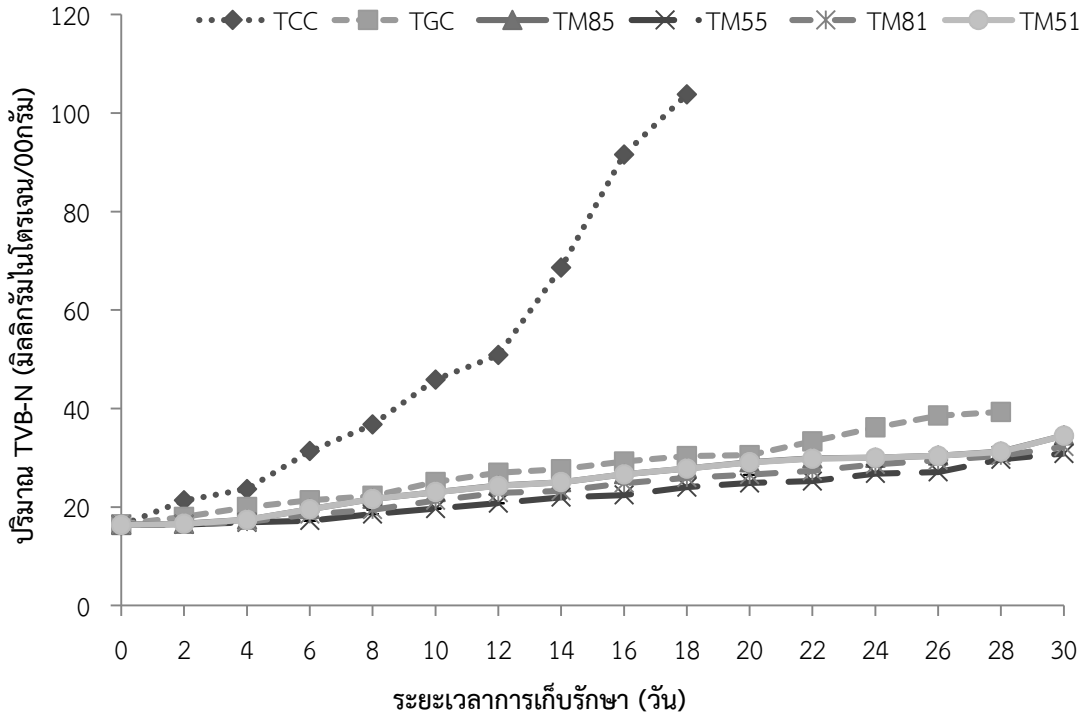
สำหรับผลการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีปริมาณ TVB-N มากกว่าชุดการทดลอง TGC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบสภาพบรรยากาศปกติมีปริมาณ TVB-N สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 โดยเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TM81, TM51 และ TM85, TGC และ TCC ตามลำดับ

1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA–N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 2.86 – 2.89 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กันนั้น มีปริมาณ TMA–N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีปริมาณ TMA–N มากที่สุดเท่ากับ 5.98 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เท่ากับ 5.08 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 24 ของการเก็บรักษา) และ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ที่มีปริมาณ TMA–N เท่ากับ 4.97, 4.90, 4.58 และ 4.30 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 30 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

อีกทั้งพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีปริมาณ TMA–N สูงกว่าชุดการทดลอง TGC ในส่วนของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบ

ปรับสภาพบรรยากาศนั้นมีปริมาณ TMA–N มากกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 โดยเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีปริมาณ TMA–N น้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

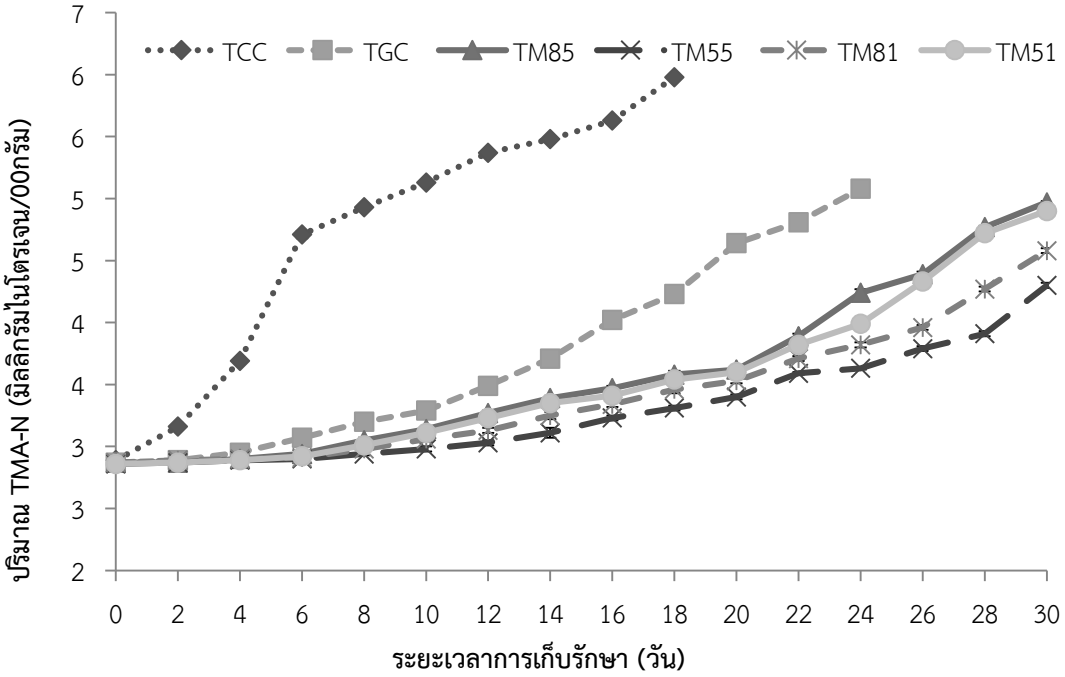
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2

TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2

TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2

TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2



ภาพที่ 4 – 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2

TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2

TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2

TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

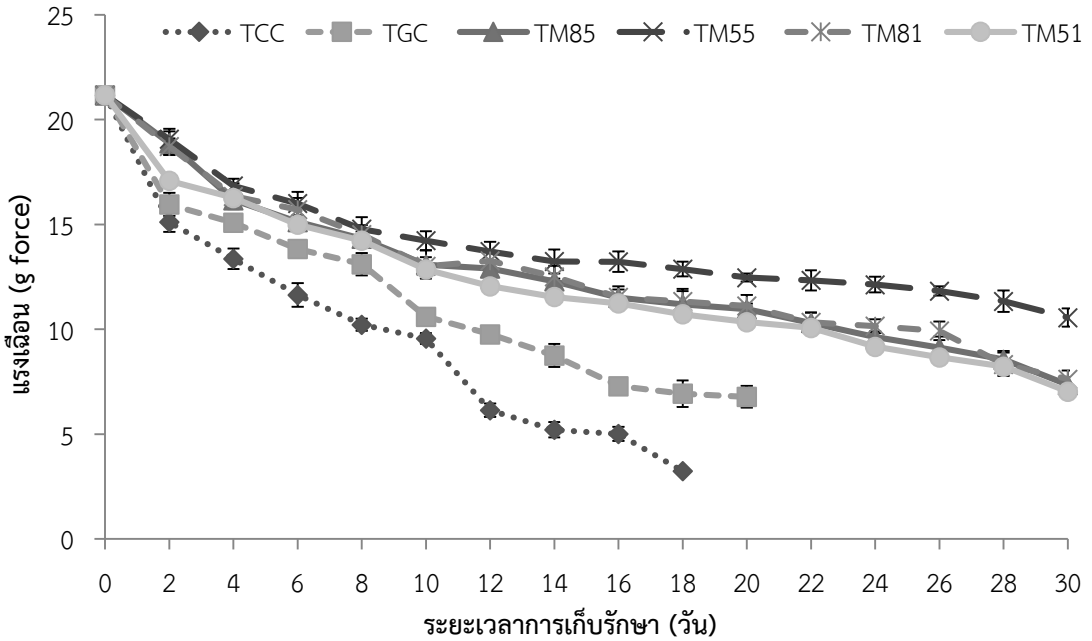
2. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

2.1 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม

ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่า 21.17 $\pm$ 0.38 g.force และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง ทั้งที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ รวมทั้งบรรจุแบบบรรยากาศปกติ มีค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) จนกระทั่งวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ วันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีค่าแรงเฉือนน้อยที่สุด คือ 3.24

และ 6.78 g.force ตามลำดับ ขณะที่วันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกันได้แก่ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 7.03, 7.35, 7.62 และ 10.56 g.force ตามลำดับ

รวมทั้งพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าชุดการทดลอง TGC และ เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาบรรยากาศซึ่งคือชุดการทดลอง TGC นั้น มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 โดยเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 4 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม (ปล้องที่ 2) เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2
TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2
TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

3. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total variable count, TVC)

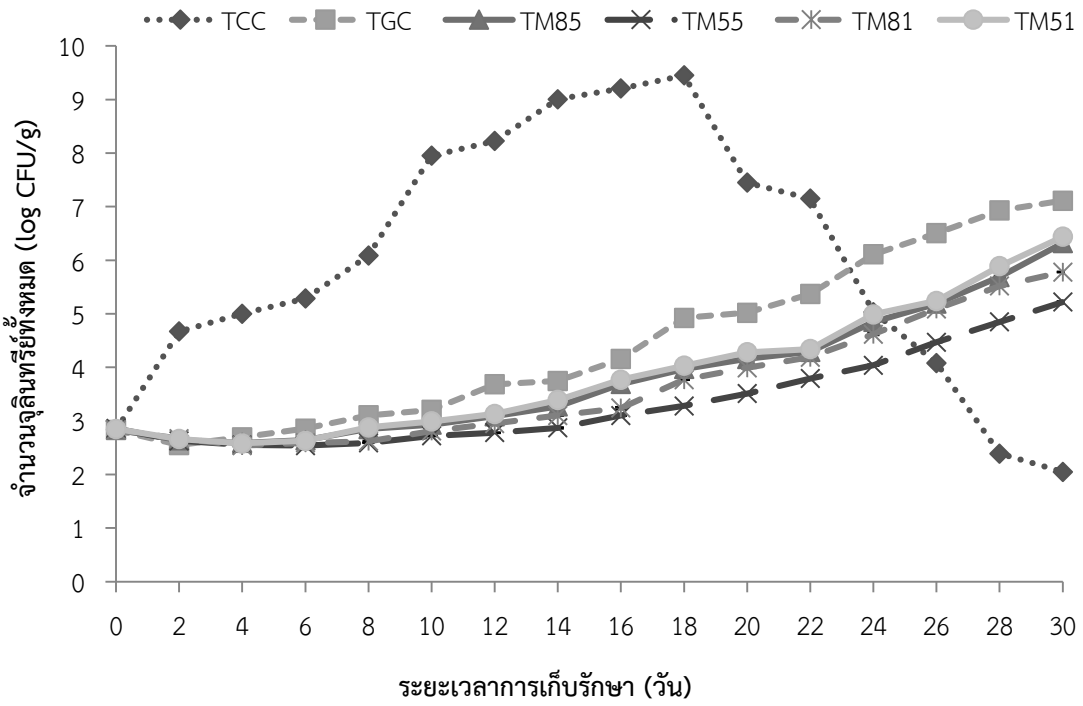
วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองเท่ากับ 2.81 – 2.86 log CFU/กรัม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 18 วันแรกของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 9.45 log CFU/กรัม และหลังจากวันที่ 18 จนถึงวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 5) โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.05 log CFU/กรัม

ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TGC ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนกระทั่งวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดย TGC มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 7.11 log CFU/กรัม ขณะที่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 6.44, 6.32, 5.78 และ 5.22 log CFU/กรัม ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า TGC และ TCC โดยเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TM81, TM85 และ TM51 ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน และชุดการทดลอง TGC และ TCC ตามลำดับ

3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้ม และกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและตัวอย่างที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กันนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli*



ภาพที่ 4 – 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2
TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2
TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

4. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

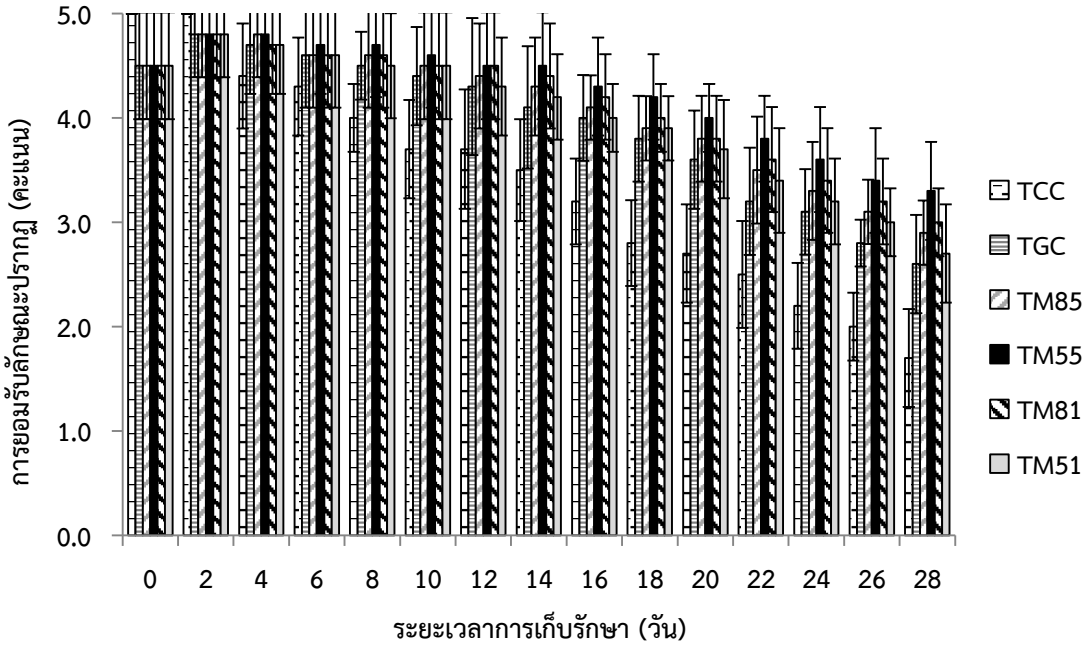
ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ได้รับการฝึกให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้ม ให้คะแนนในแบบประเมิน ซึ่งใช้ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตตามตารางผนวก ข - 1 (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) คุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติ โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ตามคำอธิบายคุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต คือ เนื้อกุ้งขาวต้มมีเนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงา สามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 6

ตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TGC ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) นั้นพบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมเหลืองจางๆ สามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้บ้าง เนื้อไม่ฉีกขาด แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่สูงขึ้นอยู่ที่ 4.70 – 4.80 คะแนน และยังพบว่า หลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาตัวอย่าง TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏจากผู้ทดสอบน้อยลงจนกระทั่งวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

ในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในทุกชุดการทดลอง (TCC, TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51) ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4 - 6 ตัวอย่างในชุดการทดลอง TM55 มีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงที่สุด คือ 3.33 คะแนน รองลงมาได้แก่ TM81, TM85 และ TM51 ได้ 3.00, 2.90 และ 2.70 คะแนน ตามลำดับ ส่วน TGC และ TCC มีระดับการยอมรับ 2.60 และ 1.76 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพปรับบรรยากาศ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงกว่า TGC และ TCC รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 6 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2

TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2

TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2

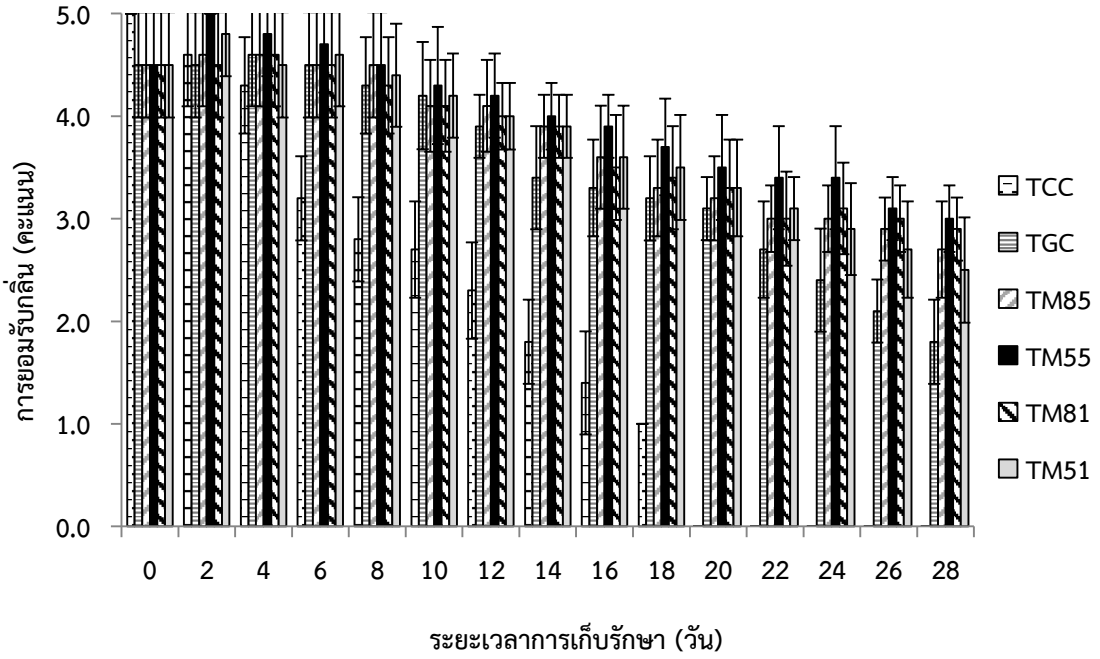
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุด คือ 5.00 คะแนน คือ เนื้อกุ้งต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจนตามคำอธิบายคุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบ แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 7

ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TGC ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กัน คือ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) พบว่า ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติแต่มีความเข้มของกลิ่นน้อย ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่สูงขึ้นอยู่ที่ 4.60 – 5.0 คะแนน และยังพบว่า หลังจากเก็บรักษาได้ 4 วัน ตัวอย่างในชุดการทดลอง TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51 ได้รับคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นน้อยลงจนกระทั่งวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

ผลการทดลองในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51 รวมทั้งวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC ตามลำดับนั้นได้รับคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4 - 7 โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง TM55 มีระดับการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุด คือ 3.00 คะแนน รองลงมาได้แก่ TM81, TM85 และ TM51 ได้ 2.90, 2.70 และ 2.50 คะแนน ตามลำดับ ขณะที่ TGC และ TCC มีระดับการยอมรับด้านกลิ่น 1.70 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ โดยพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพปรับบรรยากาศ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่า TGC และ TCC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ



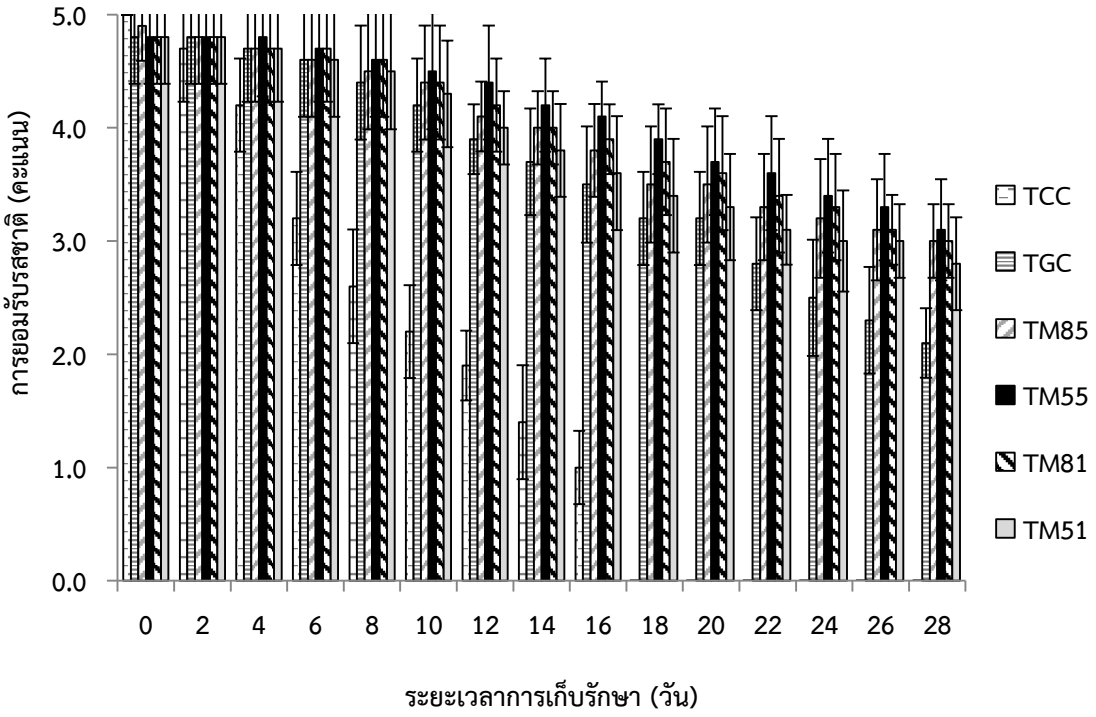
ภาพที่ 4 – 7 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2
TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2
TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มากที่สุดคือ 5.00 คะแนน ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TGC ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กัน คือ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) พบว่า ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติที่ 4.80 - 4.90 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนชุดการทดลอง TGC, TM85, TM55, TM51 และ TM81 มีระดับการยอมรับด้านรสชาติค่อนข้างคงที่ระหว่างวันที่ 0 – 2 ของการเก็บรักษา และหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปจึงมีระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังภาพที่ 4 - 8

ผลการทดลองในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51 รวมทั้งวันที่ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC ตามลำดับนั้น มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง TM55 มีระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุด คือ 3.10 คะแนน รองลงมาได้แก่ TM81, TM85 และ TM51 ได้ 3.00, 3.00 และ 2.80 คะแนน ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างในชุดการทดลอง TGC และ TCC มีระดับการยอมรับด้านรสชาติอยู่ที่ 2.10 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพปรับบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติ สูงกว่า TGC และ TCC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 8 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

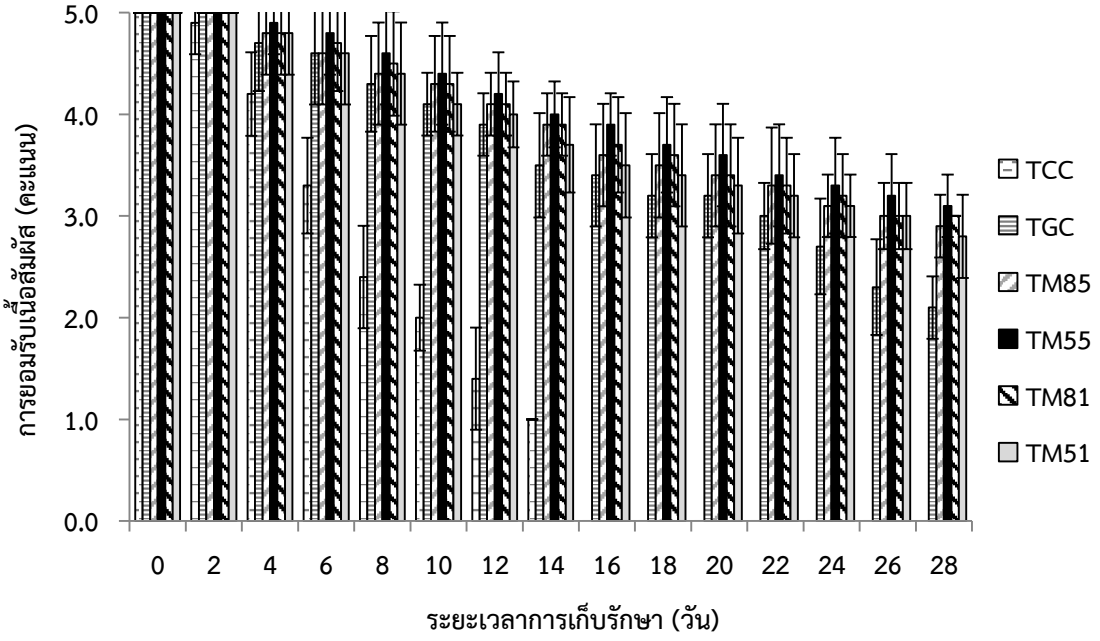
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2
TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2
TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด คือ 5.00 คะแนน ในเนื้อกุ้งขาวต้มทุกชุดการทดลอง (TCC, TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51) ซึ่งเนื้อกุ้งขาวต้มมีความยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนตัวอย่างในชุดการทดลอง TGC, TM85, TM55, TM51 และ TM81 มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสค่อนข้างคงที่ระหว่างวันที่ 0 – 2

ของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังภาพที่ 4 - 9

ส่วนผลการทดลองในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TGC, TM85, TM55, TM81 และ TM51 รวมทั้งวันที่ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC นั้น มีคะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง TM55 มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 3.10 คะแนน รองลงมาได้แก่ TM81, TM85 และ TM51 ได้ 3.00, 2.90 และ 2.80 คะแนน ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างในชุดการทดลอง TGC และ TCC มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสอยู่ที่ 2.10 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ TGC มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยกว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพปรับบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 อีกทั้งการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 9 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TGC คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ
TM85 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2
TM55 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2
TM81 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2
TM51 คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

จากคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดดังที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในชุดการทดลอง TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองเท่ากับ 6.98 $\pm$ 0.01 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) และ TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ลดลงระหว่างวันที่ 2 – 8 ของการเก็บรักษาหลังจากนั้นระหว่างวันที่ 8 – 30 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดด่างกลับมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากมีการสลายตัวของสารประกอบไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกในช่วงต้นของการเน่าเสีย ต่อมาเมื่อไกลโคเจนที่มีอยู่ถูกย่อยสลายจนหมดทำให้ปริมาณกรดแลคติกลดลงตามไปด้วย จากนั้นจุลินทรีย์ที่อาจยังหลงเหลืออยู่หลังจากการต้มสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยโครงสร้างโปรตีนในเนื้อกุ้งเพื่อนำธาตุอาหารต่างๆ ไปใช้ในการเจริญรวมทั้งเอนไซม์ดังกล่าวยังก่อให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารชนิดต่างๆ ได้แก่ Amine, Trimethylamine และ Ammonia ที่ให้คุณสมบัติเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น (Coban *et al*, 2012; Ozyrut *et al*, 2012) สอดคล้องกับการศึกษาของ Vongsawasdi et al. (2011) ที่พบว่าค่า pH ของหอยลาย (*Paphia undulata*) เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และ Li et al. (2012b) ที่แสดงให้เห็นว่าปลาตะเพียน (*Carassius auratus*) ที่ใช้สารสกัดจากธรรมชาติร่วมกับการแช่เย็นมีค่า pH เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

ในขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) มีค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างคงที่ ระหว่างวันที่ 2 – 8 ของการเก็บรักษาหลังจากนั้นระหว่างวันที่ 4 – 30 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดด่างกลับมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนได้แก่ชาเขียวและวิตามินซีนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสียช้าลงประกอบการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศนั้นเป็นการบรรจุก๊าซ CO_2, O_2 และ N_2 ในบรรจุภัณฑ์ให้มีสัดส่วนแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติโดยเฉพาะ

อย่างยิ่งก๊าซ CO_2 ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ อีกทั้งก๊าซ CO_2 ยังเกิดการละลายในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งขาวต้มได้เป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดต่ำลงและยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้ ทำให้เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองดังกล่าวเกิดการเน่าเสียช้าลง เช่นเดียวกับ Bono *et al*. (2016) พบว่ากุ้ง Giant Red Shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าการเก็บรักษาแบบบรรยากาศปกติ

โดย TM55 เป็นชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน เพราะในชุดการทดลอง TM51 ที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 เท่ากันแต่มีปริมาณก๊าซ O_2 มากกว่าทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญสามารถเจริญได้มากกว่าดังนั้นจึงเกิดการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อกุ้งขาวต้มได้มากทำให้เกิดเป็นสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้สูงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งในชุดการทดลอง TM85 และ TM81 ที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 มากกว่า การละลายของก๊าซ CO_2 ทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกที่อาจมากเกินไปจนทำโปรตีนเสียสภาพจากภาวะความเป็นกรดดังกล่าว จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้มากขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TM85 และ TM81 สูงกว่า TM55 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Stamatis and Arkoudelos (2007) พบว่าปลา *Scomber colias japonicas* ที่นำไปบรรจุในสภาพปรับบรรยากาศ 50% CO_2: 50% N_2 มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าปลาที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ และบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 13 วัน รวมทั้ง Hassoun and Karoui (2016) พบว่าเนื้อปลา Whiting (*Merlangius merlangus*) ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% CO_2: 50% N_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างได้ดีที่สุด

1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen; TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 16.28 – 16.48 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แสดงว่าเนื้อกุ้งขาวต้มยังมีคุณภาพดี โดยทั่วไปเนื้อกุ้งต้มที่ยังมีคุณภาพดีจะมีปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (Kusuma and Teerawut, 2014) แต่หลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 18 ของการเก็บรักษานั้นเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ ได้แก่ TGC และหลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 30 ของการเก็บรักษานั้นเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ต่างก็มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนในเนื้อกุ้งเกิดการย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนจนได้เป็น

แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยไดต่างๆ เกิดการสะสมในเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณด่างที่ระเหยได้นั้นส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย (สวามินี ธีระวุฒิ, 2554; Coban *et al*, 2012; Ozyrut *et al*, 2012) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ruiz-Capillas and Moral (2005) ที่พบว่าปลาทูน่า big eye (*Thunnus obesus)* ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นโดยบรรจุแบบบรรยากาศปกติและแบบปรับสภาพบรรยากาศ และ Mace *et al*. (2014) พบว่า กุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นทั้งที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีปริมาณ TVB-N สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีปริมาณTVB-N สูงที่สุด ถัดมาคือ TGC รองลงมาได้แก่ TM85, TM51, TM81 และ TM55 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติมีปริมาณ TVB-N สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 เกิดจากก๊าซ CO_2 ที่ใช้เพื่อการปรับสภาพบรรยากาศไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยการเข้าไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ และการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำที่มีในเนื้อกุ้งต้มจนได้เป็นกรดคาร์บอนิกจึงลดค่าความเป็นกรดด่างทั้งภายในและภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ ความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านของจุลินทรีย์มีน้อยลงส่งผลให้เซลล์แตก รวมทั้งการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนในการทดลองนี้ได้แก่ ชาเขียวและวิตามินซีซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็น Antibacterial (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2559) จึงมีผลไปช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกทางหนึ่ง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Feng *et al*. (2012) ที่พบว่าปลา Black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียว และ Song *et al*. (2011) นำปลา *Megalobrama amblycephala* มาเคลือบด้วยวิตามินซีนั้นมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในการวิจัยในครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับ Santos *et al*. (2013) ที่พบว่าเนื้อปลาลิ้นหมา (*Psetta maxima*) และผลการศึกษาของ Zhang *et al*. (2015) แสดงให้เห็นว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

โดยเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TM81, TM51, TM85, TGC และ TCC ตามลำดับ เพราะการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซ CO_2 ในปริมาณมากเกินไปเช่นเดียวกับชุดการทดลอง TM85 และ TM81 อาจทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดอันเนื่องจากการละลายของ CO_2 จุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดเจริญได้ดีขึ้นรวมทั้งภาวะที่มีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้มีโอกาสให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อกุ้งสูงจึงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วได้เป็นด่างที่ระเหยได้มากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hassoun and Karoui (2016) พบว่าเนื้อปลา Whiting (*Merlangius merlangus*) ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% CO_2: 50% N_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลง TVB-N ได้ดีที่สุด Bono *et al*. (2016) ที่นำกุ้ง Giant Red Shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) มาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% CO_2: 50% N_2 มีการเปลี่ยนแปลงค่า TVB-N น้อยกว่าการเก็บรักษาแบบบรรยากาศปกติและแบบสุญญากาศ

หากพิจารณาจากปริมาณ TVB-N ที่สามารถบ่งบอกคุณภาพของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำปรุงสุกที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005) ทำให้เนื้อกุ้งต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 และ TM 81 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ มากกว่า 30 วัน ในขณะที่ TM51 และ TM 85 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 30 วัน ขณะที่ TGC เก็บได้นาน 22 วัน ส่วน TCC มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด คือ 6 วัน

1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA–N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 2.86 – 2.89 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แสดงว่าเนื้อกุ้งขาวต้มยังมีคุณภาพดี โดยทั่วไปเนื้อกุ้งต้มที่มีคุณภาพดีมีปริมาณ TMA–N ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (Kusuma and Teerawut, 2014) แต่หลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 18 ที่เป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ ได้แก่ TGC และหลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ล้วนแต่มีปริมาณ TMA–N เพิ่มขึ้นตามการเก็บรักษาที่นานขึ้น เพราะเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเกิดการเน่าเสียมากขึ้นโดยสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนในเนื้อกุ้ง เช่น ไตรเมทิลเอมีนออกไซด (TMAO) ที่โดยปกติเมื่อกุ้งยังมีชีวิตอยู่นั้นหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว (Water logout) แต่เมื่อกุ้งตายลง TMAO จะเกิดการสลายตัวจุลินทรีย์จะสร้าง

เอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (Trimethylamine oxidase) แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) ซึ่งเป็นสารระเหยที่กอใหเกิดกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นคาวในเนื้อกุ้ง ทำให้เมื่อการเน่าเสียเกิดมากขึ้นจึงมีการสะสมของปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถใช้ปริมาณ TMA-N ในการติดตามการเน่าเสียของกุ้งได้ โดยปริมาณ TMA-N ของกุ้งที่มีคุณภาพดีไม่ควรสูงกว่า 5 มิลลิกรัม/100 กรัม (Kusuma and Teerawut, 2014; Cobb and Vanderzant, 1971) เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Odilichukwu *et al*. (2014) พบว่า ปริมาณ TMA-N ในเนื้อกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Benjakul *et al*. (2008) ได้ศึกษาผลของการใช้สาร Pyrophosphate และ 4-Hexylresorcinol ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ พบว่าปริมาณ TMA-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีปริมาณ TMA–N สูงที่สุด ถัดมาคือ TGC รองลงมาได้แก่ TM85, TM51, TM81 และ TM55 โดยเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติมีปริมาณ TMA–N สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 เนื่องจากสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้เคลือบในการทดลองครั้งนี้คือ ชาเขียวและวิตามินซี นั้นมีคุณสมบัติเป็น Antibacterial (สวามินี ธีระวุฒิ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2559; Song *et al*., 2011) จึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้การสร้างเอนไซม์เพื่อไปเปลี่ยนจาก TMAO ให้กลายเป็น TMA-N ดังนั้นปริมาณ TMA-N จึงมีน้อย และในส่วนของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศร่วมด้วยยิ่งส่งผลให้มีปริมาณ TMA-N น้อยลง โดยก๊าซ CO_2 มีคุณสมบัติเป็น Bacteriostatic ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic bacteria) รวมทั้งแบคทีเรียที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Facultative bacteria) ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวนี้นี้สามารถสร้างเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส เพื่อเปลี่ยน TMAO ไปเป็น TMA-N ได้สอดคล้องกับการศึกษาของนาฎกาญจน์ ชิญศรี (2555) ที่นำกุ้งขาวมาเคลือบน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ พบว่ากุ้งแช่เย็นที่เก็บภายใต้สภาวะการปรับสภาพบรรยากาศมีคุณภาพและอายุการเก็บรักษานานกว่ากุ้งที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ รวมทั้ง Fagan *et al*. (2004) พบว่าปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีปริมาณ TMA–N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน รองลงมาได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ เนื่องจากการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 มากเกินไป ดังชุดการทดลอง TM81 และ TM85 นั้นอาจไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองนี้โดยอาจทำให้แบคทีเรียที่ชอบอากาศน้อย ๆ (Slightly aerobic bacteria) ยังคงเจริญได้ และทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งบางส่วนเสื่อมสภาพอันเกิดภาวะความเป็นกรดจากการละลายของก๊าซ CO_2 เมื่อโปรตีนเสื่อมสภาพทำให้เอนไซม์ที่ถูกสร้างโดยจุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น จึงเกิดเป็น TMA-N ได้มาก ส่วนชุดการทดลอง TM51 นั้นมีแม้จะมีปริมาณก๊าซ CO_2 เท่ากับ TM51 แต่มีปริมาณก๊าซ O_2 มากกว่าทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศในการเจริญสามารถเจริญได้มากกว่า ดังนั้นการเปลี่ยนแปลง TMAO ให้เป็น TMA อันเนื่องจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงมีสูงขึ้นตามไปด้วย ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Wang *et al*. (2008) ที่ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศร่วมกับการแช่เย็นในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของปลาคอด (*Gadus morhua*) พบว่าปลาคอดที่เก็บรักษาในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศ 50%CO_2: 45%N_2: 5%O_2 มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N น้อย และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าปลาคอดที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ผลการวิจัยของ Schelegueda et al. (2016) ที่พบว่าการบรรจุเบอร์เกอร์ปลา Argentine hake (*Merluccius hubbsi*) ภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศ 55% CO_2: 45% N_2 มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดเวลาการเก็บรักษา

2. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

2.1 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม เท่ากับ 21.17 $\pm$ 0.38 g.force และเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) มีค่าแรงเฉือนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานมากขึ้น เนื่องจากช่วงแรกของการเก็บรักษายังไม่เกิดการเน่าเสียโครงสร้างโปรตีนโดยเฉพาะ

อย่างยิ่งไมโอฟิบริลลาโปรตีนยังคงสภาพดีสามารถจับกันได้แน่นดังนั้นเมื่อน้ำเนื้อกุ้งไปวัดค่าแรงเฉือนจึงต้องใช้แรงเฉือนในปริมาณมากเพื่อตัดเนื้อกุ้งให้ขาด แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นโครงสร้างโปรตีนของเนื้อกุ้งถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ Proteinase ทั้งจากกระบวนการ Autolysis และจากจุลินทรีย์ทำให้โครงสร้างของโปรตีนและไมโอฟิบริลลาโปรตีนถูกย่อยสลายเป็นเพปไทด์สายสั้น รวมทั้งกรดอะมิโน ส่งผลให้กล้ามเนื้อไม่ยืดหยุ่นและเกิดความอ่อนนุ่ม เมื่อนำเนื้อกุ้งไปวัดค่าแรงเฉือนจึงได้ค่าที่น้อยลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นซึ่งแสดงถึงการเน่าเสียของเนื้อกุ้งนั่นเอง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chen *et al*. (2008) ที่พบว่าค่าแรงเฉือนของกุ้งก้ามแดง (*Cherax quadricarinatus*) ทั้งที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เช่นเดียวกับ Zulema *et al*. (2015) พบเช่นกันว่ากุ้งสีน้ำเงิน (*Litopenaeus stylirostris*) ที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ และเก็บรักษาด้วยการแช่แข็งมีค่าความแน่นเนื้อของเนื้อกุ้งลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าชุดการทดลอง TGC และ เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาบรรยากาศซึ่งคือชุดการทดลอง TGC นั้น มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 เนื่องจากในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีการใช้สัดส่วนก๊าซต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยก๊าซ CO_2 ที่เติมลงไปนั้นไปยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ รวมทั้งการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน คือชาเขียวและวิตามินซีซึ่งก็มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เช่นกัน (Jo *et al*., 2003; Chidanandaiah *et al*., 2009) ดังนั้นเมื่อมีจุลินทรีย์น้อยลงการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่จะไปย่อยสลายโปรตีนจึงน้อยลงตามไปด้วย ส่งผลให้โครงสร้างไมโอฟิบริลลาโปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพน้อย ทำให้แรงเฉือนที่วัดได้สูง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chouljenko *et al*. (2016) พบว่ากุ้งที่เคลือบด้วยนาโนไคโตซานแล้วบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีค่าเนื้อสัมผัสลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และ Ioannis *et al*. (2011) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้ง (*Melicertus kerathurus*) ที่บรรจุภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศ พบว่าการบรรจุกุ้งแบบปรับสภาพบรรยากาศช่วยรักษาความแน่นของเนื้อกุ้งได้ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง TM55 มีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษารองลงมาได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ อาจเนื่องจากปริมาณก๊าซที่ใช้มีความเหมาะสมโดยมีปริมาณก๊าซ O_2 น้อยกว่าชุดการทดลอง TM51 จึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ (Aerobic bacteria) เจริญได้ดีกว่า และการบรรจุแบบปรับสภาพ

บรรยากาศในชุดการทดลอง TM81 และ TM85 นั้นมีปริมาณก๊าซ CO_2 มากกว่า TM55 จึงอาจทำให้เกิดการละลายของก๊าซ CO_2 เกิดภาวะความเป็นกรดขึ้นในเนื้อกุ้งขาวต้ม โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพจากความเป็นกรดด่างกล่าวทำให้ไมโอฟิบริลลาโปรตีนเกิดการย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างได้ง่ายขึ้น ส่งผลได้ให้ค่าแรงเฉือนที่วัดได้น้อยกว่า TM55 สอดคล้องกับงานวิจัยของของ Amanatidou *et al*. (2000) ที่บรรจุเนื้อปลาแอตแลนติกแซลมอน (*Salmo salar*) ดิบภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศที่สภาวะต่าง ๆ พบว่าค่าแรงเฉือนมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อปลาที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% N_2: 50% CO_2 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด โดยจะเห็นได้ว่าในงานวิจัยฉบับนี้มีการใช้ปริมาณก๊าซ 50% CO_2 เท่ากัน แต่มีความแตกต่างของงานวิจัยคือปริมาณก๊าซ O_2 ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ เช่น *C. botulinum* ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดั้งนั้นการเติมก๊าซ O_2 เล็กน้อยจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวได้ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2548) และงานวิจัยของ Alfaro and Hernandez (2013) พบว่าปลา Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 48% CO_2: 50% N_2: 2% O_2 มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสน้อยและสามารถคงความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสได้เป็นอย่างดี

3. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total variable count, TVC)

สำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วง 18 วันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากวันที่ 18 จนถึงวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งขาวหลังผ่านการต้มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่และมีการสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในเนื้อกุ้งขาวต้มเพื่อนำสารอาหารต่างๆ มาใช้ในการเจริญและการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเกิดมากขึ้นเข้าสู่ระยะ Log phase และเข้าระยะ Stationary phase ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากที่สุดตามระยะเวลาที่เก็บรักษาในช่วง 18 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์จะค่อนข้างคงที่เนื่องจากอัตราการแบ่งเซลล์มีค่าเท่ากับ อัตราการตายของเซลล์ รวมทั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์จุลินทรีย์เกิดช้าลง ซึ่งทำให้หลังจากวันที่ 18 จนกระทั่งถึงวันที่ 30 ของการเก็บรักษานั้น เนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง TCC มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง เพราะมีการเจริญของจุลินทรีย์เข้าสู่ระยะสุดท้าย คือ Death phase โดยเซลล์ของจุลินทรีย์ตายมากขึ้นทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2548) เช่นเดียวกับงานของ Qian *et al*. (2015) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

ที่จุ่มในสาร quercetin แล้วบรรจุแบบบรรยากาศปกติมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษาและมีจำนวนจุลินทรีย์คงที่ในวันที่ 8-10 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้หลังจากวันที่ 10 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปกุ้งขาวมีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง และการศึกษาของ Dabadéa *et al*. (2015) สำหรับกุ้ง Tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) ที่เก็บรักษากุ้งไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) นั้นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามการเก็บรักษาที่นานขึ้นจนกระทั่งวันที่ 30 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เพราะชุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองดังที่กล่าวมามีการใช้สารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนคือชาเขียวและวิตามินซีที่ โดยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่เรียกว่า คาเทชิน (Catechins) ในชาเขียวนั้นยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้ม (Fan *et al*., 2008) ส่วนวิตามินซีนั้นสามารถจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ Lipopolysaccharide (LPS) ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาภายนอกจุลินทรีย์จึงตายลง (Jeon *et al*., 2002) ทำให้อัตราการเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดถูกชะลอดังนั้นจุลินทรีย์จึงค่อยๆ เพิ่มจำนวนมากขึ้นตามการเก็บรักษาที่นานขึ้น สอดคล้องกับ Ozogul and Ucar (2011) พบว่าปลาทู (*Scomber japonicus*) ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากชาเขียว และ Zambuchini *et al*. (2008) ที่พบว่าปลาลิ้นหมา (*Solea solea* L.) ที่เคลือบด้วยกรดแอสคอร์บิกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าและค่อยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกับตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบสารที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า TGC และ TCC เนื่องจากชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรรยากาศมีการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำที่อยู่ในเนื้อกุ้งต้มทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิกบางส่วน ทำให้จุลินทรีย์ที่เหลือจากการต้มต้องใช้เวลานานขึ้นเพื่อปรับปรับตัวเข้าสู่สภาวะแวดล้อมใหม่ดังนั้นการแบ่งตัวการเพิ่มจำนวนเพื่อเข้าสู่ระยะ Log phase และระยะStationary phase จึงเกิดช้ากว่าตัวอย่างที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Qian *et al*. (2013) ที่พบว่ากุ้ง (*L*.

