รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประยุกต์ใช้การเคลือบวิตามินซีและชาเขียวและการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้ม: การเคลือบวิตามินซีและชาเขียว

Application of Vitamin C and Green tea Alginate-based Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked Squid: Vitamin C and Green tea Coating

สวามินี ธีระวุฒิ
ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

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

รหัสโครงการ 2561A10802268
สัญญาเลขที่ 7/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การประยุกต์ใช้การเคลือบวิตามินซีและชาเขียวและการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้ม: การเคลือบวิตามินซีและชาเขียว
Application of Vitamin C and Green tea Alginate-based Coating and Modified Atmosphere Packaging to Prolong Shelf-life of Cooked Squid: Vitamin C and Green tea Coating

สวามินี ธีระวุฒิ
ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

กันยายน พ.ศ.2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 7/2561

บทคัดย่อ

ระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสาระลายอัลจิเนต มี 4 ลักษณะ คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่น้อยกว่า 3 คะแนนเป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษา ผลของการเคลือบสาระละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้ม โดยนำเนื้อหมึกต้มมาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%), T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%), TAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC (ไม่มีการเคลือบสารละลาย) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน พบว่า เนื้อหมึกในชุดการทดลอง T125 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (pH, ความชื้น, TVB-N และ TMA-N) คุณภาพทางกายภาพ (การสูญเสียของน้ำหนักของเนื้อ, ค่าสี L* a* b* และแรงเฉือน) คุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ และ เนื้อหมึกในชุดการทดลอง T115 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ) ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ T125, TAC และ TCC ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคที่ถึงจุดสิ้นสุดเร็วกว่าระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ไม่น้อยกว่า 3 คะแนน ดังนั้น T125 และ T115 เก็บรักษาได้ 18 วัน ขณะที่ TAC และ TCC นั้นมีอายุการเก็บรักษา 10 วัน

Abstract

There was 4 attributes as appearance, odor, flavor and texture for sensory acceptance. An odor attributes was not exceed than 3 score, which could use to be shelf life of cooked squid coated with an alginate-based coating incorporating with vitamin C and green tea. The effect of vitamin C and green tea coating on the shelf life extending of cooked squid (*Loligo* spp.). The alginate–based coating incorporating with vitamin C and green tea four different conditions: T125 (1% green tea, 2.5% vitamin C), T115 (1% green tea, 1.5% vitamin C), TAC (0.002% alginate) and TCC (uncoated) during refrigerated storage of 22 days was investigated. T125 was the most effectively retarded chemical (pH, moisture, TVB-N and TMA-N), physical (% cooking loss, L* a* b* and shear force), microbiological quality (total bacterial count) qualities loss of cooked squid followed by T115, TAC and TCC, respectively. T115 was the most effectively retarded sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked squid followed by T125, TAC and TCC, respectively. Considering the product shelf life by the microbiology quality loss (total plate count was not exceeded 6 log CFU/g), which were faster than the sensorial evaluation (odor scores were less than 3 score). While still made it safe for consumption so the shelf life of T125 and T115 were 18 days. The TAC and TCC was shelf life by 10 days.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญตาราง..... จ

สารบัญภาพ..... ช

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 4

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 15

4 ผลการวิจัย..... 20

5 อภิปรายผลการวิจัย..... 39

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 59

เอกสารอ้างอิง..... 60

ภาคผนวก..... 69

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 70

ประวัติผู้วิจัย..... 85

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 71

ก - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 72

ก - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 73

ก - 4 ปริมาณความชื้นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 74

ก - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 75

ก - 6 ค่าสี L* ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 76

ก - 7 ค่าสี a* ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 77

ก - 8 ค่าสี b* ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 78

ก - 9 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 10 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 80

ก - 11 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 81

ก - 12 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 82

ก - 13 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 83

ก - 14 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 84

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 โครงสร้างภายในของหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)..... 5

2 - 2 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อหมึกกล้วย (*Loligo* spp.) 5

2 - 3 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ 11

4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 23

4 - 2 ปริมาณTVB-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 25

4 - 3 ปริมาณTMA-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 25

4 - 4 ปริมาณความชื้นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 27

4 - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 28

4 - 6 ค่าสี(L*, a* b*)ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและ ชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 30

4 - 7 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน 31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 – 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 32

4 – 9 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 34

4 – 10 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 36

4 – 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 36

4 – 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน..... 38

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หมึกกล้วย (*Loligo* spp.) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสำหรับประเทศไทย อีกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณการผลิตรองลงมาจากกุ้ง โดยปริมาณการผลิตสูงถึง 150,000 ตัน/ ปี ซึ่ง 2 ใน 3 ของปริมาณการผลิตถูกนำมาแปรรูปเป็นสินค้าส่งออก โดยเฉพาะการส่งออกหมึกสดแช่เย็น แช่แข็งและหมึกแปรรูปของไทย ปริมาณ 65,474.69 ตัน มูลค่าสูงถึง 12,160.36 ล้านบาท (กรมประมง, 2557) หมึกกล้วยยังมีคุณค่าทางโภชนาการหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นโปรตีนซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายหลายชนิดโดยเฉพาะไลซีนและทรีโอนีนซึ่งช่วยเรื่องการเจริญเติบโตในเด็ก ส่วนที่เป็นไขมันมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวคือ EPA ที่ช่วยลดไขมันที่ทำให้เกิดการอุดตันในเส้นเลือด และ DHA ช่วยเรื่องบำรุงสมองและสายตา ทั้งยังมีวิตามินชนิดต่าง ๆ เช่น บี 1 บี 2 และไนอะซินที่เป็นประโยชน์ต่อระบบเมตาบอลิซึมต่างๆ ของร่างกาย

ในปัจจุบันความต้องการบริโภคหมึกกล้วยของผู้บริโภคสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากสภาพทางเศรษฐกิจในสังคม และปริมาณประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น หมึกกล้วยถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น ตั้งแต่การแปรรูปเบื้องต้น ได้แก่ หมึกสดแช่เย็น หมึกแช่แข็ง ไปจนถึงกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน เช่น เนื้อหมึกตากแห้ง เนื้อหมึกตากแห้งปรุงรส อย่างไรตามผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปบางผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการสูญเสียรสชาติ และลักษะเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นของเนื้อหมึกไปขณะเดียวกัน การจำหน่ายเนื้อหมึกสดแช่เย็นเพื่อการบริโภคเองภายในประเทศและการจัดเตรียมคุณภาพของวัตถุดิบเนื้อหมึกสำหรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากหมึกมีการเน่าเสียอย่างรวดเร็วจากการย่อยสลายตัวเองของเอนไซม์ (autolysis) การเน่าเสียจากจุลินทรีย์ (bacteria Spoilage) และปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับไขมัน (oxidation) ทำให้รสชาติและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา หรือแม้กระทั่งผู้บริโภคในประเทศที่ปัจจุบันมีวิถีการดำเนินชีวิตที่ต้องการความสะดวกสบายในการซื้อหาวัตถุดิบมาปรุงอาหารและยังคงคำนึงถึงคุณภาพซึ่งในกรณีเนื้อหมึกคือรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยของสินค้า ในขณะที่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการคือวิธีการเก็บรักษาหรือดูแลรักษาก่อนถึงมือผู้บริโภคหรือโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

การแปรรูปเป็นเนื้อหมึกต้มซึ่งใช้ต้นทุนการผลิตต่ำและผลิตภัณฑ์ที่ยังคงมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับเนื้อหมึกสดสามารถนำไปประกอบอาหารได้โดยไม่สูญเสียรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ รวมทั้งความร้อนจากการต้มช่วยทำลายเอนไซม์และจุลินทรีย์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเน่าเสียของหมึกได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีจุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อนเหลืออยู่บางส่วนจึงต้องมีวิธีการอื่น ๆ ในการทำให้เนื้อหมึกมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ดังนั้น การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อหมึกให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้นด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียโดยวิตามินซีมีสมบัติเป็นกรดจึงสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เป็นสาเหตุการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำได้ ส่วนชาเขียวสามารถชะลอการเน่าเสียได้โดยมีสารประกอบพอลิฟีนอลช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้อนุมูลไฮโดรเจนจากสารฟีนอลยังทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระทำให้ลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและลดการผลิตสารประกอบที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ ดังนั้นการใช้สารผสมทั้งวิตามินซีและชาเขียวเพื่อชะลอการเน่าเสียในหมึกจึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวหมึกให้ดียิ่งขึ้น เอื้อประโยชน์ทางการค้าเพิ่มมูลค่าการจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ สร้างความปลอดภัยให้ผู้บริโภคและสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน โดยเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อหมึกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาระดับการยอมรับเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต และศึกษาผลของการเคลือบวิตามินซีและชาเขียวต่อคุณภาพของเนื้อหมึกต้มเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อหมึกต้มให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 เป็นการกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตจากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี descriptive analysis เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหมึกต้มในการทดลองต่อไป และการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการเคลือบวิตามินซีและชาเขียวต่อคุณภาพของเนื้อหมึกต้ม โดยนำเนื้อหมึกต้มมาเคลือบด้วยวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จากนั้น

นำเนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส แล้วดำเนินการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส เริ่มต้นและเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา ทุก 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน หรือผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบความเข้มข้นของวิตามินซีและชาเขียวที่เหมาะสมในการนำมาเคลือบบนเนื้อหมึกต้ม เพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหมึกต้ม และยังสามารถนำความรู้จากงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการปรับใช้เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อหมึกได้

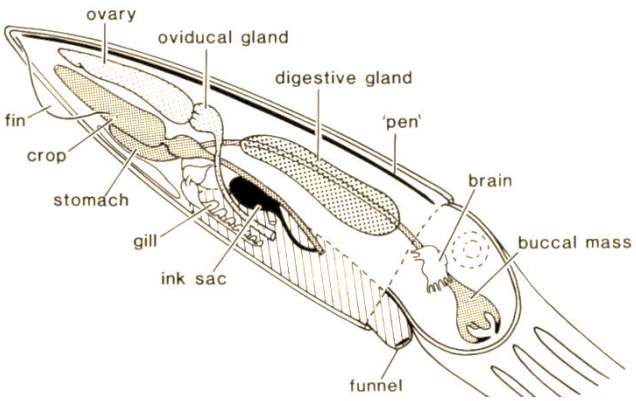
บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. หมึกกล้วย

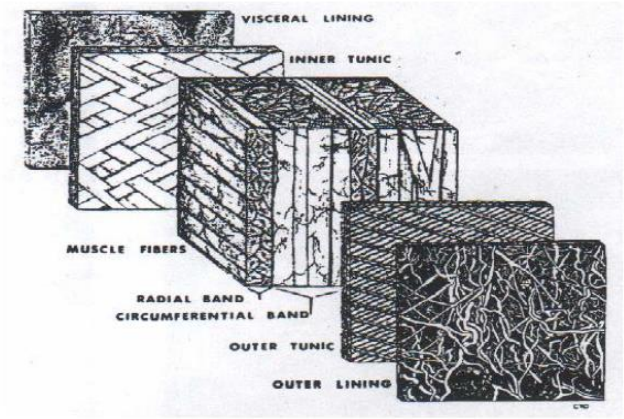
1.1 ลักษณะทางชีวภาพของหมึกกล้วย

หมึกกล้วย (*Loligo* spp.) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัม Mollusca อาศัยอยู่ในทะเลทั้งหมด รูปร่างแบ่งออกเป็นส่วนหัวและลำตัว ไม่มีเปลือกหุ้มภายนอก ตาอยู่บริเวณส่วนหัว มีรยางค์รอบปาก 4 - 5 คู่ เรียกว่า หนวด (tantacle) และแขน (Arm) บนหนวดแต่ละเส้นมีปุ่มดูด (sucker) เรียงเป็นแถว หนวดมีหน้าที่จับเหยื่อป้อนเข้าปากและช่วยการผสมพันธุ์ ภายในปากมีเขี้ยว 2 อัน คือ เขี้ยวบนและเขี้ยวล่าง ด้านล่างของตัวบริเวณคอมีท่อพ่นน้ำ (siphon) ช่วยในการเคลื่อนตัว ส่วนลำตัวมีแผ่นครีบติดอยู่ด้านข้าง ตามตัวมีจุดสี (chromotophore) กระจายอยู่ทั่วไป จุดสีนี้สามารถขยายให้ใหญ่หรือหดเล็กได้ด้วยการควบคุมของระบบประสาท ทำให้หมึกสามารถเปลี่ยนสีของลำตัวได้ตามสภาพสิ่งแวดล้อมได้ ภายในลำตัวของหมึกมีโครงสร้างของแข็ง เรียกว่า กระดองหมึก เป็นแผ่นใสคล้ายพลาสติกเป็นสารประกอบไคติน หมึกหายใจโดยใช้เหงือก 1 คู่ ภายในลำตัวมีท่อทางเดินอาหาร ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ ส่วนปลายสุดของท่อทางเดินอาหาร มีถุงบรรจุน้ำสีดำติดอยู่เรียกว่า ถุงหมึก (Ink sac) ซึ่งจะพ่นออกมาเมื่อถูกรบกวนหรือต้องการหลบหลีกศัตรู อาหารของหมึกคือ กุ้ง ปู เคย ปลาขนาดเล็ก หรือกินพวกเดียวกันเป็นอาหาร (กรมประมง, 2550)

เนื้อส่วนลำตัวของหมึกประกอบด้วยชั้นเนื้อเยื่อจำนวน 5 ชั้น ชั้นกลางเป็นชั้นที่มีความหนามากที่สุด (ประมาณ 98 % ของความหนาทั้งหมด) โดยประกอบด้วยแผ่นของเส้นใยกล้ามเนื้อหลายแผ่นเรียงซ้อนกัน เส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยไมโอไฟบริลจำนวนมาก บริเวณตรงกลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยซาร์โคพลาสซึม ไมโทคอนเดรีย และนิวคลีไอ ปกติเส้นใยกล้ามเนื้อมีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยประมาณ 3.5 ไมครอน ชั้นของเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่ระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน 2 ชั้น คือ outer tunic และ inner tunic ส่วนของ outer tunic ประกอบด้วยเส้นใยของคอลลาเจนจะติดอยู่กับ outer lining ซึ่งมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นองค์ประกอบและติดอยู่กับผิวหนัง สำหรับ Inner tunic ซึ่งมีการจับตัวของเส้นใยหลวม ๆ จะถูกปกคลุมด้วย visceral lining (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) การจับตัวของเส้นใยแบบหลวม ๆ ทำให้เนื้อหมึกมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม และโครงสร้างของกล้ามเนื้อหมึกมีชั้นของเนื้อเยื่อถึง 5 ชั้น เป็นผลทำให้เวลาที่รับประทานเนื้อหมึกจึงเกิดความยืดหยุ่นที่มากกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ



ภาพที่ 2 - 1 โครงสร้างภายในของหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)
ที่มา : Hanabe et al. (1989)



ภาพที่ 2 - 2 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)
ที่มา : Otwell and Hamann (1979)

1.2 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมึก

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมึกประกอบด้วย น้ำ โปรตีน และไขมัน โดยองค์ประกอบดังกล่าวมีประมาณ 98 % ของน้ำหนักเนื้อทั้งหมด องค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ คุณภาพด้านประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษา สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินและเกลือแร่ มีปริมาณน้อยมีความสำคัญต่อกลิ่นรสมากกว่าคุณค่าทางโภชนาการ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

1.2.1 น้ำ กล้ามเนื้อหมึกประกอบด้วยน้ำ 75 - 80 % น้ำมีบทบาทสำคัญในการละลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์สำหรับปฏิกิริยาทางชีวเคมี และมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาต่าง ๆ ซึ่งการจับน้ำของโปรตีนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและความฉ่ำน้ำของเนื้อ (Hanabe et al., 1989)

1.2.2 โปรตีน ปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อหมึก ประกอบด้วยโปรตีน 20.21% โดยโปรตีนแต่ละชนิดจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป

- โปรตีนไมโอไฟบริล (myofibrillar proteins) โปรตีนไมโอไฟบริลมีความสำคัญต่อการเคลื่อนที่และมีบทบาทต่อการยืดหดของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้มีความสำคัญต่อการอุ้มน้ำของเนื้อ และความสามารถในการเกิดเจล (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) โปรตีนไมโอไฟบริลสามารถสกัดได้ด้วยสารละลายเกลือที่มีค่าความแรงไอออนมากกว่า 0.15 แต่ไม่ละลายในน้ำโปรตีนไมโอไฟบริลประกอบด้วยฟิลาเมนท์เส้นหนา (thick filament) ฟิลาเมนท์เส้นหนาในหมึกประกอบด้วยโปรตีนแกนที่เรียกว่า พาราไมโอซิน และล้อมรอบด้วยไมโอซินที่มีโครงสร้างเป็นเกลียว ทำให้ฟิลาเมนท์มีความยาวและหนามากกว่าสัตว์มีกระดูกสันหลัง และเป็นโครงสร้างที่เป็นลักษณะเฉพาะของหมึก (Okuzumi and Fujii, 2000) ฟิลาเมนท์เส้นหนาประกอบด้วยไมโอซินเป็นองค์ประกอบสำคัญปริมาณ 45 % และพาราไมโอซินซึ่งเป็นโปรตีนที่พบเฉพาะสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โปรตีนไมโอซินมีส่วนในการควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อสัตว์จำพวกมอลลัส ซึ่งโปรตีนไมโอไฟบริลนี้มีผลต่อความยืดหยุ่นของเนื้อหมึกกล้วย ส่งผลให้กล้ามเนื้อหมึกมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง (สุทธวัฒน์ เบญจกุล , 2548)

- โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (sarcoplasmic proteins) ในหมึกกล้วยมีโปรตีนซาร์โคพลาสมิกปริมาณ 12 - 20 % ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนชนิดนี้ได้แก่ เอนไซม์ ซึ่งมีเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อผลคุณภาพของสัตว์น้ำ คือ ไฮโดรเลส (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) โดยไฮโดรเลสมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงภายหลังการตายของสัตว์น้ำ พบว่า เอนไซม์โปรตีเนสในกล้ามเนื้อหมึกกล้วยมีกิจกรรมสูงสุด อยู่ที่ pH ในช่วงกรด 2.7 - 3.1 และ pH ในช่วงเบส 6.1 - 7.6 เอนไซม์เหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มของซีรีน ซีสเตอีนและเมทัลโลโปรติเนส มีบทบาททำให้หมึกกล้วยมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง (Ebina et al., 1995)

1.2.3 ไขมัน เนื้อหมึกกล้วยประกอบด้วยไขมันค่อนข้างต่ำ โดยมีไขมัน 1 - 2 % ส่วนมากพบในรูปฟอสโฟลิปิต ประมาณ 62 - 84 % มีไตรกลีเซอไรด์ปริมาณต่ำประมาณ0.8 - 3.2 % มีสเตอรอลประมาณ 15 - 20 % และมีกรดไขมันอิสระประมาณ 2.2 % ไขมันที่พบมาก คือ EPA, eicosapentaenoic acid (20 : 5) และ DHA, docosahexaenoic acid (22 : 6) ไขมันเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระที่เกิดจะรวมตัวกับโปรตีน ส่งผลให้โปรตีนอยู่ในรูปของ protein free radical จะเหนี่ยวนำให้เกิด

การเชื่อมประสานระหว่างโปรตีนกับโปรตีน หรือระหว่างโปรตีนกับไขมัน มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังทำให้เกิดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น โดยกรดไขมันอิสระเข้าจับกับโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ทำให้โปรตีนล้อมรอบไปด้วยส่วนที่ไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้หมึกมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง เกิดกลิ่นที่ผิดปกติ และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Thanonkaew et al., 2006)

1.3 คุณค่าทางโภชนาการและความสำคัญทางเศรษฐกิจ

หมึกกล้วยเป็นแหล่งโปรตีนโดยมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง โดยเฉพาะไลซีนและทรีโอนีนซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตในเด็ก นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นไขมันและวิตามินต่างๆ เช่น บี 1 บี 2 ไนอะซิน และในหมึกจำนวน 100 กรัม ให้พลังงาน 68 กิโลแคลลอรี่ โปรตีน 15.2 กรัม เป็นกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เช่น ไลซีนที่ช่วยป้องกันโรคเริมและโรคกระดูกพรุน และทรีโอนีนที่ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันรวมทั้งเผาผลาญไขมัน ซึ่งในหมึก 100 กรัม ยังมีไขมัน 0.7 กรัม ประกอบด้วยกรดไขมันที่สำคัญคือ EPA, eicosapentaenoic acid ที่ช่วยป้องกันโรคหัวใจ โดยลดการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือดและ DHA, docosahexaenoic acid (22 : 6) ที่สำคัญต่อการเจริญและการพัฒนาของสมอง และจะมีโอกาสเกิดมะเร็งต่ำกว่า คนที่ไม่กินไขมันจากอาหารทะเล คาร์โบไฮเดรต 0.2 กรัม ช่วยให้พลังงานและความอบอุ่นแก่ร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวเพื่อทำงานหรือประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้ แคลเซียม 5 มิลลิกรัม ช่วยในการสร้างและเป็นองค์ประกอบหลักของกระดูกและฟันในร่างกาย รวมถึงซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของกระดูกและฟัน (กรมประมง, 2553) ฟอสฟอรัส 128 มิลลิกรัม ช่วยป้องกันการเกิดโรคเหงือกอักเสบและโรคกระดูกอ่อนในเด็ก และวิตามิน B2 ในปริมาณ 0.03 มิลลิกรัม ที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคปากนกกระจอก ช่วยในการทำงานของระบบประสาทและระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2557)

หมึกกล้วยยังเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจโดยการส่งออกผลิตภัณฑ์หมึกของไทยได้ขยายตัวขึ้นอย่างมาก ในอุตสาหกรรมการส่งออกผลิตภัณฑ์จากหมึกกล้วยมีมูลค่าที่สูง ดังแสดงในตารางที่ 2 - 1

ตารางที่ 2 -1 การส่งออกหมึกของไทย ปี 2555 และ ปี 2556

ปริมาณ : ตัน มูลค่า : บาท

รายการ	2555		2556	
	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ
หมึกสดแช่เย็น/แช่แข็ง	12,286.47	61,870.13	12,842.33	57,065.27
หมึกแห้ง	244.55	367.79	276.52	814.20
หมึกแปรรูป	889.95	7,496.03	1,543.32	7,582.28
หมึกรมควัน	21.81	5.37	12.92	
รวม	13,420.97	69,755.75	14,667.55	65,474.69

ที่มา : กรมประมง (2557)

2. การเน่าเสียและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำ

กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการตาย โปรตีนจะเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเอนไซม์ภายในตัวของหมึกที่มีกิจกรรมสูง ส่งผลให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้สามารถย่อยสลายโปรตีนได้อย่างรวดเร็วขึ้น โดยในหมึกเอนไซม์โปรติเอสมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อ (Hurtado et al., 1999) และในระหว่างการเน่าเสียจะเกิดสารระเหยได้หลายชนิด เช่น แอมโมเนีย ไดเมทิลเอมีน และไตรเมทิลเอมีน เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของสัตว์น้ำได้โดยแสดงในรูปปริมาณของด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Okuzumi and Fujii, 2000) เมื่อโปรตีนเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณกล้ามเนื้อเกิดเป็นเนื้อสีชมพู และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมึกกล้วยจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากการจับ จึงอาจใช้เป็นดัชนีคุณภาพเบื้องต้นของหมึกได้ ซึ่งกระบวนการเน่าเสียของสัตว์น้ำเกิดจาก 3 กระบวนการต่างๆ ดังนี้

2.1 การเสื่อมเสียโดยน้ำย่อย (Autolysis)

การเสื่อมเสียโดยน้ำย่อยเป็นการย่อยสลายกล้ามเนื้อโดยใช้เอนไซม์ดีอะมิเนส (deaminase) ในสัตว์น้ำทำให้เกิดการสลายตัวของนิวคลีโอไทด์ในกล้ามเนื้อ การสลายตัวของนิวคลีโอไทด์ในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำเริ่มจาก Adenosin triphosphase (ATP) สลายตัวโดยการปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) ไปเป็น Inosine monophosphate (IMP) และ (Ino) ตามลำดับ จากนั้น Inosine ส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลไรโบส (Ribose) อีกส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนเป็น ไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine: Hx) แซนทีน (Xanthine: Xa) และกรดยูริก (Uric acid) เกิดการย่อยสลายตัวเองในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548) กล้ามเนื้อของหมึกกล้วยมีโปรตีนที่สำคัญ คือ โปรตีนซาร์โคพลาสมิก ในโปรตีนซาร์โคพลาสมิก ประกอบด้วยเอนไซม์ที่มีผลต่อคุณภาพของสัตว์น้ำ คือ ไฮโดรเลสทำหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อ โดยไฮโดรเลสเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงภายหลังการตายของสัตว์น้ำ

ในกล้ามเนื้อหมึกมีการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเนสที่สามารถย่อยสลายโปรตีนซาร์โคพลาสมิกในกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว ทำให้โครงสร้างของกล้ามเนื้อหมึกเกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและเส้นใยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดเป็นรูเล็กๆ (pore) ระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อของเนื้อหมึกกล้วย การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เนื้อหมึกกล้วยมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง (อดิศรา ตันตสุทธิกุล, 2553)

2.2 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการตาย โปรตีนจะเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว เกิดจากเอนไซม์โปรติเนสจากจุลินทรีย์ เนื่องจากเอนไซม์ภายในตัวของหมึกที่มีกิจกรรมสูง ส่งผลให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้สามารถย่อยสลายโปรตีนได้อย่างรวดเร็วขึ้น จุลินทรีย์มีทั้งจุลินทรีย์จากอากาศ จุลินทรีย์ตามแหล่งน้ำ หรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาจากแหล่งต่าง ๆ มากมาย และกลิ่นเน่าเหม็นของสารที่ระเหยได้ ซึ่งในหมึกเมื่อตายใหม่ ๆ โดยเฉพาะในช่วงเกร็งตัว (rigor mortis) มีการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียน้อยมากเปรียบเสมือนช่วง lag phase ซึ่งในระยะนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสและลักษณะบางประการ จากนั้นแบคทีเรียจะเข้าสู่ระยะ log phase มีจำนวนจุลินทรีย์ค่อนข้างคงที่ ถึงแม้ว่าจำนวนของจุลินทรีย์ไม่ได้เพิ่มขึ้นแต่เป็นระยะที่มีการแสดงของกลิ่นที่เหม็นเน่า (putridity) และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียบางชนิดจะใช้ TMAO ในเนื้อหมึกกล้วยในการเจริญ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) ซึ่งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียคือ *Shewanell putrefaciens* และ *Psuedomonas* spp. โดย *S. putrefaciens* สามารถผลิต TMA และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมทิลเมอร์แคบแทน (CH_3SH) ไดเมทิลซัลไฟด์ ($(CH_3)_2S$) จากสารตั้งต้น คือ TMAO ซีสเตอีน (Cysteine) เมโทโอนีน (Methionine) อินโนซินโมโนฟอตเฟส (Inosine

monophosphate, IMP) และคาร์โบไฮเดรต ตามลำดับ ขณะที่ *Psuedomonas* spp. ทำให้เกิดกลิ่นรสเน่าเสีย (Rotten) ที่เกิดจากสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น คีโตน เอสเทอร์ และซัลไฟด์ ดังนั้นกลิ่นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นสามารถบอกการเน่าเสียได้ (Gram and Huss, 1996)

2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation)

คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ระหว่างออกซิเจนกับไขมัน (Lipid) ซึ่งหมายถึงไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ณ ตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสที่ผิดปกติ เรียกว่า การหืน (rancidity) เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เพราะอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจะกระตุ้นโมเลกุลกรดไขมันที่เหลือเปลี่ยนแปลงจนได้เป็นสารใหม่ (secondary product) เช่น แอลดีไฮด์ คีโทน แอลกอฮอล์ แอลเคน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่น และรส ที่ผิดปกติของน้ำมัน และไขมัน (ชาตรี เอี้ยพิณ และภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) อีกทั้งเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น โดยกรดไขมันอิสระเข้าจับกับโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อหมึก มีผลโดยตรงกับเนื้อสัมผัสทำให้เนื้อหมึกกล้วยเกิดเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนและมีสีเหลือง และจะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับลดน้อยลง (อดิศรา ตันตสุทธิกุล, 2553)

3. การชะลอการเสื่อมคุณภาพของหมึกกล้วย

เนื่องจากในเนื้อหมึกมีปริมาณโปรตีนและปริมาณความชื้นสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีหลังจากตาย ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น และจากแนวโน้มรวมทั้งพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และความสะดวกต่อการบริโภค ทำให้ปัจจุบันมีการผลิตอาหารแปรรูปที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมปรุงมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้เป็นอย่างดีได้แก่

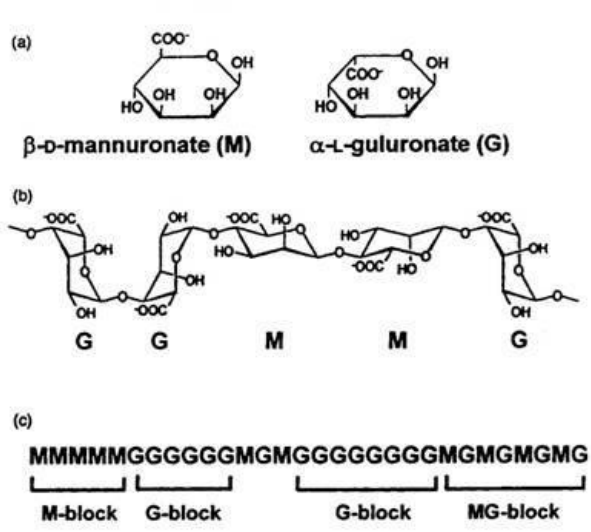
3.1 การใช้ความร้อน

การใช้ความร้อน ช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ และยังช่วยหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ระดับเป็นการใช้ความร้อน ในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนสูงกว่าจุดเดือด คือการใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด เป็นการใช้ความร้อนเพื่อการทำลายจุลินทรีย์บางส่วนในอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เรียกการใช้ความร้อนในระดับนี้ว่าการพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้อายุการ

เก็บรักษาอาหารยาวนานขึ้น และรักษารสชาติของอาหารให้เหมือนรสชาติดั้งเดิม ผลิตภัณฑ์เนื้อที่นิยมใช้ความร้อนระดับนี้ ได้แก่ แฮม เบคอน และไส้กรอก เป็นต้น โดยทั่วไปมักให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 65 - 75 องศาเซลเซียส นอกจากความร้อนจะช่วยทำลายจุลินทรีย์แล้วยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่นและมีความคงตัวด้วย

3.2 การใช้สารสกัดอัลจิเนต

อัลจิเนตหรืออัลจินเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ ได้แก่ *Macrocystis pyrifera* มีอัลจินประมาณ 14-19 %, *Laminaria cloustoni* และ *Laminaria digitata* มีอัลจิน 15-40 % ปริมาณที่พบขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่วโลก ประเทศที่ผลิตอัลจิเนตมาก คือ อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนนาดา และญี่ปุ่น โครงสร้างของอัลจิเนตนั้นเป็น 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-block (Phillips and Williams, 2000) ดังภาพที่ 2 - 3 สัดส่วนของ copolymer และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจิเนต



ภาพที่ 2 - 3 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ
ที่มา : Phillips and Williams (2000)

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของอัลจิเนตต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้น 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 และ Song et al. (2011) ศึกษาผลของการเคลือบอัลจิเนตต่ออายุการเก็บรักษาปลากะพงแช่เย็น โดยนำเนื้อปลากะพงมาเคลือบด้วยสารต่างๆ ได้แก่ แคลเซียมอัลจิเนต (T1) แคลเซียมอัลจิเนตผสมวิตามินซี 5 % (T2) แคลเซียมอัลจิเนตผสมโพลีฟีนอล (T3) และเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ (C) พบว่า เนื้อปลาที่เคลือบแคลเซียมอัลจิเนตผสมวิตามินซีมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นและเนื้อปลาที่เคลือบทุกแบบ (T1, T2 และ T3) ช่วยลดการสูญเสียน้ำของเนื้อปลา ลดการเน่าเสีย ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีทั้งค่าความเป็นกรดด่าง TVBN และ TBA ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ

3.3 วิตามินซี

วิตามินซีมีโครงสร้างทางเคมีเป็นกรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) วิตามินซีในร่างกายจะอยู่ในรูปรีดิวซ์ แต่เมื่อถูกออกซิไดซ์จะกลายเป็นกรดแอล-ดีไฮโดรแอสคอร์บิก (L - dehydroascorbic acid) ทั้งสองรูปแบบนี้มีฤทธิ์ของวิตามินซีเท่ากัน และสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาได้จากการเกิดออกซิเดชัน - รีดักชัน (oxidation-reduction) หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) วิตามินซีมีประโยชน์ในกระบวนการแปรรูปอาหารและยังสามารถชะลอและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้โดยมีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แตกต่างกันไป เช่น วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกทำหน้าที่เป็นสารรีดิวส์ซิง โดยวิตามินซีมีการถ่ายเทไฮโดรเจนอะตอมจากโมเลกุลของมันให้กับออกซิเจน แล้วถูกออกซิไดซ์ได้เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกซึ่งทำหน้าที่เป็นสารออกซิไดซิงได้ โดยรับไฮโดรเจนอะตอมจากสารรีดิวส์ซิงอื่น ๆ ดังนั้นกรดแอสคอร์บิกและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกจึงสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาหากันได้จากการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์หรือออกซิเดชัน-รีดักชัน ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ และกรดแอสคอร์บิกยังรีดิวซ์กรดไนตรัสให้เป็นไนตริกออกไซด์ ช่วยป้องกันการเกิดไนโตรซามีน (N - nitrosamine) ในผลิตภัณฑ์เนื้อบางชนิด รวมทั้งวิตามินซีเป็น chelating action ที่สามารถรวมตัวกับโลหะหนักซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้น

ให้เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น เมื่อกรดแอสคอร์บิกจับกับโลหะหนักแล้วทำให้สูญเสียคุณค่าทางชีวภาพไปด้วย และประกอบกับวิตามินซีเป็นสารป้องกันการเกิด oxidative rancidity วิตามินซีบางครั้งยังใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อป้องกันไม่ให้ไขมันในอาหารเกิดการเติมออกซิเจนและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถช่วยลดการเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ (จุรีรัตน์ ดาดวง, 2555) ส่วนประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของวิตามินซีนั้นเกิดโดยวิตามินซีแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ เกิดการสะสมของอิออนทำให้ pH ภายในเซลล์จุลินทรีย์สูงกว่าภายนอกเซลล์ วิตามินซีที่สะสมภายในเซลล์จะแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออนเป็นจำนวนมาก จากนั้นเซลล์จะขับไฮโดรเจนอิออนที่เกินออกมา ทำให้เซลล์สูญเสียพลังงานในรูปของ ATP เมื่อมีไฮโดรเจนอิออนมากเกินที่กว่าที่จะขับออกมาได้ ส่งผลให้ค่า pH ภายในเซลล์จุลินทรีย์ลดลงและมีผลไปรบกวนกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์จุลินทรีย์ได้ (วีรานุช หลาง, 2555)

