รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม: ผลของการเคลือบสารอัลจิเนตผสมสารกันหืน

Application of Alginate-based Antioxidant Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked White Shrimp: Effect of Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2558A10802401
สัญญาเลขที่ 26/2558

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการ การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม: ผลของการเคลือบสารอัลจิเนตผสมสารกันหืน

Application of Alginate-based Antioxidant Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked White Shrimp: Effect of Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants

สวามินี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 26/2558

บทคัดย่อ

ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตสำหรับเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับได้มากที่สุดคือ คือ 0.002% และระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน รวมทั้งการนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซี (T11, T16, T21, T26) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% (T11) มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ดีที่สุด ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% (T21) นั้นคุณภาพทางเคมี (pH, ความชื้น, TVB-N และ TMA-N) กายภาพ (% Cooking loss และค่าสี) และจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) ดีที่สุด เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการผลิตอาหารเพื่อการบริโภคร่วมกับความปลอดภัยในการบริโภค (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) ทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ดังนั้น T21 และ T11 มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเท่ากันคือ 22 วัน รองลงมาได้แก่ T26 และ T16 ที่มีอายุการเก็บรักษา 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC เก็บได้นาน 10 วัน และ TCC สามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน

Abstract

A trained descriptive analysis panels were evaluated sensory attributes for cooked white shrimp coated with an alginate-based coating. The optimum coating conditions for sensorial acceptance in the experiments were 0.002% sodium alginate. There was 4 attributes as appearance, odor, flavor and texture for sensory acceptance. While odor attributes could use to be shelf life of cooked white shrimp were coated with an alginate-based coating incorporating with antioxidant. The effect of antioxidant (green tea and vitamin C) alginate-based coating on the quality changes of cooked white shrimp during refrigerated storage of 28 days was investigated. Six different treatments were tested: control sample (TCC), alginate–based coating (TAC) and coated samples with alginate–based coating incorporating 1.25% vitamin C and 1.25% green tea (T11), 1.25% vitamin C and 0.625% green tea (T16), 2.5% vitamin C and 1.25% green tea (T21), 2.5% vitamin C and 0.625% green tea (T26), respectively. Alginate–based coating incorporating with antioxidant as green tea and vitamin C treatments (T11, T16, T21 and T26) could slow down the chemical, physical, microbiological and sensory quality changes of cooked white shrimp. Nevertheless, T11 was the highest inhibition on sensorial quality loss (appearance, odor, texture and tasty) and T21 was the most effective retarding chemical (pH, moisture content, TVB-N and TMA-N), physical (% cooking loss and color) and microbiology (total plate count) quality loss of cooked white shrimp. Considering the shelf life of products by the sensory quality and safety for human consumption (total plate count was not exceeded 6 log CFU/g). So that the use of T21 and T11 were the same shelf life for 22 days, T26 and T16 were shelf life for 20 and 16 days respectively. The TAC was shelf life by 10 days when stored at TCC have only 8 days. In addition, cooked white shrimp coated with antioxidant alginate-based coating at all sample secure for growth of pathogenic microorganisms (Coliform bacteria and *E. coli*) as well.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

3 วิธีดำเนินการวิจัย 12

4 ผลการวิจัย 17

5 อภิปรายผลการวิจัย 39

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 58

เอกสารอ้างอิง 59

ภาคผนวก 67

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ 67

ประวัตินักวิจัย 81

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4 - 1 การยอมรับในการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน..... 17

4 - 2 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต..... 18

ตารางผนวกที่

ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 68

ก - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 69

ก - 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 70

ก - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 71

ก - 5 ค่าสี L* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 72

ก - 6 ค่าสี a* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 73

ก - 7 ค่าสี b* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 75

ก - 9 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 76

ก - 10 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 77

ก - 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 78

ก - 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 79

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ..... 8

4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสม
สารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 21

4 - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 22

4 - 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 24

4 - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 25

4 – 5 ค่าสี L* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 27

4 – 6 ค่าสี a* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 28

4 – 7 ค่าสี b* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน
ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 29

4 - 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต
ผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 31

4 - 9 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต
ผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 - 10 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 35

4 - 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 37

4 - 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 38

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สร้างรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาทซึ่งนอกจากมูลค่าจากการส่งออกที่สามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้แล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองก็นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากรสชาติอร่อยและยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ผลิตภัณฑ์จากกุ้งขาวมีตั้งแต่การแปรรูปขั้นต้น เช่น กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง ไปกระทั่งถึงการแปรรูป ในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น อย่างไรก็ตามกุ้งขาวมีการเน่าเสียได้ง่ายและยัง ไวต่อการปนเปื้อน เนื้อสัมผัสและรสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา อีกทั้งความสดของวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูปต่างๆ ยังคงเป็นสิ่งจำเป็นในอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งเพื่อการส่งออก หรือแม้กระทั่งผู้บริโภคในประเทศที่ปัจจุบันมีวิถีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ ต้องการความสะดวกสบายในการซื้อหาวัตถุดิบมาปรุงอาหารและยังคงคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของวัตถุดิบดังกล่าว ซึ่งหนึ่งในส่วนผสมสำหรับเมนูอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคก็คือเนื้อกุ้งขาวต้ม นั่นเอง โดยนอกจากจะต้องคำนึงถึงความสะอาดสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคแล้ว ยังต้องคำนึงถึงวิธีการเก็บรักษาก่อนจะถึงมือผู้บริโภคด้วย

ดังนั้น การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้นด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนผสมสารกันหืนวิตามินซีและชาเขียว ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากอัลจิเนตรวมทั้งวิตามินซีและชาเขียวไปลดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำ อีกทั้งสารกันหืน เช่น โพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชา และกรดแอสคอร์บิก นั้นไปชะลอการเน่าเสียในส่วนที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ดังนั้นการใช้สารผสมสองชนิดทั้งอัลจิเนตและสารกันหืนจึงช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้ม เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ และสร้างความปลอดภัยให้ผู้บริโภคได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบอัลจิเนต
2. ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อกุ้งขาวต้มให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 กำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยการนำแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายแล้วนำมาให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้ม จากนั้นนำสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ผู้ทดสอบยอมรับมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต โดยการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มในการทดลอง

การทดลองที่ 2 ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบโดยนำกุ้งขาวมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาและแกะเปลือก แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที จากนั้นแกะเอาแต่เนื้อหอยมาตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการทดลอง

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้มโดยต้มเนื้อกุ้งขาวในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที จากนั้นนำเนื้อกุ้งมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ที่ผสมสารกันหืนได้แก่ วิตามินซีและชาเขียวที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันแล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เกณฑ์มาตรฐานในการวัดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

2. ทราบถึงประสิทธิภาพและความเข้มข้นของสารกันหืนที่ผสมลงในสารละลายอัลจิเนตที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพเนื้อกุ้งขาวต้มให้มีคุณภาพดี สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มให้ปลอดภัยต่อการบริโภคได้

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. กุ้งขาว

1.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาว

กุ้งขาว เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก มีลำตัวขาวใส ขามีสีขาว หางสีแดงกุ้งขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* ชื่อที่เรียกกันทั่วไปคือ Pacific white shrimp, White leg shrimpเป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง 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 ความยาวของกรี จะยาวกว่าลูกตาไม่มาก อวัยวะภายในของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณส่วนหัว ประกอบด้วยหัวใจ อวัยวะย่อยอาหาร ที่สังเกตเห็นเด่นชัดที่สุดคือลำไส้ของกุ้งชนิดนี้จะโตเห็นได้ชัด และตัวเมียจะใหญ่กว่าตัวผู้ นอกจากนี้บริเวณส่วนหัวยังประกอบไปด้วยระบบประสาท และอวัยวะสืบพันธุ์ กระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นถุงอยู่บริเวณอก ถัดมาเป็นส่วนลำไส้ทอดไปตามแนวสันหลัง อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับและตับอ่อน มีลักษณะเป็นถุงอ่อนนุ่มสีเหลืองแสดซึ่งมักเรียกว่า มันกุ้ง เลือดกุ้งประกอบด้วยสารจำพวกฮีโมไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบจำพวกทองแดง แต่เมื่อทิ้งให้เลือดกุ้งสัมผัสอากาศจะกลายเป็นสีฟ้า กุ้งสดมีสีแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและประเภทของเม็ดสีและขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต อายุ พันธุ์ เม็ดสีที่มีผลต่อสีของกุ้งส่วนใหญ่ พบอยู่บริเวณผิวใต้เปลือก กลุ่มเม็ดสีที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ แคโรทีนอยด์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) Boone, (1931) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของกุ้งขาวไว้ดังนี้

Phylum : Arthropoda

Class : Malacostraca

Order : Decapoda

Family : Penaeidae

Genus : Litopenaeus

Species : *Litopenaeus vannamei*

1.2 การเลี้ยงกุ้งขาว

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยแบ่งการเลี้ยงออกเป็น 2 แบบ แยกตามความเค็มของน้ำ คือ แบบแรกการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดและในพื้นที่ภาคกลาง ส่วนใหญ่จะเลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ ภิญโญ (2545) ได้อธิบายว่าการเลี้ยงกุ้งขาวโดยใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะซื้อน้ำเค็มความเข้มข้นสูงจากนาเกลือ มีความเค็มประมาณ 100 – 200 ppt มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3 – 4 ppt หลังจากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้ว โดยใช้ลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10 - 12 (พี 10 - 12) ส่วนแบบที่สองคือ การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ โดยเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่ภาคใต้ที่ใช้น้ำความเค็มปกติ คือ ความเค็มประมาณ 10 ppt ขึ้นไป จะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง ในอนาคตแหล่งผลิตกุ้งขาวที่สำคัญในประเทศไทยน่าจะเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งของภาคใต้ที่มีความพร้อมสูงในด้านอุปกรณ์ เครื่องให้อากาศ บ่อพักน้ำ และการคัดเลือกลูกกุ้งคุณภาพจากสายพันธุ์ที่ดีจะทำให้การเลี้ยงได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำลง สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของกุ้งขาว

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

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

นอกจากมูลค่าจากการส่งออกที่สามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้แล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองก็นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากรสชาติอร่อย และมีราคาไม่สูงมาก และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีเพียงอย่างละร้อยละ 0.9 และยังมีแร่ธาตุต่างๆ อาทิเช่น แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และไอโอดีนในปริมาณสูง 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 ไปกระทั่งถึงการแปรรูป ในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น จากแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำเกษตรกรเลี้ยงกุ้งกันอย่างแพร่หลาย

แม้ว่าเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งขาวจะพัฒนาจนสามารถประสบผลสำเร็จในเชิงพาณิชย์ สร้างรายได้ให้เกษตรกรเป็นจำนวนมากแล้วก็ตาม แต่ยังคงพบปัญหาที่ต้องปรับปรุงอีก คือ การเกิดสีน้ำตาลในกุ้ง และปัญหาเนื้อกุ้งนิ่มเละ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากมีการใช้วัตถุดิบ ซึ่งก็คือ กุ้งที่มีคุณภาพดี ไม่มีสีน้ำตาล เนื้อแน่น ก็ย่อมจะสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

คุณภาพโดยรวมของสัตว์น้ำนั้นเป็นที่ยอมรับทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอยู่แล้ว การปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์และการเสื่อมคุณภาพโดยเอนไซม์ เป็นผลให้รสชาติ เนื้อสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง จนไม่เป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และอุณหภูมิการเก็บรักษา

กุ้งขาวเมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด โดยทันทีที่กุ้งตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีววิทยาอันมีผลต่อคุณภาพของกุ้งเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) โดยในส่วนของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์

คาเทปซิน (Cathepsin) ทริพซิน (Trypsin) เปปซิน (Pepsin) และคอลลาจีเนส (Collagenase) ซึ่งจะย่อยโปรตีนได้โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำและกรดอะมิโนอิสระ ทำให้โครงสร้างมีลักษณะหลวมและอ่อนตัว มีผลลดการยอมรับของสัตว์น้ำ นอกจากนี้สารประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย

การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า TVB-N เปนดัชนีตรวจวัดการเนาเสียโดยวัดปริมาณดางระเหยไดทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรียที่ทำใหสัตว์น้ำเนาเสียเกิดเปน 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 (Source of contamination) ได้แก่ สภาวะแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ เช่น แหล่งน้ำ อุณหภูมิ การปนเปื้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์ในการจับสัตว์ การปนเปื้อนในขั้นตอนขนส่ง และแปรรูป รวมถึงการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย (Huss *et al*., 1997) การปนเปื้อนจะพบในปริมาณสูงจากปลาที่มาจากกระแสน้ำอุ่น หรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่พบบ่อยในกุ้งคือ กลุ่ม Staphylococcus, กลุ่ม Salmonella, กลุ่ม Vibrio และกลุ่ม Coliform โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้บริโภครับประทานกุ้งที่ไม่มีคุณภาพซึ่งมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ดังกล่าว ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง และอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสโลหิตได้อีกด้วย

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของกุ้งต้ม

เนื่องจากกุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูงจึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่กุ้งตาย และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และ

ความสะดวกต่อการบริโภคทำให้ปัจจุบันมีการผลิตอาหารแปรรูปที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมปรุงมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

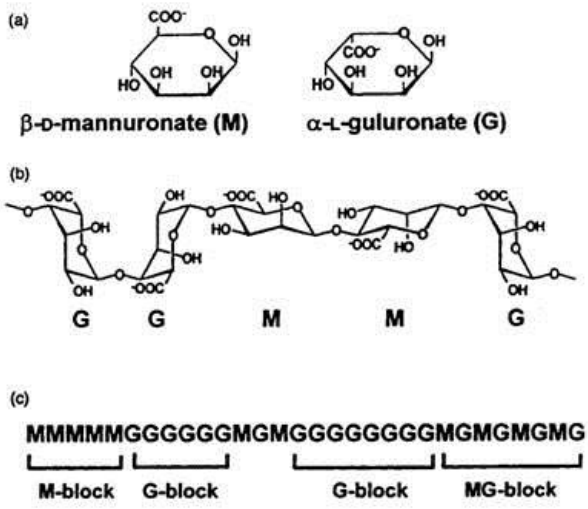
การใช้ความร้อนเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง โดยการใช้ความร้อนสามารถช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ รวมทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้เนื้อสัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ระดับเป็นการใช้ความร้อน ในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนสูงกว่าจุดเดือด คือ

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

3.2 การใช้สารสกัดอัลจิเนต

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

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



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ

ที่มา : Phillips and Williams (2000)

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของอัลจิเนตต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Neetoo *et al.* (2010) พบว่า การนำสารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมแลกเตต สารละลายผสมระหว่างอัลจิเนตและโซเดียมไดอะซิเตต มาเคลือบบนเนื้อปลาแซลมอนรมควัน 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 ขณะที่การศึกษาของ Song *et al*. (2011) ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเนตต่ออายุการเก็บรักษาปลากะพงแช่เย็น โดยนำเนื้อปลากะพงมาเคลือบด้วยสารต่างๆ ได้แก่ แคลเซียมอัลจิเนต (T1) แคลเซียมอัลจิเนตผสมวิตามินซี 5 % (T2) แคลเซียมอัลจิเนตผสมโพลีฟีนอล (T3) โดยมีเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบเป็นตัวอย่างควบคุม (C) พบว่า เนื้อปลาที่เคลือบ

แบบ T2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า T1 และ T3 และเนื้อปลาที่เคลือบทุกแบบ (T1, T2 และ T3) ช่วยลดการสูญเสียน้ำของเนื้อปลา ลดการเน่าเสีย ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ทั้งค่าความเป็นกรดด่าง TVBN และ TBA ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ ส่วน Lu *et al*. (2010) ได้ศึกษาถึงการใช้แคลเซียมอัลจิเนตร่วมกับสารหลายชนิด ได้แก่ สารแคลเซียมอัลจิเนต (Y0) แคลเซียมอัลจิเนตผสมอบเชย (Y1) แคลเซียมอัลจิเนตผสม Nisin และ EDTA (Y2) แคลเซียมอัลจิเนตผสมอบเชยผสม Nisin และ EDTA (Y3) เคลือบบนเนื้อปลา Northern snakehead fish ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การเคลือบเนื้อปลาด้วย Y1 และ Y3 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าการเน่าเสียต่างๆ ไม่ว่า จะเป็นค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณ TVB-N ปริมาณ TBA ได้ดีกว่า Y0 และ Y2 จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอัลจิเนตที่ได้จากสาหร่ายสีแดงมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้

3.3 การใช้สารกันหืน

การเสื่อมเสียของสัตว์น้ำสาเหตุหนึ่งเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์น้ำที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง (Autoxidation) ทำให้เกิดสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในอาหาร แหล่งของกลิ่นรสผิดปกติที่เกิดขึ้น คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในเนื้อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยเกิดขึ้นตลอดเวลาเหมือนปฏิกิริยาลูกโซ่ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน ระดับความไม่อิ่มตัวของไขมัน วัตถุกันหืน โลหะ และตัวเร่งอินทรีย์ เช่น เอนไซม์ กรรมวิธีการแปรรูป ภาชนะบรรจุ แสงสว่าง และอุณหภูมิ เมื่อสัตว์น้ำเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีจะส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ซื้อสินค้านั้น ดังนั้นวิธีการป้องกันหรือชะลอปฏิกิริยาดังกล่าวจึงเป็นที่ต้องการ ซึ่งหนึ่งในหลายๆ วิธีนั้นได้แก่การใช้สารกันหืน ซึ่งหมายถึง สารที่ใช้เพื่อชะลอการเสียของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยลักษณะของการเสียเนื่องจากปฏิกิริยารวมถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหาร การหืน อาหารมีสีผิดปกติ กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป คุณค่าทางอาหารลดลง และบางครั้งอาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้นด้วย เป็นต้น กลไกในการทำงานของสารกันหืน คือ เมื่อเติมสารกันหืนลงไปในอาหารที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย สารกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไปด้วย เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำปฏิกิริยากับวัตถุกันหืนที่เติมลงไปจะเหลืออนุมูลของวัตถุกันหืนซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมากและเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัว ดังนั้นผลลัพธ์ที่ไม่พึง

ประสงค์จากปฏิกิริยาดังกล่าวก็จะลดลง คุณภาพของสัตว์น้ำจึงยังคงมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่

งานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารกันหืนต่อการรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำให้ดีและสามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น อาทิเช่น Li *et al*. (2012) พบว่า การนำเนื้อปลา Yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) มาจุ่มในสารละลายผสมระหว่างสารสกัดโพลีฟีนอลจากชา (TP) 0.2% กับสารสกัดจากโรสแมรี่ 0.2% และเคลือบซ้ำอีกขั้นด้วยไคโตซาน (C) แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อปลาดังกล่าวมีคุณภาพดีกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสมและมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสม 8-10 วัน ส่วนงานวิจัยของ Lin and Lin (2005) ได้ศึกษาผลของการเคลือบด้วยสารสกัดจากชาหลายๆ ชนิดต่อคุณภาพของเนื้อปลาโอ ซึ่งพบว่า การใช้สารสกัดจากชาเขียว (Green tea) และสารสกัดจากชา Pouchong tea ความเข้มข้น 5% มีผลในการชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาโอจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่าสารสกัดจากชาดำ (black tea) และอย่างไรก็ตามพบว่า เนื้อปลาโอที่เคลือบด้วยสารสกัดจากชาทุกชนิดมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าตัวอย่างควบคุม (เนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ) เช่นเดียวกับ Khan *et al.* (2006) ได้นำหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) ไปจุ่มในกรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นสารกันหืนชนิดหนึ่ง จากนั้นศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหอยแมลงภู่ที่นำไปจุ่มกรดแอสคอร์บิกมีอัตราการเพิ่มและปริมาณ TBARS น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งนาน 5 วัน ส่วน Zambuchini *et al*. (2008) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลา *Solea solea* โดยการนำไปจุ่มในสารละลาย Ellagic acid (EA) สารละลายกรดแอสคอร์บิก (l-AA) สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบต (SA) และสารละลายผสมของสารทั้ง 3 ชนิด พบว่า การใช้สารละลาย EA เข้มข้น 3 % และสารละลายผสมระหว่าง l-AA เข้มข้น 1.71 % กับ SA เข้มข้น 1.98 % มีผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ทนเย็น และ แบคทีเรีย Pseudomonas ในเนื้อปลาที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียสได้เป็นอย่างดี ทำให้เนื้อปลามีอายุการเก็บรักษาได้นาน 10 วันในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (ไม่แช่สาร) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสารกันหืน เช่น สารสกัดจากชาและแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมในการเป็นสารเคลือบที่เนื้อสัตว์น้ำเพื่อลดการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้

ดังนั้นการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อกุ้งขาวให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้นด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากอัลจิเนตไปลดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำ เช่น จุลินทรีย์ทนเย็น, Salmonella , *L. monocytogenase* ส่วนสารกันหืน เช่น โพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชาและกรดแอสคอร์บิกนั้นไปชะลอการเน่าเสียในส่วนที่มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จึงช่วยชะลอการเน่าเสียในเนื้อกุ้งขาวทำให้กุ้งขาวสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการรวมถึงมีความปลอดภัยในการบริโภค และมีมูลค่าสูงขึ้นได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

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

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

1.1.3 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)

1.4 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 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer Minolta CM-300, Japan)

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 การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

2.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

กำหนดเกณฑ์การตัดสินการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยนำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาแล้ว แกะเปลือกและเอาไส้ออกจากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที ก่อนนำตัวอย่างไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.1.2 การกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้

นำเนื้อกุ้งขาวต้มที่แกะได้จากข้อ 2.1.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่างกัน 7 ระดับ (1.0%, 0.5%, 0.2%, 0.1%, 0.05%, 0.025% และ 0.002%) และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย $CaCl_2$ เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งขาวต้มทั้ง 7 ชุดสำหรับการกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) จากนั้นนำสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตและฝึกฝนผู้ทดสอบ

2.1.3 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

นำเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้จากข้อ 2.1.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมจากข้อ 2.1.2 จากนั้นให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งขาวต้มที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5

เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อกุ้งต้มในการทดลองต่อไป นำเกณฑ์ที่ได้ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบก่อนทำการทดสอบจริง

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

นำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาแล้ว แกะเปลือกและเอาไส้ออกจากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที จากนั้นนำเนื้อกุ้งขาวต้มได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการทดลอง ดังนี้

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

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

2.3 ศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้ม

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

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

เคลือบเนื้อกุ้งต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 10 ออนซ์ ในอัตราส่วน กุ้ง : สารละลาย เท่ากับ 1 : 2 (w/v) โดยใช้ระยะเวลา ในการเคลือบนาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย 0.002% $CaCl_2$ เป็นเวลาเท่ากับที่ใช้ในการเคลือบสารละลายอัลจิเนต พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบในทุกขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่กำหนดไปบรรจุในถุงพลาสติกทนความเย็นและนำไปเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยคุณภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่

2.3.1 คุณภาพทางเคมี

นำเนื้อกุ้งขาวต้มมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) เนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ตามวิธี A.O.A.C. (2000), ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA) ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 28 วัน

2.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

นำเนื้อกุ้งขาวต้มมาวัดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้ง (% Cooking loss) ตามวิธีของ Young and Lyon (1997) ค่าสีของเนื้อกุ้ง (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Minolta CM-3500d, USA) ในระบบ CIE (ค่า L* คือ ค่าความสว่าง, a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว และ b* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 28 วัน

2.3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total variable count, TVC) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตามวิธีของ AOAC (1994) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 28 วัน

2.3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกมาแล้ว ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 2.1 ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน จนกว่าผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับ

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

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 ตึกวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

1.1 การกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้

เมื่อนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นต่างกัน 7 ระดับ (1.0%, 0.5%, 0.2%, 0.1%, 0.05%, 0.01% และ 0.002%) และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย 0.002% $CaCl_2$ นาน 1 นาที จากนั้นให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่มีความเข้มข้น 1.0%, 0.5%, 0.2% และ 0.1% นั้นผู้ทดสอบไม่ยอมรับในการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้ม ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับในการบริโภคมากที่สุดคือ 0.002% รองลงมาได้แก่ 0.01% และ 0.05% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 – 1 ดังนั้นจึงเลือกใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคทั้ง 3 ระดับดังกล่าวในการกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต และเลือกใช้สารละลายอัลจิเนต ความเข้มข้น 0.002% ในการศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้ม เนื่องจากได้รับการยอมรับในการบริโภคสูงที่สุด

ตารางที่ 4 – 1 การยอมรับในการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (ผู้ทดสอบ 25 คน)

ความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนต (%)	การยอมรับในการบริโภค (%)	
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ
1.0	0	100
0.5	0	100
0.2	0	100
0.1	0	100
0.05	70	30
0.01	80	20
0.002	100	-

1.2 การกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต

กำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยใช้สารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.05%, 0.01% และ 0.002% (ความเข้มข้นที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบจากข้อ 1.1) นำไปเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยเคลือบนาน 5 วินาที ควบคุมอุณหภูมิสารละลายที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบไปตั้งบนตะแกรงให้สะเด็ดสารเคลือบ เป็นเวลา 1 นาทีแล้วเคลือบด้วยสารละลาย 0.002% $CaCl_2$ นาน 1 นาที จากนั้นนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งขาวต้มที่สังเกตได้จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบ กำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มในการทดลองถัดไป ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

ตารางที่ 4 - 2 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 จุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อชัดจาง
	1	เนื้อสีขาวอมส้มและด้าน เนื้อบางบริเวณมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน จุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อชัดจาง

ตารางที่ 4 - 2 (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

2. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

กุ้งขาว ขนาด 60 - 70 ตัว/กิโลกรัม (ตุลาคม 2558) ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วแกะเอาแต่เนื้อกุ้งไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 15.12 $\pm$ 0.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (มีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และมีค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.61 $\pm$ 0.15

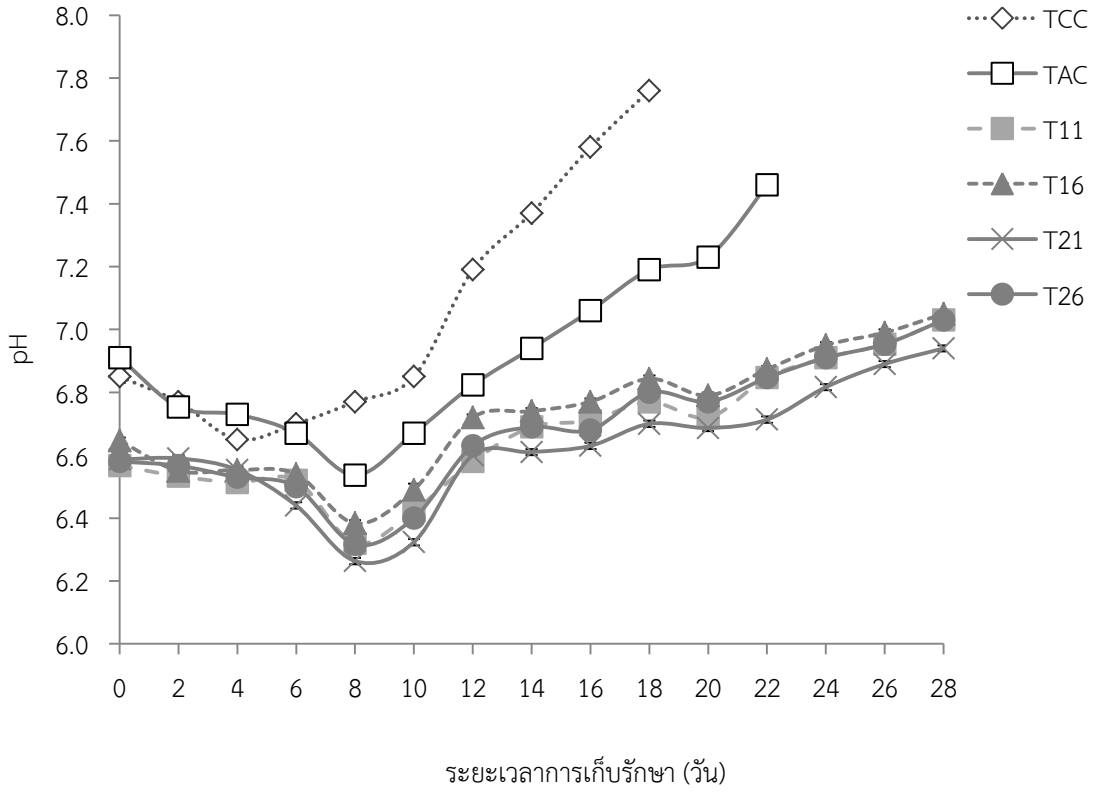
3. ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้ม

การเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.002% (ระดับความเข้มข้นที่ได้รับการยอมรับผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดจากข้อ 1.1) ผสมสารกันหืน (ชาเขียวและวิตามินซี) ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน จากนั้นน้ำเนื้อกุ้งต้มไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมี

3.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 6.58 – 6.91 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าค่อยๆ ลดลงในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นค่าความเป็นกรดด่างจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) จนกระทั่งวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่าความเป็นกรดด่าง 7.76 ส่วนชุดการทดลอง TAC (สารละลายอัลจิเนต) นั้นในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรดด่าง 7.46 ในขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนนั้นในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรดด่างเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ได้แก่ T21(วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T11 วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) และ T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.94, 7.03, 7.03 และ 7.05 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

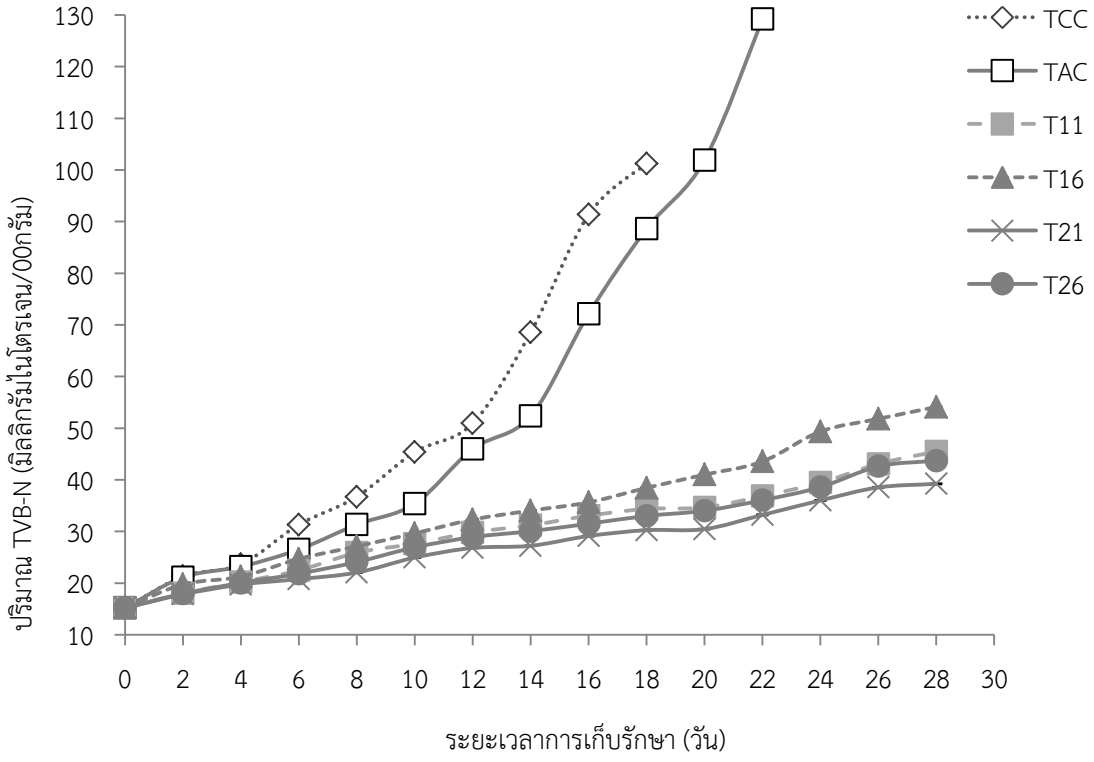
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate
T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

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

เนื้อกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีปริมาณ TVB-N ของระหว่าง 15.17 – 15.25 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีปริมาณ TVB-N มากที่สุดเท่ากับ 101.22 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) 129.22 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) และ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และ

ชาเขียว 0.625%), T11 วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) และ T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%) ซึ่งมีมีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 39.23, 43.72, 45.52 และ 54.12 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 28 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

สำหรับในการทดลองในครั้งนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีปริมาณ TVB-N สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 โดยเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T26 และ T11 ที่มีปริมาณ TVB-N ใกล้เคียงกัน และ T16, TAC และ TCC ตามลำดับ



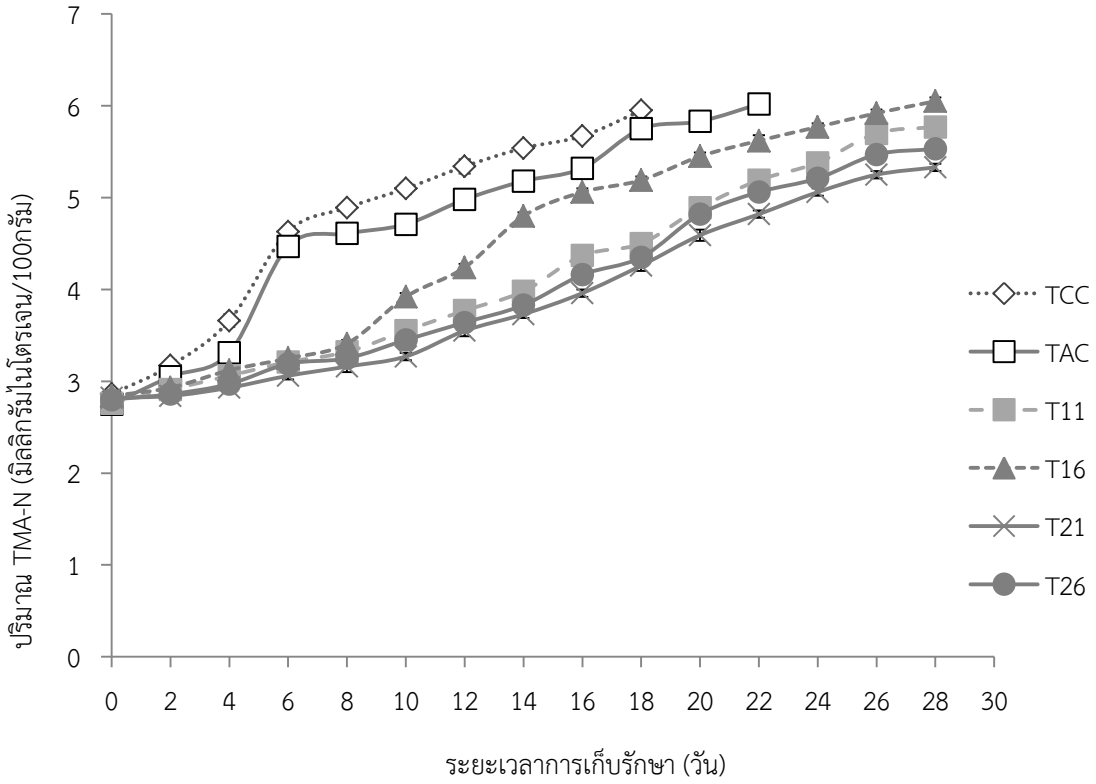
ภาพที่ 4 - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate
T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

3.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA)

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 2.75 – 2.86 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีปริมาณ TMA-N มากที่สุดเท่ากับ 5.95 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) 6.02 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) และ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T11 วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) และ T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%) ซึ่งมีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 5.33, 5.53, 5.77 และ 6.05 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 28 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่า TAC และ TCC โดยเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 นั้นมีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T26 และ T11 มี มีปริมาณ TMA-N ใกล้เคียงกัน และ T16, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate
T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

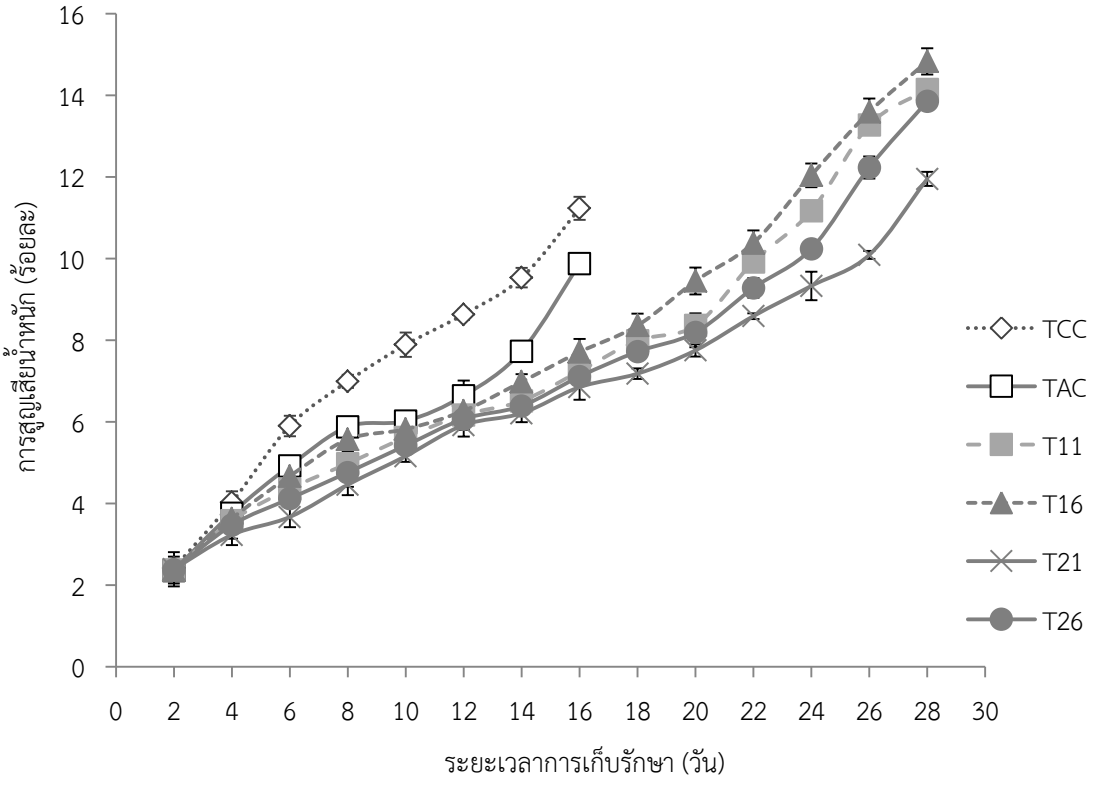
3.2 คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้ง (% Cooking loss)