vannamei) ดิบที่ใช้การเก็บรักษาด้วยการปรับสภาพบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าแบบบรรยากาศปกติ สอดคล้องกับ Calliauw *et al*. (2016) พบว่าเนื้อกุ้ง Brown shrimp (*Crangon crangon*) ที่บรรจุภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ TM81, TM85 และ TM51 ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน และชุดการทดลอง TGC และ TCC ตามลำดับ เกิดจากการปรับสภาพบรรยากาศ TM55 มีอัตราส่วนก๊าซ CO_2 อยู่ในช่วง 40 – 60% เป็นช่วงที่เหมาะสมแก่การยืดอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลอง TM51 ที่มีอัตราส่วนก๊าซ O_2 สูงกว่าซึ่งทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเจริญได้ดีกว่า ส่วน TM81 และ TM85 นั้นอาจมีก๊าซ CO_2 มากจนทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกในเนื้อกุ้งต้มปริมาณมากกว่าชุดการทดลอง TM55 จึงอาจทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ชอบกรดเจริญได้ดีขึ้น รวมทั้งอาจทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพไปบางส่วนจนทำให้จุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์เข้าไปย่อยสลายโปรตีนได้ง่ายขึ้น การเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์จึงมากขึ้นตามไปด้วย การทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Schelegueda *et al*. (2016) ที่พบว่า เบอร์เกอร์ปลา Argentine hake (*Merluccius hubbsi*) ที่บรรจุภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศ 55% CO_2: 45% N_2 และการศึกษาของ Bono and Badalucco (2012) ที่พบว่าปลา striped red mullet (*Mullus surmuletus*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 50% N_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดเวลาที่เก็บรักษา เช่นกัน

หากใช้เกณฑ์มาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g มาใช้ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรรจุแบบสภาพบรรยากาศปกติและที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กัน จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ชุดการทดลองเหมาะสมในการชะลอการเสื่อมคุณภาพทางจุลชีววิทยา คือ เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 และ TM81 ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ มากกว่า 30 วัน รองลงมาได้แก่ TM51 และ TM88 ซึ่งเก็บได้นานเท่ากันคือ 28 วัน ส่วน TGC เก็บได้นาน 22 วัน ในขณะที่ TCC เก็บได้เพียง 6 วัน

3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้ม และกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและตัวอย่างที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กันนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

และ *E. coli* เนื่องจากในการเตรียมตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเนื้อกุ้งไปต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ซึ่งทำให้โปรตีนและเอนไซม์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์ถูกทำลาย ดังนั้นจุลินทรีย์จึงตายลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ferreira *et al*. (2007) พบว่าในกระบวนการผลิตอาหารทะเลแบบใส่จานในประเทศบราซิลที่เหมาะสมต่อการควบคุมความเสี่ยงจากอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* คือการปรุงสุกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ขึ้นไป โดยปกติแล้วโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* สามารถเจริญที่ 4 - 60 องศาเซลเซียส (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, 2547)

เมื่อพิจารณาถึงการตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน แสดงให้เห็นว่าไม่เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคดังกล่าวในเนื้อกุ้งต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนทุกชุดการทดลองตลอดเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอาหารทะเลแปรรูปที่สามารถบริโภคได้โดยไม่มีอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* นั้นต้องตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ไม่เกิน log 2 CFU/กรัม (10^2 CFU/กรัม) (Food Safety Authority of Ireland, 2001) โดยปกติหากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากเกินไปทำให้เกิดอาการท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ซึ่งโดยเฉลี่ยจะแสดงอาการภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังได้รับเชื้อ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

4. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน

4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดคือ 5.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีเนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติและไม่พบการฉีกขาดของเนื้อ ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) นั้นพบว่า ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมเหลืองจางๆ สามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้บ้าง เนื้อไม่ฉีกขาด ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื่องจากเนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมเหลืองจางๆ แต่ยังคงมองเห็นจุดสีส้มบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้บ้าง เนื้อไม่ฉีกขาด ซึ่งเป็นผลจากการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้คือ ชาเขียว 2.5%

และวิตามินซี 1.25% โดยปกติแล้วเนื้อกุ้งที่ยังไม่ผ่านการต้มจะมีจุดสีเทาบริเวณผิวของเนื้อกุ้ง เนื่องจาก Ovoverdin ซึ่งเป็นสารสีเขียวที่เกิดจากแอสตาแซนทินจับอยู่กับโปรตีนแต่เมื่อผ่านการต้มแล้วเนื้อกุ้งจะมีจุดสีส้มบริเวณผิวของเนื้อกุ้งชัดเจนเนื่องจากความร้อนของการต้มไปทำลาย Ovoverdin ส่งผลให้แอสตาแซนทินที่ปกติเป็นสีแดงถูกปลดปล่อยออกมาทำให้มองเห็นผิวของเนื้อกุ้งต้มโดยทั่วไปเป็นสีส้ม (Belitz, Grosch, and Schieberle, 2004) แต่เมื่อนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยชาเขียวที่ตามธรรมชาติให้สีเขียวของคลอโรฟิลและสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Senanayake, 2013) อยู่แล้วจึงทำให้บดบังจุดสีส้มบางส่วนทำให้การในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของตัวอย่างในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนทั้งที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเคลือบ

อย่างไรก็ตามเมื่อเนื้อกุ้งต้มถูกเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเอนไซม์ในเนื้อกุ้งบางส่วนที่ยังไม่ถูกทำลายจากความร้อนย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนในเนื้อกุ้ง อีกทั้งเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเพื่อย่อยสลายโปรตีนเพื่อนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ในการเจริญและเพิ่มจำนวน ดังนั้นโปรตีนในเนื้อกุ้งจึงมีโครงสร้างเล็กลงจากเดิมเป็นที่เป็นโพลีเปปไทด์กลายเป็น เปปไทด์สายสั้นลง ไดเปปไทด์ และกรดอะมิโน รวมทั้งโปรตีนเม็ดสีถูกย่อยกลายเกิดเป็นกรดอะมิโนอิสระ ทำให้รงควัตถุสีส้มแดงในเนื้อกุ้งที่เป็นสารประกอบคาโรทีนอยด์ (Carotenoids) ได้แก่ แอสตาแซนทินเกิดการเสียสภาพทำให้เนื้อกุ้งมีสีเหลือง นอกจากนี้การที่โปรตีนถูกย่อยสลายมากขึ้นทำให้เกิดกรดอะมิโนอิสระต่างๆ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดอะมิโน Tyrosine, Tryptophane และ Cystine สูงซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้มีผลต่อการเกิดจุดดำ (Black Spot) หรือ Melanosis ในกุ้ง โดยเมื่อจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ Tyrosinase จะทำให้เกิดการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน Tyrosine และเอนไซม์ Tryptophanaseจะทำให้เกิดการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน Tryptophane ทำให้เกิดสารอินโดล (Indole) (นิรชา วงษ์จินดา, 2556) ในส่วนของจุดสีส้มบริเวณผิวของเนื้อกุ้งนั้นมีสีซีดจางลง ขณะที่เนื้อกุ้งด้านในมีสีเข้มขึ้นเกิดจากแอสตาแซนทินอาจเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือเทา เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยเอนไซม์ของรงควัตถุฮีม (Heme pigment) (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546; นิรชา วงษ์จินดา, 2556) จากทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ผลการทดลองในครั้งนี้จากเนื้อกุ้งต้มที่เคยมีสีขาวและมีจุดสีส้มสดใสเริ่มมีสีซีดลง มีสีเหลืองอ่อน ๆ และมีเมือกเคลือบบริเวณผิวของเนื้อกุ้ง รวมทั้งเกิดการเปื่อยยุ่ยของเนื้อกุ้งในวันท้าย ๆ ของการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Ranjith *et al*. (2013) ที่พบว่าในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาไม่พบจุดดำบนเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) แต่ในวันท้าย ๆ ของการเก็บรักษาพบจุดดำและเนื้อกุ้งเปลี่ยนเป็นสีชมพูเล็กน้อย ทั้งเนื้อกุ้งขาวที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศและแบบปรับสภาพบรรยากาศ รวมทั้ง Kusuma and

Teerawut (2014) ที่พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มที่เคลือบและไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกโนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Wachirasiri *et al*. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏสูงในวันแรกและคะแนนน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษานานขึ้น

ในส่วนของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 ได้รับคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏคงที่ใน 2 – 4 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 4 จนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏลดลงเพราะเป็นชุดการทดลองที่มีการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งได้แก่ชาเขียวและวิตามินซี ทำให้สีเขียวของชาเขียวบดบังการเปลี่ยนแปลงจุดสีส้มบริเวณผิวของเนื้อกุ้งในช่วง 4 วันของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบจึงยังไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงสีได้ แต่ต่อมาการเน่าเสียเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้โปรตีนรงควัตถุถูกทำลายจากเอนไซม์ทั้งที่มีในเนื้อกุ้งเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงสีที่ชัดเจนมากขึ้นและสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏลดลงอย่างชัดเจนตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 4 จนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Li *et al*. (2012) ที่พบว่าเนื้อปลา Large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ที่ไม่ได้เคลือบด้วยชาเขียวมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบด้วยชาเขียว

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากกว่า TGC และ TCC โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ เนื่องจากเกิดการละลายของก๊าซ CO_2 ในน้ำที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งต้มแล้วเกิดเป็นกรดคาร์บอกนิกทำให้มีภาวะความเป็นกรดขึ้นในเนื้อกุ้งซึ่งอาจทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง ไม่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ โดยเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนที่ทำให้เกิดกรดอะมิโนอิสระ เช่น Tyrosine, Tryptophane และ Cystine ที่ทำให้เกิดจุดดำในกุ้ง รวมทั้งเอนไซม์ยังทำให้เกิดการเสียสภาพของรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีส้มแดงในเนื้อกุ้ง ซึ่งคือ แอสตาแซนทิน และเอนไซม์ยังกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างก๊าซออกซิเจนกับกรดอะมิโน Tryptophane โดยมีเอนไซม์ Tryptophanase ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารประกอบอินโดล อีกทั้งก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการบรรจุ

แบบปรับสภาพบรรยากาศยังไปลดการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ (Aerobic bacteria) จึงยิ่งส่งผลให้เอนไซม์ที่จะไปย่อยสลายโปรตีนต่างๆ ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นลดลงไปด้วย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Qian *et al*. (2013) พบว่า กุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบที่บรรจุภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูงนั้นสามารถเก็บรักษากุ้งขาวได้นานกว่าการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศปกติ และงานวิจัยของ Mastromatteo *et al*. (2010) เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลแล้วบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศได้รับการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ชุดการทดลองที่มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุด คือ TM55 เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ดังที่กล่าวข้างต้น แต่การใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศมากเกินไปในชุดการทดลอง TM85 และ TM81 อาจทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดมากเกินไปจนทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งเสื่อมสภาพและถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยเอนไซม์ที่จุลนทรีย์สร้างขึ้น ขณะเดียวกันก็อาจทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในสภาพความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากภาวะความเป็นกรดจากกรดคาร์บอนิกที่ละลายในเนื้อกุ้งขาวต้ม การเน่าเสียของกุ้งจึงเกิดมากกว่านั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bono *et al*. (2016) พบว่ากุ้ง Giant Red Shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) ที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% N_2: 50% CO_2 มีคะแนน melanosis (การเกิดสีน้ำตาลของเนื้อกุ้ง) น้อยกว่าการเก็บรักษาแบบบรรยากาศปกติและสุญญากาศ และยังมีงานวิจัย Alfaro and Hernandez (2013) พบว่าปลา Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 48% CO_2: 50% N_2: 2% O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏในด้านของสีที่บริเวณหนังปลาและสีของเนื้อปลาได้เป็นอย่างดี และ Messina et al. (2015) ที่พบว่าการนำปลา dolphin fish (*Coryphaena hippurus*) มาเก็บรักษาด้วยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 45% CO_2, 50% N_2, 5% O_2) ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏได้ดีกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ

4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน และในวันเดียวกันนี้เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) นั้น

ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติแต่มีความเข้มของกลิ่นน้อย ซึ่งเป็นผลจากการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้คือ ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% เนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มอาจมีกลิ่นของชาเขียวและวิตามินซีจางๆ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไป 2 - 4 วัน กลิ่นดังกล่าวหายไป

ทั้งนี้เมื่อเนื้อกุ้งต้มในชุดการทดลอง TCC ถูกเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนื้อกุ้งมีกลิ่นเน่าและกลิ่นเปรี้ยว ทำให้ผู้ทดสอบมีการยอมรับน้อยลง ซึ่งกลิ่นผิดปกติที่เกิดขึ้นนั้น เนื่องจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์มีการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนเพื่อใช้สารต่างๆ ในการเจริญและแบ่งเซลล์ทำให้ได้เป็นสารประกอบกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มมากขึ้น จึงเกิดกลิ่นผิดปกติที่มีความรุนแรงมากขึ้น เช่น กลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นเหม็นเน่า (Kusuma and Teerawut, 2014) รวมทั้งเกิดจากไขมันในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในเนื้อกุ้งถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ (Lipolytic enzyme) ต่างๆ เช่น เอนไซม์ไลเปส (Lipase) แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันอิสระ โดยกรดไขมันที่มีโมเลกุลสั้นจะเกิดการระเหยได้ง่าย ส่วนไขมันชนิดอื่นนอกจากไตรกลีเซอร์ไรด์ เช่น กรดไขมันไม่อิ่มตัว(Unsaturated fatty acid) ที่พบมากในเนื้อกุ้งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับออกซิเจนแล้วได้เป็นสารประกอบ เปอร์ออกไซด์ อัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นหืนและกลิ่นเหม็นเน่านั่นเอง ส่วนกลิ่นเหม็นเปรี้ยวนั้นอาจเกิดจากการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม Lactic acid bacteria (Francoise, 2010) ที่ทำให้เกิดกรดแล็คติกทำให้เนื้อกุ้งต้มมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Teerawut and Pratumchart (2014) ที่พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ทั้งที่แช่และไม่แช่ด้วยสารละลาย EDTA มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น รวมทั้ง Dabadé *et al*. (2015) พบว่ากุ้ง Tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) ที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแม้จะเก็บรักษาในอุณหภูมิต่างกัน

ผลการทดลองว่ายังพบทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นคงที่ใน 2 – 4 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 4 จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงเนื่องจากมีการเคลือบ

เนื้อกุ้งขาวต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งได้แก่ชาเขียวและวิตามินซีจึงอาจทำให้กลิ่นของชาเขียวและวิตามินซีกลบกลิ่นผิดปกติที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยใน 4 วันแรกของการเก็บรักษาจากสาเหตุดังที่กล่าวไว้ในย่อหน้าก่อนนี้ แต่เมื่อเนื้อกุ้งต้มเกิดการเน่าเสียเพิ่มมากขึ้นจนเกิดการสะสมของแอมโมเนีย สารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้ รวมทั้งสารประกอบ เปอร์ออกไซด์ อัลดีไฮด์ และคีโตนในปริมาณสูงขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบสารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นผิดปกติดังกล่าวได้มากขึ้นทำให้หลังจากวันที่ 4 จนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นลดลงอย่างชัดเจนตามระยะเวลาการเก็บรักษาสอดคล้องกับ Esaiassen *et al*. (2005) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อปลาคอดที่แช่วิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้แช่วิตามินซี และมีการยอมรับด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่ Basiri *et al*. (2015) พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากทับทิมมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น