3.4 ชาเขียว

ชาเขียว (green tea) คือ ชาที่ไม่ผ่านขั้นตอนการหมักได้จากการนำใบชาสดมาผ่านความร้อนเพื่อทำให้ใบชาแห้งอย่างรวดเร็วได้เป็นใบชาแห้งแต่ยังสดอยู่ และมีสีค่อนข้างเขียว จึงเรียกว่าชาเขียว และใบชาที่ได้นั้นไม่ผ่านขั้นตอนการหมักทำให้ใบชามีสารประกอบฟีนอล (phenolic compound) เหลืออยู่มากหนึ่งในนั้นคือ คาเทชิน (catechin) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและปล่อยสารอนุมูลอิสระ เมื่อไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันร่างกายจึงไม่ผลิตสารอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคและความผิดปกติต่าง ๆ ของร่างกาย (นิรัชรา เลาหประสิทธิ์, 2557) คาเทชินในชาเขียวสามารถพบได้ในหลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่สำคัญ คือ EGCG (Epigallocatechin gallate) (เอิร์ล มินเดลล์, 2553) ในแง่ของการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ไม่เกิดสารประกอบอัลดีไฮด์ รวมทั้งสารประกอบอัลดีไฮด์ที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่างๆ ในสัตว์น้ำที่เกิดการเน่าเสีย นอกจากนั้นสารประกอบโพลิฟีนอลในชาเขียวยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ คือ ยับยั้งการสร้างดีเอ็นเอของแบคทีเรีย ได้แก่ B ring โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับเบสในสายดีเอ็นเอ เพื่อยับยั้งการทำงานของ DNA gyrase และยับยั้งการทำงานของ Type IV topoisomerase และยังสามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย โดยคาเทชินไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ *Psuedomonas aeruginosa* อีกทั้งยังยับยั้งการสร้างพลังงานของแบคทีเรีย Licochalcone ยับยั้ง NADH – cytohorme c reductase ของเชื้อ *Micrococcus luteus* และ *Staphylococococcus aureus* ได้อีกด้วย (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551)

ผลการศึกษาของงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิตามินซีและชาเขียวต่อการรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำให้ดีและสามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น เช่นการศึกษาของ Li et al. (2012a) พบว่า การนำเนื้อปลา yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) มาจุ่มในสารละลายผสมระหว่าง สารสกัดโพลีฟีนอลจากชา (TP) 0.2% กับสารสกัดจากโรสแมรี่ 0.2% และเคลือบซ้ำอีกขั้นด้วยไคโตซาน (C) แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อปลามีคุณภาพดีกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสม และมีอายุการเก็บรักษาได้นานมากกว่าเนื้อปลาธรรมดาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายผสม 8-10 วัน ส่วนงานวิจัยของ Lin and Lin (2005) ได้ศึกษาผลของการเคลือบด้วยสารสกัดจากชาหลายๆ ชนิดต่อคุณภาพของเนื้อปลาโอ ซึ่งพบว่า การใช้สารสกัดจากชาเขียว (green tea) และสารสกัดจากชา Pouchong tea ความเข้มข้น 5% มีผลในการชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาโอจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารสกัดจากชาดำ (black tea) รวมทั้งพบว่าเนื้อปลาโอที่เคลือบด้วยสารสกัดจากชาทุกชนิด มีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบ) เช่นเดียวกับ Khan et al. (2006) ได้นำหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) ไปจุ่มในกรดแอสคอร์บิก ซึ่งเป็นสารกันหืนชนิดหนึ่ง จากนั้นศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหอยแมลงภู่ที่นำไปจุ่มกรดแอสคอร์บิกมีอัตราการเพิ่มและปริมาณ TBARS น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม (หอยแมลงภู่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งนาน 5 วัน ส่วน ทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ (2560) พบว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มด้วยวิตามินซีและชาเขียวช่วยละลอการเน่าเสียโดยทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสเกิดช้าลง ส่วน รัชดาภรณ์ อาจพงษ์และคณะ (2560) ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิก ชาเขียวในการชะลอการเน่าเสียของเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ต้ม พบว่าการนำเนื้อหอยที่มีการเคลือบด้วยสารละลายกรดแอสคอร์บิกผสมชาเขียวช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของ TVB-N และ TMA-N รวมทั้งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เป็นอย่างดี จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็น สารสกัดจากชา และวิตามินซีมีคุณสมบัติในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าว เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ

ดังนั้นการใช้สารผสมทั้งวิตามินซีและชาเขียวซึ่งสารประกอบโพลีฟีนอลที่อยู่ในสารสกัดจากชาเขียวและกรดแอสคอร์บิกซึ่งชะลอการเจริญของจุลินทรีย์และชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เนื้อหมึกมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เป็นที่ยอมรับรวมทั้งมีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าและศักยภาพในการผลิตเชิงคุณภาพมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 หมึกกล้วยที่ซื้อจากสะพานปลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี (ขนาด 5 – 6 ตัวต่อกิโลกรัม ; ความกว้างและยาวของลำตัวประมาณ 5 × 15 เซนติเมตร)

1.1.2 ผงชาเขียว (green tea) : ชนิด food grade (Shaoxing Royal Tea Village Co.Ltd., China)

1.1.3 ผงวิตามินซี (ascorbic acid) : ชนิด food grade (Changsha Winner Bio – Tech Co.Ltd., China)

1.1.4 ผงอัลจิเนต (alginate powder) : ชนิด food grade (Yantai xinwang Seaweed Co.Ltd., Shangdong, China)

1.1.5 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) : ชนิด food grade (Guzhou Menjie Chemical Co.Ltd., Shangdong, China)

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มหมึกกล้วย

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3.2 ถุงพลาสติก polypropyrene (ขนาด 15x25 เซนติเมตร ความหนา 80 ไมครอน)

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

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

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

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (BE Memmert, Germany)

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

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter TM 39, Germany)

1.4.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-HD texture analyzer, UK)

1.4.7 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer Minolta CM - 300, Japan)

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

1.4.9 ตู้แช่แข็ง – 20 องศาเซลเซียส (SF-PC1497, Panasonic Co. Ltd., Thailand)

1.4.10 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.10 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.13 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

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

1.6 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.6.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

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

1.6.3 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวน *B. cereus* ตามวิธีของ FDA (2001)

1.6.4 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวน *Salmonella* spp. ตามวิธีของ AOAC (1995)

1.6.5 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวน *S. aureus* ตามวิธีของ FDA (2001)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่างและการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

หมึกกล้วยที่ซื้อมาจากสะพานปลาตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี โดยเลือกหมึกกล้วยที่มีขนาดจำนวน 5 - 6 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม แล้วบรรจุหมึกกล้วยในถุงพลาสติกทนความเย็นจากนั้นนำถุงพลาสติกที่มีหมึกกล้วยบรรจุอยู่ใส่กล่องสไตโรโฟมที่มีอัตราส่วนหมึกกล้วย : น้ำแข็ง เท่ากับ 1: 1.5 ปิดฝากล่องสไตโรโฟมแล้วนำไปใส่ในถังพลาสติกแล้วปิดฝาเพื่อป้องกันการสูญเสียความเย็นและป้องกันการเสียหายของตัวอย่าง จากนั้นขนส่งด้วยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการ แล้วนำหมึกกล้วยมาล้าง ลอกเปลือก และนำอวัยวะภายในออกเพื่อเอาแต่เนื้อ จากนั้นหั่นเนื้อหมึกเป็นสี่เหลี่ยมขนาดความกว้างประมาณ 1.5 × 1.5 นิ้ว แล้วบั้งเนื้อหมึกให้มีความลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้วจึง

นำไปต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาให้ใช้กระชอนตักเนื้อหมึกต้มมาใส่ในน้ำเย็นที่ปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 2 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จนตัวอย่างเนื้อหมึกมีอุณหภูมิ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน 1 นาที โดยตลอดเวลาที่เตรียมตัวอย่างมีการใส่ถุงมือ และล้างเครื่องมือที่ใช้ให้สะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และนำเนื้อหมึกต้มที่ได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการทดลอง ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile basic nitrogen: TVB-N) ตามวิธีของ Hasegawa (1987) คุณภาพของหมึกที่ใช้ผลิต ได้มีการกำหนดความสดโดยแสดงในรูปปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดต้องมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตรวจวัดความเป็นกรดเบสตามวิธีของ AOAC (2000)

2.2 การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

2.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

กำหนดเกณฑ์การตัดสินการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยนำเนื้อหมึกต้มที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 มาเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้นแตกต่างกันทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อหมึกต้มมาใช้สำหรับการกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ยอมรับได้ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อหมึกต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต จากนั้นนำสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหมึกต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตและฝึกฝนผู้ทดสอบ

2.2.2 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

ให้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหมึกต้มที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหมึกต้มในการทดลองต่อไป นำเกณฑ์ที่ได้ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบก่อนทดสอบจริง และเตรียมตัวอย่างมาตรฐานนี้ให้ผู้ทดสอบชิมทุกครั้งก่อนทดสอบผลิตภัณฑ์

2.3 ศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้ม

เคลือบเนื้อหมึกต้มที่เตรียมตามวิธีการในข้อ 2.2 ด้วยสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดจากข้อ 2.2. ที่ผสมชาเขียวและวิตามินซีที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

เคลือบเนื้อหมึกต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว ในอัตราส่วนเนื้อหมึก 200 กรัม : สารละลาย 1 ลิตร (w/v) โดยใช้ระยะเวลาในการเคลือบนาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% เป็นเวลาเท่ากับที่ใช้ในการเคลือบสารละลายอัลจิเนต พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบในทุกขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่กำหนดตามชุดการทดลองต่างๆ ไปบรรจุในถุงพลาสติกทนความเย็น ปิดผนึกด้วยความร้อน และนำไปเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส

นำตัวอย่างเนื้อหมึกต้มมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยคุณภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่

2.3.1 คุณภาพทางเคมี

นำเนื้อหมึกต้มมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) เนื้อหมึกต้มที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส ตามวิธี AOAC (2000), ปริมาณความชื้น AOAC. (2000), ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA-N) ด้วย Conway microdiffusion method ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 22 วัน

2.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

นำเนื้อหมึกต้มมาวัดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อ (% cooking loss) ตามวิธีของ Young and Lyon (1997), ค่าสีของเนื้อหมึกต้ม (Spectrophotometer) ในระบบ CIE (ค่า L* คือ ค่าความสว่าง, a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว b* คือ ค่าความเป็นเหลืองและสีน้ำเงิน) และค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึก (TA-HD texture analyzer, UK) ตรงบริเวณกึ่งกลางของเนื้อ โดยวัดแรงเฉือน ตามวิธีของ Bourne (1982) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 22 วัน

2.3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำเนื้อหมึกต้มมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตามวิธีของ AOAC (1994*), B. cereus* ตามวิธีของ FDA, (2001), *Salmonella* spp. ตามวิธีของ AOAC (1995) และ *S. aureus* ตามวิธีของ FDA (2001) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 22 วัน

2.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส นำตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้มาทำการอุ่นด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส โดยนำเนื้อหมึกใส่ถ้วยแสตนเลสแล้วปิดด้วยกระดาษฟอยล์อุ่นเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำเนื้อหมึกที่ได้ใส่ลงในถ้วยพลาสติกเพื่อให้ผู้ทดสอบ 15 คน (ที่ผ่านการฝึกจากข้อ 2.2) ได้ทดสอบและให้คะแนนตัวอย่างในคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 2.1 และบันทึกคะแนนลงใบทดสอบ เมื่อเปลี่ยนตัวอย่างถัดไปให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิของน้ำใกล้เคียงอุณหภูมิห้องทุกครั้ง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน (ตัวอย่างถูกตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจนทราบผลว่าตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐาน แล้วจึงมีการนำตัวอย่างในชุดการทดลองที่เตรียมไว้เฉพาะการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาให้ผู้ทดสอบดำเนินการทดสอบ หากมีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานไม่นำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ)

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 เพื่อทราบถึงความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการนำมาเคลือบเนื้อหมึกต้ม

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. ระดับการยอมรับเนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

ตัวอย่างหมึกกล้วยที่นำมาใช้มีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) มีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง การฝึกฝนผู้ทดสอบ และกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหมึกต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยใช้สารละลายอัลจิเนตที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ (0.2, 0.1, 0.05, 0.01 และ 0.002%) และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 องศาเซลเซียส นำเนื้อหมึกต้มทั้ง 5 ชุดการทดลอง มาให้ผู้ทดสอบจำนวน25 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับในภาพรวมของการบริโภคเนื้อหมึกต้มเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ในการบริโภค) ซึ่งผู้ทดสอบไม่ยอมรับในการบริโภคเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.2 และ 0.1%เนื่องจากผู้ทดสอบไม่ชอบเนื้อสัมผัสบริเวณผิวของเนื้อหมึกที่มีลักษณะเป็นเมือกหลังจากรับประทาน ส่วนความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคมากที่สุดคือ 0.002% รองลงมาได้แก่ 0.01 และ 0.05% ตามลำดับ เนื่องจากไม่ได้ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อสัมผัสและรสชาติของเนื้อหมึกต้ม ดังนั้นจึงใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคทั้ง 3 ระดับในการดำเนินการกำหนดระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกต้มเคลือบอัลจิเนต โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อหมึกต้มที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏกลิ่นรสชาติและเนื้อสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard et al. (1999) ด้วยการให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อหมึกต้มในการทดลองต่อไป ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-1และใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนต 0.002% ในการศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้มต่อไป

ตารางที่ 4-1คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนต

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
ลักษณะปรากฏ	5	เนื้อสีขาว เป็นมันเงา
	4	เนื้อสีขาวอมเหลืองจาง ๆ ไม่เป็นมันเงา
	3	เนื้อสีขาวอมเหลืองปานกลาง ไม่เป็นมันเงาและด้าน ยังไม่มีสีผิดปกติอื่น ๆ ปรากฏ
	2	เนื้อสีขาวอมเหลืองปานกลางและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติเล็กน้อย เช่น น้ำตาล/สีเขียว/เทา/ชมพูจางๆ
	1	เนื้อสีขาวเหลืองปานกลางและด้าน หรือ เนื้อส่วนใหญ่มีสีผิดปกติชัดเจน เช่น น้ำตาล/สีเขียว/เทา/ชมพู
กลิ่น	5	กลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน
	4	ไม่มีกลิ่นหอมหวาน แต่ยังไม่มีกลิ่นผิดปกติอื่น
	3	ไม่มีกลิ่นหอมหวาน เริ่มมีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ เล็กน้อย เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นคาว กลิ่นเหม็นเปรี้ยว
	2	ไม่มีกลิ่นหอมหวาน มีกลิ่นผิดปกติอื่นๆ ปานกลาง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นคาว กลิ่นเหม็นเปรี้ยว
	1	มีกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นคาว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง
เนื้อสัมผัส	5	ยืดหยุ่นดีมาก เหนียว ไม่แข็ง
	4	ยืดหยุ่นดี ไม่แข็ง
	3	ยืดหยุ่นปานกลาง ไม่แข็ง
	2	ไม่ยืดหยุ่น เริ่มนิ่มมีเมือกเล็กน้อย
	1	นิ่มเละ และเป็นเมือกมาก
รสชาติ	5	รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหมึกต้มที่ชัดเจน
	4	รสหวานเล็กน้อย ไม่มีรสเฝื่อน
	3	จืดและไม่มีรสชาติ และรสเฝื่อนเล็กน้อย
	2	รสเปรี้ยวเล็กน้อย รสเฝื่อนเล็กน้อย ให้ความรู้สึกรสคาวติดลิ้นเล็กน้อย
	1	รสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว ให้ความรู้สึกรสคาวติดลิ้นมาก

2. ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้ม

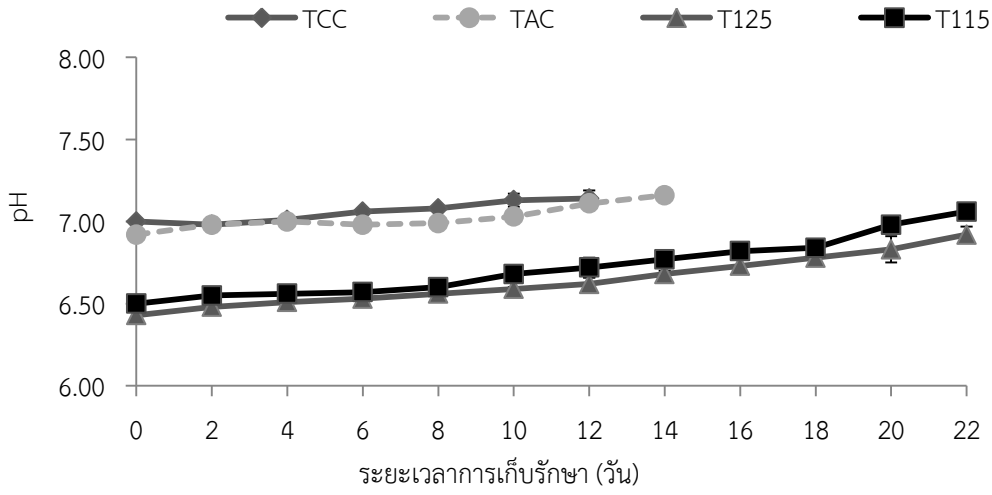
การเคลือบเนื้อหมึกต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.002% (จากข้อ 1) ผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จากนั้นนำเนื้อหมึกต้มไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างเนื้อหมึกต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีผลการทดลอง ดังนี้

2.1 คุณภาพทางเคมี

2.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง(pH)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่า pH ของเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีค่าระหว่าง 6.92-7.00 ขณะที่ในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%)และ T115(ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) ค่าpH ระหว่าง 6.43-6.50 และในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลองมีค่าpH ข้างคงที่ และหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษานั้นเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีpH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) โดยวันที่ 12 และวันที่ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC และ TAC นั้นตัวอย่างมีค่า pH 7.14 และ 7.16 ตามลำดับ ขณะที่ในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆ กันนั้น มีค่าpH เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ชุดการทดลอง T115 และ T125 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.06 และ 6.92 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีค่าpH น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 0 – 14 ของการเก็บรักษา($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก - 1)



ภาพที่ 4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCCคือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TACคือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