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยเริ่มต้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มมีค่าสูญเสียน้ำหนักเพียง 2.36 – 2.42% ต่อมาการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) จนกระทั่งในวันสิ้นสุดการเก็บรักษา โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 11.23 % ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) 9.88 % (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) และ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T11 วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) และ T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%)

ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 11.95, 13.85, 14.14 และ 14.83 % (วันที่ 28 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

เนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า TAC และ TCC โดยเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T26 และ T11 มี มีปริมาณ TMA-N ใกล้เคียงกัน และ T16, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

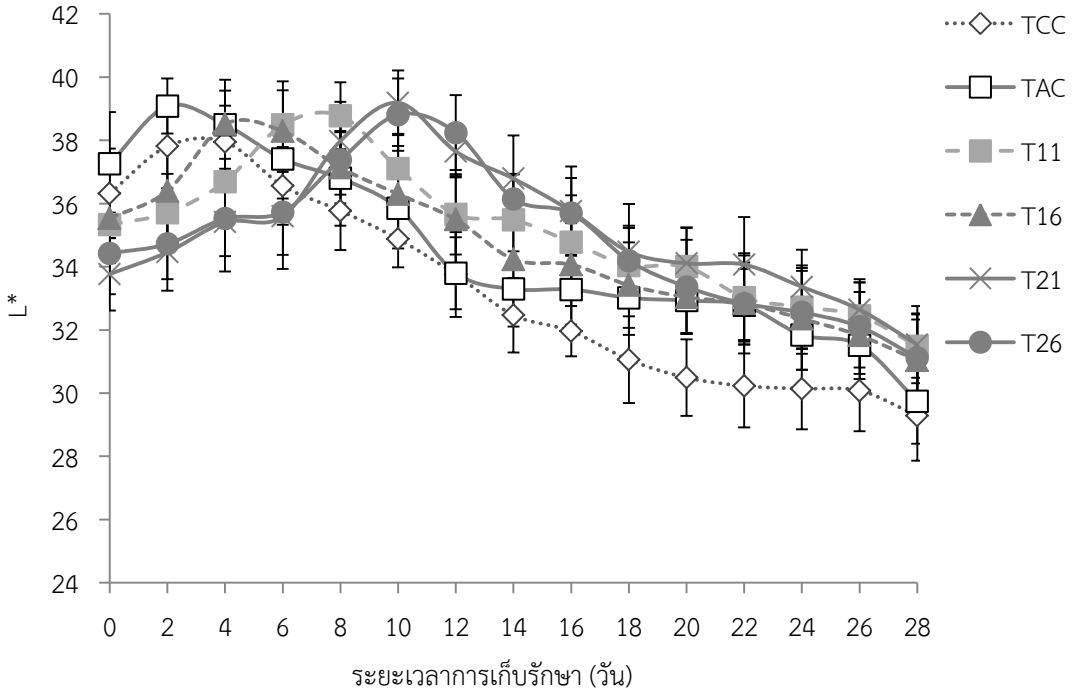
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate
T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ค่า L* ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่า L* ระกว่าง 33.77 - 37.26 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี 2 ระยะ โดยมีค่า L* เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษา ได้แก่ ชุดการทดลอง TCC และ TAC มีค่า L* เพิ่มขึ้นในวันที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่า L* มีค่าลดลงจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา TCC และ TAC มีค่า L* เท่ากับ 29.29 และ 29.74 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลอง T11 และ T16 มีค่า L* เพิ่มขึ้นในวันที่ 0 - 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่า L* มีค่าลดลงจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา T11 และ T16 มีค่า L* เท่ากับ 31.49 และ 31.04 ตามลำดับ และชุดการทดลอง T21 และ T26 มีค่า L* เพิ่มขึ้นในวันที่ 0-10 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่า L* มีค่าลดลงจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา T21 และ T26 มีค่า L* เท่ากับ 31.53 และ 31.12 ตามลำดับ ทั้งนี้ในทุกชุดการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5)

ค่า a* ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่า a* ระกว่าง 6.35 - 7.49 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี 2 ระยะ โดยมีค่า a* เพิ่มขึ้นในช่วง 0 - 16 วันแรกของการเก็บรักษาและลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 16 - 28 ของการเก็บรักษา โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่างในชุดการทดลอง T21 มีค่า a* สูงที่สุดคือ 6.50 รองลงมาได้แก่ T11, T26, T16, TAC และ TCC ซึ่งมีค่า a* เท่ากับ 5.82, 5.70, 5.44, 4.18 และ 3.84 ตามลำดับ ทั้งนี้ในทุกชุดการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 6)

ค่า b* ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่า b* ระกว่าง 8.19 - 11.03 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี 3 ระยะ โดยมีค่า b* ลดลงในช่วงวันที่ 0 - 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นในวันที่ 6 - 8 ของการเก็บรักษาค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้นและค่า b* มีค่าลดลงอีกครั้งในวันที่ 12 - 28 ของการเก็บรักษา โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่างในชุดการทดลอง T21 มีค่า b* สูงที่สุดคือ 6.49 รองลงมาได้แก่ T11, T26, T16, TAC และ TCC ซึ่งมีค่า a* เท่ากับ 5.45, 5.14, 4.85, 3.86 และ 3.49 ตามลำดับ ทั้งนี้ในทุกชุดการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 7)



ภาพที่ 4 - 5 ค่าสี L* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

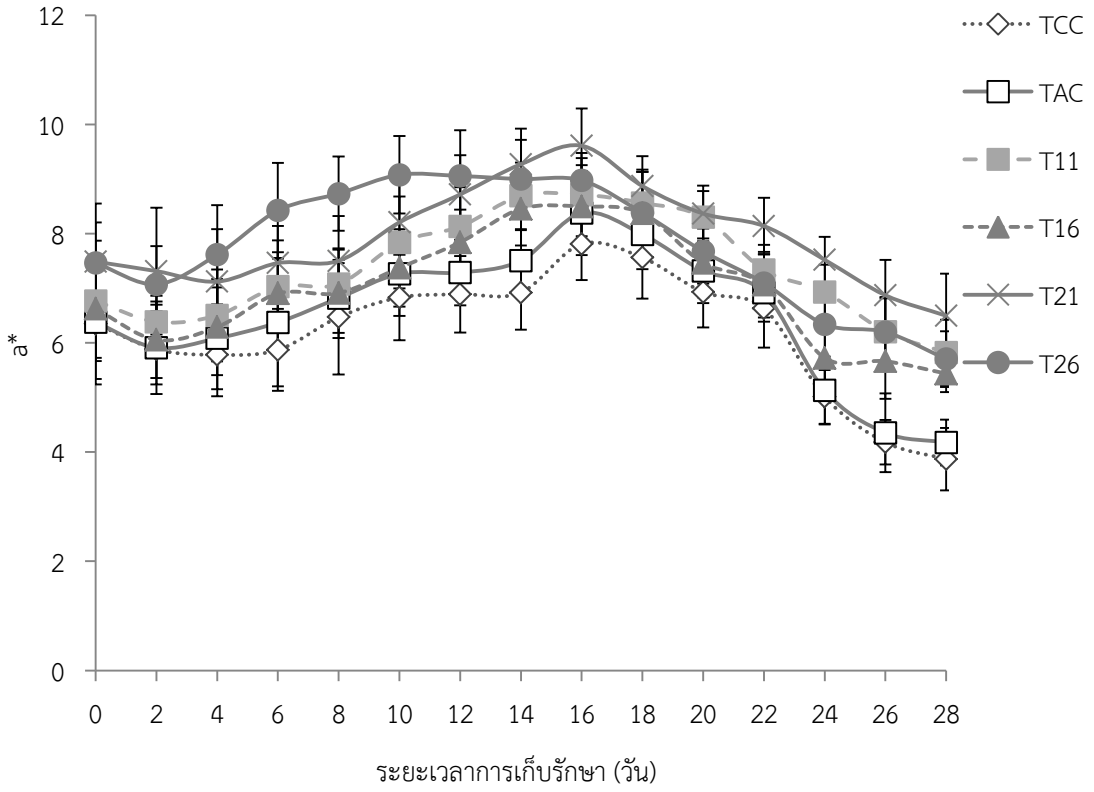
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate



ภาพที่ 4 - 6 ค่าสี a* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

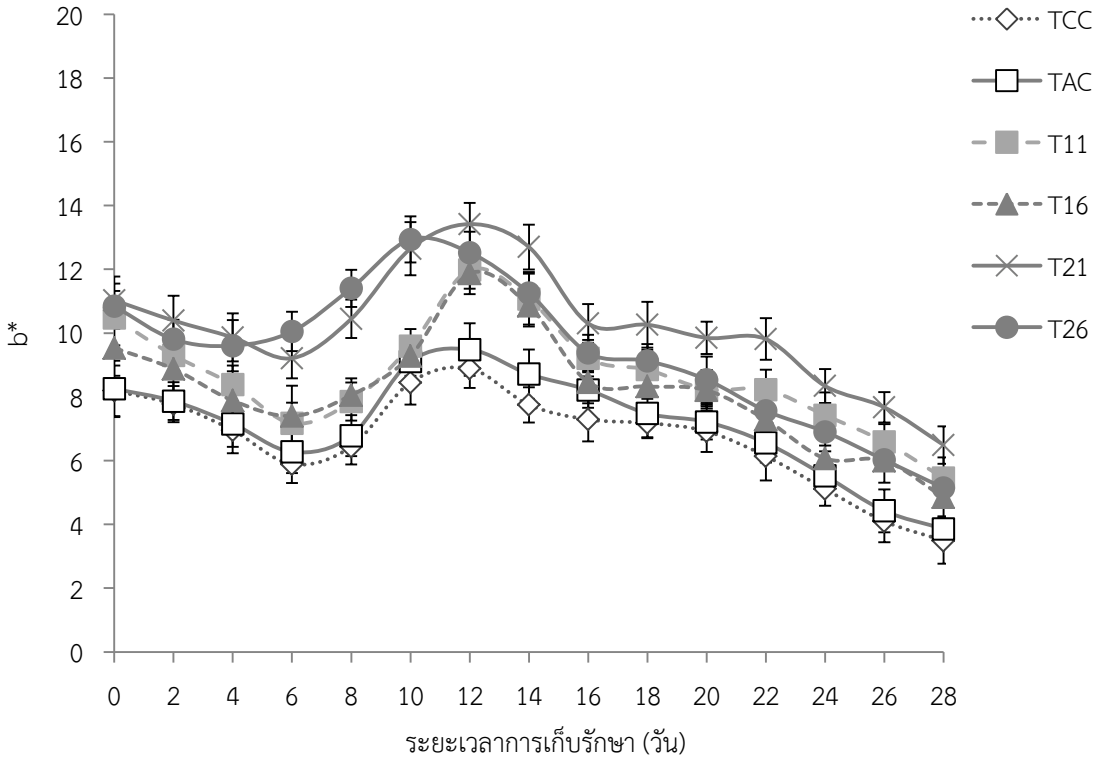
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate



ภาพที่ 4 - 7 ค่าสี b* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

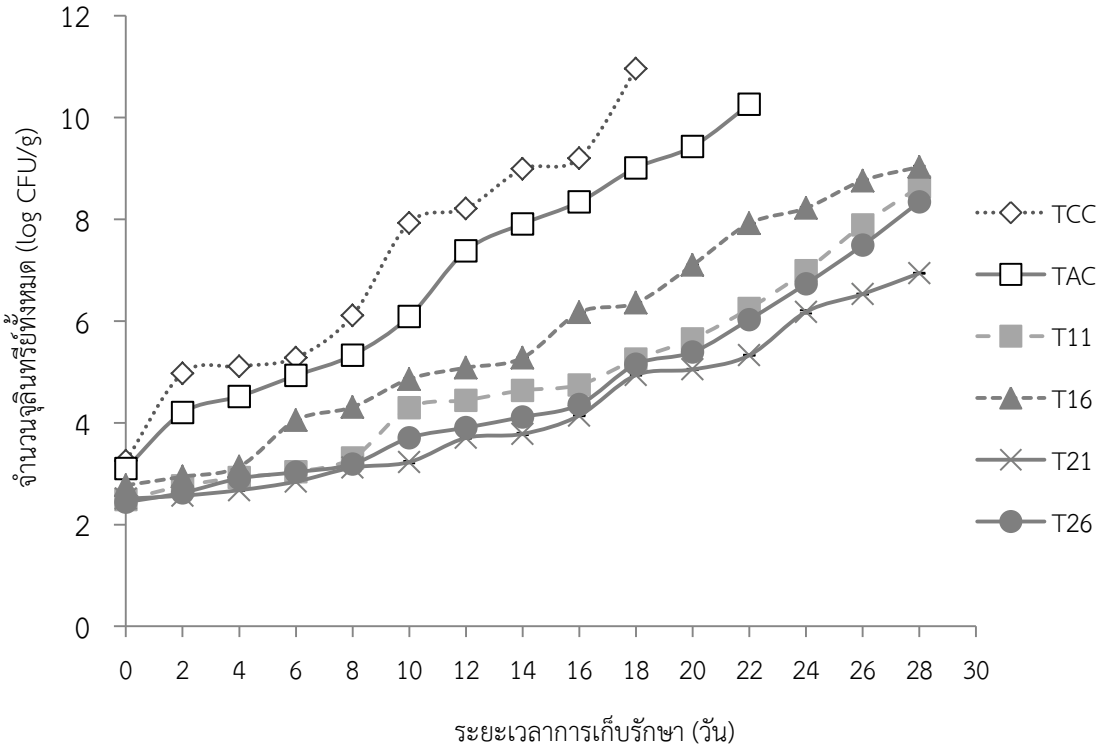
3.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total variable count, TVC)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.44 – 3.25 log CFU/กรัม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 8) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 10.96 log CFU/กรัม ส่วน TAC (สารละลายอัลจิเนต) 6.02 log CFU/กรัม (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) และ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T11 วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) และ T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%) ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.94, 8.34, 8.64 และ 9.03 log CFU/กรัม (วันที่ 28 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า TAC และ TCC โดยเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T26, T11, T16, TAC และ TCC ตามลำดับ

3.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย



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

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate
T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

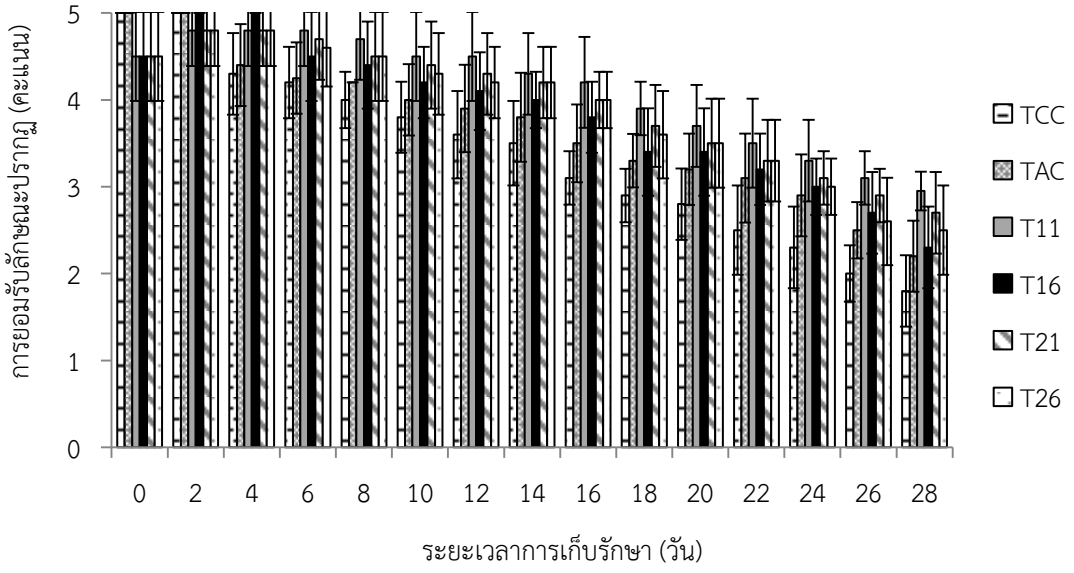
ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ได้รับการฝึกให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้ม ให้คะแนนในแบบประเมิน ซึ่งใช้ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตตามตารางที่ 4 – 2 คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ โดยผลการทดลองแสดงดังนี้

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีเนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงา สามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ เนื้อไม่ฉีกขาด สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) แต่เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC และ TAC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 9

ส่วนชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) นั้น ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมเหลืองจางๆ แต่ยังคงมองเห็นจุดสีส้มบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้บ้าง เนื้อไม่ฉีกขาด ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่สูงขึ้นอยู่ที่ 4.80 – 5.00 คะแนน และหลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาระดับการยอมรับลักษณะปรากฏลดลงจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

ในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, T11, T16, T21 และ T26) มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 9 โดยตัวอย่าง T11 มีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏมากที่สุด คือ 2.95 คะแนน รองลงมาได้แก่ T21, T26 ได้ 2.70 และ 2.50 คะแนน ตามลำดับ ส่วน T16 และ TAC นั้นมีคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 2.30 และ 2.20 ตามลำดับ และ TCC ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุดเพียง 1.80 คะแนน โดยยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงกว่า TAC และ TCC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21, T26, T16, TAC และ TCC ตามลำดับ



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

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

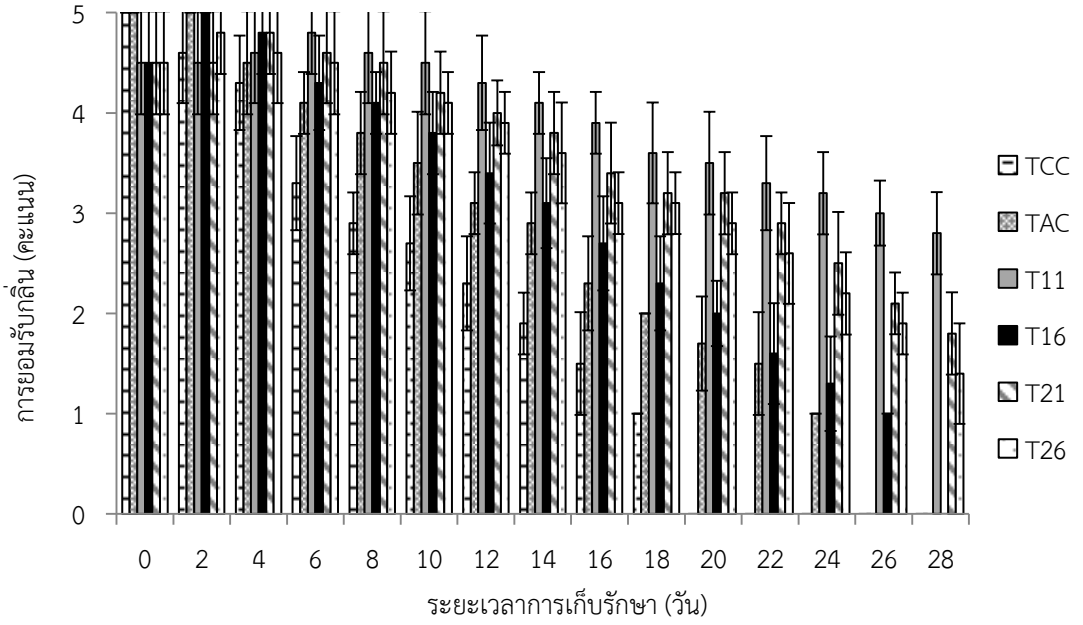
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