การทดลองในครั้งนี้ยังพบว่า เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่า TGC และ TCC โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ เนื่องจาก TM55 นั้นมีการปรับสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซ CO_2 เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน โดยทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์จึงช่วยลดการเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นแอมโมเนีย จากการที่จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ในเนื้อกุ้งได้ ประกอบกับชุดการทดลองที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับ TM51 แล้วมีปริมาณก๊าซ O_2 จึงช่วยลดการเจริญของแบคทีเรียชนิดที่ต้องการอากาศ (Aerobic bacteria) และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ดีกว่า TM51 ส่วนชุดการทดลอง TM85 และ TM81 มีการใช้ก๊าซ CO_2 ในปริมาณที่สูงทำให้เกิดการละลายของก๊าซดังกล่าวในเนื้อกุ้งต้มเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกสะสมมากเกินไปทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยวมากขึ้น และอาจมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อกุ้งลดลงจนทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maneesin *et al*. (2013) ที่ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากกระเทียมร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) สดที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็น นาน 3 สัปดาห์ พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศได้นานถึงวันที่ 11 - 12 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งได้ถึงวันที่ 7 ของการเก็บรักษาแบบบรรยากาศปกติ และ Teerawut *et al*. (2016) ที่พบว่า

หอยนางรมรมควันที่มีการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 50% N_2 ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นจากผู้ทดสอบสูงกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ รวมทั้งตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นนาน 28 วัน

อีกทั้งการที่เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่า TCC ยังเกิดจากประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียของสารกันหืนที่ใช้เคลือบในการทดลองนี้ ได้แก่ ชาเขียวและวิตามินซี โดยชาเขียวมีสารประกอบคาเทชินที่ในโครงสร้างมีหมู่ฟีนอลที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวก (Almajano *et al*., 2008; Singh Arora *et al*., 2009) ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในสัตว์น้ำโดยชาเขียวยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *L. monocytogenes* ส่วนแบคทีเรียแกรมลบที่ถูกยับยั้งได้แก่ *P. phosphoreum*, *S. putrefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* และ *Vibrio parahaemolyticus* (López de Lacey, 2014) ขณะที่วิตามินซีมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงจึงไม่เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด และวิตามินซียังไปจับกับโลหะที่เป็นองค์ประกอบบริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียในชั้น Lipopolysaccharide (LPS) ทำให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์เกิดการสูญเสียไปจุลินทรีย์จึงตายลง ดังนั้นเมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยลงการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนหรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อกุ้งจึงน้อยลงตามไปด้วย เช่นเดียวกับ Song *et al*. (2011) ที่พบว่า*ปลา Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบชาเขียว 0.3% และปลาที่เคลือบวิตามินซี 5% มีปริมาณ TBARS น้อยกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยปริมาณ TBARS นั้นเป็นการวัดปริมาณกรดบาร์บิทูริค ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วส่งผลให้สัตว์น้ำมีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป (Hamre *et al*., 2003)

4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุดคือ 5.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งชัดเจน ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้การบรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) นั้นพบว่ามีระดับการยอมรับด้านรสชาติที่ 4.80 – 4.90 คะแนน อาจเนื่องจากการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ใช้คือ ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มอาจมีรสชาติของชาเขียวและวิตามินซีเล็กน้อย แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไป 2 - 4 วัน รสชาติดังกล่าวหายไป ทำให้

ระดับการยอมรับด้านรสชาติกลับมาเพิ่มมากขึ้นได้ โดยรสชมและรสเฝื่อนของคาเทชินที่มีในชาเขียว (Wang *et al*., 2000)

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC นั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติในชุดการทดลอง TGC และเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ TM85, TM55, TM81 และ TM51 ได้รับคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏคงที่ใน 0 – 2 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษาผู้ทดสองมีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเช่นกัน เนื่องจากรสหวานของกุ้งต้มลดลง เปลี่ยนเป็นจืด ไม่มีรสชาติรวมทั้งมีรสเฝื่อนและรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเกิดการเน่าเสียจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นไปย่อยสลายทำให้เกิดการปลดปล่อยเป็นกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติกที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว และกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีนที่ทำให้เกิดรสขม รวมถึงทำให้กรดอะมิโนอิสระต่างๆ ที่เคยให้รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งต้ม ได้แก่ กรดอะมิโนอะลานีนและไกลซีน รวมทั้งกรดกลูตามิกที่ให้รสอร่อยถูกทำลายลง (Aristoy *et al*., 2010; Fuentes *et al*., 2009) อีกทั้งเมื่อโครงสร้างของโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้การจับระหว่างเส้นใยของโปรตีนและโมเลกุลของน้ำลดลงตามไปด้วย ความชุ่มฉ่ำของน้ำภายในเนื้อกุ้งต้มจึงลดลง อีกทั้งน้ำอิสระเหล่านั้นอาจไปละลายกรดอะมิโนอิสระต่างๆ ที่ทำให้เกิดรสหวานในเนื้อกุ้ง ประกอบกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อกุ้งนั้นยังมีส่วนเหนี่ยวนำและเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อกุ้งด้วย (Eymard et al., 2005) ดังนั้นเมื่อเนื้อกุ้งมีความหวานลดลง มีรสเฝื่อนและรสเปรี้ยวจึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Teetawut and Pratumchart (2014) ที่พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่แช่และไม่แช่ในสารละลาย EDTA เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็ง และ งานวิจัยของ Wachirasiri *et al*. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา

การทดลองในครั้งนี้ยังพบว่า เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่า TGC และ TCC โดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ เนื่องจากการใช้ก๊าซ CO_2 ที่มีปริมาณมากเกินไป ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ดังชุดการทดลอง TM85 และ TM81 นั้นทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกที่ผิวของเนื้อกุ้งมากจึง

ให้เกิดรสชาติไม่ดี และโปรตีนบางส่วนเสียสภาพจากความเป็นกรดทำให้จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนในเนื้อกุ้งได้ง่ายขึ้นจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแล็คติกที่ให้รสชาติเปรี้ยว ส่วนชุดการทดลอง TM51 นั้นมีก๊าซ O_2 สูงกว่า TM55 จึงเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการก๊าซ O_2 ได้มากกว่า รวมทั้งยังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งก่อให้เกิดรสเฝื่อนได้มากกว่าด้วย (Gray and Pearson, 1994) อีกทั้ง การเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ ชาเขียวและวิตามินซี ซึ่งมีคุณสมบัติทั้ง Antibacterial (Perumalla and Hettiarachchy, 2011) และ Antioxidant (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) ช่วยชะลอการเน่าเสียทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติน้อยลงตามไปด้วย และสัดส่วนก๊าซของชุดการทดลอง TM55 ที่ให้ผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในการทดลองนี้ยังใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ruiz-Capillas ans Moral (2004) ที่พบว่า เนื้อกุ้ง Norway lobster (*Nephrops novergicus* (L.)) ที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% CO_2: 40% O_2: 20% N_2 มีการสลายตัวของกรดอะมิโนอิสระไกลซีนและอาร์จินีนน้อยกว่าการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศในชุดการทดลองอื่นที่มีการใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 สูงกว่า รวมทั้ง Teerawut et al. (2016) ที่พบว่าการนำหอยนางรมรมควันมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 50% N_2 ได้รับการยอมรับด้านรสชาติจากผู้ทดสอบสูงกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ รวมทั้งตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน ด้วยการแช่เย็น เช่นเดียวกับ Alfaro and Hernandez (2013) พบว่าการนำปลา Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) มาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 48% CO_2: 50% N_2: 2% O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของเนื้อปลาได้เป็นอย่างดี

4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวสุกทุกชุดการทดลองนั้นผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสที่ 5.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองทั้ง TCC (ไม่เคลือบสารละลายและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) นั้นมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ขณะที่ชุดการทดลอง TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลองที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน ได้แก่ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสค่อนข้างคงที่ใน 2 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 2 จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่มากขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเกิดการเน่าเสียขึ้นในเนื้อกุ้งต้ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสลายตัวของโปรตีนคอลลาเจนและไมโอฟิบริลลาโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำขณะที่สัตว์น้ำยังมีชีวิตและ

ทำให้เกิดความยืดหยุ่นรวมถึงความแน่นเนื้อเมื่อบริโภคสัตว์น้ำ ดังนั้นเมื่อโปรตีนถูกย่อยจากเอนไซม์ทั้งจากที่มีในเนื้อกุ้งเองและจากที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นทำให้ความยืดหยุ่นและความแน่นเนื้อดังกล่าวลดลง รวมทั้งโปรตีนสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำทำให้ความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสและความชุ่มน้ำของเนื้อกุ้งขาวต้มน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sriket *et al*. (2012) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่น้ำแข็งลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้ง Young *et al*. (2014) ที่พบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสและค่าแรงเฉือนที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและปรับสภาพบรรยากาศมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นกัน

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยกว่าชุดการทดลอง TGC และ เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาบรรยากาศซึ่งคือชุดการทดลอง TGC นั้น มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 เนื่องจาก TGC นั้นมีการชะลอการเน่าเสียโดยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชาเขียวและวิตามินซีที่สามารถทำลายระบบเมตา-บอลิซึมของจุลินทรีย์ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลิทรีย์ได้ ดังนั้นการสลายตัวของโครงสร้างโปรตีนจึงเกิดน้อยลง ความสามารถจับกับน้ำของโปรตีนยังมีอยู่ ทำให้เนื้อกุ้งต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนจึงยังมีการอุ้มน้ำและมีความยืดหยุ่นดีกว่า TCC เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rey *et al*., (2012) พบว่าเนื้อสัมผัสของปลา Hake (*Merluccius merluccius*) ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา Angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่เย็นในน้ำแข็งผสมกรดซิตริกและวิตามินซีมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา แม้ว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนจะช่วยชะลอการเน่าเสียได้ แต่ชุดการทดลองที่มีการเพิ่มการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ เข้าไปด้วยดังชุดการทดลอง TM85, TM55, TM81 และ TM51 จะยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียในเนื้อกุ้งเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนสูงขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของเน่าเสียในกุ้งส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการก๊าซ O_2 ในการเจริญ ไม่ว่าจะเป็น *Alteromonas, Pseudomonas, Moraxellam, Micrococcus* และ *Vibrio* (บุษกร อุตรชาติ, 2545) ดังนั้นเมื่อนำเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูงและ ก๊าซ O_2 น้อย จึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ การสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยสลายโปรตีนจึงน้อยลงตามไปด้วย สอดคล้องกับ Wachirasiri *et al*. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus*

vanamei) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา รวมทั้งงานวิจัยของ Mastromatteo *et al*. (2010) พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลแล้วบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศผู้ทดสอบให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในชุดการทดลอง TM55 มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมา ได้แก่ TM81, TM85, TM51, TGC และ TCC ตามลำดับ เนื่องจากชุดการทดลอง TM51 นั้นมีก๊าซ O_2 สูงกว่า TM55 จึงเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการก๊าซ O_2 ได้มากกว่าทำให้การสลายตัวของโปรตีนสูงกว่า รวมทั้งการปรับสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูงมากเกินไปใน TM85 และ TM81 นั้นอาจส่งผลให้เกิดการสะสมของกรดคาร์บอนิกที่ทำให้โปรตีนบางส่วนเกิดการเสื่อมสภาพได้ โดยปริมาณก๊าซของชุดการทดลอง TM55 ซึ่งมีคะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนมากกว่าชุดการทดลองอื่นนั้นมีปริมาณก๊าซใกล้เคียงกับการวิจัยของ Teerawut *et al*. (2016) ที่พบว่า หอยนางรมรมควันที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 50% N_2 ได้รับการยอมรับด้านรสชาติจากผู้ทดสอบสูงกว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น Alfaro and Hernandez (2013) พบว่าการนำปลา Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) มาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 48% CO_2: 50% N_2: 2% O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการนิ่มเละของเนื้อปลาได้เป็นอย่างดี และผลการวิจัยของ Fagan *et al*. (2004) พบว่าการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 40% CO_2 : 60% N_2 ทำให้ค่าแรงเฉือนของ ปลาแมคเคอเรลและปลาแซลมอนสูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ ซึ่งค่าแรงเฉือนนั้นสามารถบ่งบอกถึงเนื้อสัมผัสได้ว่าเมื่อค่าแรงเฉือนมีมากแสดงถึงการที่โปรตีนถูกย่อยสลายน้อยทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำรวมทั้งคุณสมบัติของไมโอฟิบริลลาโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นนั้นยังคงมีอยู่ (Teerawut *et al*. , 2016)

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ แสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในชุดการทดลอง TM55 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 คุณลักษณะมากกว่าเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอื่นๆ เนื่องจากการใช้ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่มากเกินไปอาจมีประสิทธิภาพในการชะลอการ

เน่าเสียได้น้อยเพราะส่งผลให้เกิดการสะสมของกรดคาร์บอนิกที่ทำให้โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพได้มากขึ้น รวมทั้งการใช้ปริมาณก๊าซ O_2 ที่มากเกินไปส่งเสริมให้เกิดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ ทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสอันไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้ม เช่น สีซีดจาง กลิ่นเหม็นเน่า รสเปรี้ยว รสเฝื่อนและเนื้อสัมผัสนิ่มเละ ยังเกิดขึ้นได้เช่นกัน

ความแตกต่างของผลการทดลองในครั้งนี้กับงานวิจัยอื่นๆ นั้นเกิดจากหลายปัจจัยไม่ว่าจะเป็นชนิดของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (Ryder, Buisson & Scott, 1984) ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดการย่อยสลายตัวเองในสัตว์น้ำ (Scott, Fletcher & Hogg, 1986) ลักษณะทางชีวภาพ เคมีกายภาพ (Bio-physiochemical properties) ของสัตว์น้ำและสภาวะการเก็บรักษาด้วย (Hanna, 1992) ชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน สารเคมีที่ใช้และวิธีการแปรรูปเพื่อการชะลอการเสื่อมคุณภาพรวมถึงมีอัตราส่วนก๊าซที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้นมีความแตกต่างกันไป ทำให้ได้ผลการวิจัยเรื่องความเหมาะสมของก๊าซที่ใช้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป เช่น Hassoun and Karoui (2016) พบว่าการนำเนื้อปลา Whiting (*Merlangius merlangus*) มาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 50% CO_2: 50% N_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TBARS, TVB-N และ pH) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะเนื้อสัมผัส) ได้ดีที่สุด ขณะที่ สวามินี ธีระวุฒิ, รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น และโสภาวดี เมืองฮาม (2557) พบว่าหอยนางรมสดแกะเปลือก (*Saccostrea cucullata*) ที่แช่ในสารละลายผสม (โพแทสเซียมซอร์เบต 3% และโซเดียมแล็กเตต 2.5 %) ร่วมกับการแช่เย็นที่ใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 60% CO_2: 20% O_2: 20% N_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาและคุณภาพทางกายภาพได้ดีกว่าอัตราส่วนก๊าซอื่น ส่วนผลการศึกษาของ Gong and Youling (2008) พบว่าคุณภาพทางกายภาพ (pH และการสูญเสียน้ำหนัก) คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะเนื้อสัมผัส) และคุณภาพทางจุลินทรีย์ (โคลิฟอร์มแบคทีเรียและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) ของกุ้งนาง (*Cherax quadricarinatus*) ที่ทำให้สุกบางส่วนด้วยการจุ่มในน้ำเดือดนาน 2 นาที แล้วนำมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่ 80% CO_2: 10% O_2 : 10% N_2 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด และ Teerawut *et al*. (2016) อัตราส่วนก๊าซที่ 50% CO_2: 50% N_2 นั้นเหมาะสมในการชะลอการเสื่อม คุณภาพทางกายภาพ (ค่าสี และแรงเฉือน) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) รมควัน

เมื่อพิจารณาภาพรวมจากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบ (TCC) และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (TGC) แล้วนำมาบรรจุแบบบรรยากาศปกติเปรียบเทียบกับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนแล้วบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2), TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2) และ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2) นั้น เมื่อพิจาณาจากคุณภาพทั้ง 4 ด้านแสดงให้เห็นว่า การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งต้มได้ดีที่สุด รวมทั้งการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2), TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2), TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) และ TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน TGC (สารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ)

การพิจารณาเพื่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันในการทดลองนี้พิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่เป็นคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นที่มีคะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะอื่นๆ (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน และโดยทั่วไปความสามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของมนุษย์เกิดขึ้นได้เร็วกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น ดังนั้นคุณลักษณะด้านกลิ่นจึงใช้บ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Coban *et al*, 2012) ประกอบกับในการทดลองครั้งนี้การเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสเกิดขึ้นเร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา ดังนั้นสำหรับการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่างๆ กันในการทดลองนี้จึงพิจารณาการยอมรับทางประสาทสัมผัสดังที่กล่าวมา โดย TM55 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 28 วัน รองลงมาคือ TM81, TM85 และ TM51 ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 26, 24 และ 22 วัน ตามลำดับ ขณะที่ TGC เก็บได้นาน 20 วัน ในขณะที่ TCC มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การเคลือบเนื้อกุ้งต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%) ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (TM85, TM55, TM81 และ TM51) ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งต้มได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TGC) และการไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ (TCC) ซึ่งการบรรจุแบบสภาพปรับบรรยากาศ TM55 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ TM81, TM85, TM51 ตามลำดับ ซึ่งดีกว่า TGC ขณะที่ TCC มีการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกๆ ด้านมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน อีกทั้งตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในการทดลองนี้เมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ระดับน้อยกว่า 3 คะแนน ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้ TM55 (50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 28 วัน รองลงมาได้แก่ TM81 (80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2), TM85 (80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2) และ TM51 (50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2) เก็บรักษาได้ 26, 24 และ 22 วัน ตามลำดับ ขณะที่ TGC (เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บรักษาได้ 20 วัน ส่วน TCC (ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ) เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาสั้นที่สุดเพียง 6 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาควรเพิ่มการตรวจสอบจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่นและเพิ่มการตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์ทนความเย็น จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแล็คติก จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะช่วยบ่งชี้กลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศได้

เอกสารอ้างอิง

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

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

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. (2547). *การจัดการผลผลิตสัตว์น้ำเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค.* กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 131 – 134.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2556). *ระยะแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ในการแปรรูปอาหารอาหาร.* กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 115-119.

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

นิรชา วงษ์จินดา. (2556). กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง. วันที่ค้นข้อมูล 6 ธันวาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/technical_group/ดาว์โหลด/กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง.pdf

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. (2546). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัญฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

นาฎกาญจน์ ชิณศรี. (2555). *ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปรต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของกุ้งแช่เย็น*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาจุลชีววิทยาประยุกต์, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

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

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

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2559). *การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม: ผลของการเคลือบสารอัลจิเนตผสมสารกันหืน.* รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558.

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

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). *คู่มือปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* วันที่เข้าค้นข้อมูล 1 ธันวาคม 2559, เข้าถึงได้จาdhttp://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf

Almajano, M.P., Carbó, R., Jiménez, J.A.L. & Gordon, M.H. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chemistry, 108*(1), 55–63.

Alfaro, B. & Hernandez, I. (2013). Evolution of the indigenous microbiota in modified atmosphere packaged Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) identified by conventional and molecular methods. *International Journal of Food Microbiology, 167*(2), 117-123.

Amanatidou, A., Schluter, O., Lemkau, K., Gorris, L.G.M., Smid, E.J. & Knorr, D. (2000). Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh Atlantic salmon, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *1*, 87–98.

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.

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.

Basiri, S., Shekarforoush, S.S., Aminlari, M. & Akbari, S. (2015). The effect of pomegranate peel extract (PPE) on the polyphenol oxidase (PPO) and quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology. 60*(2), 1025-1033.

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

Bono, G., Odilichukwu, C., Okpala, R., Alberio, G.R.A., Messina, C.M., Santulli, A., Giacalone, G. & Spagna, G. (2016). Toward shrimp consumption without chemicals: Combined effects of freezing and modified atmosphere packaging (MAP) on some quality characteristics of Giant Red Shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) during storage. *Food Chemistry, 197*, Part A, 581-588.

Bono, G. & Badalucco, C. (2012). Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). *Food Science and Technology, 47*(2), 500-504.

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

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

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

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.

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

Chouljenko, A., Chotiko, A., Bonilla, F., Moncada, M., Reyes, V. & Sathivel, S. (2016). Effects of vacuum tumbling with chitosan nanoparticles on the quality characteristics of cryogenically frozen shrimp. *LWT - Food Science and Technology*, *75*, 114-123.

Dabadé, D.S., Azokpota, P., Nout, M.J., Hounhouigan, D.J., Zwietering, M.H., & Besten, H.M. (2015). Prediction of spoilage of tropical shrimp (*Penaeus notialis*) under dynamic temperature regimes. *International Journal of Food Microbiology, 210*, 121-130. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.010

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

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

Eymard, S., Carcouët, M.E., Rochet, J., Dumay, J., Chopin, C. & Genot, C. (2005). Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 85*(10), 1750-1756.

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

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

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

Ferreira, S., Landeiro, M., Rogeria, A., & Ana, N. (2007). Hazards and critical control points in Brazilian seafood dish preparation. *Food Control, 18,* 513-520.

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

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

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

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.

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

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

Hanna, J. (1992). *Rapid microbial methods and fresh fish quality assessment.* G.M. Hall (Ed.), Fish processing technology, Black Academic & Professional, VCR Publishers, London, pp. 275-305.

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.

Ioannis, S. A., Vasiliki, K., Bouletis, A. D. & Papaloucas, C. (2011). Study of changes in physicochemical and microbiological characteristics of shrimps (*Melicertus kerathurus*) stored under modified atmosphere packaging. *Anaerobe, 17*, 292-294.

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. (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.

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.

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

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

Li, T., Li, J., Hub, W., Zhang, X., Li, X., & Zhao, J. (2012b). Shelf-life extension of crucian carp (*Carassius auratus*) using natural preservatives during chilled storage. *Food Chemistry, 135*, 140-145.

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 spoiled cooked whole tropical shrimp (*Penaeus vannamei*) stored under modified atmosphere packaging. *Food Microbiology, 40*, 9-17.

Maneesin, P., Chinnasri, N., Vongswasd, 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.

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

Messina, C.M., Bono, G., Renda, G., La Barbera, L. & Santulli, A. (2015). Effect of natural antioxidants and modified atmosphere packaging in preventing lipid oxidation and increasing the shelf-life of common dolphin fish (*Coryphaena hippurus*) fillets. *Food Science and Technology, 62* (1), 271-277.

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.

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.

Ozogul, Y. & Uçar, Y. (2011). The effects of natural extracts on the quality changes of frozen chub mackerel (*Scomber japonicus*) burgers. *Food Bioprocess Technol., 6*(1), 1550-1560.

Özyurt, G., Kuley, E., Balikçi, E., Kaçar, Ç., Gökdogan, S., & Etyemez, M. (2012). Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*Sardinella aurita*) during chilled storage. *Food and Bioprocess Technology. 5*(7), 2777-2786. http://dx.doi.org/10.1007/s11947-011-0586-7

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.

Phillips, G.O. & Williams, P.A. (2000). Handbook of hydrocolloids. New York, CRC press, pp. 87-213.

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

Qian, Y.F., Xie, J., Yang, S.P., Huang, S., Wu, W.H. & Li, L. (2015). Inhibitory effect of a quercetin-based soaking formulation and modified atmospheric packaging (MAP) on muscle degradation of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Science and Technology, 63*(2), 1339-1346.

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

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

Ryder, L.M., Buisson, D.H. & Scott, D.N. (1984). Storage of New Zealand jack mackerel (*Trachurus novaezelandiae*) in ice: chemical, microbiological and sensory assessment. *Journal of Food Science, 49*, 1453-1456.

Ruiz-Capillas, C. & Moral, A. (2005). Sensory and biochemical aspects of quality of whole big eye tuna (*Thunnus obesus)* during bulk storage in controlled atmospheres. *Food Chemistry, 89* (3), 347-354.

Schelegueda, L.I., Delcarlo, S.B., Gliemmo, M.F., Campos, C.A. (2016). Effect of antimicrobial mixtures and modified atmosphere packaging on the quality of Argentine hake (*Merluccius hubbsi*) burgers. *Food Science and Technology, 68,* 258-264.

Santos, J., Lisboa, F., Pestana, N., Casal, S., Rui A., M., Beatriz, M. & Oliveira, P.P. (2013). Shelf life assessment of modified atmosphere packaged turbot (*Psetta maxima*) fillets: evaluation of microbial, physical and chemical quality parameters. *Food Bioprocess Technol,* 6 (1), 2630-2639.

Scott, D., Fletcher, G. & Hogg, M. (1986). Comparison of whole with headed and gutted orange roughy stored in ice: sensory, microbiology, and chemical assessment. *Journal of Food Science, 51*, 79-86.

Senanayake, S.P.J.N. (2013). Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications—A review. *Journal of Functional Foods, 5*(4), 1529-1541.

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

Singh Arora, D., Jeet Kaur, G. & Kaur, H. (2009). Antibacterial activity of tea and coffee: their extracts and preparations. *International Journal of Food Properties, 12*(2), 286-294.

Silvertsvik, 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

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

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

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

Teerawut, S., Sangsriraung, K. & Kwan-on, P. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on the physical and sensory properties of smoked oyster (*Saccostrea cucullata*) during refrigerated storage. *NU. International Journal of Science*, *13*(1), 26-36.

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.

Wachirasiri, K., Wanlapa, S., Uttapap, D. & Rungsardthong, V. (2012). Use of amino acids as a phosphate alternative and their effects on quality of frozen white shrimps (*Penaeus vanamei*). *LWT - Food Science and Technology, 69*, 303–311. doi:10.1016/j.lwt.2016.01.065

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

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.

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

Zhang, B., Ma, L.K., Deng, S., Xie, C. & Qiu, X. (2015). Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging. *Food Control, 51*, 114-121.

Zulema, A., Herlinda, Marina, J., Enrique, M. & Wilfrido, T. (2015). Quality changes during frozen storage of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) with antioxidant, alpha - tocopherol, under different conditions. *Food Science and Technology*., *35*(2), 368-374.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0^{NS}	6.98_{f}±0.02	6.98_{d}±0.01	6.98_{b}±0.01	6.98_{c}±0.01	6.98_{c}±0.01	6.98_{b}±0.01
2	6.76_{d}^{A}±0.02	7.01_{e}^{E}±0.02	6.92_{a}^{C}±0.02	6.88_{a}^{B}±0.01	6.88_{a}^{B}±0.01	6.96_{a}^{D}±0.01
4	6.66_{a}^{A}±0.02	6.95_{c}^{B}±0.01	7.00_{c}^{D}±0.01	6.97_{b}^{C}±0.01	6.97_{b}^{C}±0.01	6.98_{b}^{C}±0.01
6	6.71_{b}^{A}±0.01	6.83_{b}^{B}±0.01	7.10_{d}^{E}±0.01	6.98_{bc}^{C}±0.01	6.99_{c}^{CD}±0.01	7.00_{c}^{D}±0.01
8	6.74_{c}^{A}±0.01	6.81_{a}^{B}±0.02	7.11_{de}^{E}±0.01	7.00_{d}^{C}±0.01	7.05_{d}^{D}±0.01	7.07_{d}^{D}±0.01
10	6.86_{e}^{A}±0.01	7.47_{f}^{E}±0.01	7.11_{de}^{D}±0.01	7.06_{e}^{B}±0.01	7.07_{e}^{C}±0.01	7.11_{e}^{D}±0.02
12	7.20_{g}^{C}±0.01	7.76_{g}^{D}±0.02	7.12_{e}^{B}±0.01	7.09_{f}^{A}±0.01	7.11_{f}^{B}±0.01	7.12_{e}^{B}±0.01
14	7.38_{h}^{D}±0.01	7.79_{h}^{E}±0.01	7.14_{f}^{C}±0.01	7.10_{g}^{A}±0.01	7.12_{f}^{B}±0.01	7.15_{f}^{C}±0.01
16	7.59_{i}^{E}±0.01	7.80_{i}^{F}±0.01	7.17_{g}^{C}±0.01	7.11_{h}^{A}±0.01	7.15_{g}^{B}±0.01	7.19_{g}^{D}±0.01
18	7.77_{j}^{E}±0.01	7.92_{j}^{F}±0.01	7.25_{h}^{C}±0.02	7.14_{i}^{A}±0.02	7.18_{h}^{B}±0.01	7.33_{h}^{D}±0.01
20	7.95_{k}^{E}±0.02	7.96_{k}^{E}±0.01	7.28_{i}^{C}±0.02	7.18_{j}^{A}±0.01	7.24_{i}^{B}±0.01	7.45_{i}^{D}±0.01
22	-	-	7.36_{j}^{C}±0.01	7.20_{k}^{A}±0.01	7.30_{j}^{B}±0.02	7.63_{j}^{D}±0.01
24	-	-	7.38_{k}^{C}±0.01	7.20_{k}^{A}±0.01	7.33_{k}^{B}±0.01	7.95_{k}^{D}±0.01
26	-	-	7.41_{l}^{C}±0.01	7.21_{k}^{A}±0.02	7.34_{k}^{B}±0.01	7.95_{k}^{D}±0.01
28	-	-	7.78_{m}^{C}±0.01	7.36_{l}^{A}±0.01	7.41_{l}^{B}±0.01	7.98_{l}^{D}±0.01
30	-	-	7.86_{n}^{C}±0.01	7.40_{m}^{A}±0.01	7.51_{m}^{B}±0.01	7.99_{l}^{D}±0.01