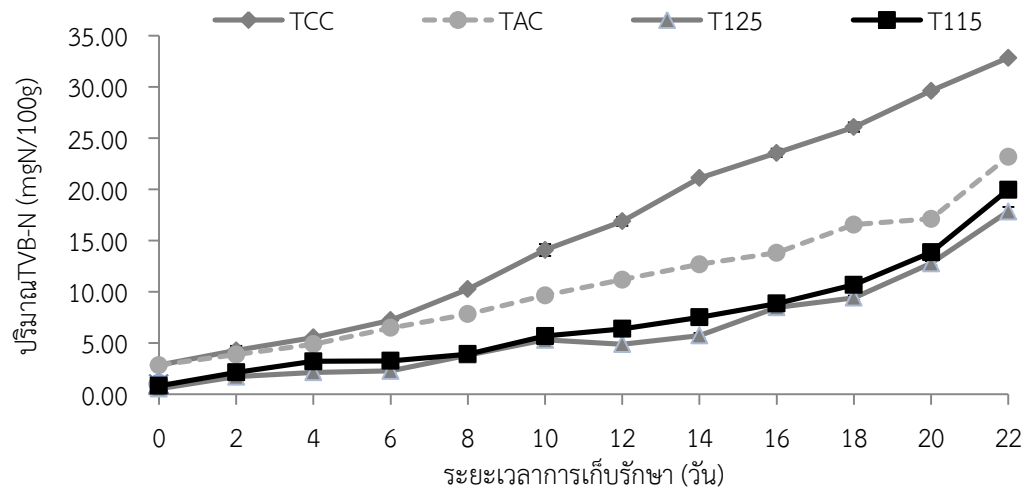
ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีค่าระหว่าง 2.85 -2.87 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) และ T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%)ปริมาณ TVB-N มีค่าระหว่าง 0.56–0.84มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่างและเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆกัน มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2)โดยในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้น ตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีปริมาณ TVB-N มากที่สุด คือ 32.85 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่TAC (สารละลายอัลจิเนต) เท่ากับ 23.19 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) ซึ่งมีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 19.97และ 17.58 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วันและเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลอง T125 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก - 2)ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ

2.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA–N)

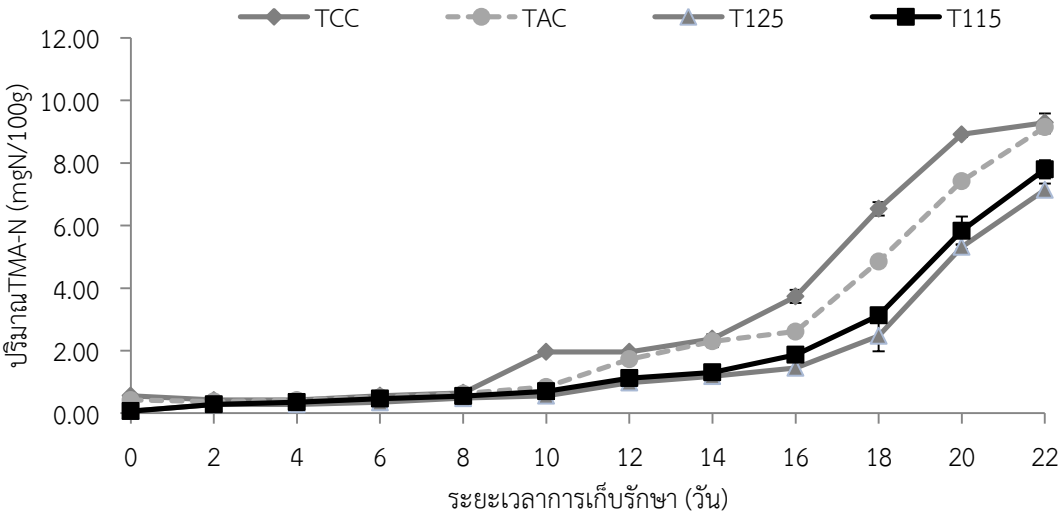
ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีค่าระหว่าง 0.42 -0.56 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) และ T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%)ปริมาณ TMA-N มีค่าระหว่าง 0.07–0.09มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่างและในช่วงวันที่ 0 – 4 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TMA-Nค่อนข้างคงที่ และวันที่ 4– 22 ของการเก็บรักษานั้นเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3)โดยในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้น ตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีปริมาณ TMA-N มากที่สุด คือ 9.29 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่TAC (สารละลายอัลจิเนต) เท่ากับ 9.15 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) ซึ่งมีปริมาณ TMA-N เท่ากับ 7.79และ 7.14มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

อีกทั้งพบว่าเนื้อหมึกต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วันและเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลอง T125 มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก - 3) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%



ภาพที่ 4 – 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

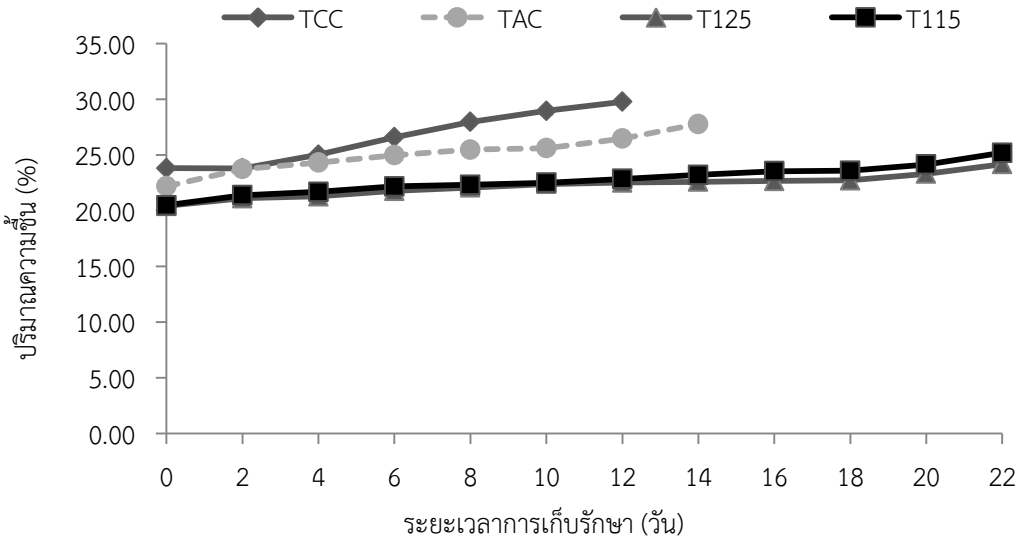
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.2คุณภาพทางกายภาพ

2.2.1 ปริมาณความชื้น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีปริมาณความชื้น22.18- 23.81% ขณะที่เนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) และ T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%)มีปริมาณความชื้น20.42 – 20.48%และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆกัน มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4)โดยในวันที่ 12 และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ 29.77%รองลงมาได้แก่TAC (สารละลายอัลจิเนต) เท่ากับ 27.78% ตามลำดับ ส่วนวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี2.5%)นั้น ตัวอย่างมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 25.19และ 24.16% ตามลำดับ

ผลการทดลองพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 0- 12 ของการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลอง T125มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก - 4)ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 4 ปริมาณความชื้นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

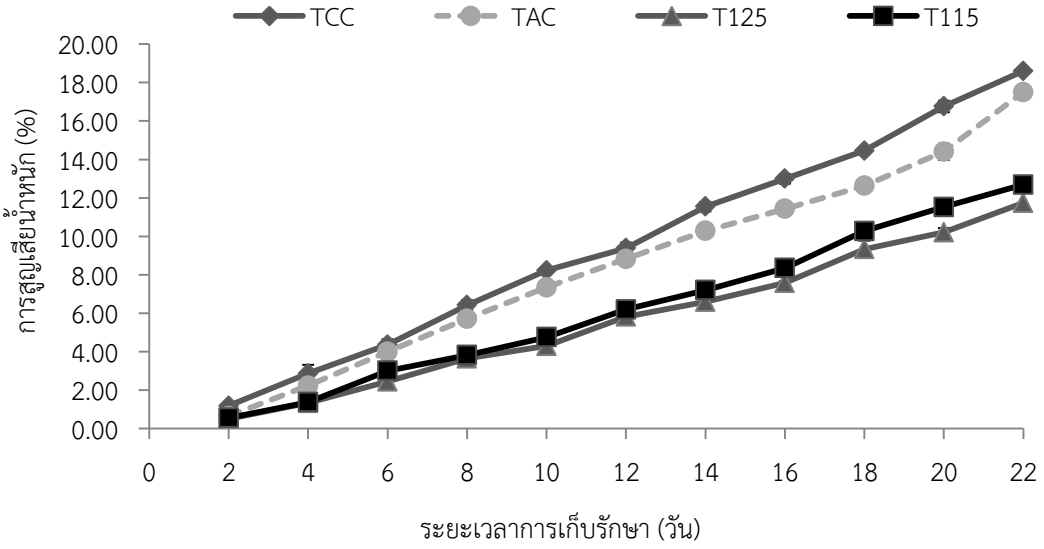
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.2.2การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้ม โดยเริ่มในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีการสูญเสียน้ำหนัก0.64–1.18% ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) และ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) มีการสูญเสียน้ำหนักคิดเป็น 0.50 – 0.55% ต่อมาเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) จนกระทั่งในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสิ้นสุดการเก็บรักษา ตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 18.66% รองลงมาได้แก่ TAC (สารละลายอัลจิเนต) ที่มีการสูญเสียน้ำหนัก 17.50% ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี 2.5%)นั้น ตัวอย่างมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 12.69และ 11.74% ตามลำดับ

รวมทั้งผลการทดลองพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วันและเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลอง T125มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก - 5) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

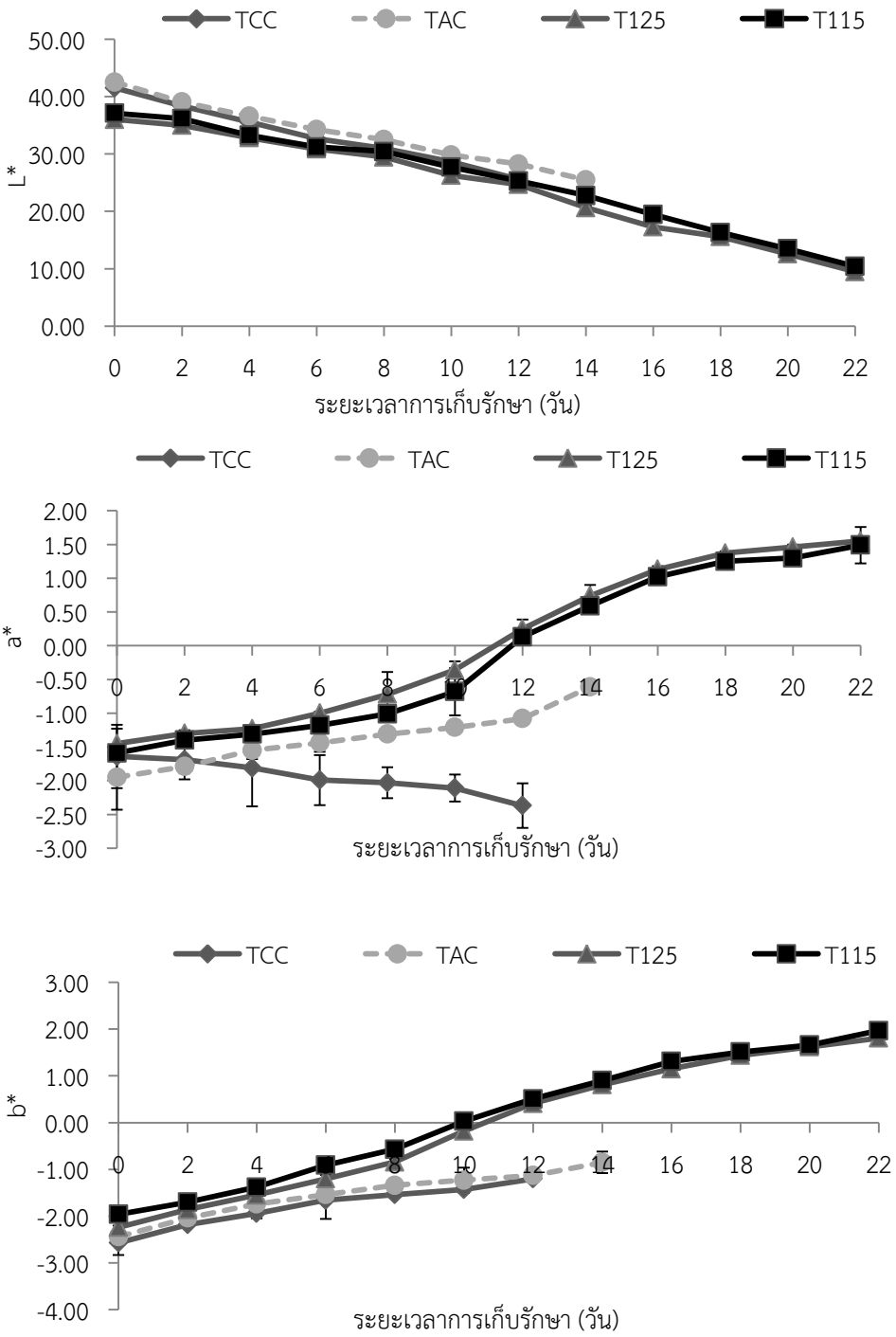
2.2.3.ค่าสี (L*, a*, b*)

ค่า L*ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีค่า L*ระหว่าง 41.52 – 42.52ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) และ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) มีค่า L*ระหว่าง 36.02 – 37.11และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 6(a)) โดยในวันที่ 12 และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่า L*เท่ากับ25.58% ส่วนTAC (สารละลายอัลจิเนต)มีค่า L*เท่ากับ 25.47% ส่วนวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%)นั้น ตัวอย่างมีค่า L* เท่ากับ 13.48และ 12.58 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ ก - 6)

ค่า a*ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มมีค่า a*ระหว่าง -1.45 – -1.95และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เนื้อหมึกต้มในชุดการทดลองTAC (สารละลายอัลจิเนต)T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) มีค่า a* เพิ่มขึ้น ขณะที่เนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่า a* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 6(b))โดยในวันที่ 12 และ 14ที่เป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่า a*เท่ากับ-2.37 ส่วนTAC (สารละลายอัลจิเนต)มีค่า a*เท่ากับ -0.61ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) นั้นตัวอย่างเนื้อหมึกต้มมีค่า a* เท่ากับ 1.49 และ 1.55 ตามลำดับ(ตารางผนวกที่ ก - 7)

ค่า b*ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มมีค่า b*ระหว่าง -1.96 – -2.50และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีค่า b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 6(c))โดยในวันที่ 12 และ 14ที่เป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่า b*เท่ากับ-1.20 ส่วนTAC (สารละลายอัลจิเนต)มีค่า b*เท่ากับ -0.85ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) นั้นตัวอย่างเนื้อหมึกต้ม มีค่า b*เท่ากับ 1.97 และ 1.81 ตามลำดับ(ตารางผนวกที่ ก - 8)

ทั้งนี้ในทุกชุดการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลทำให้เนื้อหมึกต้มมีค่าสี L*, a*,b* แตกต่างกันและการไม่เคลือบ และการเคลือบเนื้อหมึกต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมีผลทำให้เนื้อหมึกต้มมีค่าสี L*, a*,b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน($p \leq 0.05$, (ตารางผนวกที่ก – 6, ก – 7 และ ก – 8)

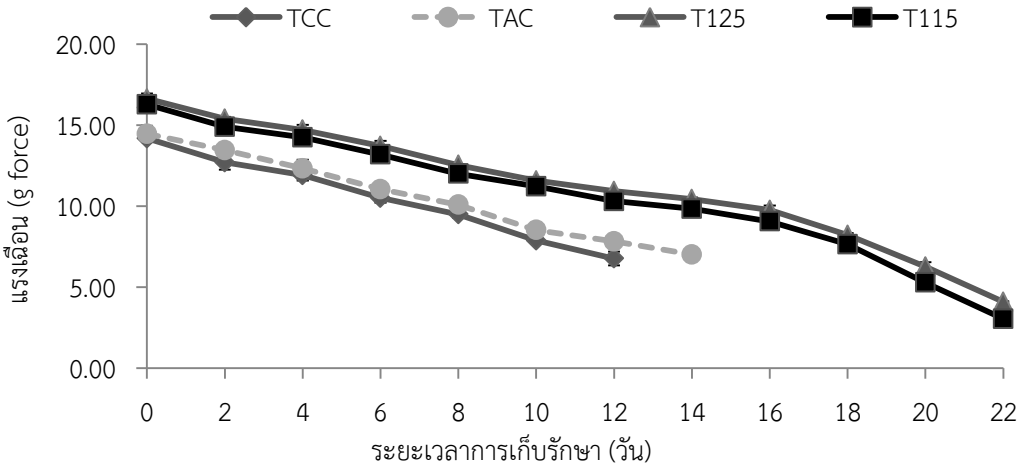


ภาพที่ 4 – 6 ค่าสี L* (a), a* (b)และ b* (c)ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.2.4 ค่าแรงเฉือน

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) มีค่าแรงเฉือน14.19 – 14.46 ขณะที่เนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%) และ T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี 1.5%)มีค่าแรงเฉือน16.28 – 16.64และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆกัน มีค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 7)โดยในวันที่ 12 และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีค่าแรงเฉือนน้อยที่สุด คือ 6.77รองลงมาได้แก่TAC (สารละลายอัลจิเนต) เท่ากับ 7.01 ตามลำดับ ส่วนวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว1% และวิตามินซี1.5%) และ T125 (ชาเขียว1% และวิตามินซี2.5%)นั้น ตัวอย่างมีค่าแรงเฉือน เท่ากับ 3.04และ 4.09 ตามลำดับรวมทั้งพบว่าเนื้อหมึกต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 0- 14 ของการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลอง T125 มีค่าแรงเฉือนสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก - 9) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 7 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