3.4.2 กลิ่น

ตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน แต่เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC และ TAC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 10

ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) นั้น ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติแต่ความเข้มของกลิ่นน้อย และเมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มสูงขึ้นอยู่ที่ระดับคะแนน 4.60 – 5.00 คะแนน และหลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับกลิ่นลดลงจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน (T11, T16, T21 และ T26)

ในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T11, T21 และ T26 รวมทั้งวันที่ 26, 24 และ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T16, TAC และ TCC ตามลำดับนั้น มีระดับการยอมรับด้านกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 8 โดยตัวอย่าง T11 มีคะแนนการยอมรับกลิ่นมากที่สุด คือ 2.80 คะแนน รองลงมาได้แก่ T21, T26 ได้ 1.80 และ 1.40 คะแนน ตามลำดับ ส่วน T16, TCC และ TAC มีระดับการยอมรับด้านกลิ่น คือ 1.00 คะแนน โดยยังพบว่าเนื้อ กุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่า TAC และ TCC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21, T26, T16, TAC และ TCC ตามลำดับ



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

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

3.4.3 รสชาติ

ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 11

ส่วนชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) นั้น ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติที่ 4.70 – 5.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งเล็กน้อยถึงชัดเจนตามธรรมชาติ

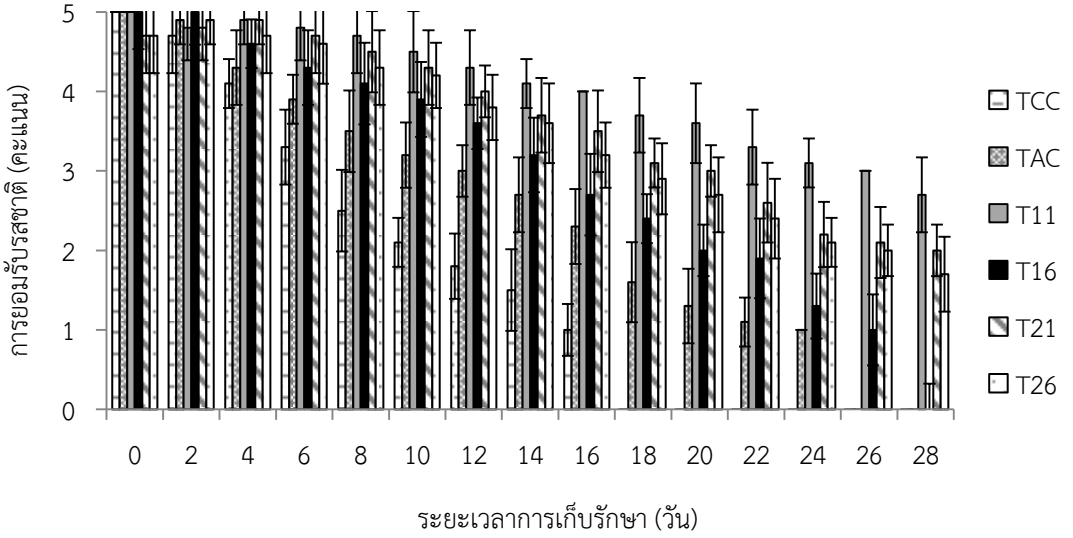
ของกุ้งต้ม แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติที่คงที่อยู่ที่ 4.60 – 4.90 คะแนน และหลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาระดับการยอมรับลักษณะปรากฏลดลงจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสม สารกันหืน (T11, T16, T21 และ T26)

ผลการทดลองในวันที่ 28 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T11, T21 และ T26 รวมทั้งวันที่ 26, 24 และ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T16, TAC และ TCC ตามลำดับนั้น มีระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 - 11 โดยตัวอย่าง T11 มีคะแนนการยอมรับรสชาติมากที่สุด คือ 2.70 คะแนน รองลงมาได้แก่ T21, T26 ได้ 2.00 และ 1.60 คะแนน ตามลำดับ ส่วน T16, TCC และ TAC มีระดับการยอมรับด้านรสชาติ คือ 1.00 คะแนน ทั้งยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่า TAC และ TCC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21, T26, T16, TAC และ TCC ตามลำดับ

3.4.4 เนื้อสัมผัส

ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีความยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็งในเนื้อกุ้งขาวต้มทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, T11, T16, T21 และ T26) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 12 ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 28 ของการเก็บรักษา) ตัวอย่าง T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) มีคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือ 2.70 คะแนน รองลงมาได้แก่ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) ที่มีคะแนน 2.00 และ 1.80 คะแนน ตามลำดับ จากนั้น คือ ชุดการทดลอง T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%) (วันที่ 26 ของการเก็บรักษา), TAC (สารละลายอัลจิเนต) (วันที่ 24 ของการเก็บรักษา) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) (วันที่ 14 ของการเก็บรักษา) ซึ่งได้รับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดเท่ากันคือ 1.00 คะแนน

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11, T16, T21 และ T26 มีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า TAC และ TCC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21, T26, T16, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

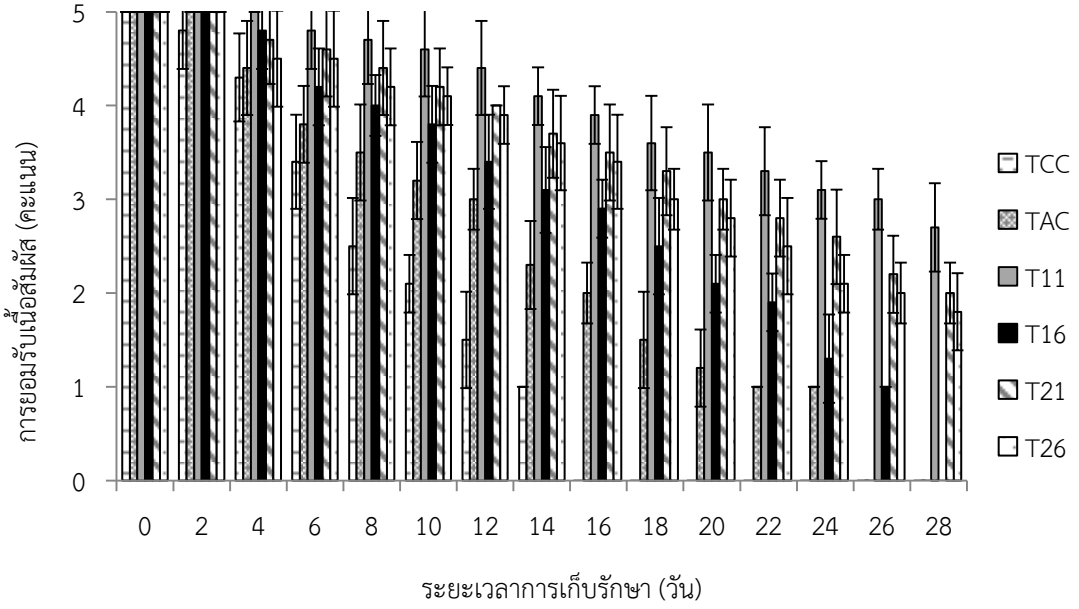
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate



ภาพที่ 4 - 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate
T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate
T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate
T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

จากคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดดังที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ได้แก่ T21, T26, T16, TAC และ TCC ตามลำดับ

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

1.1 การกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันทั้ง 7 ระดับ ได้แก่ 1.0%, 0.5%, 0.2%, 0.1%, 0.05%, 0.01% และ 0.002% โดยเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย 0.002% $CaCl_2$ เป็นเวลา 1 นาที และให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) พบว่า ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในการบริโภคเนื้อกุ้งขาวสุกเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่มีความเข้มข้น 1.0%, 0.5%, 0.2% และ 0.1% โดยผู้ทดสอบไม่ชอบลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเมือกเมื่อรับประทานตัวอย่างดังกว่าทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระดับความเข้มข้นของอัลจิเนตมีมากขึ้นเกิดการประสานกัน (Crosslink) ระหว่างอัลจิเนตกับแคลเซียมไอออน (Ca2+) ทำให้เกิดเป็นลักษณะเจลใส (Rhim, 2004) เคลือบบนเนื้อกุ้งขาวต้มมีมากขึ้นตามไปด้วยจนทำให้รู้สึกถึงความเป็นเมือกลื่น ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดคือ 0.002% รองลงมาได้แก่ 0.01% และ 0.05% ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบรู้สึกได้ถึงความเป็นเจลบางๆ เคลือบบนเนื้อกุ้งต้มแต่ไม่มีความรู้สึกเป็นเมือกเมื่อรับประทาน โดยลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อการสูญเสียเนื้อสัมผัสและรสชาติของเนื้อกุ้งต้มดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 0.01%, 0.05% และ 002% ในการกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต และเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ 0.002% ในการศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้มในการศึกษาต่อไป

อย่างไรก็ตามชนิดของสัตว์น้ำที่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันรวมถึงความเข้มข้นของสาระละลายอัลจิเนตที่สามารถเติมลงไปแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสัตว์น้ำแต่ละชนิดนั้น เป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ได้ผลการวิจัยที่ได้มีความแตกต่างกันออกไป เช่น หางานวิจัยสนับสนุน 3 ฉบับ Cai *et al*.(2015) พบว่าปลา Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) และ Lu *et al*. (2010) พบวาเนื้อปลา Snakehead fish (Channa argus) ที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 2% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้ ส่วน Hamzeh and Rezaei (2012) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ที่เคลือบด้วยสารละลาย

อัลจิเนต 3% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้ ขณะที่ Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.3% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสได้

1.2 การกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต

การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยใช้สารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.05%, 0.025% และ 0.002% (ความเข้มข้นที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคจากข้อ 1.1) นำไปเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้ม นาน 5 วินาที ควบคุมอุณหภูมิตลอดการเคลือบ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อกุ้งขาวต้มสำหรับใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ โดยผู้ทดสอบ 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะต่างๆ ของเนื้อกุ้งขาวต้มที่สังเกตได้ พบว่ามี 4 คุณลักษณะ คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยคะแนนระดับการยอมรับสูงที่สุดคือ 5 คะแนน และระดับการยอมรับต่ำที่สุดคือ 1 คะแนน อีกทั้งผู้ทดสอบได้กำหนดให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่คะแนนต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื่องจากกลิ่นเป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเน่าเสียที่เกิดขึ้นเร็วกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ และเมื่อเนื้อกุ้งขาวต้มมีคะแนนต่ำกว่า 3 คะแนนจะไม่ได้รับการยอมรับในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Farajzadeh *et al*. (2016) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซาน Mohan *et al*. (2012) ที่ศึกษาในปลาซาร์ดีนซึ่งทั้งสองงานวิจัยพบว่าตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเร็วกว่าคุณลักษณะด้านอื่นขณะที่เก็บรักษา

2. การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

กุ้งขาว ขนาด 60 - 70 ตัว/กิโลกรัม (ตุลาคม 2558) ที่ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาแล้วแกะเอาแต่เนื้อกุ้งไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 15.12 $\pm$ 0.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่ากุ้งขาวที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้มีคุณภาพดี เนื่องจากมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานในการตรวจวัดคุณภาพของสัตว์น้ำ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529) โดยปริมาณ TVB-N นั้นสามารถใช้เป็นดัชนีในการบ่งบอกการเน่าเสียของกุ้งขาวได้ เนื่องจากเป็นการตรวจวัดปริมาณสารใน

กลุ่มด่างที่ระเหยได้ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนชนิดต่างๆ รวมทั้งโปรตีนในเนื้อกุ้ง (Arancibia *et al*., 2015; Huang *et al*., 2012) ดังนั้นการมีปริมาณ TVB-N น้อยจึงบ่งบอกถึงความมีคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวได้

3. ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้ม

3.1 คุณภาพทางเคมี

3.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าระหว่าง 6.58 – 6.91 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, T11, T16, T21 และ T26) มีค่าค่อยๆ ลดลงในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นค่าความเป็นกรดด่างจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในการเน่าเสียช่วงแรกมีการสลายตัวของสารประกอบไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกทำให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งลดลงในช่วงแรก จากนั้นเมื่อไกลโคเจนถูกย่อยสลายจนหมดจึงทำให้การสะสมของปริมาณกรดแลคติกลดลงตามไปด้วย การเน่าเสียในลำดับถัดมาเป็นการสลายตัวของโปรตีนเนื่องจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและยังเกิดการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารชนิดต่างๆ ได้แก่ Amine, Trimethylamine และ Ammonia ที่มีคุณสมบัติเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น (Coban *et al*, 2012; Ozyrut *et al*, 2011) ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้ม สอดคล้องกับผลการทดลองของ งานวิจัยของ Asli *et al*. (2008) ที่พบว่ากุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) รวมทั้ง Vongsawasdi *et al*. (2011) ที่พบว่า หอยลาย (*Paphia undulata*) ต่างก็มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามการที่เนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย T21 มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซีที่มีความเป็นกรดในปริมาณสูงรวมทั้งมีการใช้ความเข้มข้นของชาเขียวในปริมาณมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ของสารทั้ง 2 ชนิด มีสูงขึ้น รวมทั้งยังชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ทำให้เกิด

สารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนที่สามารถไปกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ได้แก่ Amine, Trimethylamine และ Ammonia ที่มีคุณสมบัติเป็นด่างเกิดได้ช้าลงทำให้ยังคงมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nirmal and Benjakul (2011a) พบว่ากุ้งขาวดิบที่เคลือบด้วยชาเขียว 1 กรัม/ลิตร และกรดแอสคอร์บิก 0.05 กรัม/ลิตร ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างได้ดีกว่าการไม่เคลือบสารทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามหากกุ้งมีค่าความเป็นกรดด่างมากกว่า 7.6 จะทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ (Shamshad *et al*., 1990) เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างที่มากขึ้นนั่นหมายถึงมีการเจริญของจุลินทรีย์อยู่สูงซึ่งแสดงถึงการเน่าเสียที่เกิดขึ้น

3.1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้ม มีค่าระหว่าง 15.17 – 15.25 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้นจุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนแล้วนำสารอาหารต่างๆ ไปใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ ซึ่งเมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้ได้เป็นสารประกอบกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มขึ้น ซึ่ง Manousaridis *et al*. (2005) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ผ่านการแช่และไม่ได้แช่น้ำโอโซน พบว่า ปริมาณ TVB-N มีมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการวิจัยของ Farajzadeh *et al*. (2016) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซาน และ Okpala *et al*. (2014) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นกัน

การทดลองครั้งนี้เนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ชุดการทดลอง T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย T21 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นถูกยับยั้งได้มากขึ้น ซึ่งหากปล่อยให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นดำเนินต่อไปจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ ที่สามารถเร่งให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนได้ ดังนั้นจากเดิม

มีเพียงแค่เอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนแต่กลับถูกเร่งให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้นด้วยสารประกอบดังกล่าว การเกิดสารประกอบ TVB-N จึงมีปริมาณมากขึ้น อีกทั้งความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่สูงทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์สูงตามไปด้วย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโปรตีนไปเป็นสารประกอบ TVB-N จึงเกิดได้น้อยลงตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Feng *et al*. (2012) ที่พบว่าปลา Black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ขณะที่วิตามินซีที่ความเข้มข้นสูงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำลงรวมทั้งวิตามินซีเข้าไปจับกับโลหะที่เป็นองค์ประกอบบริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียในชั้นของ Lipopolysaccharide (LPS) ทำให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์สูญเสียไปแล้วเกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาจุลินทรีย์จึงตายลง จึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโปรตีนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ (Jeon *et al*., 2002) เช่นเดียวกับการทดลองของ Song *et al*. (2011) ที่พบว่าวิตามินซีช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลา *Megalobrama amblycephala* เช่นกัน ขณะที่ Nirmal and Benjakul (2012) พบว่ากุ้งขาวดิบที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.01% มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าการไม่เคลือบสารทั้งสองชนิด แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.005% ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวนี้ใช้กุ้งขาวดิบอีกทั้งชุดการทดลองยังมีความแตกต่างของความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกน้อยจึงอาจทำให้ได้ผลดังกล่าว แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้เนื้อกุ้งขาวสุกและมีความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของวิตามินซีที่ใช้มากกว่า จึงทำให้เห็นความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ซึ่งบ่งบอกถึงการเน่าเสียได้แตกต่างกัน

อายุการเก็บรักษาของสัตว์น้ำนั้นสามารถใช้ปริมาณ TVB-N เป็นตัวกำหนดได้ โดยสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005) ซึ่งหากพิจารณาจากมาตรฐานดังกล่าวในการทดลองนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 24 วัน ในขณะที่ T11 และ T26 มีอายุการเก็บรักษาที่ใกล้เคียงกัน คือ 22 วัน รองลงมาคือ T16 มีอายุการเก็บรักษา 16 วัน ส่วน TAC มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน และ TCC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 8 วัน

3.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษานั้น มีค่าระหว่าง 2.75 – 2.86 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะจุลินทรีย์มีการเจริญและสร้างเอนไซม์ชนิดต่างๆ มาย่อยสลายสารอาหารที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยหนึ่งในเอนไซม์ที่ถูกสร้างขึ้นคือ เอนไซม์

Trimethyamine oxidase ที่ทำให้ TMAO ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่พบในเนื้อกุ้งขาวต้ม เปลี่ยนไปเป็น TMA-N ทำให้ปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสียที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสารประกอบ TMA-N นี้มีผลทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติในสัตว์น้ำด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Feng *et al*. (2012) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ในปลา Black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียว และ Rey *et al*. (2012) ได้ศึกษาในปลา Hake (*Merluccius merluccius*) ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา Angler (*Lophius piscatorius*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งที่ผสมวิตามินซีและกรดซิตริก รวมทั้ง Okpala *et a*l. (2014) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่ทั้งสามงานวิจัยต่างพบว่าตัวอย่างมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ยังคงมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม

ผลการทดลองยังพบว่าการนำเนื้อกุ้งขาวสุกมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนทั้งวิตามินซีและชาเขียวสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเห็นได้จากการที่เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่มีเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน ได้แก่ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่า TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) โดย T21 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารคาเทชินในชาเขียว และความเป็นกรดของวิตามินซีที่ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงจนอาจทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญและแบ่งเซลล์ช้าลงทำให้มีเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนรวมทั้ง TMAO ลดลงไปด้วย รวมทั้งยังมีผลไปชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วย โดยวิตามินซีมีคุณสมบัติในการเป็น Pro-oxidant จึงเข้าไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) ดังนั้นยิ่งมีการใช้ความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีสูงขึ้นดังเช่นในชุดการทดลองที่ T21 ก็ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสารประกอบ TMA-N ลดลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Feng *et al*. (2012) พบว่าการนำปลา Black sea bream (*Sparus macrocephalus*) มาเคลือบด้วยชาเขียวทำให้มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมและการศึกษาของ Rey *et al*, (2012) พบว่าน้ำแข็งที่ผสมวิตามินซีและกรดซิตริกช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ของปลา Hake (*Merluccius merluccius*) ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา angler (*Lophius piscatorius*) ได้ดีกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา อาจเนื่องจากวิตามินซีสามารถยับยั้ง

การเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง TMAO ช้าลงได้ รวมทั้ง López de Lacey *et al*. (2014) ที่พบว่าการนำฟิล์ม (Agar film) มาผสมสารสกัดจากชาเขียวแล้วนำไปเคลือบเนื้อปลา Hake (*Merluccius capensis*) ทำให้เนื้อปลามีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้เคลือบด้วยฟิล์ม

3.2 คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (% Cooking loss)

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยเริ่มต้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่าสูญเสียน้ำหนัก 2.36 – 2.42% หลังจากนั้นการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) เนื่องจากการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยการสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ที่มีในเนื้อกุ้งขาวสุกรวมทั้งเกิดการย่อยสลายโปรตีนด้วย ทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพเป็นเหตุให้ความสามารถของโปรตีนในการจับกับน้ำลดลง โมเลกุลของน้ำถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้เนื้อกุ้งขาวต้มมีน้ำหนักลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shi *et al*. (2014) พบว่าเนื้อปลา Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และงานวิจัยของ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Farajzadeh *et al*. (2016) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซานมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวสุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) โดยชุดการทดลอง T21 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของวิตามินซีทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดซึ่งชะลอการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ชอบความเป็นกรดได้ รวมทั้งความเข้มข้นของชาเขียวที่เพิ่มขึ้นทำให้มีสารเคเทชินจำนวนมากขึ้นจึงสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนได้เป็นอย่างดี ประกอบคาเทชินยังช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างไขมันในเนื้อกุ้งขาวต้มกับก๊าซออกซิเจนซึ่งสร้างสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนที่มีบทบาทในการกระตุ้นการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้น (Jo *et al*., 2003; Chidanandaiah *et al*., 2009) ดังนั้นเมื่อสาเหตุของการเน่าเสียถูกชะลอลงด้วยประสิทธิภาพของสารทั้งสองชนิดดังกล่าวทำให้โปรตีนสลายตัวและเสื่อมสภาพช้าลง การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มจึงน้อยลง เช่นเดียวกับการ

ทดลองของ Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยชาเขียวและปลาที่เคลือบวิตามินซีมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิด

3.2.1 ค่าสีของเนื้อกุ้งต้ม

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองนั้นมีการเปลี่ยนแปลง 2 ระยะ โดยระยะแรกวันที่ 0 - 2 มีการเพิ่มขึ้นของค่า L* และ b* และการลดลงของค่า a* ในวันที่ 0 -16 ของการเก็บรักษาเนื่องจากออกซิเจนที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์จับกับทองแดงของฮีโมไซยานินในกุ้งขาวทำให้กุ้งขาวมีสีที่เข้มขึ้น (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) ในระยะที่ 2 คือวันที่ 4 - 28 ของการเก็บรักษา ในทุกชุดการทดลองมีค่า L* และ b* ลดลงและค่า a* มีค่าลดลงหลังจากวันที่ 16 ของการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนส่งผลให้รงควัตถุที่จับอยู่กับโปรตีนถูกทำลายสีในกุ้งขาวจึงมีสีที่ซีดลง (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ioannis *et al*. (2011) ที่ศึกษากุ้ง (*Melicertus kerathurus*) สดที่เก็บรักษาภายใต้บรรจุภัณฑ์แบบปรับสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่มีอัตราส่วนก๊าซแตกต่างกัน มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* มากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวสุกที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในชุดการทดลอง T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) และ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* น้อยกว่า TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) โดยชุดการทดลอง T21 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hamre *et al*. (2003) ที่พบว่าเนื้อปลา Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.) ที่ฉีดพ่นด้วยวิตามินซีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* ที่ส่งผลต่อสีที่ผู้ทดสอบสามารถมองเห็นได้ และ Nirmal and Benjakul (2010) พบว่าเมื่อนำ กุ้งขาวดิบไปเคลือบด้วยสารละลายคาเทชินความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ 0.05%, 0.1% และ 0.2% ก่อนนำกุ้งไปแช่แข็ง พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายคาเทชิน 0.2% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของกุ้งได้ดีที่สุด (Melanosis score) รวมทั้ง López de Lacey *et al*. (2014) ที่พบว่าการนำฟิล์ม (Agar film) มาผสมสารสกัดจากชาเขียวแล้วนำไปเคลือบเนื้อปลา Hake (*Merluccius capensis*) ทำให้เนื้อปลามีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L*, a*, b*) น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้เคลือบด้วยฟิล์ม

3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) มีค่า 2.44 – 3.25 log CFU/กรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งขาวหลังผ่านการต้มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและมีการสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในเนื้อกุ้งขาวต้มเพื่อนำสารอาหารต่างๆ มาใช้ในการเจริญและการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Farajzadeh *et al*. (2016) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซาน รวมทั้ง Okpala *et al*. (2014) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Liu *et al*. (2016) ที่ศึกษาการเคลือบกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone) ด้วยสารสกัดจากทานาคาซึ่งพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน โดยจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในกุ้งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pseudomonas* spp., H_2S-producing bacteria, Lactic acid bacteria, Enterobacter, Serratia และ Flavobacterium (Gram and Huss, 1996; Dabadé *et al*., 2015)

เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน รองลงมาได้แก่ T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) ตามลำดับ เนื่องจากมีการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยชาเขียวและวิตามินซีที่มีความเข้มข้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นทำให้การเน่าเสียเกิดช้าลงเพราะสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่เรียกว่า คาเทชิน (Catechins) ในชาเขียวนั้นสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียรวมทั้งยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้ม (Fan *et al*., 2008) ประกอบกับวิตามินซีที่สามารถจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ Lipopolysaccharide (LPS) บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาภายนอกจุลินทรีย์จึงตายลง (Jeon *et al*., 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nirmal and Benjakul (2011b) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ดิบที่เคลือบสารสกัดจากชาเขียวในปริมาณ 0.1% (1 กรัม/ลิตร) แล้วเก็บรักษาในตู้เย็นมีจำนวนจุลินทรีย์ทนเย็น (Psychrophilic bacteria) น้อยกว่าการใช้ชาเขียวในปริมาณอื่นและชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลกาการเก็บรักษา 12 วัน และ Song *et al*. (2011) ที่พบว่าปลา *Megalobrama*

amblycephala ที่ผ่านการเคลือบวิตามินซี 5%และปลาที่ผ่านการเคลือบชาเขียว 0.3% มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาสเซลเซียส นาน 21 วัน

เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T21 (วิตามินซี 2.5% และ ชาเขียว 1.25%) สามารถเก็บได้นาน 24 วัน ขณะที่ T26 และ T11 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 22 วัน รองลงมาได้แก่ T16 และ TAC เก็บได้นาน 16 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วน TCC นั้นมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดคือ 8 วัน

3.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องจากระหว่างการต้มเนื้อกุ้งขาวมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ซึ่งมีผลทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพบางส่วน ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เพราะโปรตีนและเอนไซม์เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์ อีกทั้งจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่บ้างถูกยับยั้งโดยชาเขียวและวิตามินซี ดังนั้นจุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญได้ โดยปกติแล้ว *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีอุณหภูมิในการเจริญที่ 4 - 60 องศาเซลเซียส (ศูนย์ข้อมูลโรคติดเชื้อและพาหะนำโรค, 2544)

เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภคอาหารทะเลแปรรูปที่มีความปลอดภัยจากอันตรายของ *E.coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ Food Safety Authority of Ireland (2001) ได้กำหนดให้ตรวจพบ *E.coli* และโคลิฟอร์ม ไม่เกิน log 2 CFU/กรัม (10^2 CFU/กรัม) แสดงให้เห็นว่า เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองครั้งนี้มีความปลอดภัยจากอันตรายของ *E.coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา โดยหากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากเกินไปทำให้เกิดอาการท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ซึ่งโดยเฉลี่ยจะแสดงอาการภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังได้รับเชื้อ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน สำหรับชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีเนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงา สามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติและเนื้อไม่ฉีกขาด ส่วนชุดการทดลองที่มีการ

เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T11, T16, T21 และ T26 นั้น ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่ 4.50 คะแนน ซึ่งเนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมเหลืองจางๆ แต่ยังคงมองเห็นจุดสีส้มบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้บ้าง เนื้อไม่ฉีกขาด แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงขึ้นอยู่ที่ 4.80 – 5.00 คะแนน เนื่องจากชาเขียวมีสารประกอบคาเทชินซึ่งในโครงสร้างมีหมู่ฟีนอลที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ทั้งแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวก (Almajano *et al*., 2008; Singh Arora *et al*., 2009) ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในสัตว์น้ำโดยชาเขียวยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบได้แก่ *P. phosphoreum*, *S. putrefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* และ *Vibrio parahaemolyticus* ส่วนแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *L. monocytogenes* (López de Lacey, 2014) รวมทั้งวิตามินซีมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงจึงไม่เหมาะกับการเจริญของจุลินทรย์บางชนิด และวิตามินซียังสามารถไปจับกับโลหะที่เป็นองค์ประกอบบริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียในชั้น Lipopolysaccharide (LPS) คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์เกิดการสูญเสียไปทำให้มีการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาจุลินทรีย์จึงตายลง ดังนั้นเมื่อมีจำนวนจุลินทีย์น้อยลงการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนและรงควัตถุให้สีต่างในเนื้อกุ้งจึงน้อยลงตามไปด้วย

อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีการเจริญของจุลินทรีย์โดยสร้างเอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอาหารต่างๆ รวมทั้งโปรตีนที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้มเพื่อนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ เมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายจะเกิดการเสื่อมสภาพทำให้คุณสมบัติต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการอุ้มน้ำ ความยืดหยุ่น และการจับกับรงควัตถุให้สี ดังนั้นจึงเกิดลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยทำให้เนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมส้มและด้าน เนื้อบางบริเวณมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน รวมทั้งจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อซีดจาง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ojagh *et al*. (2012) พบว่าในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบยอมรับตัวอย่างสีและลักษณะปรากฏของปลาเรนโบว์-เทราท์น้อยลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น และ Wachirasiri *et al*. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา

อีกทั้งผลการทดลองยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดจากผู้ทดสอบตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว

1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากในชุดการทดลอง T11 มีการใช้ชาเขียวในปริมาณมากทำให้มีสารคาเทชินที่มากขึ้นจึงส่งผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งขาวต้มเกิดการย่อยสลายช้าลง ดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำ ความยืดหยุ่น และการจับกับรงควัตถุให้สียังคงมีอยู่ และทั้งชาเขียวและวิตามินซีช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในกุ้งขาวได้ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะได้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ที่สามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนอิสระแล้วเกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลได้ (Pokorny, 1982) และถึงแม้ว่าชุดการทดลอง T11 จะมีการใช้วิตามินซีที่สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ก็ตาม แต่ปริมาณที่ใช้น้อยกว่าชุดการทดลองที่ T21 ซึ่งการใช้วิตามินซีที่มากขึ้นอาจส่งผลให้เกิดภาวะความเป็นกรดได้สูงขึ้นจึงส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ชอบกรดได้ เป็นผลให้มีการสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยสลายโปรตีนได้มากขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T11 สูงกว่าตัวอย่างในชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการวิจัยของ Li *et al*. (2012) ที่พบว่าเนื้อปลา Large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบ Nirmal and Benjakul (2012) พบว่ากุ้งขาวดิบที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.01% มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ (สี) ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.005% แต่มีคะแนนการยอมรับมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารทั้งสองชนิด รวมทั้ง Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ในชุดการทดลองที่เคลือบวิตามินซี 5% และชุดการทดลองที่เคลือบชาเขียว 0.3% มีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏสูงกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน

3.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน เนื้อกุ้งขาวต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน สำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) ในขณะที่เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T11, T16, T21 และ T26 นั้น ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่ 4.50 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติแต่มีความเข้มของกลิ่นน้อย และเมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเพิ่มขึ้นอยู่ที่

4.60 – 5.00 คะแนน เนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มอาจมีกลิ่นของชาเขียวและวิตามินซีจางๆ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไป 2-4 วันกลิ่นดังกล่าวหายไป

อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์มีการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดเป็นสารประกอบกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติที่มีความรุนแรงมากขึ้น เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่มแอมโมเนีย อีกทั้งยังเกิดการเน่าเสียจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างออกซิเจนกับไขมัน (Lipid) ซึ่งหมายถึง ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) บริเวณตำแหน่งพันธะคู่จึงเกิดสารที่ให้กลิ่นรสที่ผิดปกติมากยิ่งขึ้น (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวต้มยังเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวซึ่งเกิดจากการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็คติกได้ (Lactic acid bacteria) (Francoise, 2010) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dabadé *et al*. (2015) พบว่ากุ้ง Tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) ที่แม้จะเก็บรักษาในอุณหภูมิต่างกันแต่ต่างก็ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น รวมทั้ง Basiri *et al*. (2015) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากทับทิมมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น

ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดจากผู้ทดสอบนับตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากความเข้มข้นของชาเขียวที่มีมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ของ T11 ดังนั้นความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารคาเทชินที่มีในชาเขียวทำให้จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนและเกิดเป็นสารประกอบต่างๆ ที่ให้กลิ่นเหม็นเน่า เช่น แอมโมเนีย, TMA - N, DMA, เมทิลเอมีน และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้นั้นเกิดน้อยลง อีกทั้งยังช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ก่อให้เกิดกลิ่นผิดปกติได้ด้วย และมีการใช้ความเข้มข้นของวิตามินซีในปริมาณที่เหมาะสมทำให้คุณสมบัติในการเป็น Antioxidant ที่ไปจับสารประกอบเปอร์ออกไซด์ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง และคุณสมบัติในการเป็น Pro-oxidant ไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อการเกิดออกซิเดชั่นน้อยลงกลิ่นหืนจึงเกิดน้อยลงตามไปด้วย (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) ส่งผลให้เนื้อกุ้งขาวต้มยังคงกลิ่นตามธรรมชาติของกุ้งต้มไว้ได้และมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นช้ากว่า T21 ที่มีการ

ใช้ความเข้มข้นของวิตามินซีสูงกว่าทำให้มีจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะความเป็นกรดด่างต่ำเกิดการเจริญขึ้นอันเนื่องจากความเป็นกรดด่างที่ต่ำลงจากการใช้วิตามินซีในปริมาณสูงนั่นเอง สอดคล้องกับการวิจัยของ Esaiassen *et al*. (2005) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของเนื้อปลาคอดที่แช่วิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้แช่วิตามินซี และ Nirmal and Benjakul (2012) พบว่ากุ้งขาวดิบที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.01% นั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.005% แต่มีคะแนนการยอมรับมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารทั้งสองชนิด และ Song *et al*. (2011) ที่พบว่า*ปลา Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบวิตามินซี 5% และปลาที่ผ่านการเคลือบชาเขียว 0.3% มีปริมาณ TBARS ต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน โดยปริมาณ TBARS นั้นเป็นการวัดปริมาณกรดบาร์บิทูริค ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแล้วส่งผลให้สัตว์น้ำมีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไปดังนั้นจึงใช้ปริมาณ TBARS ในการบ่งบอกการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ (Hamre *et al*., 2003)

3.4.3 รสชาติ

ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา สำหรับตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T11, T16, T21 และ T26 ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติที่ 4.70 – 5.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งเล็กน้อยถึงชัดเจนตามธรรมชาติของกุ้งต้มซึ่งความเข้มของรสหวานตามธรรมชาตินั้นน้อยกว่าชุดการทดลอง TAC และ TCC แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 2 – 4 วัน ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4.60 – 4.90 คะแนน เนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มอาจมีรสชาติของชาเขียวและวิตามินซีเล็กน้อย แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไป 2-4 วัน รสชาติดังกล่าวหายไป ทำให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติกลับมาเพิ่มสูงขึ้นได้

อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์รวมกับเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งบางส่วนนั้นไปย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนรวมถึงกรดอะมิโนอิสระต่างๆ ที่เคยให้รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งต้ม ได้แก่ กรดอะมิโนไกลซีนและอะลานีน รวมทั้งกรดกลูตามิกที่ให้รสอร่อยถูกทำลายลง และการย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดการปลดปล่อยเป็นกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติกที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว และกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีนที่ทำ

ให้เกิดรสขม (Aristoy, *et al*., 2010; Fuentes *et al*., 2009) ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wachirasiri *et al*. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดนับตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษาจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) ตามลำดับเป็นผลจากสารประกอบฟีนอลในชาเขียวที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ส่งผลให้กรดอะมิโนอิสระที่ให้รสชาติหวานและอร่อยถูกทำลายช้าลงและการปลดปล่อยกรดอะมิโนอิสระที่ส่งผลให้เกิดรสเปรี้ยวและรสขมถูกปลดปล่อยจากโปรตีนโมเลกุลใหญ่ได้ช้าลง ดังเช่นที่กล่าวข้างต้น (Perumalla and Hettiar achchy, 2011) รวมทั้งชาเขียวและวิตามินซีต่างก็มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวสร้างผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบคาร์บอนิลและอัลดีไฮด์ที่ไปกระตุ้นการสลายตัวของโปรตีน (Yen *et al*., 2002; Song *et al*., 2011) ดังนั้นในชุดการทดลอง T11 ซึ่งมีความเข้มข้นของชาเขียวสูงประสิทธิภาพการชะลอการเน่าเสียจึงมากขึ้นตามไปด้วย รวมทั้งมีการใช้วิตามินซีในปริมาณมากพอที่จะเกิดการชะลอการเน่าเสีย แต่ไม่มากเกินไปดังเช่นชุดการทดลอง T21 ที่อาจทำให้เกิดรสชาติที่เปรี้ยวกว่าและอาจส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะความเป็นกรดด่างต่ำได้ สอดคล้องกับการวิจัยของ Nirmal and Benjakul (2011a) พบว่ากุ้งขาวที่เคลือบชาเขียว 0.1% ได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติจากผู้ทดสอบมากกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและการศึกษา Esaiassen *et al*. (2005) พบว่าคะแนนการยอมรับด้านรสชาติของเนื้อปลาคอดที่แช่วิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที มีคะแนนสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการแช่วิตามินซี ขณะที่ Nirmal and Benjakul (2012) พบว่ากุ้งขาวดิบที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.01% มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติไม่แตกต่างจากการเคลือบด้วยชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.005% แต่มีคะแนนการยอมรับมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารทั้งสองชนิด

3.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง (T11, T16, T21, T26, TAC และ TC) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มนิ่มเละ ไม่ยืดหยุ่น ซึ่งเกิดจาก

การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของโปรตีนเนื่องจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโอฟิบริลลาโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อรวมทั้งโปรตีนคอลลาเจนที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้ม อีกทั้งโปรตีนสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำทำให้ความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสและความชุ่มน้ำของเนื้อกุ้งขาวต้มน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sriket *et al*. (2012) พบว่า กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่น้ำแข็งผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้ง Wachirasiri *et al*. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ คือ T11 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25%) รองลงมาได้แก่ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%), T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%), TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) ตามลำดับเกิดจากชุดการทดลองที่ T11 มีการใช้วิตามินซีในปริมาณเหมาะสมจึงช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนได้น้อยลง และวิตามินซียังทำหน้าที่เป็นตัวหยุดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (Free radical chain terminator) ด้วยการจับออกซิเจน (Oxygen scavenger) ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นน้อยลงซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้เกิดการกระตุ้นการสลายตัวของโปรตีนได้อีกทางหนึ่ง ต่างกับ T21 ที่ใช้วิตามินซีสูงที่ทำให้เกิดความเป็นกรดด่างต่ำลงและอาจทำให้โปรตีนบางส่วนเสื่อมสภาพจากภาวะความเป็นกรดดังกล่าวการสลายตัวของโปรตีนจึงเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า และการใช้ชาเขียวในการเคลือบบนเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยนั้นทำให้มีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่เรียกว่า คาเทชินที่ไปทำลายไขมันที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ในชั้นที่เรียกว่า Phospholipid จึงช่วยชะลอการเน่าเสียได้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Rey *et al*., (2012) พบว่าเนื้อสัมผัสของปลา Hake (*Merluccius merluccius*) ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา Angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่เย็นในน้ำแข็งผสมวิตามินซีและกรดซิตริกมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา รวมทั้งการศึกษาของ Zhao *et al*. (2013) พบว่าการเคลือบชาเขียวลงบนเนื้อปลา Large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของไมโอฟิบริลลาโปรตีนได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 25 วัน เช่นเดียวกับ

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นเนื้อสัมผัส และรสชาติ แสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่มีการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ในชุดการทดลอง T11 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 คุณลักษณะสูงกว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซีในระดับความเข้มข้นอื่นๆ เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่น้อยเกินไปอาจมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียได้น้อย รวมทั้งการใช้ความเข้มข้นของวิตามินซีที่มากเกินไปอาจทำให้มีจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะความเป็นกรดด่างต่ำเกิดการเจริญขึ้นและทำให้โปรตีนบางส่วนเกิดการเสียสภาพจากการมีความเป็นกรดด่างต่ำจึงส่งเสริมให้โปรตีนถูกย่อยสลายได้มากขึ้นและยังทำให้เกิดรสเปรี้ยวได้เช่นกัน ทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้ม เช่น สีซีดจาง กลิ่นเหม็นเน่า รสเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสนิ่มเละยังคงเกิดขึ้น รวมทั้งการใช้ชาเขียวที่มีความเข้มข้นมากเกินไปอาจส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเช่นกัน โดยชาเขียวความเข้มข้นมากเกินไปอาจทำให้รสชมและรสเฝื่อนของคาเทชิน (Wang *et al*., 2000) ได้เช่นกัน

อย่างไรก็ตามการที่สัตว์น้ำแต่ละชนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันและปริมาณความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่สามารถเติมลงไปแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสัตว์น้ำต่างชนิดกันนั้นนับเป็นปัจจัยหนึ่งในการทำให้ผลการวิจัยที่ได้มีความแตกต่างกันออกไป เช่น Alghazeer *et al*. (2008) พบว่าปลาแมคเคอเรลที่เคลือบชาเขียว 250-500 ppm ก่อนนำไปแช่แข็งช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (การเกิดออกซิเดชั่น) ได้ และ Nirmal and Benjakul (2011a) พบว่าการเคลือบชาเขียว 0.5-1% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุ้งขาวดิบได้เป็นอย่างดี ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาด้วยความเย็น 12 วัน ขณะที่ Song *et al*. (2011) พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยชาเขียว 0.3% ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและประสาทสัมผัส รวมทั้งการสูญเสียน้ำหนัก ได้ อีกทั้ง Xi *et al.* (2012) พบว่าเนื้อหอยนางรมที่เคลือบด้วยชาเขียว 10% มีจำนวนจุลินทรีย์ทนเย็นน้อยลง และความเข้มข้นของวิตามินซีในการชะลอการเน่าเสียในสัตว์น้ำนั้นก็มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำเช่นกัน โดย Song *et al*. (2011) พบว่าการเคลือบปลา *Megalobrama amblycephala* ด้วยวิตามินซี 5% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ ในขณะที่หากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาปลา Sole (*Solea solea* L.) ควรใช้ความเข้มข้นของวิตามินซี 1.7% (Zambuchini *et al*, 2008) การศึกษาของ Khan *et al*. (2006) พบว่า วิตามินซี 0.001% (0.01 M) ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีผลต่อลักษณะด้านประสาทสัมผัสของ Newfoundland blue mussel (*Mytilus edulis*) ได้

หากพิจารณาเพียงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอับจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซี จากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นที่ได้รับคะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะอื่น (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ที่ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน อีกทั้งมนุษย์มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นได้เร็วกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น (Coban *et al.*, 2012) จึงสามารถใช้การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นในการบ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาได้เป็นอย่างดี เนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง T11 ที่ใช้วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 28 วัน รองลงมาได้แก่ T21 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25%), T26 (วิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625%) ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาใกล้เคียงกัน คือ 22 และ 20 วัน ตามลำดับ ขณะที่ T16 (วิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625%) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) สามารถเก็บรักษาได้ 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ส่วน TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 8 วัน

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนได้แก่ชาเขียวและวิตามินซีที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อพิจาณาจากคุณภาพในทุกด้านพบว่า การเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนชาเขียวและวิตามินซี (T11, T16, T21, T26) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% (T11) มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% (T21) นั้นคุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ดีที่สุด อย่างไรก็ตามปัจจัยในการเน่าเสียของสัตว์น้ำยังขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (Ryder, Buisson & Scott, 1984) ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดการย่อยสลายตัวเองในสัตว์น้ำ (Scott, Fletcher & Hogg, 1986) รวมทั้งลักษณะทางชีวภาพ เคมี กายภาพ (Bio-physiochemical properties) ของสัตว์น้ำและสภาวะการเก็บรักษาด้วย (Hanna, 1992)

การผลิตอาหารเพื่อการบริโภคจำเป็นต้องคำนึงถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนนและคุณภาพทางจุลชีววิทยาซึ่งต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) พบว่าการยอมรับด้านประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบได้มีการให้คะแนนนั้นถึงจุดสิ้นสุด (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน) เร็วกว่าค่าทางจุลชีววิทยา สำหรับชุดการทดลอง T21, T26, T16 และ TCC จึงทำให้สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยใน ดังนั้นสำหรับการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสาร

กันหืนวิตามินซีและชาเขียวในการทดลองนี้จึงพิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสดังที่กล่าวมา ส่วน T11 และ TAC มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานเร็วกว่าการยอมรับด้านกลิ่นจึงกำหนดอายุการเก็บรักษาโดยพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากวันที่มีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานทำให้ T21 และ T11 มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเท่ากันคือ 22 วัน รองลงมาได้แก่ T26 และ T16 ที่มีอายุการเก็บรักษา 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC เก็บได้นาน 10 วัน และ TCC สามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตสำหรับเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคได้มากที่สุดคือ คือ 0.002%

ระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนต มี 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืน

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนวิตามินซีและชาเขียว (T11, T16, T21, T26) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% (T11) ช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ดีที่สุด ส่วนเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% (T21) นั้นคุณภาพทางเคมี (pH, ความชื้น, TVB-N และ TMA-N) กายภาพ (% Cooking loss และค่าสี) และจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) ดีที่สุด และในทุกชุดการตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

การพิจารณาอายุการเก็บรักษาซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการผลิตอาหารเพื่อการบริโภคร่วมกับความปลอดภัยในการบริโภค (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) ทำให้ผู้ทดสอบยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ดังนั้น T21 และ T11 มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเท่ากันคือ 22 วัน รองลงมาได้แก่ T26 และ T16 ที่มีอายุการเก็บรักษา 20 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วน TAC เก็บได้นาน 10 วัน และ TCC สามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1หากต้องการเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนวิตามินซีและชาเขียว ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

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

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

สุทธวัตน์ เบญจกุล. (2554). เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). *คู่มือปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* วันที่เข้าค้นข้อมูล 1 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาdhttp://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf

Alghazeer, R., Saeed, S. & Howell, N.K. (2008). Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food Chemistry, 108,* 801–810.

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.

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

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

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

Arancibia, M.Y., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., & Montero, P. (2015). Chitosan coatings enriched with active shrimp waste for shrimp preservation *Food Control, 54*, 259–266. doi:10.1016/j.foodcont.2015.02.004

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.

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

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.

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

Cai, L., Cao, A., Bai, F. & Li, J. (2015). Effect of **ε**-polylysine in combination with alginate coating treatment on physicochemical and microbial characteristics of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) during refrigerated storage. LWT - Food Science and Technology, 62(2), 1053–1059. doi:10.1016/j.lwt.2015.02.002

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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.

Huang, J., Chen, Q., Qiu, M. & Li, S. (2012). Chitosan-based edible coatings for quality preservation of postharvest white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Food Science, 7* (4), 491–496.

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

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

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

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

Liu, X., Jia, Y., Hu, Y., Xia, X., Li, Y., Zhou, J. & Liu, Y. (2016). Effect of *Citrus wilsonii* Tanaka extract combined with alginate-calcium coating on quality maintenance of white shrimps (*Litopenaeus vannamei* Boone)**.** *Food Control, 68*, 83–91.

López de Lacey, A.M., López-Caballero, M.E. & Montero, P. (2014). Agar films containing green tea extract and probiotic bacteria for extending fish shelf-life. *LWT - Food Science and Technology, 55*(2), 559–564. doi:10.1016/j.lwt.2013.09.028

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

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

Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., & Srinivasa Gopal, T.K. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids, 26*, 167–174. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.05.005

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

Nirmal, N.P. & Benjakul, S. (2010). Effect of catechin and ferulic acid on melanosis and quality of Pacific white shrimp subjected to prior freeze–thawing during refrigerated storage. *Food Control. 21*, 1263-1271.

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

Nirmal, N.P. & Benjakul. S. (2011b). Use of tea extracts for inhibition of polyphenoloxidase and retardation of quality loss of Pacific white shrimp during iced storage. *LWT - Food Science and Technology*, *44*(4), 924–932. doi:10.1016/j.lwt.2010.12.007

Nirmal, N.P. & Benjakul. S. (2012). Effect of green tea extract in combination with ascorbic acid on the retardation of melanosis and quality changes of Pacific white shrimp during iced storage. *Food Bioprocess Technol*., *5*, 2941–2951.

Ojagh *et al*. (2012)

Okpala C.O.R., Choo W.S. & Dykes G.A. (2014). Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT - Food Science and Technology, 55*(1), 110-116. doi:10.1016/j.lwt.2013.07.020

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

Özyürt, G., Özkütük, A.S., Şimşek, A., Yeşilsu, A.F. & Ergüven, M. (2015). Quality and shelf life of cold and frozen Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets: Effects of fish protein-based biodegradable coatings. International Journal of *Food Properties, 18*(9), 1876-1887.

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.

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

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

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

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.

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.

Shamshad, S.L., Nisa, K.U., Riaz, M., Zuberi, R. & Qadri, R.B. (1990). Shelf life of shrimp (*Penaeus merguiensis*) stored at different temperatures. *Journal of Food Science*, *55*, 1201–1205.

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

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.

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

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

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

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

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

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	6.85_{d}^{D} ± 0.02	6.91_{f}^{E} ± 0.01	6.57_{e}^{A} ± 0.01	6.65_{e}^{C} ± 0.01	6.59_{e}^{B} ± 0.01	6.58_{e}^{A} ± 0.01
2	6.77_{c}^{E} ± 0.02	6.75_{d}^{D} ± 0.01	6.53_{d}^{A} ± 0.01	6.55_{d}^{A} ± 0.01	6.59_{e}^{C} ± 0.01	6.57_{e}^{B} ± 0.01
4	6.65_{a}^{D} ± 0.01	6.73_{c}^{E} ± 0.01	6.51_{c}^{A} ± 0.01	6.55_{d}^{C} ± 0.01	6.55_{d}^{C} ± 0.01	6.53_{d}^{B} ± 0.01
6	6.70_{b}^{F} ± 0.01	6.67_{b}^{E} ± 0.01	6.52_{d}^{C} ± 0.01	6.54_{c}^{D} ± 0.01	6.44_{c}^{A} ± 0.01	6.50_{c}^{B} ± 0.01
8	6.77_{c}^{E} ± 0.01	6.54_{a}^{D} ± 0.01	6.32_{a}^{B} ± 0.02	6.38_{a}^{C} ± 0.01	6.26_{a}^{A} ± 0.01	6.32_{a}^{B} ± 0.01
10	6.85_{d}^{F} ± 0.01	6.67_{b}^{E} ± 0.01	6.42_{b}^{C} ± 0.02	6.49_{b}^{D} ± 0.02	6.32_{b}^{A} ± 0.01	6.40_{b}^{B} ± 0.01
12	7.19_{e}^{F} ± 0.01	6.82_{e}^{E} ± 0.01	6.58_{e}^{A} ± 0.01	6.72_{f}^{D} ± 0.01	6.60_{ef}^{B} ± 0.01	6.63_{f}^{C} ± 0.01
14	7.37_{f}^{E} ± 0.01	6.94_{g}^{D} ± 0.01	6.69_{f}^{B} ± 0.01	6.74_{g}^{C} ± 0.01	6.61_{f}^{A} ± 0.01	6.69_{g}^{B} ± 0.01
16	7.58_{g}^{F} ± 0.01	7.06_{h}^{E} ± 0.01	6.71_{g}^{C} ± 0.01	6.77_{h}^{D} ± 0.01	6.63_{g}^{A} ± 0.01	6.68_{g}^{B} ± 0.01
18	7.76_{h}^{F} ± 0.01	7.19_{i}^{E} ± 0.01	6.77_{h}^{B} ± 0.01	6.84_{j}^{D} ± 0.01	6.70_{i}^{A} ± 0.01	6.80_{i}^{C} ± 0.01
20	-	7.23_{j}^{E} ± 0.01	6.72_{g}^{B} ± 0.01	6.79_{i}^{D} ± 0.01	6.69_{h}^{A} ± 0.01	6.77_{h}^{C} ± 0.01
22	-	7.46_{k}^{D} ± 0.01	6.85_{i}^{B} ± 0.01	6.87_{k}^{C} ± 0.01	6.71_{i}^{A} ± 0.01	6.85_{j}^{B} ± 0.01
24	-	-	6.91_{j}^{B} ± 0.01	6.95_{l}^{C} ± 0.01	6.82_{j}^{A} ± 0.01	6.91_{k}^{B} ± 0.01
26	-	-	6.95_{k}^{B} ± 0.00	6.99_{m}^{C} ± 0.01	6.89_{k}^{A} ± 0.01	6.95_{l}^{B} ± 0.01
28	-	-	7.03_{l}^{B} ± 0.01	7.05_{n}^{C} ± 0.01	6.94_{l}^{A} ± 0.01	7.03_{m}^{B} ± 0.01

ตารางผนวกที่ ก - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0^{NS}	15.21_{a} ± 0.14	15.22_{a} ± 0.08	15.17_{a} ± 0.08	15.25_{a} ± 0.08	15.18_{a} ± 0.08	15.22_{a} ± 0.08
2	21.31_{b}^{C} ± 0.16	21.13_{b}^{C} ± 0.14	18.04_{b}^{A} ± 0.08	19.75_{b}^{B} ± 0.08	17.83_{b}^{A} ± 0.08	17.97_{b}^{A} ± 0.08
4	23.63_{c}^{F} ± 0.08	23.20_{c}^{E} ± 0.16	20.22_{c}^{C} ± 0.08	21.26_{c}^{D} ± 0.08	19.73_{c}^{A} ± 0.08	20.04_{c}^{B} ± 0.08
6	31.32_{d}^{F} ± 0.14	26.52_{d}^{E} ± 0.08	22.47_{d}^{C} ± 0.15	24.69_{d}^{D} ± 0.08	20.78_{d}^{A} ± 0.08	21.84_{d}^{B} ± 0.08
8	36.72_{e}^{F} ± 0.13	31.34_{e}^{E} ± 0.14	25.89_{e}^{C} ± 0.08	27.12_{e}^{D} ± 0.08	22.05_{e}^{A} ± 0.08	24.09_{e}^{B} ± 0.08
10	45.38_{f}^{F} ± 0.14	35.37_{f}^{E} ± 0.08	27.64_{f}^{C} ± 0.08	29.65_{f}^{D} ± 0.08	24.95_{f}^{A} ± 0.08	26.93_{f}^{B} ± 0.08
12	50.93_{g}^{F} ± 0.08	45.98_{g}^{E} ± 0.08	29.83_{g}^{C} ± 0.08	32.31_{g}^{D} ± 0.08	26.82_{g}^{A} ± 0.08	28.91_{g}^{B} ± 0.08
14	68.54_{h}^{F} ± 0.08	52.36_{h}^{E} ± 0.16	31.21_{h}^{C} ± 0.15	34.05_{h}^{D} ± 0.08	27.23_{h}^{A} ± 0.08	30.06_{h}^{B} ± 0.08
16	91.34_{i}^{F} ± 0.08	72.12_{i}^{E} ± 0.16	33.05_{i}^{C} ± 0.08	35.64_{i}^{D} ± 0.08	29.13_{i}^{A} ± 0.08	31.51_{i}^{B} ± 0.08
18	101.22_{j}^{F} ± 0.24	88.60_{j}^{E} ± 0.08	34.38_{j}^{C} ± 0.08	38.45_{j}^{D} ± 0.08	30.26_{j}^{A} ± 0.08	33.01_{j}^{B} ± 0.08
20	-	101.87_{k}^{E} ± 0.14	34.66_{k}^{C} ± 0.08	41.00_{k}^{D} ± 0.08	30.46_{k}^{A} ± 0.08	34.02_{k}^{B} ± 0.08
22	-	129.22_{l}^{E} ± 0.08	36.87_{l}^{C} ± 0.08	43.56_{l}^{D} ± 0.08	33.21_{l}^{A} ± 0.08	36.06_{l}^{B} ± 0.08
24	-	-	39.45_{m}^{C} ± 0.14	49.35_{m}^{D} ± 0.08	36.01_{m}^{A} ± 0.08	38.58_{m}^{B} ± 0.08
26	-	-	43.08_{n}^{C} ± 0.08	51.81_{n}^{D} ± 0.08	38.54_{n}^{A} ± 0.08	42.61_{n}^{B} ± 0.08
28	-	-	45.52_{o}^{C} ± 0.16	54.12_{o}^{D} ± 0.08	39.23_{o}^{A} ± 0.08	43.72_{o}^{B} ± 0.08