ตารางผนวกที่ ก - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0	16.28_{a}^{A}±0.02	16.48_{a}^{E}±0.01	16.33_{a}^{B}±0.01	16.41_{a}^{D}±0.01	16.41_{a}^{D}±0.01	16.35_{a}^{C}±0.01
2	21.33_{b}^{F}±0.02	17.98_{b}^{E}±0.02	16.63_{b}^{D}±0.01	16.46_{b}^{A}±0.01	16.51_{b}^{B}±0.01	16.57_{b}^{C}±0.01
4	23.64_{c}^{F}±0.02	19.95_{c}^{E}±0.01	17.43_{c}^{D}±0.02	16.87_{c}^{A}±0.02	16.97_{c}^{B}±0.01	17.39_{c}^{C}±0.01
6	31.34_{d}^{F}±0.01	21.35_{d}^{E}±0.01	19.56_{d}^{D}±0.01	17.23_{d}^{A}±0.02	18.54_{d}^{B}±0.02	19.53_{d}^{C}±0.01
8	36.74_{e}^{F}±0.01	22.24_{e}^{E}±0.02	21.66_{e}^{D}±0.01	18.56_{e}^{A}±0.01	19.43_{e}^{B}±0.02	21.63_{e}^{C}±0.01
10	45.86_{f}^{E}±0.01	25.08_{f}^{D}±0.01	23.02_{f}^{C}±0.01	19.68_{f}^{A}±0.01	21.33_{f}^{B}±0.01	23.01_{f}^{C}±0.01
12	50.83_{g}^{E}±0.01	26.95_{g}^{D}±0.02	24.34_{g}^{C}±0.02	20.77_{g}^{A}±0.01	22.89_{g}^{B}±0.01	24.30_{g}^{C}±0.01
14	68.58_{h}^{E}±0.01	27.66_{h}^{D}±0.01	25.04_{h}^{C}±0.01	21.98_{h}^{A}±0.01	23.27_{h}^{B}±0.02	25.20_{h}^{C}±0.01
16	91.59_{i}^{F}±0.01	29.23_{i}^{E}±0.01	26.67_{i}^{D}±0.02	22.45_{i}^{A}±0.01	24.83_{i}^{B}±0.02	26.64_{i}^{C}±0.01
18	103.77_{j}^{E}±0.01	30.34_{j}^{D}±0.01	27.83_{j}^{C}±0.02	24.03_{j}^{A}±0.02	25.95_{j}^{B}±0.01	27.80_{j}^{C}±0.01
20	-	30.54_{k}^{E}±0.01	29.11_{k}^{D}±0.02	24.87_{k}^{A}±0.01	26.55_{k}^{B}±0.01	29.07_{k}^{C}±0.02
22	-	33.32_{l}^{E}±0.01	29.87_{l}^{D}±0.02	25.28_{l}^{A}±0.01	27.34_{l}^{B}±0.01	29.83_{l}^{C}±0.01
24	-	36.15_{m}^{D}±0.01	30.02_{m}^{C}±0.01	26.79_{m}^{A}±0.01	28.66_{m}^{B}±0.02	30.01_{m}^{C}±0.01
26	-	38.57_{n}^{E}±0.01	30.42_{n}^{D}±0.02	27.13_{n}^{A}±0.01	29.49_{n}^{B}±0.01	30.40_{n}^{C}±0.01
28	-	39.32_{o}^{E}±0.01	31.24_{o}^{D}±0.01	29.68_{o}^{A}±0.01	30.44_{o}^{B}±0.01	31.21_{o}^{C}±0.01
30	-	-	34.52_{p}^{D}±0.01	30.87_{p}^{A}±0.01	32.24_{p}^{B}±0.01	34.50_{p}^{C}±0.01

ตารางผนวกที่ ก - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0	2.89_{a}^{B}±0.02	2.87_{a}^{AB}±0.03	2.87_{a}^{AB}±0.02	2.86_{a}^{A}±0.01	2.87_{a}^{AB}±0.02	2.86_{a}^{A}±0.02
2	3.16_{b}^{B}±0.02	2.89_{a}^{A}±0.02	2.87_{a}^{A}±0.02	2.87_{ab}^{A}±0.01	2.89_{ab}^{A}±0.01	2.87_{a}^{A}±0.01
4	3.69_{c}^{C}±0.02	2.95_{b}^{B}±0.02	2.90_{b}^{A}±0.01	2.89_{ab}^{A}±0.01	2.90_{ab}^{A}±0.01	2.89_{ab}^{A}±0.02
6	4.71_{d}^{D}±0.03	3.07_{c}^{C}±0.02	2.94_{c}^{B}±0.01	2.90_{b}^{A}±0.01	2.91_{b}^{AB}±0.01	2.97_{b}^{B}±0.01
8	4.93_{e}^{F}±0.02	3.20_{d}^{E}±0.03	3.05_{d}^{D}±0.02	2.94_{c}^{A}±0.02	2.98_{c}^{B}±0.01	3.01_{c}^{C}±0.02
10	5.13_{f}^{E}±0.01	3.29_{e}^{D}±0.03	3.14_{e}^{C}±0.02	2.98_{d}^{A}±0.02	3.06_{d}^{B}±0.02	3.11_{d}^{C}±0.02
12	5.37_{g}^{F}±0.02	3.49_{f}^{E}±0.02	3.27_{f}^{D}±0.01	3.03_{e}^{A}±0.0[2]	3.13_{e}^{B}±0.02	3.23_{e}^{C}±0.02
14	5.48_{h}^{E}±0.02	3.71_{g}^{D}±0.01	3.39_{g}^{C}±0.02	3.11_{f}^{A}±0.02	3.25_{f}^{B}±0.04	3.35_{f}^{C}±0.03
16	5.63_{i}^{F}±0.02	4.02_{h}^{E}±0.01	3.47_{h}^{D}±0.02	3.23_{g}^{A}±0.02	3.34_{g}^{B}±0.02	3.41_{g}^{C}±0.02
18	5.98_{j}^{F}±0.01	4.23_{i}^{E}±0.02	3.58_{i}±^{D}0.01	3.31_{h}^{A}±0.03	3.46_{h}^{B}±0.02	3.54_{h}^{C}±0.03
20	-	4.64_{j}^{D}±0.02	3.62_{j}^{C}±0.02	3.40_{i}^{A}±0.01	3.53_{i}^{B}±0.02	3.60_{i}^{C}±0.02
22	-	4.81_{k}^{E}±0.02	3.89_{k}^{D}±0.02	3.59_{j}^{A}±0.02	3.71_{j}^{B}±0.01	3.82_{j}^{C}±0.02
24	-	5.08_{l}^{E}±0.03	4.24_{l}^{D}±0.03	3.63_{k}^{A}±0.03	3.82_{k}^{B}±0.01	3.99_{k}^{C}±0.02
26	-	-	4.39_{m}^{D}±0.02	3.79_{l}^{A}±0.02	3.96_{l}^{B}±0.02	4.33_{l}^{C}±0.02
28	-	-	4.77_{n}^{D}±0.02	3.91_{m}^{A}±0.01	4.27_{m}^{B}±0.02	4.72_{m}^{C}±0.02
30	-	-	4.97_{o}^{D}±0.03	4.30_{n}^{A}±0.01	4.58_{n}^{B}±0.02	4.90_{n}^{C}±0.02

ตารางผนวกที่ ก - 4 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม (ปล้องที่ 2) เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงเฉือน (gforce) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0^{NS}	21.17_{i}±0.38	21.17_{i}±0.38	21.17_{m}±0.38	21.17_{l}±0.38	21.17_{h}±0.38	21.17_{k}±0.38
2	15.11_{h}^{A}±0.47	15.95_{h}^{B}±0.30	18.88_{l}^{D}±0.55	19.06_{k}^{D}±0.57	$18.72_{ş}^{D}$±0.50	17.08_{j}^{C}±0.38
4	$13.36_{ş}^{A}$±0.49	$15.08_{ş}^{B}$±0.25	16.16_{k}^{C}±0.12	16.84_{j}^{C}±0.19	16.34_{f}^{C}±0.34	16.27_{i}^{C}±0.62
6	11.64_{f}^{A}±0.56	13.83_{f}^{B}±0.43	15.12_{j}^{C}±0.38	16.00_{i}^{D}±0.19	15.71_{f}^{CD}±0.56	14.99_{h}^{C}±0.55
8	10.22_{e}^{A}±0.29	13.11_{e}^{B}±0.60	14.32_{i}^{C}±0.53	14.78_{h}^{C}±0.34	14.52_{e}^{C}±0.57	14.22_{h}^{C}±0.44
10	9.56_{d}^{A}±0.26	10.61_{d}^{B}±0.39	13.09_{h}^{C}±0.38	$14.23_{şh}^{D}$±0.68	13.01_{d}^{C}±0.45	$12.85_{ş}^{C}$±0.43
12	6.14_{c}^{A}±0.32	9.76_{c}^{B}±0.28	$12.90_{şh}^{D}$±0.37	$13.71_{fş}^{E}$±0.39	13.27_{d}^{DE}±0.46	$12.06_{fş}^{C}$±0.47
14	5.21_{b}^{A}±0.37	8.75_{b}^{B}±0.36	$12.29_{ş}^{CD}$±0.54	13.24_{ef}^{E}±0.12	12.51_{d}^{D}±0.58	11.54_{ef}^{C}±0.53
16	5.01_{b}^{A}±0.34	7.29_{a}^{B}±0.36	11.50_{f}^{C}±0.37	13.22_{ef}^{D}±0.55	11.53_{c}^{C}±0.49	11.24_{ef}^{C}±0.37
18	3.24_{a}^{A}±0.13	6.93_{a}^{B}±0.37	11.19_{f}^{C}±0.63	12.87_{de}^{D}±0.64	11.33_{c}^{C}±0.35	10.71_{de}^{C}±0.60
20	-	6.78_{a}^{A}±0.44	10.95_{ef}^{B}±0.52	12.47_{cde}^{C}±0.27	11.12_{c}^{B}±0.19	10.34_{d}^{B}±0.52
22	-	-	10.30_{de}^{A}±0.21	12.34_{cd}^{B}±0.50	10.34_{b}^{A}±0.48	10.07_{d}^{A}±0.47
24	-	-	9.63_{cd}^{AB}±0.54	12.13_{cd}^{C}±0.27	10.15_{b}^{A}±0.38	9.17_{c}^{B}±0.33
26	-	-	9.12_{bc}^{A}±0.55	11.82_{bc}^{C}±0.53	9.92_{b}^{A}±0.22	8.66_{bc}^{B}±0.45
28	-	-	8.55_{b}^{A}±0.24	11.34_{b}^{B}±0.41	8.33_{a}^{A}±0.51	8.22_{b}^{A}±0.56
30	-	-	7.35_{a}^{A}±0.33	10.56_{a}^{B}±0.36	7.62_{a}^{A}±0.44	7.03_{a}^{A}±0.41

ตารางผนวกที่ ก - 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0^{NS}	$2.84_{c}\pm0.02$	$2.83_{c}\pm0.01$	$2.84_{c}\pm0.01$	$2.86_{f}\pm0.01$	$2.83_{e}\pm0.02$	$2.85_{d}\pm0.01$
2	$4.67_{e}^{D}\pm0.01$	$2.55_{a}^{A}\pm0.01$	$2.64_{b}^{BC}\pm0.01$	$2.63_{c}^{B}\pm0.01$	$2.67_{d}^{C}\pm0.01$	$2.66_{c}^{C}\pm0.01$
4	$5.00_{f}^{C}\pm0.03$	$2.70_{b}^{B}\pm0.01$	$2.59_{a}^{A}\pm0.02$	$2.55_{a}^{A}\pm0.01$	$2.54_{a}^{A}\pm0.01$	$2.58_{a}^{A}\pm0.01$
6	$5.29_{g}^{E}\pm0.02$	$2.86_{c}^{D}\pm0.01$	$2.64_{b}^{C}\pm0.01$	$2.54_{a}^{A}\pm0.01$	$2.59_{b}^{B}\pm0.01$	$2.63_{b}^{C}\pm0.01$
8	$6.09_{h}^{D}\pm0.04$	$3.11_{d}^{C}\pm0.01$	$2.85_{c}^{B}\pm0.01$	$2.59_{b}^{A}\pm0.01$	$2.62_{c}^{A}\pm0.01$	$2.88_{e}^{B}\pm0.01$
10	$7.95_{k}^{F}\pm0.03$	$3.21_{e}^{E}\pm0.01$	$2.93_{d}^{C}\pm0.01$	$2.72_{d}^{A}\pm0.01$	$2.81_{e}^{B}\pm0.01$	$2.99_{f}^{D}\pm0.01$
12	$8.23_{l}^{F}\pm0.02$	$3.69_{f}^{D}\pm0.01$	$3.09_{e}^{C}\pm0.02$	$2.78_{e}^{A}\pm0.01$	$2.95_{f}^{B}\pm0.01$	$3.13_{g}^{C}\pm0.02$
14	$9.01_{m}^{F}\pm0.02$	$3.75_{g}^{E}\pm0.01$	$3.27_{f}^{C}\pm0.01$	$2.87_{f}^{A}\pm0.01$	$3.10_{g}^{B}\pm0.01$	$3.39_{h}^{D}\pm0.01$
16	$9.21_{n}^{F}\pm0.02$	$4.16_{h}^{E}\pm0.01$	$3.69_{g}^{C}\pm0.01$	$3.10_{g}^{A}\pm0.01$	$3.24_{h}^{B}\pm0.01$	$3.77_{i}^{D}\pm0.02$
18	$9.45_{o}^{F}\pm0.03$	$4.93_{i}^{E}\pm0.01$	$3.97_{h}^{C}\pm0.01$	$3.28_{h}^{A}\pm0.01$	$3.77_{i}^{B}\pm0.01$	$4.03_{j}^{D}\pm0.01$
20	$7.45_{j}^{F}\pm0.02$	$5.02_{j}^{E}\pm0.01$	$4.16_{i}^{C}\pm0.01$	$3.51_{i}^{A}\pm0.01$	$3.99_{j}^{B}\pm0.02$	$4.28_{k}^{D}\pm0.01$
22	$7.15_{i}^{F}\pm0.01$	$5.37_{k}^{E}\pm0.01$	$4.29_{j}^{C}\pm0.01$	$3.79_{j}^{A}\pm0.01$	$4.19_{k}^{B}\pm0.01$	$4.34_{l}^{D}\pm0.01$
24	$5.03_{f}^{E}\pm0.01$	$6.11_{l}^{F}\pm0.03$	$4.85_{k}^{C}\pm0.02$	$4.04_{k}^{A}\pm0.01$	$4.62_{l}^{B}\pm0.01$	$4.99_{m}^{D}\pm0.02$
26	$4.08_{d}^{A}\pm0.01$	$6.51_{m}^{F}\pm0.01$	$5.19_{l}^{D}\pm0.01$	$4.47_{l}^{B}\pm0.01$	$5.09_{m}^{C}\pm0.01$	$5.24_{n}^{E}\pm0.01$
28	$2.39_{b}^{A}\pm0.01$	$6.93_{n}^{F}\pm0.01$	$5.69_{m}^{D}\pm0.01$	$4.85_{m}^{B}\pm0.01$	$5.52_{n}^{C}\pm0.01$	$5.89_{o}^{E}\pm0.01$
30	$2.05_{a}^{A}\pm0.01$	$7.11_{0}^{F}\pm0.01$	$6.32_{n}\pm^{D}0.01$	$5.22_{n}^{B}\pm0.01$	$5.78_{o}^{C}\pm0.02$	$6.44_{p}^{E}\pm0.01$