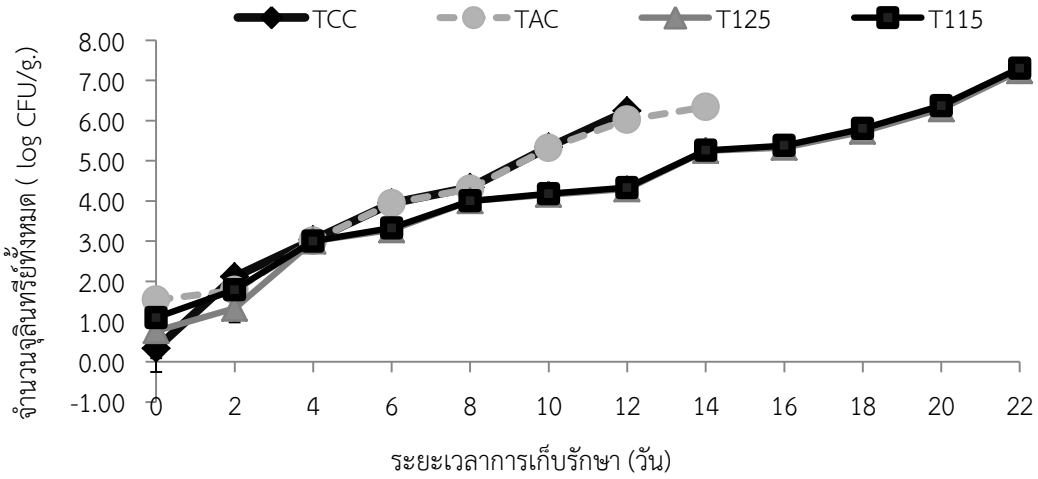
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองอยู่ระหว่าง0.33– 1.54log CFU/กรัม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 8)โดยในวันที่ 12 และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่าง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด คือ 6.24 log CFU/กรัม รองลงมาได้แก่ TAC (สารละลายอัลจิเนต) เท่ากับ 6.34log CFU/กรัม ส่วนวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) นั้น ตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 7.30และ 7.24log CFU/กรัม ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 0- 14 ของการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลอง T125 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางผนวกที่ ก – 10) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ T115, TAC และ TCC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ E. coli

ตลอดระยะเวลา 12 และ 14 วันของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) รวมทั้งตลอดระยะเวลา 22 วันของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) นั้น ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

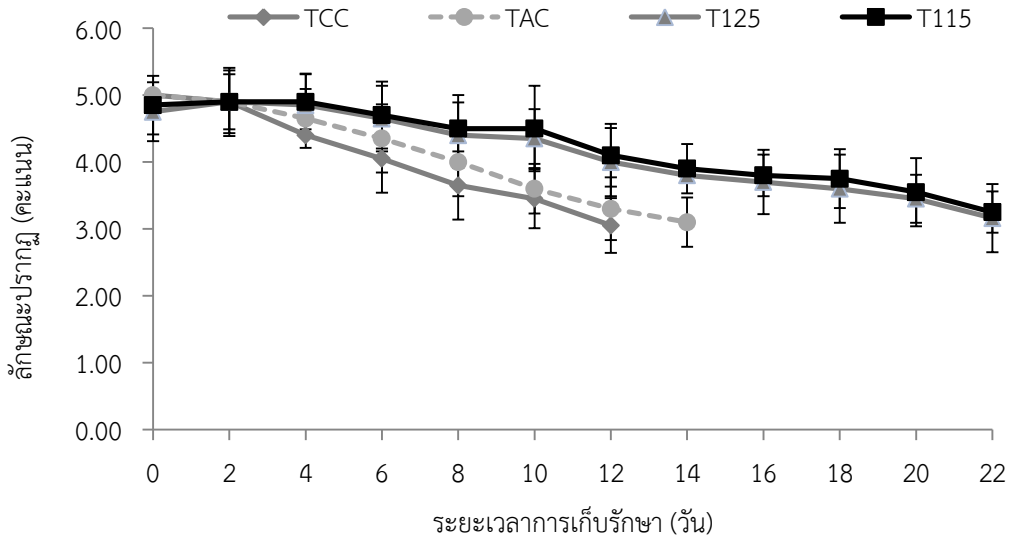
ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ที่ผ่านการฝึกให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อหมึกต้มรวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนแล้ว ได้ให้คะแนนตัวอย่างเนื้อหมึกต้มชุดการทดลองต่างๆ ในแบบประเมิน ที่ใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) ตามคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติโดยมีผลการทดลองดังนี้

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนนในวันที่ 0 - 2ของการเก็บรักษา โดยเนื้อหมึกต้มมีเนื้อสีขาว เป็นมันเงา ชิ้นเนื้อมีลักษณะอวบ สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC (ไม่เคลือบสารละลาย) และ TAC (สารละลายอัลจิเนต) แต่เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในวันที่ 2 – 12 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC และวันที่ 2 – 14 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TAC ผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$;ภาพที่ 4 – 9)

ส่วนหมึกต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%)นั้น ในวันที่ 0 - 4 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏระหว่าง4.75– 4.90 คะแนน โดยเนื้อหมึกต้มมีสีขาวอมเหลืองจางๆ เป็นมันเงา ชิ้นเนื้อมีลักษณะอวบ และในวันที่ 4 - 22ของการเก็บรักษาพบว่าผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับลักษณะปรากฏลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4 – 9)

ในวันที่ 12และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC และ TAC นั้น มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ คือ 3.05และ 3.10คะแนน ส่วน ในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 และ T125 นั้นมีคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 3.25และ 3.15ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ ก – 11)



ภาพที่ 4 – 9 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นสำหรับตัวอย่างในทุกชุดการทดลอง ในระดับมากที่สุดคือ 4.85 - 5.00 คะแนน โดยเนื้อหมึกต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติของหมึกต้ม โดยระดับความเข้มของกลิ่นชัดเจนแต่เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในวันที่ 2 – 12 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC และวันที่ 2 – 14 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TAC ผู้ทดสอบให้คะแนนกลิ่นของเนื้อหมึกต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4 – 10)

ส่วนเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%)นั้น ในวันที่ 2 - 22ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4 – 10)เช่นกัน

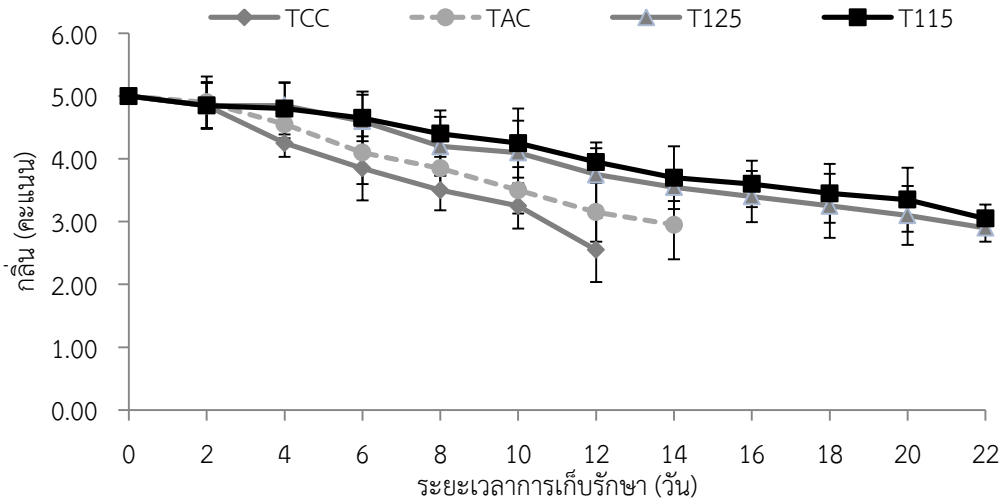
ในวันที่ 12 และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC และ TAC นั้น มีระดับการยอมรับด้านกลิ่น คือ 2..55 และ 2.95 คะแนน ส่วน ในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 และ T125 นั้นมีคะแนน คือ 3.05และ 2.90ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ ก – 12)

2.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 – 2 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติสำหรับตัวอย่างในทุกชุดการทดลอง ในระดับมากที่สุดคือ 4.85 - 5.00 คะแนน โดยเนื้อหมึกต้มมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหมึกต้มที่ชัดเจน แต่เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในวันที่ 2 – 12 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC และวันที่ 2 – 14 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง TAC ผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหมึกต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4 – 11)

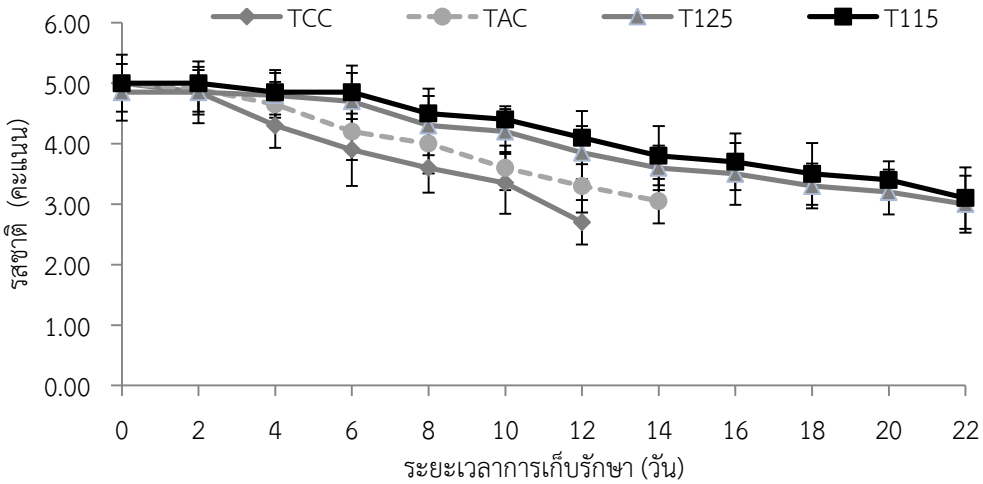
ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%)นั้น ในวันที่ 0 - 2ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติค่อนข้างคงที่ระหว่าง4.85– 5.00 คะแนน โดยเนื้อหมึกต้มมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหมึกต้มแต่ความเข้มของรสน้อย และในวันที่ 2 - 22 ของการเก็บรักษาพบว่าผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4 – 11)

ผลการทดลองในวันที่ 12 และ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง TCC และ TAC นั้น มีระดับการยอมรับด้านรสชาติ คือ 2.70 และ 3.05คะแนน ส่วนในวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 และ T125 นั้นมีคะแนน คือ 3.20และ 3.00ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ ก – 13)



ภาพที่ 4 – 10 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%



ภาพที่ 4 – 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

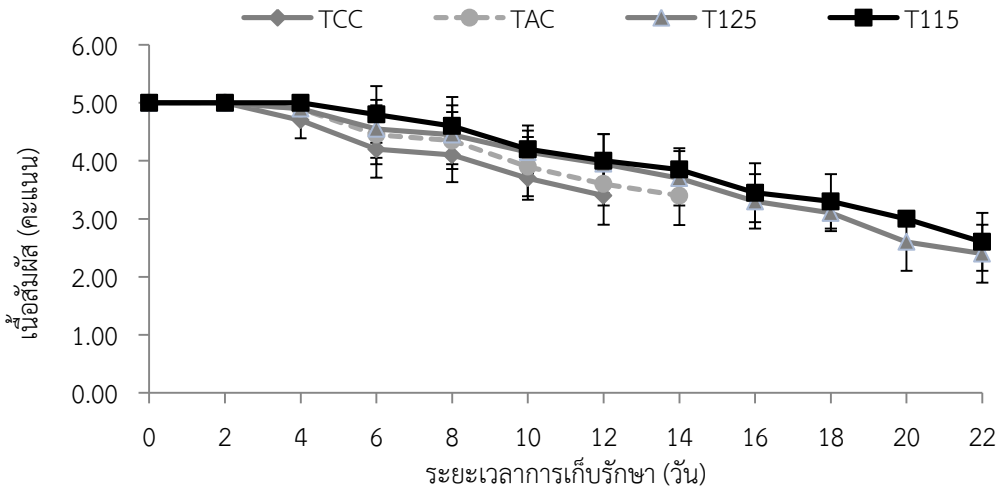
TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

2.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 - 2ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนนในเนื้อหมึกต้มทุกชุดการทดลอง (TCC, TAC, T125และ T115) ไม่แตกต่างกัน($p > 0.05$) โดยเนื้อหมึกต้มมีความยืดหยุ่นดีมาก เหนียว ไม่แข็ง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นตั้งแต่วันที่ 2ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกต้มทุกชุดการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4 – 12)

ส่วนผลการทดลองในวันที่ 22ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลอง T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%)รวมทั้งวันที่ 14 และ 12ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลองTAC (สารละลายอัลจิเนต) และ TCC(ไม่เคลือบสารละลาย) นั้นมีคะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวอย่างในแต่ละชุดการทดลองนั้น ตัวอย่างในชุดการทดลอง T115มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 2.60คะแนน(วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) รองลงมาได้แก่T125และ TAC ได้ 2.40 คะแนน (วันที่ 22 ของการเก็บรักษา) และ 3.40คะแนน (วันที่ 14 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างในชุดการทดลอง TCC มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสอยู่ที่ 3.40คะแนน (วันที่ 12 ของการเก็บรักษา)

อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินและชาเขียวมีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูงกว่าเนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลาย และที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยระดับความเข้มข้นของวิตามินซีและชาเขียวที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาคือT115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) รองลงมา ได้แก่ T125, TACและ TCC ตามลำดับ($p \leq 0.05$; ตารางผนวกที่4 – 14)



ภาพที่ 4 – 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)
TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%
T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

จากคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดดังที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อหมึกต้มมาเคลือบในสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในชุดการทดลองT115(ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%)ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสมากที่สุดรองลงมา ได้แก่ T125, TACและ TCC ตามลำดับ

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อหมึกต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนต

การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มที่ผ่านการเคลือบสารละลายอัลจิเนตโดยใช้สารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.01%, 0.05% และ 0.002% (ความเข้มข้นที่ผู้ทดสอบยอมรับในการบริโภคจากข้อ 1.1) นำไปเคลือบเนื้อหมึกต้ม นาน 5 วินาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ควบคุมอุณหภูมิตลอดการเคลือบ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อหมึกต้มสำหรับใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ โดยผู้ทดสอบ 15 คน ร่วมกันกำหนดลักษณะของเนื้อหมึกต้มที่สังเกตได้ พบว่ามี 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยคะแนนระดับการยอมรับต่ำที่สุดคือ 1 คะแนน ส่วนระดับการยอมรับสูงที่สุด คือ 5 คะแนน และสำหรับระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหมึกต้มเคลือบสารละลายอัลจิเนตในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ระดับการยอมรับด้านกลิ่น เนื่องจากกลิ่นเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเน่าเสียที่เกิดขึ้นเร็วกว่าลักษณะอื่นๆ และเมื่อเนื้อหมึกต้มมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่า 3 คะแนนทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Teerawut et al. (2016) ที่พบว่า หอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) รมควัน ที่เก็บรักษาภายใต้บรรยากาศปกติและปรับสภาพบรรยากาศ Farajzadeh et al. (2016) ที่ศึกษาในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซาน ซึ่งทั้งสองงานวิจัยพบว่าสัตว์น้ำมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเร็วกว่าลักษณะด้านอื่นขณะที่เก็บรักษา

2. ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้ม

2.1 คุณภาพทางเคมี

2.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ในวันที่ 0 – 2 ของการเก็บรักษาค่า pH ของเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีค่า pH ข้างคงที่ และหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเนื้อหมึกต้มเกิดการเน่าเสีย โดยจุลินทรีย์บางส่วนที่ยังเหลืออยู่หลังการต้มมีการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยโครงสร้างโปรตีนรวมทั้งยังเกิดการ

สลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนที่มีในเนื้อหมึก ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ได้แก่ amine, trimethylamine และ ammonia ที่มีคุณสมบัติเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น (Coban et al, 2012; Ozyrut et al, 2012) ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลกาศึกษาของณัฐชยา และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทม์ พบว่าค่า pH ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Zambuchiini et al (2008) ได้ศึกษาผลของการเคลือบกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพของปลาลิ้นหมา (*Solea solea* L.) เก็บรักษาด้วยความเย็นเป็นเวลา 10 วัน พบว่าค่า pH ของปลาลิ้นหมา เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 0 – 14 ของการเก็บรักษารวมทั้งเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) มีค่า pH น้อยที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), การเคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เพราะชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวนั้น ความเข้มข้นของวิตามินซีที่ใช้ทำให้มีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนต และ T125 เป็นชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซีมากที่สุดทำให้ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้นทำให้การเกิดสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ เกิดได้ช้าลง รวมทั้งในชาเขียวมีสารประกอบฟีนอลที่ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้การเน่าเสียเกิดช้าลง ทำให้เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% มีค่า pH น้อยที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nirmal and Benjakul (2011) พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบที่เคลือบด้วยชาเขียว 1 กรัม/ลิตร และกรดแอสคอร์บิก 0.05 กรัม/ลิตร ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างได้ดีกว่าการไม่เคลือบชาเขียวและกรดแอสคอร์บิก และ รวมทั้ง Nirmal and Benjakul (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้ชาเขียวเพียงอย่างเดียวและการใช้ชาเขียวร่วมกับกรดแอสคอร์บิกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (ชาเขียว 0.1%, ชาเขียว 0.1% ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก 0.005% และ ชาเขียว 0.1% ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก 0.01%) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่าการใช้ชาเขียว 0.1% ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก 0.01% มีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ทั้งหมด