ตารางผนวกที่ ก - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0^{NS}	2.86_{a} ± 0.04	2.75_{a} ± 0.04	2.76_{a} ± 0.07	2.84_{a} ± 0.00	2.82_{a} ± 0.04	2.80_{a} ± 0.04
2	3.17_{b}^{C} ± 0.06	3.05_{b}^{B} ± 0.07	2.91_{b}^{A} ± 0.06	2.93_{b}^{A} ± 0.04	2.84_{b}^{A} ± 0.00	2.86_{b}^{A} ± 0.04
4	3.66_{c}^{D} ± 0.07	3.31_{c}^{C} ± 0.04	3.06_{c}^{B} ± 0.04	3.12_{c}^{B} ± 0.04	2.93_{c}^{A} ± 0.04	2.97_{c}^{A} ± 0.00
6	4.63_{d}^{D} ± 0.04	4.47_{d}^{C} ± 0.04	3.21_{d}^{B} ± 0.04	3.25_{d}^{B} ± 0.04	3.06_{d}^{A} ± 0.04	3.19_{d}^{B} ± 0.04
8	4.89_{e}^{E} ± 0.04	4.61_{e}^{D} ± 0.04	3.32_{e}^{BC} ± 0.07	3.41_{e}^{C} ± 0.04	3.16_{e}^{A} ± 0.06	3.25_{e}^{AB} ± 0.04
10	5.10_{f}^{F} ± 0.06	4.71_{f}^{E} ± 0.04	3.55_{f}^{C} ± 0.06	3.92_{f}^{D} ± 0.04	3.27_{f}^{A} ± 0.04	3.45_{f}^{B} ± 0.04
12	5.34_{g}^{E} ± 0.08	4.98_{g}^{D} ± 0.04	3.77_{g}^{B} ± 0.04	4.24_{g}^{C} ± 0.04	3.55_{g}^{A} ± 0.06	3.64_{g}^{A} ± 0.04
14	5.54_{h}^{F} ± 0.04	5.18_{h}^{E} ± 0.08	3.98_{h}^{C} ± 0.04	4.80_{h}^{D} ± 0.04	3.73_{h}^{A} ± 0.04	3.83_{h}^{B} ± 0.04
16	5.67_{i}^{F} ± 0.04	5.32_{i}^{E} ± 0.04	4.37_{i}^{C} ± 0.04	5.06_{i}^{D} ± 0.04	3.96_{i}^{A} ± 0.04	4.16_{i}^{B} ± 0.04
18	5.95_{j}^{F} ± 0.04	5.75_{j}^{E} ± 0.04	4.50_{j}^{C} ± 0.04	5.19_{j}^{D} ± 0.04	4.26_{j}^{A} ± 0.06	4.35_{j}^{B} ± 0.04
20	-	5.83_{k}^{D} ± 0.04	4.89_{k}^{B} ± 0.04	5.45_{k}^{C} ± 0.04	4.59_{k}^{A} ± 0.06	4.82_{k}^{B} ± 0.04
22	-	6.02_{l}^{E} ± 0.04	5.19_{l}^{C} ± 0.04	5.62_{l}^{D} ± 0.06	4.82_{l}^{A} ± 0.04	5.06_{l}^{B} ± 0.04
24	-	-	5.38_{m}^{C} ± 0.07	5.77_{m}^{D} ± 0.04	5.06_{m}^{A} ± 0.04	5.21_{m}^{B} ± 0.04
26	-	-	5.70_{n}^{C} ± 0.04	5.92_{n}^{D} ± 0.04	5.25_{n}^{A} ± 0.04	5.47_{n}^{B} ± 0.04
28	-	-	5.77_{o}^{C} ± 0.07	6.05_{o}^{D} ± 0.04	5.33_{o}^{A} ± 0.04	5.53_{o}^{B} ± 0.04

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0						
2^{NS}	2.42_{a} ± 0.15	2.36_{a} ± 0.26	2.37_{a} ± 0.16	2.37_{a} ± 0.33	2.39_{a} ± 0.42	2.37_{a} ± 0.22
4^{NS}	4.03_{b} ± 0.27	3.76_{b} ± 0.30	3.58_{b} ± 0.29	3.63_{b} ± 0.26	3.23_{b} ± 0.25	3.47_{b} ± 0.33
6	5.90_{c}^{E} ± 0.25	4.92_{c}^{D} ± 0.24	4.36_{c}^{BC} ± 0.31	4.67_{c}^{CD} ± 0.16	3.67_{c}^{A} ± 0.25	4.12_{c}^{B} ± 0.15
8	6.99_{d}^{D} ± 0.16	5.88_{d}^{C} ± 0.19	4.98_{d}^{B} ± 0.30	5.57_{d}^{C} ± 0.24	4.46_{d}^{A} ± 0.26	4.76_{d}^{AB} ± 0.35
10	7.89_{e}^{D} ± 0.30	6.02_{d}^{C} ± 0.22	5.62_{e}^{BC} ± 0.22	5.82_{de}^{BC} ± 0.18	5.16_{e}^{A} ± 0.14	5.42_{e}^{AB} ± 0.19
12	8.63_{f}^{C} ± 0.14	6.64_{e}^{B} ± 0.37	6.17_{f}^{A} ± 0.11	6.27_{e}^{AB} ± 0.15	5.92_{f}^{A} ± 0.28	6.07_{f}^{A} ± 0.27
14	9.53_{g}^{D} ± 0.24	7.73_{f}^{C} ± 0.20	6.51_{f}^{A} ± 0.25	6.98_{f}^{B} ± 0.19	6.21_{f}^{A} ± 0.22	6.39_{f}^{A} ± 0.12
16	11.23_{h}^{D} ± 0.28	9.88_{g}^{C} ± 0.25	7.24_{g}^{A} ± 0.20	7.71_{g}^{B} ± 0.32	6.85_{g}^{A} ± 0.31	7.11_{g}^{A} ± 0.17
18	-	-	7.99_{h}^{B} ± 0.31	8.36_{h}^{C} ± 0.29	7.18_{g}^{A} ± 0.13	7.72_{h}^{B} ± 0.14
20	-	-	8.36_{h}^{B} ± 0.30	9.45_{i}^{C} ± 0.33	7.75_{h}^{A} ± 0.15	8.19_{i}^{B} ± 0.36
22	-	-	9.92_{i}^{C} ± 0.20	10.38_{j}^{D} ± 0.31	8.59_{i}^{A} ± 0.07	9.28_{j}^{B} ± 0.24
24	-	-	11.17_{j}^{C} ± 0.18	12.04_{k}^{D} ± 0.29	9.33_{j}^{A} ± 0.35	10.24_{k}^{B} ± 0.21
26	-	-	13.27_{k}^{C} ± 0.23	13.59_{l}^{C} ± 0.33	10.09_{k}^{A} ± 0.10	12.23_{l}^{B} ± 0.27
28	-	-	14.14_{l}^{B} ± 0.25	14.83_{m}^{C} ± 0.32	11.95_{l}^{A} ± 0.17	13.85_{m}^{B} ± 0.07

ตารางผนวกที่ ก - 5 ค่าสี L* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี L* ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	36.32_{ghi}^{CD} ± 1.42	37.26_{fg}^{D} ± 1.63	35.33_{cde}^{ABC} ± 1.03	35.53_{ef}^{BC} ± 1.42	33.77_{bcd}^{A} ± 1.15	34.42_{de}^{AB} ± 1.29
2	37.81_{ij}^{CD} ± 1.33	39.08_{h}^{D} ± 0.87	35.71_{def}^{AB} ± 1.23	36.40_{f}^{BC} ± 1.58	34.46_{a}^{A} ± 1.22	34.72_{def}^{A} ± 1.11
4	37.95_{j}^{BC} ± 1.15	38.49_{gh}^{C} ± 1.08	36.69_{ef}^{AB} ± 1.39	38.51_{g}^{C} ± 1.41	35.41_{defg}^{A} ± 1.56	35.52_{ef}^{A} ± 1.19
6	36.56_{hij}^{AB} ± 1.23	37.41_{fg}^{BC} ± 1.25	38.49_{gh}^{C} ± 1.38	38.29_{g}^{C} ± 1.29	35.59_{efg}^{A} ± 1.66	35.73_{ef}^{AB} ± 1.35
8	35.77_{gh}^{A} ± 1.24	36.80_{ef}^{AB} ± 1.50	38.78_{h}^{C} ± 1.06	37.13_{fg}^{AB} ± 1.12	37.98_{hi}^{BC} ± 1.24	37.38_{gh}^{BC} ± 1.10
10	34.88_{fg}^{A} ± 0.90	35.85_{e}^{AB} ± 1.27	37.11_{fg}^{B} ± 1.10	36.30_{f}^{AB} ± 1.52	39.19_{i}^{C} ± 1.02	38.81_{h}^{C} ± 1.14
12	33.75_{ef}^{A} ± 1.34	33.80_{d}^{A} ± 1.14	35.65_{def}^{B} ± 1.27	35.50_{ef}^{B} ± 1.37	37.65_{hi}^{C} ± 0.82	38.24_{h}^{C} ± 1.18
14	32.47_{de}^{A} ± 1.18	33.29_{cd}^{AB} ± 1.19	35.48_{cde}^{C} ± 1.45	34.23_{de}^{BC} ± 0.98	36.79_{gh}^{C} ± 1.37	36.15_{fg}^{C} ± 0.77
16	31.96_{cd}^{A} ± 0.80	33.28_{cd}^{AB} ± 1.11	34.77_{cd}^{BC} ± 1.49	34.07_{cde}^{B} ± 1.31	35.76_{fg}^{C} ± 1.41	35.70_{ef}^{C} ± 1.11
18	31.06_{bcd}^{A} ± 1.37	33.01_{bcd}^{B} ± 1.17	34.04_{bc}^{B} ± 1.19	33.42_{bcd}^{B} ± 1.35	34.47_{cdef}^{B} ± 1.51	34.19_{cde}^{B} ± 1.10
20	30.49_{abc}^{A} ± 1.21	32.93_{bcd}^{B} ± 1.06	34.00_{bc}^{B} ± 1.23	33.04_{bcd}^{B} ± 1.13	34.11_{bcdef}^{B} ± 1.14	33.36_{bcd}^{B} ± 1.49
22	30.23_{ab}^{A} ± 1.31	32.78_{bcd}^{B} ± 1.15	33.02_{ab}^{B} ± 1.34	32.84_{bcd}^{B} ± 1.59	34.07_{bcde}^{B} ± 1.51	32.84_{bc}^{B} ± 1.30
24	30.14_{ab}^{A} ± 1.28	31.84_{bc}^{B} ±1.10	32.72_{ab}^{B} ± 1.32	32.35_{abc}^{B} ± 1.61	33.36_{bc}^{B} ± 1.18	32.55_{ab}^{B} ± 1.31
26	30.08_{ab}^{A} ± 1.29	31.52_{b}^{B} ± 0.71	32.45_{ab}^{B} ± 1.03	31.82_{ab}^{B} ± 1.38	32.64_{ab}^{B} ± 0.86	32.10_{ab}^{B} ± 1.50
28	29.29_{a}^{A} ± 1.43	29.74_{a}^{AB} ± 1.34	31.49_{a}^{C} ± 1.00	31.04_{a}^{BC} ± 1.48	31.53_{a}^{C} ± 1.22	31.12_{a}^{BC} ± 1.21

ตารางผนวกที่ ก - 6 ค่าสี a* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี a* ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0^{NS}	$6.35_{cd} \pm 1.01$	$6.38_{def} \pm 1.14$	$6.77_{bcd} \pm 1.10$	$6.62_{bcde} \pm 0.90$	$7.49_{bcd} \pm 0.72$	$7.46_{cd} \pm 1.09$
2^{NS}	$5.88_{bc} \pm 0.82$	$5.91_{cd} \pm 0.67$	$6.38_{a} \pm 0.48$	$6.06_{abc} \pm 0.70$	$7.31_{abc} \pm 1.16$	$7.07_{bc} \pm 0.70$
4	$5.78_{bc}^{A} \pm 0.76$	$6.08_{de}^{AB} \pm 0.93$	$6.50_{abc}^{AB} \pm 0.84$	$6.29_{abcd}^{AB} \pm 0.88$	$7.12_{ab}^{BC} \pm 0.96$	$7.61_{cde}^{C} \pm 0.91$
6	$5.87_{bc}^{A} \pm 0.75$	$6.37_{def}^{AB} \pm 1.17$	$7.03_{bcde}^{B} \pm 0.63$	$6.90_{cde}^{AB} \pm 0.97$	$7.46_{bcd}^{BC} \pm 0.68$	$8.42_{ef}^{C} \pm 0.87$
8	$6.47_{cd}^{A} \pm 1.05$	$6.82_{defg}^{AB} \pm 0.64$	$7.08_{bcde}^{AB} \pm 0.63$	$6.91_{cde}^{AB} \pm 0.82$	$7.50_{bcd}^{B} \pm 0.82$	$8.73_{f}^{C} \pm 0.68$
10	$6.83_{de}^{A} \pm 0.78$	$7.27_{fgh}^{AB} \pm 0.77$	$7.84_{defg}^{B} \pm 0.84$	$7.37_{fg}^{AB} \pm 0.71$	$8.21_{cde}^{BC} \pm 0.75$	$9.08_{f}^{C} \pm 0.71$
12	$6.89_{def}^{A} \pm 0.70$	$7.29_{fgh}^{AB} \pm 0.60$	$8.13_{efg}^{BC} \pm 0.72$	$7.84_{g}^{B} \pm 0.60$	$8.72_{efg}^{CD} \pm 0.72$	$9.05_{f}^{D} \pm 0.84$
14	$6.92_{def}^{A} \pm 0.68$	$7.51_{ghi}^{B} \pm 0.56$	$8.69_{g}^{B} \pm 0.61$	$8.45_{g}^{B} \pm 0.67$	$9.27_{fg}^{B} \pm 0.65$	$9.00_{f}^{B} \pm 0.72$
16	$7.81_{f}^{A} \pm 0.66$	$8.38_{i}^{AB} \pm 0.77$	$8.71_{g}^{B} \pm 0.76$	$8.50_{g}^{AB} \pm 0.76$	$9.61_{g}^{C} \pm 0.68$	$8.97_{f}^{BC} \pm 0.41$
18	$7.56_{ef}^{A} \pm 0.75$	$7.99_{hi}^{AB} \pm 0.64$	$8.56_{g}^{B} \pm 0.61$	$8.37_{g}^{AB} \pm 0.76$	$8.87_{efg}^{B} \pm 0.55$	$8.38_{def}^{AB} \pm 0.75$
20	$6.93_{def}^{A} \pm 0.65$	$7.32_{fgh}^{AB} \pm 0.59$	$8.30_{fg}^{C} \pm 0.48$	$7.46_{ef}^{AB} \pm 0.63$	$8.37_{def}^{C} \pm 0.51$	$7.68_{cde}^{BC} \pm 0.59$
22	$6.63_{cde}^{A} \pm 0.72$	$6.92_{efg}^{A} \pm 0.53$	$7.33_{cdef}^{A} \pm 0.46$	$7.06_{def}^{A} \pm 0.60$	$8.14_{cde}^{B} \pm 0.52$	$7.09_{bc}^{A} \pm 0.53$
24	$5.01_{ab}^{A} \pm 0.49$	$5.13_{bc}^{AB} \pm 0.62$	$6.93_{bcde}^{DE} \pm 0.50$	$5.72_{ab}^{BC} \pm 0.51$	$7.52_{bcd}^{E} \pm 0.42$	$6.34_{ab}^{CD} \pm 0.73$
26	$4.18_{a}^{A} \pm 0.41$	$4.35_{ab}^{A} \pm 0.72$	$6.20_{abc}^{BC} \pm 0.61$	$5.66_{a}^{B} \pm 0.69$	$6.87_{ab}^{C} \pm 0.65$	$6.20_{ab}^{BC} \pm 0.64$
28	$3.87_{a}^{A} \pm 0.57$	$4.18_{a}^{A} \pm 0.42$	$5.82_{ab}^{B} \pm 0.60$	$5.44_{a}^{B} \pm 0.34$	$6.50_{a}^{C} \pm 0.77$	$5.70_{a}^{B} \pm 0.51$

ตารางผนวกที่ ก - 7 ค่าสี b* ของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี b* ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	8.17_{hi}^{A} ± 0.79	8.25_{gh}^{A} ± 0.88	11.47_{gh}^{C} ± 0.85	9.53_{f}^{B} ± 0.87	11.03_{e}^{C} ± 0.75	10.48_{g}^{C} ± 0.71
2	7.77_{gh}^{A} ± 0.57	7.87_{fg}^{A} ± 0.59	9.30_{f}^{BC} ± 0.57	8.88_{ef}^{B} ± 0.93	10.39_{de}^{D} ± 0.78	9.81_{ef}^{CD} ± 0.61
4	6.95_{efg}^{A} ± 0.72	7.15_{def}^{AB} ± 0.72	8.39_{de}^{C} ± 0.60	7.88_{cd}^{BC} ± 0.66	9.86_{cd}^{D} ± 0.75	9.60_{ef}^{D} ± 0.80
6	5.89_{c}^{A} ± 0.60	6.27_{bc}^{A} ± 0.66	7.17_{bc}^{B} ± 0.65	7.40_{c}^{B} ± 0.95	9.21_{c}^{C} ± 0.63	10.05_{f}^{D} ± 0.62
8	6.44_{cde}^{A} ± 0.56	6.78_{cde}^{A} ± 0.64	7.85_{cd}^{B} ± 0.60	8.05_{cde}^{B} ± 0.53	10.44_{de}^{C} ± 0.60	11.41_{g}^{D} ± 0.58
10	8.45_{hi}^{A} ± 0.69	9.11_{i}^{AB} ± 0.71	9.59_{f}^{B} ± 0.54	9.28_{f}^{AB} ± 0.62	12.65_{f}^{C} ± 0.83	12.94_{h}^{C} ± 0.73
12	8.89_{i}^{A} ± 0.61	9.48_{i}^{A} ± 0.82	11.98_{h}^{B} ± 0.59	11.87_{h}^{B} ± 0.64	13.42_{f}^{C} ± 0.66	12.35_{h}^{B} ± 0.65
14	7.75_{gh}^{A} ± 0.55	8.71_{hi}^{B} ± 0.77	11.07_{g}^{C} ± 0.79	10.86_{g}^{C} ± 0.65	12.70_{f}^{D} ± 0.77	11.26_{g}^{C} ± 0.66
16	7.29_{fg}^{A} ± 0.69	8.22_{gh}^{B} ± 0.56	9.21_{f}^{C} ± 0.57	8.46_{de}^{B} ± 0.66	10.30_{de}^{D} ± 0.61	9.38_{ef}^{C} ± 0.56
18	7.18_{efg}^{A} ± 0.48	7.48_{efg}^{A} ± 0.74	8.85_{ef}^{BC} ± 0.63	8.33_{de}^{B} ± 0.39	10.26_{de}^{D} ± 0.72	9.13_{de}^{C} ± 0.52
20	6.92_{def}^{A} ± 0.64	7.21_{def}^{A} ± 0.55	8.24_{de}^{B} ± 0.60	8.21_{cde}^{B} ± 0.50	9.85_{cd}^{C} ± 0.51	8.54_{d}^{B} ± 0.73
22	6.14_{cd}^{A} ± 0.76	6.56_{cd}^{A} ± 0.61	8.22_{de}^{B} ± 0.63	7.28_{de}^{B} ± 0.56	9.81_{cd}^{C} ± 0.65	7.56_{c}^{B} ± 0.78
24	5.11_{b}^{A} ± 0.52	5.53_{b}^{AB} ± 0.50	7.42_{c}^{C} ± 0.71	6.07_{b}^{B} ± 0.41	8.34_{b}^{D} ± 0.53	6.90_{c}^{C} ± 0.61
26	4.10_{a}^{A} ± 0.66	4.43_{a}^{A} ± 0.67	6.59_{b}^{B} ± 0.56	6.00_{b}^{B} ± 0.70	7.67_{b}^{C} ± 0.48	6.02_{b}^{B} ± 0.24
28	3.49_{a}^{A} ± 0.72	3.86_{a}^{A} ± 0.39	5.45_{a}^{B} ± 0.64	4.85_{a}^{B} ± 0.67	6.49_{a}^{C} ± 0.59	5.14_{a}^{B} ± 0.54