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0	5.00_{i}^{B}±0.00	4.50_{g}^{A}±0.51	4.50_{gh}^{A}±0.51	4.50_{efg}^{A}±0.51	4.50_{ghi}^{A}±0.51	4.50_{hi}^{A}±0.51
2^{NS}	5.00_{i}±0.00	4.80_{g}±0.41	4.80_{h}±0.41	4.80_{g}±0.41	4.80_{i}±0.41	4.80_{i}±0.41
4	4.40_{h}^{A}±0.50	4.70_{g}^{B}±0.47	4.80_{h}^{B}±0.41	4.80_{g}^{B}±0.41	4.70_{hi}^{B}±0.47	4.70_{i}^{B}±0.47
6	4.30_{h}^{A}±0.47	4.60_{g}^{B}±0.50	4.60_{gh}^{B}±0.50	4.70_{g}^{B}±0.47	4.60_{hi}^{B}±0.50	4.60_{hi}^{B}±0.50
8	4.00_{g}^{A}±0.32	4.50_{f}^{A}±0.32	4.60_{gh}^{B}±0.50	4.70_{fg}^{B}±0.50	4.60_{hi}^{B}±0.50	4.50_{hi}^{A}±0.50
10	3.70_{f}^{A}±0.47	4.40_{ef}^{B}±0.47	4.50_{gh}^{C}±0.51	4.60_{fg}^{D}±0.50	4.50_{ghi}^{C}±0.51	4.50_{hi}^{C}±0.51
12	3.70_{f}^{A}±0.57	4.30_{ef}^{B}±0.66	4.40_{g}^{AB}±0.50	4.50_{efg}^{C}±0.51	4.50_{ghi}^{C}±0.51	4.30_{gh}^{B}±0.47
14	3.50_{f}^{A}±0.49	4.10_{e}^{B}±0.58	4.30_{fg}^{BC}±0.47	4.50_{efg}^{C}±0.51	4.40_{gh}^{BC}±0.50	4.20_{fg}^{B}±0.41
16	3.20_{e}^{A}±0.41	4.00_{d}^{B}±0.41	4.10_{ef}^{BC}±0.31	4.30_{def}^{C}±0.47	4.20_{fg}^{BC}±0.41	4.00_{ef}^{B}±0.32
18	2.80_{d}^{A}±0.41	3.80_{c}^{B}±0.41	3.90_{de}^{B}±0.31	4.20_{de}^{C}±0.41	4.00_{ef}^{BC}±0.32	3.90_{de}^{B}±0.31
20	2.70_{cd}^{A}±0.47	3.60_{c}^{B}±0.47	3.80_{d}^{BC}±0.41	4.00_{cd}^{C}±0.32	3.80_{de}^{BC}±0.41	3.70_{d}^{B}±0.47
22	2.50_{c}^{A}±0.51	3.20_{c}^{B}±0.51	3.50_{c}^{C}±0.51	3.80_{bc}^{D}±0.41	3.60_{cd}^{CD}±0.50	3.40_{c}^{C}±0.50
24	2.20_{b}^{A}±0.41	3.10_{b}^{B}±0.41	3.30_{bc}^{BC}±0.47	3.60_{ab}^{D}±0.50	3.40_{bc}^{C}±0.50	3.20_{bc}^{B}±0.41
26	2.00_{b}^{A}±0.32	2.80_{b}^{B}±0.22	3.10_{ab}^{C}±0.31	3.40_{a}^{C}±0.50	3.20_{ab}^{BC}±0.41	3.00_{b}^{C}±0.32
28	1.70_{a}^{A}±0.47	2.10_{a}^{B}±0.47	2.90_{a}^{CD}±0.31	3.30_{a}^{E}±0.47	3.00_{a}^{D}±0.32	2.70_{a}^{C}±0.47

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0	5.00_{j}^{B}±0.00	4.50_{gh}^{A}±0.51	4.50_{g}^{A}±0.51	4.50_{hi}^{A}±0.51	4.50_{f}^{A}±0.51	4.50_{ijk}^{A}±0.51
2	4.60_{i}^{AB}±0.50	4.50_{gh}^{A}±0.51	4.60_{g}^{AB}±0.50	5.00_{k}^{C}±0.00	4.50_{f}^{A}±0.51	4.80_{k}^{BC}±0.41
4	4.30_{h}^{A}±0.47	4.60_{h}^{BC}±0.50	4.60_{g}^{BC}±0.50	4.80_{jk}^{C}±0.41	4.60_{f}^{BC}±0.50	4.50_{ijk}^{AB}±0.51
6	3.20_{g}^{A}±0.41	4.50_{gh}^{B}±0.51	4.50_{g}^{B}±0.51	4.70_{ij}^{B}±0.47	4.50_{f}^{B}±0.51	4.60_{jk}^{B}±0.50
8	2.80_{ef}^{A}±0.41	4.30_{gh}^{B}±0.47	4.50_{g}^{B}±0.51	4.50_{hi}^{B}±0.51	4.30_{ef}^{B}±0.47	4.40_{ij}^{B}±0.50
10	2.70_{e}^{A}±0.47	4.20_{g}^{B}±0.52	4.10_{f}^{B}±0.45	4.30_{gh}^{B}±0.57	4.10_{de}^{B}±0.45	4.20_{hi}^{B}±0.41
12	2.30_{d}^{A}±0.47	3.90_{f}^{B}±0.31	4.10_{f}^{BC}±0.45	4.20_{fg}^{C}±0.41	4.00_{d}^{BC}±0.32	4.00_{gh}^{BC}±0.32
14	1.80_{c}^{A}±0.41	3.40_{e}^{B}±0.50	3.90_{f}^{C}±0.31	4.00_{ef}^{C}±0.32	3.90_{d}^{C}±0.31	3.90_{g}^{C}±0.31
16	1.40_{b}^{A}±0.50	3.30_{e}^{B}±0.47	3.60_{e}^{C}±0.50	3.90_{de}^{D}±0.31	3.50_{c}^{BC}±0.51	3.60_{f}^{C}±0.50
18	1.00_{a}^{A}±0.00	3.20_{e}^{B}±0.41	3.30_{d}^{BC}±0.47	3.70_{cd}^{D}±0.47	3.40_{c}^{BC}±0.50	3.50_{ef}^{CD}±0.51
20	-	3.10_{e}^{A}±0.31	3.20_{cd}^{B}±0.41	3.50_{bc}^{C}±0.51	3.30_{bc}^{BC}±0.47	3.30_{de}^{BC}±0.47
22	-	2.70_{d}^{A}±0.47	3.00_{bc}^{B}±0.32	3.40_{b}^{D}±0.50	3.00_{ab}^{B}±0.46	3.10_{cd}^{C}±0.31
24	-	2.40_{c}^{A}±0.50	3.00_{bc}^{B}±0.32	3.40_{b}^{D}±0.50	3.10_{ab}^{C}±0.45	2.90_{bc}^{BC}±0.45
26	-	2.10_{b}^{A}±0.31	2.90_{ab}^{C}±0.31	3.10_{a}^{D}±0.31	3.00_{ab}^{CD}±0.32	2.70_{ab}^{B}±0.47
28	-	1.80_{a}^{A}±0.41	2.70_{a}^{C}±0.47	3.00_{a}^{E}±0.32	2.90_{a}^{D}±0.31	2.50_{a}^{B}±0.51

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	TM85	TM55	TM81	TM51
0	5.00_{i}^{B}±0.00	4.80_{i}^{A}±0.41	4.90_{i}^{AB}±0.31	4.80_{i}^{A}±0.41	4.80_{k}^{A}±0.41	4.80_{j}^{A}±0.41
2^{NS}	4.70_{h}±0.47	4.80_{i}±0.41	4.80_{hi}±0.41	4.80_{i}±0.41	4.80_{k}±0.41	4.80_{j}±0.41
4	4.20_{g}^{A}±0.41	4.70_{i}^{B}±0.47	4.70_{ghi}^{B}±0.47	4.80_{i}^{B}±0.52	4.70_{k}^{B}±0.47	4.70_{ij}^{B}±0.47
6	3.20_{f}^{A}±0.41	4.60_{hi}^{B}±0.50	4.60_{fgh}^{B}±0.50	4.70_{hi}^{B}±0.47	4.70_{k}^{B}±0.47	4.60_{ij}^{B}±0.50
8	2.60_{e}^{A}±0.50	4.40_{gh}^{B}±0.50	4.50_{fg}^{B}±0.51	4.60_{hi}^{B}±0.50	$4.60j_{k}^{B}$±0.50	4.50_{hi}^{B}±0.51
10	2.20_{d}^{A}±0.41	4.20_{g}^{B}±0.41	4.40_{f}^{BC}±0.50	4.50_{ghi}^{C}±0.51	4.40_{ij}^{BC}±0.50	4.30_{h}^{BC}±0.47
12	1.90_{c}^{A}±0.31	3.90_{f}^{B}±0.31	4.10_{e}^{BC}±0.31	4.40_{fgh}^{D}±0.50	4.20_{hi}^{CD}±0.41	4.00_{g}^{BC}±0.32
14	1.40_{b}^{A}±0.50	3.70_{ef}^{B}± 0.47	4.00_{de}^{CD}±0.32	4.20_{efg}^{D}±0.41	4.00_{gh}^{CD}±0.32	3.80_{fg}^{BC}±0.41
16	1.00_{a}^{A}±0.32	3.50_{e}^{B}±0.51	3.80_{d}^{CD}±0.41	4.10_{ef}^{E}±0.31	3.90_{fg}^{DE}±0.31	3.60_{ef}^{BC}±0.50
18	-	3.20_{d}^{A}±0.41	3.50_{c}^{BD}±0.51	3.90_{de}^{D}±0.31	3.70_{ef}^{CD}±0.47	3.40_{de}^{AB}±0.50
20	-	3.20_{d}^{A}±0.41	3.50_{c}^{C}±0.51	3.70_{cd}^{D}±0.47	3.60_{de}^{CD}±0.50	3.30_{cd}^{BC}±0.47
22	-	2.80_{c}^{A}±0.41	3.30_{bc}^{CD}±0.47	3.60_{bcd}^{E}±0.50	3.40_{cd}^{DE}±0.50	3.10_{bc}^{B}±0.31
24	-	2.50_{b}^{A}±0.51	3.20_{ab}^{CD}±0.52	3.40_{abc}^{D}±0.50	3.30_{bc}^{CD}±0.47	3.10_{bc}^{B}±0.45
26	-	2.30_{ab}^{A}±0.47	3.10_{ab}^{B}±0.45	3.30_{ab}^{C}±0.47	3.10_{ab}^{B}±0.31	3.00_{ab}^{B}±0.32
28	-	2.10_{a}^{A}±0.31	3.00_{a}^{C}±0.32	3.10_{a}^{D}±0.45	3.00_{a}^{C}±0.32	2.80_{a}^{B}±0.41

ตารางผนวกที่ ก - 9 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TGC	T11	T16	T21	T26
0^{NS}	5.00_{h}±0.00	5.00_{i}±0.00	5.00_{j}±0.00	5.00_{k}±0.00	5.00_{k}±0.00	5.00_{j}±0.00
2^{NS}	4.90_{g}±0.31	5.00_{i}±0.00	5.00_{j}±0.00	5.00_{k}±0.00	5.00_{k}±0.00	5.00_{j}±0.00
4	4.20_{f}^{A}±0.41	4.70_{h}^{B}±0.47	4.80_{ij}^{B}±0.41	4.90_{k}^{B}±0.31	4.80_{jk}^{B}±0.41	4.80_{ij}^{B}±0.41
6	3.30_{e}^{A}±0.47	4.60_{h}^{B}±0.50	4.60_{hi}^{B}±0.50	4.80_{jk}^{B}±0.41	4.70_{ij}^{B}±0.47	4.60_{hi}^{B}±0.50
8	2.40_{d}^{A}±0.50	4.30_{g}^{B}±0.47	4.40_{gh}^{BC}±0.50	4.60_{ij}^{C}±0.50	4.50_{hi}^{BC}±0.51	4.40_{h}^{BC}±0.50
10	2.00_{c}^{A}±0.32	4.10_{fg}^{B}±0.31	4.30_{fg}^{BC}±0.47	4.40_{hi}^{C}±0.50	4.30_{gh}^{BC}±0.47	4.10_{g}^{B}±0.31
12	1.40_{b}^{A}±0.50	3.90_{f}^{B}±0.31	4.10_{ef}^{BC}±0.31	4.20_{gh}^{C}±0.41	4.10_{fg}^{BC}±0.31	4.00_{g}^{BC}±0.32
14	1.00_{a}^{A}±0.00	3.50_{e}^{B}±0.51	3.90_{e}^{CD}±0.31	4.00_{fg}^{D}±0.32	3.90_{ef}^{CD}±0.31	3.70_{f}^{BC}±0.47
16	-	3.40_{de}^{A}±0.50	3.60_{d}^{BC}±0.50	3.90_{ef}^{D}±0.31	3.70_{de}^{CD}±0.47	3.50_{ef}^{BC}±0.51
18	-	3.20_{cd}^{A}±0.41	3.50_{cd}^{CD}±0.51	3.70_{de}^{D}±0.47	3.60_{cd}^{CD}±0.50	3.40_{de}^{BC}±0.50
20	-	3.20_{cd}^{A}±0.41	3.40_{cd}^{BC}±0.50	3.60_{cd}^{D}±0.50	3.40_{bc}^{BC}±0.50	3.30_{cde}^{AB}±0.47
22	-	3.00_{c}^{A}±0.32	3.30_{bc}^{C}±0.57	3.40_{bc}^{D}±0.50	3.30_{b}^{C}±0.47	3.20_{bcd}^{BC}±0.41
24	-	2.70_{b}^{A}±0.47	3.10_{ab}^{B}±0.31	3.30_{ab}^{C}±0.47	3.20_{ab}^{BC}±0.41	3.10_{bc}^{B}±0.31
26	-	2.30_{a}^{A}±0.47	3.00_{a}^{B}±0.32	3.20_{ab}^{C}±0.41	3.00_{a}^{B}±0.32	3.00_{ab}^{B}±0.32
28	-	2.10_{a}^{A}±0.31	2.90_{a}^{CD}±0.31	3.10_{a}^{E}±0.31	3.00_{a}^{DE}±0.00	2.80_{a}^{B}±0.41

หมายเหตุ :

TCC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TGC คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบบรรยากาศปกติ

TM85 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 15% N_2: 5% O_2

TM55 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 45% N_2: 5% O_2

TM81 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 80% CO_2: 10% N_2: 10% O_2

TM51 คือ เนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 50% CO_2: 40% N_2: 10% O_2

ภาคผนวก ข

ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

ตารางผนวกที่ ข - 1 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
ลักษณะปรากฏ	5	เนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ
	4	เนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ ไม่เป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้ปานกลาง
	3	เนื้อสีขาวอมส้มปานกลาง ไม่เป็นมันเงาและด้าน ยังไม่มีสีผิดปกติอื่น ๆ ปรากฏ มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้เล็กน้อย
	2	เนื้อสีขาวอมส้มปานกลางและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติเล็กน้อย เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงินจางๆ จุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อซีดจาง
	1	เนื้อสีขาวอมส้มและด้าน เนื้อบางบริเวณมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน จุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อซีดจาง

ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)

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

ที่มา : (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2559)