2.1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างกัน มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้นจุลินทรีย์บางส่วนที่ยังเหลือจากการต้มสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายสารอาหารต่างๆ เพื่อใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ ซึ่งหนึ่งในสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์คือโปรตีนนั่นเอง การย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดแอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มขึ้น ซึ่งคือ ปริมาณ TVB-N นั่นเอง (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554; รัชดาภรณ์ และคณะ, 2560) สอดคล้องกับ Li et al. (2012b) พบว่าเนื้อปลา crucian carp (*C. auratus*) ที่เคลือบด้วยไคโตซานผสมกับสารประกอบโพลีฟีนอลจากชาในการเก็บรักษา มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Vongsawasdi et al. (2011) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB – N ในหอยลาย (*Paphia undulate*) ก่อนปรุงสุกที่บรรจุแบบปกติและแบบปรับสภาพบรรยากาศมีปริมาณ TVB – N เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกต้มที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เนื่องจากสารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Hatano et al., 2008) ส่งผลต่อเนื่องให้การเปลี่ยนแปลงโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนอันเกิดจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ชะลอการเพิ่มปริมาณ TVB-N ได้ และชาเขียวและวิตามินซียังสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยหากปฏิกิริยาออกซิเดชันดำเนินไปจะทำให้เกิดสารประกอบอัลดีไฮด์ สารประกอบคีโตน สารประกอบเปอร์ออกไซด์ชนิดต่างๆ ที่ไปเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนได้อีกทางหนึ่ง และ T125 เป็นชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซีมากที่สุด กลไกการยับยั้งดังที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีมากตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dong et al. (2013) ศึกษาผลของสารสกัดโพลีฟีนอลจากชาต่อคุณภาพหมึกกล้วย (*Gigas dosidicus*) แห้งปรุงรสโดยใช้

สารสกัดโพลีฟีนอลจากชา มาผสมลงในเครื่องปรุงรสปลาหมึกแห้งร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าหมึกกล้วยแห้งปรุงรสที่มีการผสมสารสกัดโพลีฟีนอลจากชามีปริมาณ TVB - N น้อยกว่าการไม่ผสมสารสกัดโพลีฟีนอลจากชา รวมทั้ง สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2559) พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบด้วยสารละลายชาเขียวและวิตามินซีมีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตามปริมาณ TVB – N ที่แสดงถึงคุณภาพของหมึกนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิด, สิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย, การแปรรูป และสภาพการเก็บรักษา (Vega-Gálvez et al., 2011) โดยทั่วไปแล้วปริมาณ TVB-N สามารถใช้ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005) เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานดังกล่าวในการทดลองนี้เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 22 วัน ส่วนการเคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) ทำให้เนื้อหมึกต้มมีอายุการเก็บรักษา 22 และ 16 วัน ตามลำดับ (ไม่เกิน 25 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง)

2.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA-N)

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างกัน มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เกิดจากการเน่าเสียที่มากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจุลินทรีย์มีการเจริญและสร้างเอนไซม์ trimethyamine oxidase ที่ทำให้ TMAO ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่พบในเนื้อหมึกเปลี่ยนไปเป็น dimethylamine, formaldehyde และ trimethylamine ทำให้ปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นโดยสารประกอบ TMA-N นี้มีผลทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติในสัตว์น้ำด้วย (Benjakul et al., 2004) ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zaragozá et al. (2015) ที่พบว่า Jumbo squid (*Dosidicus gigas* Orbigny, 1835) ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน มีปริมาณ TMA-N มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น และการศึกษาของ Dong et al., (2013) พบว่าหมึกกล้วย (*Gigas dosidicus*) แห้งปรุงรสที่ผสมสารสกัดโพลีฟีนอลจากชาร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณ TMA-N เพิ่มตามระยะเวลาที่เก็บรักษาเช่นกัน

อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วันนั้น ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลายและตัวอย่างที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตมี TMA-N ในปริมาณที่มากกว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) สาเหตุเกิดจากในชุดการทดลองที่ใช้วิตามินซีที่ความเข้มข้นยิ่งสูงยิ่งมีผลทำให้ค่า pH ต่ำลงรวมทั้งวิตามินซีสามารถจับกับโลหะที่เป็นองค์ประกอบบริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียในชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) ทำให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์สูญเสียไป เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาจุลินทรีย์จึงตายลงทำให้ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลง TMAO ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่พบในเนื้อหมึกเปลี่ยนไปเป็น dimethylamine, formaldehyde และ trimethylamine (Jeon et al., 2002) รวมทั้งประสิทธิภาพของคาเทชินที่มีในชาเขียวที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ นอกจากนั้นวิตามินซียังมีคุณสมบัติในการเป็น Pro-oxidant จึงเข้าไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Yen et al., 2002; Song et al., 2011) ได้อีกด้วย ทำให้การเน่าเสียของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวเกิดช้าลงปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าน้อยกว่าเนื้อหมึกที่ไม่เคลือบสารละลาย เช่นเดียวกับสวามินี ธีระวุฒิ และคณะ (2559) ได้ศึกษาผลของการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม (*Perna viridis*) ด้วยสารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซีต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม ก่อนนำไปเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น พบว่าเนื้อหอยแมลงภู่ต้มที่เคลือบสารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซีมีปริมาณ TMA – N น้อยกว่าตัวอย่างที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต และตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบสารทั้งสองชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วันและ Nirmal and Benjakul (2010) พบว่าการนำกุ้งขาว (*L. vanamei*) มาเคลือบด้วยสารสกัดจากชาเขียว และสารสกัดจากชาเขียวร่วมกับวิตามินซีช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้มีการเคลือบสาร

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

2.2.1 ปริมาณความชื้น

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างกัน มีปริมาณความชื้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย

จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ที่มีในเนื้อหมึกรวมทั้งโปรตีน ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการจับกับน้ำและสารอาหารอื่นๆ จึงเกิดการปลดปล่อยน้ำออกจากโมเลกุลเกิดเป็นน้ำอิสระมากขึ้น (กนกอร อินทราพิเชษฐ์, 2538) ทำให้ปริมาณความชื้นที่ในเนื้อหมึกต้มที่วัดได้มีปริมาณมากขึ้นตามการเน่าเสียที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ การทดลองของ Khan et al. (2006) ที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของ Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่นานขึ้นเช่นกัน ส่วนการศึกษาของ Chamanara et al. (2012) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ทั้งที่ไม่เคลือบและที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแต่ละชุดการทดลองพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีปริมาณความต่ำกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) ปริมาณความชื้นน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เพราะในชาเขียวมีสารประกอบคาเทชินที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนได้ และคาเทชินยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการสลายตัวของโปรตีนได้มากขึ้น รวมทั้งวิตามินซีที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์และชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน ทำให้การเคลือบวิตามินซีและชาเขียวมีผลต่อการชะลอการเน่าเสียได้ และยิ่งความเข้มข้นของวิตามินซีสูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำโปรตีนในเนื้อหมึกยังคงมีอยู่ทำให้ปริมาณความชื้นในเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% มีค่ามากที่สุด เช่นเดียวกับ Song et al. (2011) พบว่าเนื้อปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยวิตามินซีและเนื้อปลาที่เคลือบชาเขียวมีการสูญเสียความชื้นน้อยซึ่งแสดงถึงปริมาณความชื้นที่ยังคงมีอยู่ในเนื้อปลามีมากกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบวิตามินซีและชาเขียว และ Banon et al. (2007) ได้ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิก ชาเขียวและสารสกัดจากเมล็ดองุ่นต่อการยืดอายุการเก็บรักษาแพตตี้เนื้อ พบว่า ตัวอย่างที่เคลือบแอสคอร์บิกและชาเขียวสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีค่าน้อย

2.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 22 วันนั้น มีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p \leq 0.05$) เกิดจากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นมีการเน่าเสียมากขึ้น จุลินทรีย์เจริญและสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารอาหารต่างๆ เพื่อดึงสารอาหารมาใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ทำให้โครงสร้างโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพไป (Shi et al., 2014) คุณสมบัติในการอุ้มน้ำของโปรตีนจึงน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นทั้งน้ำอิสระที่มากขึ้นและโปรตีนที่เสียสภาพไปมากขึ้นทำให้มีการสูญเสียน้ำสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Farajzadeh et al. (2016) ที่พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาว (*L.vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบ ไคโตซานมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Kykkidou et al. (2009) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยไทมอล และบรรจุภัณฑ์ต่อการรักษาปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 13 วัน ส่วนนิชนันท์ เธียรพัฒนะวงศ์ (2551) พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น หอยแครง (*Anadara granosa*) ลวก มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตลอดระยะเวลา 22 วันของการเก็บรักษา เนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลายและตัวอย่างที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว เนื่องจากโครงสร้างของคาเทชินในชาเขียวและโครงสร้างของวิตามินซีที่มีหมู่ hydroxyl group (OH) ที่ทำให้กระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์จุลินทรีย์หยุดชะงัก การสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์เพื่อมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของสัตว์น้ำจึงเกิดช้าลง (Hatano et al., 2008) ดังนั้นความสามารถของโปรตีนในการยึดเกาะกับน้ำยังคงมีอยู่การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้มจึงน้อยลง ขณะเดียวกันวิตามินซีที่ความเข้มข้นสูงมีผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้มากขึ้นโปรตีนยังจับกับน้ำได้เป็นอย่างดีทำให้ไม่สูญเสียน้ำหนัก (Jo et al., 2003; Chidanandaiah et al., 2009) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Li et al. (2012a) พบว่าตัวอย่างปลาจวด (*Pseudosciaena crocea*) ที่เคลือบโพลิฟีนอลจากชาเขียวร่วมกับไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักมีค่าที่น้อยตามไปด้วย และ Song et al. (2011) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของการเคลือบปลา *Megalobrama amblycephala* ด้วยวิตามินซีและชาเขียว พบว่าตัวอย่างปลาที่เคลือบวิตามินซีและปลาที่เคลือบชาเขียวมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิด

2.2.3. ค่าสี (L, a*, b*)*

ในวันที่ 0 - 14 ของการเก็บรักษา เนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลายและตัวอย่างที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต มีค่า L* น้อยกว่า ส่วนค่า a* และ b* นั้นมากกว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว โดยเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีสีขาวอมเหลืองมากกว่าเนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลายและตัวอย่างที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตที่เนื้อหมึกมีสีขาวเกิดจากสีของสารสกัดจากชาเขียวที่ใช้เป็นสารละลายสีน้ำตาล จึงทำให้เนื้อหมึกมีลักษณะดังที่กล่าวมา สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ (2560) ที่พบว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาวสุกด้วยสารละลายชาเขียวและวิตามินซีมีผลทำให้เนื้อกุ้งมีสีขาวอมเหลืองมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบสารดังกล่าว และ Mistsumoto et al. (2005) ศึกษาผลของชาเขียวและวิตามินซีของเนื้อวัวและเนื้อไก่สุก ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า ตัวอย่างที่ชุบชาเขียวและวิตามินซีมีค่า L* น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนค่า a* และ b* มีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างกัน มีค่า L* ลดลง ส่วนค่า a* และ b* นั้นมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะโปรตีนถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิชันระหว่างกรดไขมันในหมึกและออกซิเจนที่ก่อให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ที่สามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนอิสระแล้วเกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลได้ (Pokorny, 1982) มีผลทำให้เนื้อหมึกต้มมีสีคล้ำลง (L* ลดลง ส่วนค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น) เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผลการทดลองในครั้งนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Chouljenko et al. (2016) ได้ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศและอนุภาคนาโนไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของกุ้งแช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน พบว่าค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Farajzadeh et al. (2016) ศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ภายใต้สภาวะการแช่เย็นเป็นเวลา 14 วัน พบว่า ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี L*, a* และ b* ของแต่ละชุดการทดลองพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีค่า L* น้อยกว่า ส่วนค่า a* และ b* นั้นมีมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) มีค่า L* น้อยกว่า และค่า a* มากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่

เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) ขณะที่เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีค่า b* มากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) แสดงให้เห็นว่า การเคลือบเนื้อหมึกต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิชามินซีและชาเขียว) ช่วยให้เนื้อหมึกต้มมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้ง L*, a* และ b* น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้เคลือบด้วยฟิล์ม เพราะในชาเขียวมีสารประกอบโพลิฟีอลช่วยยับยั้งการสร้าง DNA ของแบคทีเรีย ได้แก่ B ring ด้วยการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับเบสในสาย DNA และยับยั้งการทำงานของ Type IV topoisomerase และยังสามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้ (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551) และวิตามินซีที่มีคุณสมบัติเป็นทั้ง antibacterial และ antioxidant (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556; Fan et al., 2008) ทำให้โครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกเสียสภาพน้อยกว่ารงควัตถุจึงจับกับโปรตีนได้ดี ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ López de Lacey et al. (2014) ที่พบว่าการนำ agar film มาผสมสารสกัดจากชาเขียวก่อนนำไปเคลือบเนื้อปลา Hake (*Merluccius capensis*) ช่วยให้เนื้อปลามีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L*, a*, b*) น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้เคลือบด้วยฟิล์ม อีกทั้งการศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิก ชาเขียวและสารสกัดจากเมล็ดองุ่นในการเพิ่มอายุการเก็บรักษาแพตตี้เนื้อของ Banon et al. (2007) พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 9 วัน แพตตี้เนื้อที่เคลือบแอสคอร์บิกและชาเขียวมีค่า L*น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม และทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ (2560) ที่ศึกษาการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกด้วยการเคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซี และเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นพบว่า ค่า a* และ b* ของเนื้อกุ้งในชุดการทดลองที่เคลือบชาเขียวและวิตามินซีมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเคลือบสาร

2.2.4 ค่าแรงเฉือน

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างกัน มีค่าแรงเฉือนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะเกิดการย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทำให้โปรตีนเสียสภาพ กล้ามเนื้อเกิดความอ่อนนุ่ม ค่าแรงเฉือนจึงมีค่าน้อยเมื่อมีการเน่าเสียมากขึ้น (สวามินี ธีระวุฒิ และคณะ, 2557) สอดคล้องกับ Mistsumoto et al. (2005) ได้ศึกษาผลของชาเขียวและวิตามินซีต่อคุณภาพของเนื้อวัวและเนื้อไก่สุก ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบ และมีเคลือบชาเขียวและวิตามินซี

มีค่าแรงเฉือนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและตัวอย่างที่เคลือบชาเขียวและวิตามินซี มีค่าแรงเฉือนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะการเก็บรักษา และ Sungsri-in et al. (2010) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมึก (*Loligo formosana*) พบว่ามีความชอบของผู้ทดสอบลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากเนื้อสัมผัสของหมึกนิ่มลง

รวมทั้งยังพบว่าค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวนั้นมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) มีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เป็นเพราะประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซีมีผลทำให้จุลินทรีย์เจริญได้น้อยลง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556; Fan et al., 2008) การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์เกิดน้อย การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนจึงเกิดขึ้นได้ช้าลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของวิตามินซีก็เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ให้มากขึ้นด้วย เช่นเดียวกับการศึกษาของทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ (2560) ที่ศึกษาการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกด้วยการเคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซี และเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น พบว่า ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งในชุดการทดลองที่เคลือบชาเขียวและวิตามินซีมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเคลือบสารตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 26 วัน ส่วน Feng et al. (2012) พบว่าการเคลือบสารโพลีฟีนอลจากชาบนเนื้อปลากะพง (*S. macrocephalus*) ร่วมกับการล้างด้วยน้ำโอโซน ทำให้เนื้อปลามีค่าแรงเฉือนลดลงช้ากว่าตัวอย่างควบคุม

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองอยู่ระหว่าง 0.33 – 1.54 log CFU/กรัม และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อหมึกหลังผ่านการต้มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในเนื้อหมึกต้มเพื่อนำสารอาหารมาใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาที่นานขึ้นนั่นเอง ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Atrea et al. (2009) ที่พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อหมึก (*Octopus vulgaris*) สด มีค่าเพิ่มขึ้น

ตลอดอายุการเก็บรักษา 23 วัน และ สวามินี ธีระวุฒิและคณะ (2556) พบว่าหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สดแกะเปลือก ทั้งที่ผ่านการแช่ในน้ำประปาธรรมดาและแช่ในน้ำประปาที่มีโพแทสเซียมซอร์เบตและ/หรือโซเดียมแล็กเตตผสมอยู่ มีจำนวนจุลินทรีย์สูงขึ้นตามการเก็บรักษาที่นานขึ้นเช่นกัน

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 0- 14 ของการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เกิดจาก หมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่มีในโครงสร้างของสารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซี สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ แล้วเกิดการแตกตัวของไฮโดรเจนอะตอม (H+) ทำให้ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์มีสภาวะเป็นกรด โครงสร้างโปรตีนต่างๆ ของจุลินทรีย์ เช่น ดีเอ็นเอและเอนไซม์เกิดการเสียสภาพ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556) อีกทั้งคาเทชินที่เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ในชาเขียวยังมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Fan et al., 2008) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในเนื้อหมึกต้ม และวิตามินซีที่เป็นสารจับโลหะที่สามารถจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาภายนอกจุลินทรีย์จึงตายลง (Jeon et al., 2002) ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของวิตามินซีในสารละลายที่ใช้เคลือบเนื้อหมึกต้มจึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zambuchini et al. (2007) ได้ศึกษาการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ของปลาลิ้นหมา (*Solea solea* L.) ด้วยการนำไปชุบสารละลายกรดแอสคอร์บิก พบว่าปลาลิ้นหมาที่ชุบด้วยสารละลายกรดแอสคอร์บิกมีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยกว่าปลาลิ้นหมาที่ไม่ได้ชุบด้วยกรดแอสคอร์บิกตลอดการเก็บรักษา 10 วัน และงานวิจัยของ Fereahtian et al. (2014) ศึกษาผลของการชุบด้วยสารละลายชาเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) สดแช่เย็น พบว่ากุ้งที่ชุบด้วยสารสกัดจากชาเขียวมีคุณภาพที่ดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้ชุบด้วยสารสกัดจากชาเขียว โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ที่น้อยกว่าและมีอายุการเก็บรักษาที่มากกว่ากุ้งที่ไม่ได้ชุบด้วยสารสกัดจากชาเขียวตลอดการทดลอง และผลการทดลองในครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นว่า การใช้สารสกัดจากชาเขียวร่วมกับวิตามินซีนั้นให้ผลดีต่อการชะลอการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในเนื้อหมึกต้ม เช่นเดียวกับ