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	$3.25_{a}^{F} \pm 0.02$	$3.10_{a}^{E} \pm 0.01$	$2.49_{a}^{B} \pm 0.01$	$2.77_{a}^{D} \pm 0.02$	$2.51_{a}^{C} \pm 0.01$	$2.44_{a}^{A} \pm 0.01$
2	$4.97_{b}^{F} \pm 0.01$	$4.20_{b}^{E} \pm 0.02$	$2.76_{b}^{C} \pm 0.01$	$2.94_{b}^{D} \pm 0.01$	$2.57_{b}^{A} \pm 0.02$	$2.62_{b}^{B} \pm 0.02$
4	$5.11_{c}^{E} \pm 0.01$	$4.52_{c}^{D} \pm 0.01$	$2.93_{c}^{B} \pm 0.02$	$3.14_{c}^{C} \pm 0.01$	$2.68_{c}^{A} \pm 0.01$	$2.91_{c}^{B} \pm 0.01$
6	$5.28_{d}^{E} \pm 0.01$	$4.93_{d}^{D} \pm 0.01$	$3.04_{d}^{B} \pm 0.02$	$4.05_{d}^{C} \pm 0.01$	$2.84_{d}^{A} \pm 0.01$	$3.03_{d}^{B} \pm 0.02$
8	$6.11_{e}^{F} \pm 0.01$	$5.33_{e}^{E} \pm 0.02$	$3.31_{e}^{C} \pm 0.01$	$4.31_{e}^{D} \pm 0.01$	$3.12_{e}^{A} \pm 0.01$	$3.19_{e}^{B} \pm 0.02$
10	$7.93_{f}^{F} \pm 0.01$	$6.09_{f}^{E} \pm 0.01$	$4.30_{f}^{C} \pm 0.01$	$4.86_{f}^{D} \pm 0.01$	$3.23_{f}^{A} \pm 0.02$	$3.70_{f}^{B} \pm 0.01$
12	$8.21_{g}^{F} \pm 0.01$	$7.38_{g}^{E} \pm 0.01$	$4.44_{g}^{C} \pm 0.01$	$5.08_{g}^{D} \pm 0.01$	$3.70_{g}^{A} \pm 0.01$	$3.91_{g}^{B} \pm 0.01$
14	$8.99_{h}^{F} \pm 0.01$	$7.91_{h}^{E} \pm 0.01$	$4.64_{h}^{C} \pm 0.02$	$5.28_{h}^{D} \pm 0.01$	$3.78_{h}^{A} \pm 0.02$	$4.11_{h}^{B} \pm 0.01$
16	$9.20_{i}^{F} \pm 0.01$	$8.34_{i}^{E} \pm 0.01$	$4.75_{i}^{C} \pm 0.02$	$6.17_{i}^{D} \pm 0.01$	$4.14_{i}^{A} \pm 0.01$	$4.36_{i}^{B} \pm 0.01$
18	$10.96_{j}^{F} \pm 0.01$	$9.01_{j}^{E} \pm 0.01$	$5.25_{j}^{C} \pm 0.01$	$6.36_{j}^{D} \pm 0.01$	$4.94_{j}^{A} \pm 0.01$	$5.15_{j}^{B} \pm 0.01$
20	-	$9.43_{k}^{E} \pm 0.01$	$5.65_{k}^{C} \pm 0.01$	$7.10_{k}^{D} \pm 0.01$	$5.05_{k}^{A} \pm 0.01$	$5.39_{k}^{B} \pm 0.01$
22	-	$10.26_{l}^{E} \pm 0.02$	$6.25_{l}^{C} \pm 0.01$	$7.92_{l}^{D} \pm 0.01$	$5.33_{l}^{A} \pm 0.01$	$6.03_{l}^{B} \pm 0.02$
24	-	-	$6.99_{m}^{C} \pm 0.01$	$8.22_{m}^{D} \pm 0.02$	$6.18_{m}^{A} \pm 0.03$	$6.73_{m}^{B} \pm 0.02$
26	-	-	$7.89_{n}^{C} \pm 0.02$	$8.76_{n}^{D} \pm 0.02$	$6.53_{n}^{A} \pm 0.01$	$7.49_{n}^{B} \pm 0.01$
28	-	-	$8.64_{o}^{C} \pm 0.01$	$9.03_{o}^{D} \pm 0.02$	$6.94_{o}^{A} \pm 0.01$	$8.34_{o}^{B} \pm 0.01$

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{i}^{B} ± 0.00	4.50_{f}^{A} ± 0.51	4.50_{h}^{A} ± 0.51	4.50_{ghi}^{A} ± 0.51	4.50_{fgh}^{A} ± 0.51
2^{NS}	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	4.80_{g} ± 0.41	5.00_{i} ± 0.00	4.80_{i} ± 0.41	4.80_{h} ± 0.41
4	4.30_{i}^{A} ± 0.47	4.40_{h}^{A} ± 0.47	4.80_{g}^{B} ± 0.41	5.00_{i}^{B} ± 0.00	4.80_{i}^{B} ± 0.41	4.80_{h}^{B} ± 0.41
6	4.20_{hi}^{A} ± 0.41	4.25_{gh}^{A} ± 0.41	4.80_{g}^{C} ± 0.41	4.50_{h}^{B} ± 0.51	4.70_{hi}^{BC} ± 0.47	4.60_{gh}^{BC} ± 0.45
8	4.00_{gh}^{A} ± 0.32	4.20_{gh}^{A} ± 0.41	4.70_{fg}^{C} ± 0.47	4.40_{gh}^{B} ± 0.50	4.50_{ghi}^{BC} ± 0.51	4.50_{fgh}^{BC} ± 0.51
10	3.80_{fg}^{A} ± 0.41	4.00_{fg}^{A} ± 0.00	4.50_{f}^{C} ± 0.51	4.20_{fg}^{B} ± 0.41	4.40_{gh}^{BC} ± 0.50	4.30_{efg}^{BC} ± 0.47
12	3.60_{ef}^{A} ± 0.50	3.90_{f}^{A} ± 0.50	4.50_{f}^{C} ± 0.51	4.10_{f}^{B} ± 0.45	4.30_{g}^{BC} ± 0.47	4.20_{ef}^{BC} ± 0.41
14	3.50_{e}^{A} ± 0.49	3.80_{f}^{A} ± 0.51	4.30_{ef}^{B} ± 0.47	4.00_{ef}^{B} ± 0.32	4.20_{fg}^{B} ± 0.41	4.20_{ef}^{B} ± 0.41
16	3.10_{d}^{A} ± 0.31	3.50_{e}^{B} ± 0..45	4.20_{e}^{C} ± 0.52	3.80_{e}^{B} ± 0.41	4.00_{f}^{BC} ± 0.32	4.00_{e}^{BC} ± 0.32
18	2.90_{cd}^{A} ± 0.31	3.30_{d}^{A} ± 0.31	3.90_{d}^{C} ± 0.31	3.40_{d}^{B} ± 0.50	3.70_{e}^{BC} ± 0.47	3.60_{d}^{B} ± 0.50
20	2.80_{c}^{A} ± 0.41	3.20_{cd}^{A} ± 0.41	3.70_{c}^{C} ± 0.47	3.40_{d}^{B} ± 0.50	3.50_{de}^{B} ± 0.51	3.50_{cd}^{B} ± 0.51
22	2.50_{b}^{A} ± 0.51	3.10_{c}^{A} ± 0.51	3.50_{b}^{B} ± 0.51	3.20_{cd}^{B} ± 0.41	3.30_{cd}^{B} ± 0.47	3.30_{c}^{B} ± 0.47
24	2.30_{b}^{A} ± 0.47	2.90_{c}^{A} ± 0.47	3.30_{b}^{C} ± 0.47	3.00_{c}^{B} ± 0.32	3.10_{bc}^{BC} ± 0.31	3.00_{b}^{B} ± 0.32
26	2.00_{a}^{A} ± 0.00	2.50_{b}^{A} ± 0.32	3.10_{a}^{D} ± 0.31	2.70_{b}^{BC} ± 0.47	2.90_{ab}^{CD} ± 0.31	2.60_{a}^{B} ± 0.50
28	1.80_{a}^{A} ± 0.41	2.20_{a}^{A} ± 0.41	2.95_{a}^{D} ± 0.22	2.30_{a}^{B} ± 0.47	2.70_{a}^{C} ± 0.47	2.50_{a}^{BC} ± 0.51

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

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	5.00_{i}^{B} ± 0.00	5.00_{j}^{B} ± 0.00	4.50_{hi}^{A} ± 0.51	4.50_{h}^{A} ± 0.51	4.50_{hi}^{A} ± 0.51	4.50_{i}^{A} ± 0.51
2	4.60_{h}^{AB} ± 0.50	5.00_{j}^{C} ± 0.00	4.50_{hi}^{A} ± 0.51	5.00_{l}^{C} ± 0.00	4.50_{hi}^{A} ± 0.51	4.80_{j}^{BC} ± 0.41
4	4.30_{g}^{A} ± 0.47	4.50_{i}^{AB} ± 0.51	4.60_{hi}^{AB} ± 0.50	4.80_{l}^{B} ± 0.41	4.80_{i}^{B} ± 0.41	4.60_{ij}^{B} ± 0.50
6	3.30_{f}^{A} ± 0.47	4.10_{h}^{B} ± 0.31	4.80_{i}^{E} ± 0.41	4.30_{jk}^{BC} ± 0.47	4.60_{i}^{DE} ± 0.50	4.50_{i}^{CD} ± 0.51
8	2.90_{e}^{A} ± 0.31	3.80_{g}^{B} ± 0.41	4.60_{hi}^{D} ± 0.50	4.10_{jk}^{C} ± 0.31	4.50_{hi}^{D} ± 0.51	4.20_{h}^{C} ± 0.41
10	2.70_{e}^{A} ± 0.47	3.50_{f}^{B} ± 0.51	4.50_{hi}^{E} ± 0.51	3.80_{i}^{C} ± 0.41	4.20_{gh}^{D} ± 0.41	4.10_{h}^{D} ± 0.31
12	2.30_{d}^{A} ± 0.47	3.10_{e}^{B} ± 0.31	4.30_{gh}^{E} ± 0.47	3.40_{h}^{C} ± 0.50	4.00_{fg}^{D} ± 0.32	3.90_{gh}^{D} ± 0.31
14	1.90_{c}^{A} ± 0.31	2.90_{e}^{B} ± 0.31	4.10_{fg}^{E} ± 0.31	3.10_{g}^{C} ± 0.45	3.80_{f}^{D} ± 0.41	3.60_{g}^{D} ± 0.50
16	1.50_{b}^{A} ± 0.51	2.30_{d}^{B} ± 0.47	3.90_{f}^{F} ± 0.31	2.70_{f}^{C} ± 0.47	3.40_{e}^{E} ± 0.41	3.10_{f}^{D} ± 0.31
18	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.00_{c}^{B} ± 0.00	3.60_{e}^{E} ± 0.50	2.30_{e}^{C} ± 0.47	3.20_{e}^{D} ± 0.41	3.10_{f}^{D} ± 0.31
20	-	1.70_{b}^{A} ± 0.47	3.50_{cd}^{E} ± 0.51	2.00_{d}^{B} ± 0.32	3.20_{e}^{D} ± 0.41	2.90_{e}^{C} ± 0.31
22	-	1.50_{b}^{A} ± 0.51	3.30_{cd}^{E} ± 0.47	1.60_{c}^{B} ± 0.50	2.90_{d}^{D} ± 0.31	2.60_{d}^{C} ± 0.50
24	-	1.00_{a}^{A} ± 0.00	3.20_{bc}^{E} ± 0.41	1.30_{b}^{B} ± 0.47	2.50_{c}^{D} ± 0.51	2.20_{c}^{C} ± 0.41
26	-	-	3.00_{ab}^{C} ± 0.32	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.10_{b}^{B} ± 0.31	1.90_{b}^{B} ± 0.31
28	-	-	2.80_{a}^{C} ± 0.41	-	1.80_{a}^{B} ± 0.41	1.40_{a}^{A} ± 0.50

ตารางผนวกที่ ก - 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0	5.00_{h}^{B} ± 0.00	5.00_{k}^{B} ± 0.00	5.00_{k}^{B} ± 0.00	5.00_{k}^{B} ± 0.47	4.70_{gh}^{A} ± 0.47	4.70_{hi}^{A} ± 0.47
2	4.70_{g}^{A} ± 0.47	4.90_{k}^{AB} ± 0.31	4.80_{ij}^{AB} ± 0.41	5.00_{k}^{B} ± 0.41	4.80_{h}^{AB} ± 0.41	4.90_{i}^{AB} ± 0.31
4	4.10_{g}^{A} ± 0.31	4.30_{j}^{A} ± 0.47	4.90_{ij}^{C} ± 0.31	4.60_{j}^{B} ± 0.31	4.90_{h}^{C} ± 0.31	4.70_{hi}^{BC} ± 0.47
6	3.30_{f}^{A} ± 0.47	3.90_{i}^{B} ± 0.31	4.80_{ij}^{D} ± 0.41	4.30_{i}^{C} ± 0.47	4.70_{gh}^{D} ± 0.47	4.60_{h}^{D} ± 0.50
8	2.50_{e}^{A} ± 0.51	3.50_{h}^{B} ± 0.51	4.70_{hi}^{E} ± 0.47	4.10_{hi}^{C} ± 0.51	4.60_{fg}^{DE} ± 0.51	4.30_{g}^{CD} ± 0.47
10	2.10_{d}^{A} ± 0.31	3.20_{g}^{B} ± 0.41	4.50_{gh}^{E} ± 0.51	3.90_{h}^{C} ± 0.47	4.30_{f}^{DE} ± 0.47	4.20_{g}^{D} ± 0.41
12	1.80_{c}^{A} ± 0.41	3.00_{g}^{B} ± 0.32	4.30_{fg}^{E} ± 0.47	3.60_{g}^{C} ± 0.32	4.00_{e}^{E} ± 0.32	3.80_{f}^{CD} ± 0.41
14	1.50_{b}^{A} ± 0.51	2.70_{f}^{B} ± 0.47	4.10_{ef}^{E} ± 0.31	3.20_{f}^{C} ± 0.47	3.70_{d}^{D} ± 0.47	3.60_{f}^{D} ± 0.50
16	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.30_{e}^{B} ± 0.47	4.00_{e}^{F} ± 0.00	2.70_{e}^{C} ± 0.51	3.50_{d}^{D} ± 0.51	3.20_{e}^{C} ± 0.41
18	-	1.60_{d}^{A} ± 0.50	3.70_{d}^{D} ± 0.47	2.40_{d}^{B} ± 0.31	3.10_{c}^{C} ± 0.31	2.90_{d}^{C} ± 0.45
20	-	1.30_{c}^{A} ± 0.47	3.60_{d}^{E} ± 0.50	2.00_{d}^{B} ± 0.32	3.00_{c}^{D} ± 0.32	2.70_{d}^{C} ± 0.47
22	-	1.10_{bc}^{A} ± 0.31	3.30_{c}^{D} ± 0.47	1.90_{c}^{B} ± 0.50	2.60_{b}^{C} ± 0.50	2.40_{c}^{C} ± 0.50
24	-	1.00_{a}^{A} ± 0.00	3.10_{bc}^{D} ± 0.31	1.30_{b}^{B} ± 0.41	2.20_{a}^{C} ± 0.41	2.10_{b}^{C} ± 0.31
26	-	-	3.00_{b}^{C} ± 0.00	1.00_{a}^{A} ± 0.45	2.10_{a}^{B} ± 0.45	2.00_{b}^{B} ± 0.32
28	-	-	2.70_{a}^{C} ± 0.47	-	2.00_{a}^{B} ± 0.32	1.70_{a}^{A} ± 0.47

ตารางผนวกที่ ก - 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืนที่ความเข้มข้นของสารกันหืนแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD					
	ชุดการทดลอง					
	TCC	TAC	T11	T16	T21	T26
0^{NS}	5.00_{h} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{i} ± 0.00
2	4.80_{g}^{A} ± 0.41	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{i}^{B} ± 0.00	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{j}^{B} ± 0.00	5.00_{i}^{B} ± 0.00
4	4.30_{f}^{A} ± 0.47	4.40_{i}^{A} ± 0.50	5.00_{i}^{D} ± 0.00	4.80_{j}^{CD} ± 0.41	4.70_{i}^{BC} ± 0.47	4.50_{h}^{AB} ± 0.51
6	3.40_{e}^{A} ± 0.50	3.80_{h}^{B} ± 0.41	4.80_{hi}^{E} ± 0.41	4.20_{i}^{C} ± 0.41	4.60_{hi}^{DE} ± 0.50	4.50_{h}^{D} ± 0.51
8	2.50_{d}^{A} ± 0.51	3.50_{g}^{B} ± 0.51	4.70_{h}^{E} ± 0.47	4.00_{hi}^{C} ± 0.32	4.40_{gh}^{D} ± 0.50	4.20_{g}^{CD} ± 0.41
10	2.10_{c}^{A} ± 0.31	3.20_{f}^{B} ± 0.41	4.60_{gh}^{E} ± 0.50	3.80_{h}^{C} ± 0.41	4.20_{fg}^{D} ± 0.41	4.10_{fg}^{D} ± 0.31
12	1.50_{b}^{A} ± 0.51	3.00_{f}^{B} ± 0.32	4.40_{g}^{E} ± 0.50	3.40_{g}^{C} ± 0.50	4.00_{f}^{D} ± 0.00	3.90_{f}^{D} ± 0.31
14	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.30_{e}^{B} ± 0.47	4.10_{f}^{E} ± 0.31	3.10_{f}^{C} ± 0.46	3.70_{e}^{D} ± 0.47	3.60_{e}^{D} ± 0.50
16	-	2.00_{d}^{B} ± 0.32	3.90_{f}^{E} ± 0.31	2.90_{f}^{C} ± 0.31	3.50_{de}^{D} ± 0.51	3.40_{e}^{D} ± 0.50
18	-	1.50_{c}^{B} ± 0.51	3.60_{e}^{F} ± 0.50	2.50_{e}^{C} ± 0.51	3.30_{d}^{E} ± 0.47	3.00_{d}^{D} ± 0.32
20	-	1.20_{b}^{B} ± 0.41	3.50_{de}^{E} ± 0.51	2.10_{d}^{C} ± 0.31	3.00_{c}^{D} ± 0.32	2.80_{d}^{D} ± 0.41
22	-	1.00_{a}^{B} ± 0.00	3.30_{cd}^{F} ± 0.47	1.90_{c}^{C} ± 0.31	2.80_{bc}^{E} ± 0.41	2.50_{c}^{D} ± 0.51
24	-	1.00_{a}^{B} ± 0.00	3.10_{bc}^{F} ± 0.31	1.30_{b}^{C} ± 0.47	2.60_{b}^{E} ± 0.50	2.10_{b}^{D} ± 0.31
26	-	-	3.00_{b}^{D} ± 0.32	1.00_{a}^{A} ± 0.00	2.20_{a}^{D} ± 0.41	2.00_{ab}^{C} ± 0.32
28	-	-	2.70_{a}^{D} ± 0.47	-	2.00_{a}^{C} ± 0.32	1.80_{a}^{B} ± 0.41

หมายเหตุ :

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (Control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลาย 0.002% sodium alginate

T11 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T16 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 1.25% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

T21 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 1.25% ใน 0.002% sodium alginate

T26 คือ เคลือบด้วยสารละลายวิตามินซี 2.5% และชาเขียว 0.625% ใน 0.002% sodium alginate

ประวัติผู้วิจัย

1. ผู้วิจัยหลัก

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- *งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว* :

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

2. ผู้ร่วมวิจัย

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

2543 วท.ม.(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ประเทศไทย

2536 วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ประเทศไทย

5. สาขาวิชาการที่ความชำนาญ
- สถิติ วัตถุเจือปนอาหาร และผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
- *งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว* :

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