ที่ให้ผลดีในสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น กุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบ (Nirmal and Benjakul, 2012), เนื้อกุ้งขาวต้ม (ทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ, 2560) และเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม (สวามินี ธีระวุฒิ และคณะ, 2559)

เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม พบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 18 วัน ส่วนเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และเนื้อหมึกต้มที่ไม่มีการเคลือบสารละลาย (TCC) นั้นมีอายุการเก็บรักษา 10 วัน

2.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* โดยระหว่างการต้มเนื้อหมึกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีผลต่อโปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสียสภาพไปบางส่วน ดังนั้นจุลินทรีย์บางส่วนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เพราะโปรตีนและเอนไซม์เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานในเซลล์จุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่บางส่วนถูกยับยั้งโดยวิตามินซีและชาเขียว โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* อยู่ระหว่าง 4 - 60 องศาเซลเซียส (ศูนย์ข้อมูลโรคติดเชื้อและพาหะนำโรค, 2544)

Food Safety Authority of Ireland (2001) ได้กำหนดให้ตรวจพบ *E.coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไม่เกิน log 2 CFU/กรัม (10^2 CFU/กรัม) เนื่องจากความปลอดภัยในการบริโภคอาหารทะเลแปรรูป ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองครั้งนี้มีความปลอดภัยจากอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าวระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามอันตรายจากการบริโภคอาหารที่มีจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวเกินปริมาณที่กำหนดทำให้เกิดอาการท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ซึ่งอาการภายดังกล่าวจะเกิดในเวลา 24 ชั่วโมง หลังได้รับเชื้อ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบและที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต เนื่องจากในวันแรกของการเก็บรักษานั้นสีน้ำตาลของสารสกัดจากชาเขียวทำให้เนื้อหมึกต้มมีสีขาวอมเหลืองและมันเงาน้อยกว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Bañón et al. (2007) ที่ผสมผงชาเขียวในแพตตี้เนื้อ พบว่าสีเขียวอมน้ำตาลของผงชาเขียวทำให้แพตตี้เนื้อมีสีเข้มและไม่มันเงา จึงมีคะแนนการยอมรับด้านสีน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นที่ไม่ใช้ชาเขียวเป็นส่วนผสม และในการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน สีของชาเขียวจางลงทำให้เนื้อหมึกต้มมีสีขาวมากขึ้น ทำให้เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 - 22 ของการเก็บรักษา เนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่ไม่เคลือบสารละลาย เคลือบสารละลายอัลจิเนต และเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นต่างกันมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเนื้อหมึกต้มมีสีขาวอมเหลืองจนถึงสีขาวอมน้ำตาลมากขึ้น สีเนื้อมีลักษณะเป็นสีแบบด้านและมีเมือกโดยลักษณะปรากฏดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างกรดไขมันและออกซิเจนจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ที่สามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนอิสระแล้วเกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลได้ (Pokorny, 1982) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น การสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ภายในเนื้อหมึกได้มากขึ้น ทำให้ความมันเงาที่เกิดจากแคปซูลของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาร polysaccharide ที่สังเกตได้ในลักษณะการเกิดเมือกขึ้นนั้นมองเห็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเมื่อเกิดการเน่าเสีย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2554) อีกทั้งเมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้คุณสมบัติต่างๆ ของโปรตีนในสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป โดยโปรตีนมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยลง ความยืดหยุ่นลดลงและการจับกับรงควัตถุให้สีน้อยลง ดังนั้นจึงเกิดลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาภรณ์ อาจพงษ์และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลของชาเขียวและวิตามินซีและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ต้ม รวมทั้ง Teerawut et al. (2016) ที่ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อการชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์หอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) รมควัน ซึ่งงานวิจัยทั้งสองฉบับพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

นอกจากนี้เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 4- 14 ของการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เกิดจากชาเขียวและวิตามินซีแพร่เข้าผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ไปรบกวนการทำงานของระบบเมตาบอลิซึมของเซลล์จุลินทรีย์ทำให้ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (วีรานุช หลาง, 2555) และทั้งชาเขียวและวิตามินซีต่างก็มีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant ที่ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี (Banon et al. , 2007) ทำให้ตัวอย่างที่เคลือบชาเขียวและวิตามินซีมีการเน่าเสียช้ากว่า คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏจึงมากกว่าตัวอย่างในชุดการทดลองอื่น เช่นเดียวกับ Nirmal & Benjakul (2012) ได้ศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น เป็นเวลา 12 วัน พบว่ากุ้งขาวที่มีการเคลือบสารสกัดจากชาเขียวและวิตามินซีมีคะแนนความชอบสูงกว่าชุดการทดลองอื่นและผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาภรณ์ อาจพงษ์และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลของชาเขียวและวิตามินซีและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ต้ม พบว่าเนื้อหอยต้มที่เคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของวิตามินซีที่ 2.5% ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับลักษณะปรากฏน้อยกว่าการใช้ระดับความเข้มข้นของวิตามินซี 1.5% ทั้งนี้เกิดจากความเข้มข้นของวิตามินซีที่มากขึ้น มีผลทำให้ pH มากขึ้น โปรตีนในเนื้อหมึกเกิดการเสียสภาพบางส่วน จึงเกิดการเน่าเสียได้เร็วกว่า การอุ้มน้ำและการจับกับรงควัตถุให้สีมีน้อย โปรตีนที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วได้เป็นกรดอะมิโนอิสระมีมากขึ้นจึงไปจับกับสารประกอบคาร์บอนิลและสารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันง่ายขึ้น การเกิดสีน้ำตาลของเนื้อหมึกจึงมีมากขึ้น

2.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีระดับการยอมรับกลิ่นใกล้เคียงกัน และหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นเนื้อหมึกต้มในทุกชุดการทดลองมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเกิดจากตัวอย่างเนื้อหมึกต้มมีการเน่าเสียมากขึ้นทำให้ผู้ทดสอบรับรู้ถึงการเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นคาว กลิ่นเหม็นเน่า

กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง โดยสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่าง ๆ เช่น TMA, แอมโมเนีย, เอมีน ที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากโปรตีนถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น อีกทั้งในเนื้อหมึกนั้นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) อยู่มากซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างกรดไขมันกับออกซิเจนได้สารประกอบเปอร์ออกไซด์, อัลดีไฮด์ และคีโตนชนิดต่างๆ ที่ให้กลิ่นและรสไม่พึงประสงค์มากขึ้น ส่วนกลิ่นเหม็นเปรี้ยวนั้นอาจเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแล็คติกได้ (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550; Francoise, 2010; Okuzumi and Fujii, 2000) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Esaiassen et al. (2005) พบว่าเนื้อปลาคอดแช่ในวิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที และ Mendes et al. (2011) ศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศในเนื้อหมึก (*Octopus vulgaris*) ต้มสุก พบว่าคุณลักษณะประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของตัวอย่างในงานวิจัยทั้งสองฉบับที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อเปรียบเทียบระดับการยอมรับด้านกลิ่นของแต่ละชุดการทดลองพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวมีระดับการยอมรับกลิ่นมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนตในวันที่ 4 - 14 ของการเก็บรักษา และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) เนื่องจากคาเทชินในชาเขียวและหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่มีในโครงสร้างของคาเทชินในชาเขียวและวิตามินซี สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ แล้วเกิดการแตกตัวของไฮโดรเจนอะตอม (H+) ทำให้สภาวะความเป็นกรดด่างภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ไม่สมดุล โครงสร้างโปรตีนต่างๆ ของจุลินทรีย์ เช่น ดีเอ็นเอและเอนไซม์เกิดการเสียสภาพจึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556) การเปลี่ยนสารประกอบโปรตีนต่างๆ ที่ให้กลิ่นเหม็นเน่า เช่น แอมโมเนีย, TMA - N, DMA, เมทิลเอมีน และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้อันเกิดจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมาย่อยสลายโปรตีนนั้นเกิดได้ช้าลง และวิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นทั้ง antioxidant และ pro-oxidant ที่รบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อปฏิกิริยาออกซิเดชันถูกชะลอลงกลิ่นหืนจึงเกิดน้อยลงตามไปด้วย (Yen et al., 2002; Song et al., 2011) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu & Pan (2004) พบว่าตัวอย่างปลาแซลมอน (*Salmo salar*) ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากชาเขียวเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยว่าตัวอย่างควบคุม ทำให้เก็บรักษาตัวอย่างเนื้อปลาได้นานกว่าและเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ช้ากว่าตัวอย่างควบคุม ส่วน Esaiassen et al. (2005) พบว่าเนื้อปลาคอดที่แช่วิตามินซี 0.5% นาน 5 นาที มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้แช่วิตามินซี

รวมทั้ง Nirmal and Benjakul (2012) พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ดิบ และทรงพล สงวนทรัพย์ และคณะ (2560) ที่พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มที่เคลือบด้วยสารผสมระหว่างชาเขียวและกรดแอสคอร์บิกนั้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ระดับความเข้มข้นของวิตามินซีที่ 2.5% ส่งผลให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับกลิ่นของเนื้อหมึกต้มน้อยกว่าระดับความเข้มข้นของวิตามินซี 1.5% เกิดจากความเข้มข้นของวิตามินซีที่มากขึ้น มีผลทำให้ pH มากขึ้นทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะความเป็นกรดด่างต่ำเกิดการเจริญขึ้น การเกิดกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นเหม็นเปรี้ยวจึงมีมากกว่าการใช้วิตามินซีที่ความเข้มข้น 1.5%

2.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 – 2 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติสำหรับตัวอย่างในทุกชุดการทดลอง ในระดับมากที่สุดคือ 4.85 - 5.00 คะแนน โดยมีความหวานของเนื้อหมึก มีความฉ่ำน้ำของเนื้อ และมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ซึ่งในเนื้อหมึกนั้นมีกรดอะมิโนอิสระและสารประกอบนิวคลีโอไทด์ เช่น 5′ - inosine monophosphate (IMP), 5′ - guanosine monophosphate (GMP), and 5′ - adenosine monophosphate (AMP) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการลิ้มรสอูมามิของเนื้อหมึกต้ม (Yue et al., 2015) แต่หลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อหมึกต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะรสชาติของเนื้อหมึกจืดลงจนกระทั่งเกิดรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว เฝื่อนและคาวที่รุนแรง ซึ่งรสชาติที่ผิดปกติเหล่านี้เกิดจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์รวมกับเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อหมึกบางส่วนไปย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ที่มีในเนื้อหมึก เช่น ไขมันและโปรตีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างโปรตีน กรดอะมิโนอิสระ และสารประกอบนิวคลีโอไทด์ต่างๆ ที่เคยให้รสหวานตามธรรมชาติของเนื้อหมึกถูกทำลายลง อีกทั้งการย่อยสลายโปรตีนยังทำให้เกิดกรดอะมิโนอิสระแอสพาร์ติกที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว และกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีนที่ทำให้เกิดรสขม (Aristoy, et al., 2010; Fuentes et al., 2009) และอาจเกิดการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแล็คติกได้เนื้อหมึกจึงมีรสเปรี้ยว นอกจากนี้เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิชันมากขึ้นทำให้เกิดสารประกอบอัลดีไฮด์ คีโตนและแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ที่ทำให้กลิ่นรสของเนื้อหมึกผิดปกติ (Okuzumi and Fujii, 2000) จนทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรสชาติลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Deng et al. (2014) ที่ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในหมึกที่ผ่านการอบแห้ง พบว่า ในเนื้อหมึกมีกรดอะมิโนเปปไทด์ที่มีผลโดยตรงกับรสชาติของเนื้อหมึก เมื่อโปรตีนและกรดอะมิโนเปปไทด์ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์มีมากขึ้นเนื้อหมึกมีรสชาติจางลงและ

เกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์มากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของรัชดาภรณ์ อาจพงษ์และคณะ (2560) พบว่าการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม (*Perna viridis*) ที่เคลือบชาเขียวและวิตามินซีทั้งที่บรรจุแบบสภาพบรรยากาศปกติและการปรับสภาพบรรยากาศมีคะแนนการยอมรับลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่มากขึ้น

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกต้มในชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวในระดับความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) และ T125 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5%) นั้น ในวันที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติค่อนข้างคงที่ระหว่าง 4.85– 5.00 คะแนน และในวันที่ 4-14 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวได้รับคะแนนการยอมรับรสชาติจากผู้ทดสอบมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและเคลือบสารละลายอัลจิเนต และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) แสดงให้เห็นว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวไม่ได้ทำให้เนื้อหมึกต้มเกิดรสชาติที่ผิดปกติไปและยังส่งผลดีในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากชาเขียวและวิตามินซีช่วยทำให้จุลินทรีย์ชะลอการสร้างเอนไซม์ที่ไปย่อยสลายสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อหมึก กรดอะมิโนอิสระรวมทั้งสารประกอบนิวคลีโอไทด์ที่ให้กลิ่นรสเฉพาะของเนื้อหมึกถูกทำลายช้าลง การเกิดสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ เช่นเอมีน, แอมโมเนีย, TMA มีน้อยลง (Perumalla and Hettiarachchy, 2011) ชาเขียวและวิตามินซียังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant (Yen et al., 2002; Song et al., 2011) จึงช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อหมึกได้ทำให้รสชาติผิดปกติต่างๆ มีน้อย ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเคลือบวิตามินซีและชาเขียว แต่การใช้ปริมาณวิตามินซีที่ 2.5% ในชุดการทดลอง T125 นั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับรสชาติของเนื้อหมึกต้มน้อยกว่าการใช้ปริมาณวิตามินซีที่ 1.5% เพราะปริมาณวิตามินซีที่มากขึ้น มีผลทำให้ pH มากขึ้นทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะความเป็นกรดด่างต่ำเกิดการเจริญขึ้น และอาจมีผลทำให้โปรตีนบางส่วนเกิดการเสียสภาพ ดังนั้นการเกิดรสชาติที่ผิดปกติไปจึงมีมากกว่าการใช้วิตามินซีที่ความเข้มข้น 1.5% สอดคล้องกับงานวิจัยของทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ (2560) พบว่าการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้ม (*L. vannamei*) ทั้งชุดการทดลองที่ไม่เคลือบและที่เคลือบสาระลายชาเขียวผสมวิตามินซีที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นมีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่มากขึ้นรวมทั้งชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซีน้อยได้รับคะแนนการยอมรบด้านรสชาติมากกว่าชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซี

มากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 วัน และ Banon et al. (2007) ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิก ชาเขียวและสารสกัดจากเมล็ดองุ่นต่อการเพิ่มอายุการเก็บรักษาของแพตตี้เนื้อวัวก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับรสชาติของเนื้อวัวที่เคลือบด้วยกรดแอสคอร์บิกและเคลือบด้วยชาเขียวได้ดีที่สุด สามารถเก็บรักษาได้นาน 9 วัน ส่วน Nirmal and Benjakul (2011) พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) สดแช่เย็นที่ใช้ชาเขียวร่วมกับกรดแอสคอร์บิกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่า ชุดการทดลองที่มีการใช้ชาเขียวเพียงอย่างเดียวที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ นั้นหมายถึงการใช้ชาเขียวร่วมกับกรดแอสคอร์บิกมีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงรสชาติของเนื้อกุ้งต้มได้ดีกว่าการใช้ชาเขียวเพียงอย่างเดียว

2.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน ในเนื้อหมึกต้มทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไป เนื้อหมึกต้มทุกชุดการทดลองได้รับคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) สาเหตุเกิดจากโครงสร้างของโปรตีนในกล้ามเนื้อของหมึกถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นทำให้โครงสร้างของโปรตีนทำให้หมู่ที่ชอบน้ำของโปรตีนออกสู่ภายนอกมากขึ้น เกิดการสูญเสียน้ำในกล้ามเนื้อช่องว่างในโครงสร้างของกล้ามเนื้อมีมากขึ้นทำให้เนื้อหมึกนิ่มลง (อดิศรา ตันตสุทธิกุล, 2553, สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wachirasiri et al. (2012) พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา และอดิศรา ตันตสุทธิกุล (2553) ศึกษาคุณภาพของหมึกกล้วย (*Loligo duvauceli*) และหมึกกระดอง (*Sepia pharaonic*) ในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อสัมผัสของหมึกนิ่มเละมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

รวมทั้งยังพบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินและชาเขียวมีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสมากกว่าเนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลาย และที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต โดยระดับความเข้มข้นของวิตามินซีและชาเขียวที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T115 (ชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5%) รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125), เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และไม่เคลือบสารละลาย (TCC) ตามลำดับ เนื่องจากคาเทชินในชาเขียวที่ไปทำลายไขมันที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ในชั้นที่เรียกว่า phospholipid (Jeon et al., 2002) จึงช่วยชะลอการเน่าเสียได้ ในอีกส่วนหนึ่งคือวิตามินซีนั้นช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้การสลายตัวของโปรตีนเกิดน้อยลงและวิตามินซียังสามารถจับกับออกซิเจน

(oxygen scavenger) ทำให้มีสมบัติในการเป็นตัวหยุดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free radical chain terminator) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันช้าลงซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นตัวกระตุ้นการสลายตัวของโปรตีนได้อีกทางหนึ่งด้วย แต่ความเข้มข้นของวิตามินซีที่ 2.5% ในชุดการทดลอง T125 นั้นทำให้เกิดความเป็นกรดด่างต่ำลงและอาจทำให้โปรตีนบางส่วนเสื่อมสภาพจากภาวะความเป็นกรดดังกล่าวการสลายตัวของโปรตีนจึงเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% สูงกว่าการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Banon et al. (2007) ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิก ชาเขียวและสารสกัดจากเมล็ดองุ่นต่อการรักษาคุณภาพแพตตี้เนื้อ พบว่า ผู้สดสอบยอมรับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของแพตตี้เนื้อที่เคลือบด้วยกรดแอสคอร์บิกและที่เคลือบด้วยชาเขียวได้ดีที่สุด ทำให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นาน 9 วัน และงานวิจัยของทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ (2560) พบว่าผู้ทดสอบมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้ม (*L. vannamei*) ที่เคลือบสาระลายชาเขียวผสมวิตามินซีมากกว่าการไม่เคลือบสารละลายและชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซีน้อยได้รับคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่ากว่าชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของวิตามินซีมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น เป็นเวลา 24 วัน

เมื่อพิจารณาคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ พบว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้านมากกว่าเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของวิตามินซีที่มากเกินไปอาจทำให้มีการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะความเป็นกรดด่างต่ำและทำให้โปรตีนบางส่วนเกิดการเสียสภาพจากการมีความเป็นกรดด่างต่ำส่งผลให้โปรตีนถูกย่อยสลายได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าสัตว์น้ำแต่ละชนิดจะมีสาเหตุการเน่าเสียคล้ายกันแต่เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน รวมทั้งลักษณะการแปรรูปที่แตกต่างกัน ดังนั้นระดับความเข้มข้นของวิตามินซีและชาเขียวที่เหมาะสมในแง่ของการรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบอาจแตกต่างกันไป ได้แก่ ผลการศึกษาของ Xi et al. (2012) พบว่าเนื้อหอยนางรมที่เคลือบด้วยชาเขียว 10% มีจำนวนจุลินทรีย์ทนเย็นน้อยลง และ Nirmal and Benjakul (2011) พบว่าการเคลือบชาเขียว 0.5-1% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการเพิ่มขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุ้งขาวดิบได้ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาด้วยความเย็นนาน 12 วัน ส่วนระดับความเข้มข้นของวิตามินซีที่เหมาะสมในสัตว์น้ำแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันออกไปเช่นกัน โดย Song et al. (2011) พบว่าการเคลือบปลา *Megalobrama amblycephala* ด้วยวิตามินซี 5% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้เป็นอย่างดี แต่หาก

ต้องการยืดอายุการเก็บรักษาปลา Sole (*Solea solea* L.) ควรใช้ความเข้มข้นของวิตามินซี 1.7% (Zambuchini *et al*, 2008) ความเข้มข้นของวิตามินซี 0.001% ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีผลต่อลักษณะด้านประสาทสัมผัสของ Newfoundland blue mussel (*Mytilus edulis*) ได้ดีที่สุด (Khan et al., 2006) ส่วนการใช้สารละลายผสมระหว่างวิตามินซีและชาเขียวในสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความแตกต่างของระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมแตกต่างกัน โดยหากเป็นเนื้อหอยแมลงภู่ต้ม คือ ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (สวามินี ธีระวุฒิและคณะ, 2559) แต่สำหรับเนื้อกุ้งขาวต้ม คือ ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% (ทรงพล สงวนทรัพย์และคณะ, 2560) ในขณะที่กุ้งขาวดิบนั้นอยู่ที่ ชาเขียว 0.1% และกรดแอสคอร์บิก 0.005-0.01% (Nirmal and Benjakul , 2012)

หากพิจารณาเพียงจากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นที่ได้รับคะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะอื่น (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ที่ระดับคะแนนต่ำกว่า 3 คะแนน เพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียว เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 22 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 20 วัน ส่วนการเคลือบสารละลายอัลจิเนตสามารถเก็บรักษาได้ 12 และการไม่เคลือบสารละลายทำให้เนื้อหมึกต้มมีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

เนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุกด้านช้ากว่าเนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสาระลายทั้งสอง และการเคลือบเนื้อหมึกต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลชีววิทยาได้ดีที่สุด ส่วนการเคลือบเนื้อหมึกต้มด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (การยอมรับด้านกลิ่นมีระดับคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน) และความปลอดภัยของผู้บริโภค (อาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/กรัม) พบว่าค่าทางจุลชีววิทยามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิดมาตรฐานเร็วกว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัส ดังนั้นสำหรับการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว และวิตามินซีในการทดลองครั้งนี้จึงพิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ทำให้เนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% (T125) และเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% (T115) มีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน คือ 18 วัน ส่วนเนื้อหมึกต้มที่เคลือบสารละลายอัลจิเนต (TAC) และเนื้อหมึกต้มที่ไม่เคลือบสารละลาย (TCC) นั้นมีอายุการเก็บรักษา 10 วัน เท่ากัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เพิ่มการตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ เช่น กลุ่มจุลินทรีย์ทนความเย็น จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก จะทำให้สามารถบ่งชี้กลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียผลิตภัณฑ์ได้

2.2 เพิ่มการตรวจสอบดัชนีคุณภาพทางเคมีเพื่อสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการเป็น antioxidant ได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

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

กรมประมง. (2550). *คู่มือการจำแนกหมึกครอบครัว Loliginidae.* วันที่ค้นข้อมูล 16 ธันวาคม 2560, เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go./marine/MT%CA%D4%A7%CB%D2%A4%C150.pdf

กรมประมง. (2553). *แหล่งเรียนรู้ด้านประมง: สารอาหาร.* วันที่ค้นข้อมูล 10 มกราคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.aquatoyou.com/index.php/2013-05-13-09-04-34/780-2013-05-13-10-36-16

กรมประมง. (2557). *ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าประมงทั้งหมดของไทยไปประเทศต่าง ๆ ปี พ.ศ. 2550 – 2557* กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมง-ต่างประเทศ. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

จุรีรัตน์ ดาดวง. (2555). *วิตามิน*. คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

ณัฐชยา บุญมา สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). คุณภาพทางจุลชีววิทยาและเคมีของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทม์ ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9”*, 23-32.

ปริยานุช อินทร์รอด. (2551). *ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและประมาณสารประกอบฟีนอลรวมของสารสกัดจากต้นแร้วหอมและว่านสาวหลง*. ชลบุรี: สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์

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

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2556). โครงสร้างของกาเฟอีน. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4088/caffeineกาแฟอีน

ทรงพล สงวนทรัพย์ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). การยืดอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกุ้งขาวสุกระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9"*, 141-152.

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

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

วีรานุช หลาง. (2555). คู่มือตรวจวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. (2557). ปลาหมึก. วันที่ค้นข้อมูล 5 พฤษภาคม 2560, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1973/ปลาหมึก

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

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

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

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

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

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). *คู่มือปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.* วันที่เข้าค้นข้อมูล 1 ธันวาคม 2560, เข้าถึงได้จาdhttp://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf

อดิศรา ตันตสุทธิกุล. (2553). *การศึกษาดัชนีคุณภาพของหมึกกล้วยและหมึกกระดองระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่ในน้ำแข็งและการแช่เยือกแข็ง.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอิร์ล มินเดลล์. (2553). *วิตามินไบเบิล.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: อัมรินทร์สุขภาพ.

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. (^{17}th ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Inc Maryland.

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

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

Banon, S., Diaz, P., Rodrıiguez, P., Garrido, M.D. & Price, A. (2007). Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. *Meat Science, 77*, 626 – 633.

Benjakul, S., Visessanguan, W., & Tanaka, M. (2004). Induced formation of dimethylamine and formaldehyde by lizardfish (*Saurida micropectoralis*) kidney trimethylamine-N-oxide demethylase. *Food Chemistry, 84*(2), 297-305.

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

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.

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

Deng, Y., Luo, Y., Wanga, Y. & Zhao, Y. (2014). Effect of different drying methods on the myosin structure, amino acid composition, protein digestibility and volatile profile of squid fillets. *J. Food Chemistry., 171*, 168 – 176.

Dong, L., Zhu, J., Li, X. & Li, J. (2012). Effect of tea polyphenols on the physical and chemical characteristics of dried-seasoned squid (*Dosidicus gigas*) during storage. *Food control. 31*(1), 586 – 529.

Ebina, H., Nagashima, Y., Ishizaki, S. & Taguchi, T. (1995). Myosin heavy chain-degrading proteinase from spear squid muscle. *Food Res. Int. 28*, 31 - 36.

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.

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

FDA. (2001). Bacteriological analytical manual. Retrieved frohttp://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070149.htm

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

Fereahtian, M. M., Kamani, H. M., Zenoozian, M. S., Rigi, S., & Safari, O. (2014). The effect of green tea on bacterial changes in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) refrigerated at a temperature of 4±1 °C. *Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST), 18*(2), 501-504. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.002

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.

Hanabe, M. Kousu, S., Okada, Y. & Sugiyama, M. (1989). *Utilizion of squid*. Company Limited. Tokyo.

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.

Hatano, T., Tsugawa, M., Kusuda, M., Taniguchi, S., Yoshida, T., Shiota, S., & Tsuchiya, T. (2008). Enhancement of antibacterial effects of epigallocatechin gallate, using ascorbic acid. *Phytochemistry, 69*, 3111-3116.

Hurtado, J.L., Borderias, J., Montero, P. & An, H. (1999). Charaterization of proteolytic activity in octopus (*Octopus vulgaris*) arm muscle. *J. Food Biochem*., *23,* 469 - 483.

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

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

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

Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M.G. & Savvaidis, I.N. (2009). Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4 $^{\circ}$C. *Food Chemistry., 115*, 169 – 175.

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

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

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

Liu, Y.J. & Pan, B.S. (2004). Inhibition of fish gill lipoxygenase and blood thinning effects of green tea extract. J*. Agric. Food Chem. 52*, 4860 - 4864.

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

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

Mitsumoto, M., Grady, M.N., Kerry, J.P. & Buckley, D.J. (2005). Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. Meat Science, 69, 773 – 779.

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 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.

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

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. doi: 10.1007/s11947-010-0483-5

Okuzumi, M. & Fujii, T. (2000). *Nutritional and functional properties of squid and cuttlefish*. National Cooperative Association of squid Proocessors. Tokyo.

Otwell, W.S. & Hamann, D. (1979). Textural characterization of squid eletron microscopy of cooked mantle. *J. Food Sci., 44*, 1629 - 1635.

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

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

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

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

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

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

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

Sungsri – in, R., Benjakul, S. & Kijroongrojana, K. (2010). Pink discoloration and quality changes of squid (*Loligo formosana*) during iced storage. Food Science and Technology. 44, 206 – 213.

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

Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessanguan W., & Decker, E. (2006). Development of yellow pigmentation in squid (*Loligo peali*) as a result of lipid oxidation. *J. Agric. Food chem., 54*, 956 – 962.

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Clavería, R., Quispe, I., Vergara, J., Uribe, E., Paez, H., & Di Scala, K. (2011). Effect of air temperature on drying kinetics and quality characteristics of osmo-treated jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *LWT - Food Science and Technology, 44*(1), 16-23.

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.

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*, 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

Yue, J., Zhang, Y., Jin, Y., Deng, Y. & Zhao, Y. (2015). Impact of high hydrostatic pressure on non-volatile and volatile compounds of squid muscles. *Food Chemistry., 194*, 12 – 19.

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

Zaragozá, P., Fuentes, A., Ruiz-Rico, M., Vivancos, J.L., Fernández-Segovia, I., Ros-Lis, J.V., Barat, J.M., & Martínez-Máñez, R. (2015). Development of a colorimetric sensor array for squid spoilage assessment. Food Chem., 175, 315-321.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	7.00_{a}^{D} ± 0.02	6.92_{a}^{C} ± 0.01	6.43_{a}^{A} ± 0.02	6.50_{a}^{B} ± 0.02
2	6.98_{a}^{C} ± 0.03	6.98_{b}^{C} ± 0.04	6.48_{ab}^{A} ± 0.01	6.55_{b}^{B} ± 0.01
4	7.01_{a}^{B} ± 0.02	7.00_{b}^{B} ± 0.03	6.51_{bc}^{A} ± 0.00	6.56_{b}^{A} ± 0.04
6	7.06_{ab}^{D} ±0.01	6.98_{b}^{C} ± 0.01	6.53_{bcd}^{A} ± 0.04	6.57_{b}^{B} ± 0.02
8	7.08_{ab}^{D} ± 0.01	6.99_{b}^{C} ± 0.01	6.56_{cde}^{A} ± 0.02	6.60_{c}^{B} ± 0.04
10	7.13_{b}^{B} ± 0.14	7.03_{c}^{B} ± 0.01	6.59_{de}^{A} ± 0.01	6.68_{cd}^{A} ± 0.04
12	7.14_{b}^{C} ± 0.05	7.11_{d}^{C} ± 0.00	6.62_{ef}^{A} ± 0.04	6.72_{d}^{B} ± 0.06
14	-	7.16_{e}^{C} ± 0.00	6.68_{fg}^{B} ± 0.02	6.77_{d}^{A} ± 0.01
16	-	-	6.73_{gh} ± 0.04	6.82_{e} ± 0.01
18	-	-	6.78_{hi} ± 0.02	6.84_{e} ± 0.01
20	-	-	6.83_{i} ± 0.80	6.98_{f} ± 0.02
22	-	-	6.92_{j} ± 0.05	7.06_{g} ± 0.05

ตารางผนวกที่ ก - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	2.85_{a}^{B} ± 0.35	2.87_{a}^{B} ± 0.08	0.56_{a}^{A} ± 0.00	0.84_{a}^{A} ± 0.00
2	4.29_{b}^{B} ± 0.43	3.87_{b}^{B} ± 0.43	1.73_{b}^{A} ± 0.21	2.15_{b}^{A} ± 0.21
4	5.55_{c}^{D} ± 0.08	4.90_{c}^{C} ± 0.00	2.15_{bc}^{A} ± 0.08	3.22_{c}^{B} ± 0.37
6	7.23_{d}^{D} ± 0.29	6.49_{d}^{C} ± 0.08	2.29_{c}^{A} ± 0.29	3.27_{c}^{B} ± 0.49
8	10.27_{e}^{C} ± 0.08	7.84_{e}^{B} ± 0.14	3.83_{d}^{A} ± 0.43	3.92_{d}^{A} ± 0.00
10	14.09_{f}^{C} ± 0.57	9.66_{f}^{B} ± 0.14	5.32_{e}^{A} ± 0.37	5.69_{e}^{A} ± 0.29
12	16.89_{g}^{D} ± 0.43	11.20_{g}^{C} ± 0.42	4.90_{ef}^{A} ± 0.00	6.39_{f}^{B} ± 0.16
14	21.11_{h}^{D} ± 0.10	12.69_{h}^{C} ± 0.08	5.74_{f}^{A} ± 0.24	7.51_{g}^{B} ± 0.08
16	23.57_{i}^{C} ± 0.40	13.81_{i}^{B} ± 0.32	8.49_{g}^{A} ± 0.49	8.87_{h}^{A} ± 0.08
18	26.09_{j}^{D} ± 0.45	16.57_{j}^{C} ± 0.29	9.43_{h}^{A} ± 0.21	10.69_{i}^{B} ± 0.45
20	29.63_{k}^{D} ± 0.24	17.13_{k}^{C} ± 0.16	12.79_{i}^{A} ± 0.21	13.86_{j}^{B} ± 0.48
22	32.85_{l}^{D} ± 0.08	23.19_{l}^{C} ± 0.08	17.85_{j}^{A} ± 0.44	19.97_{k}^{B} ± 0.35

ตารางผนวกที่ ก - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	0.56_{bc}^{C} ± 0.00	0.42_{a}^{B} ± 0.00	0.07_{a}^{A} ± 0.00	0.09_{a}^{A} ± 0.00
2	0.42_{a}^{D} ± 0.08	0.37_{a}^{C} ± 0.00	0.28_{ab}^{B} ± 0.00	0.28_{ab}^{A} ± 0.00
4	0.42_{ab}^{C} ± 0.01	0.42_{a}^{C} ± 0.00	0.28_{ab}^{A} ± 0.00	0.35_{ab}^{B} ± 0.00
6	0.56_{bc}^{C} ± 0.00	0.51_{ab}^{BC} ± 0.04	0.35_{ab}^{A} ± 0.00	0.47_{bc}^{B} ± 0.08
8	0.65_{bcd}^{C} ± 0.05	0.63_{b}^{C} ± 0.01	0.48_{b}^{A} ± 0.00	0.55_{bc}^{B} ± 0.02
10	1.96_{cd}^{B} ± 0.00	0.84_{c}^{C} ± 0.00	0.56_{b}^{A} ± 0.00	0.70_{c}^{B} ± 0.00
12	1.96_{d}^{D} ± 0.00	1.73_{d}^{C} ± 0.08	0.98_{c}^{A} ± 0.00	1.12_{d}^{B} ± 0.00
14	2.38_{e}^{B} ± 0.14	2.30_{e}^{B} ± 0.19	1.19_{cd}^{A} ± 0.01	1.31_{d}^{A} ± 0.08
16	3.73_{f}^{D} ± 0.21	2.61_{f}^{C} ± 0.08	1.45_{d}^{A} ± 0.21	1.87_{e}^{B} ± 0.16
18	6.53_{g}^{D} ± 0.21	4.85_{g}^{C} ± 0.08	2.47_{e}^{A} ± 0.49	3.13_{f}^{B} ± 0.16
20	8.91_{h}^{D} ± 0.08	7.42_{h}^{C} ± 0.08	5.32_{f}^{A} ± 0.08	5.83_{g}^{B} ± 0.45
22	9.29_{h}^{C} ± 0.29	9.15_{i}^{C} ± 0.20	7.14_{g}^{A} ± 0.20	7.79_{h}^{B} ± 0.29

ตารางผนวกที่ ก - 4 ปริมาณความชื้นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณความชื้น (%) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	23.81_{a}^{C} ± 0.10	22.18_{a}^{B} ± 0.29	20.42_{a}^{A} ± 0.34	20.48_{a}^{A} ± 0.19
2	23.79_{a}^{B} ± 0.32	23.73_{b}^{B} ± 0.15	21.11_{b}^{A} ± 0.28	21.38_{b}^{A} ± 0.20
4	25.02_{b}^{C} ± 0.28	24.31_{c}^{B} ± 0.29	21.28_{b}^{A} ± 0.11	21.68_{b}^{A} ± 0.29
6	26.58_{c}^{C} ±0.29	24.97_{d}^{B} ± 0.27	21.77_{c}^{A} ± 0.14	22.17_{c}^{A} ± 0.14
8	27.96_{d}^{C} ± 0.19	25.48_{e}^{B} ± 0.25	22.07_{cd}^{A} ± 0.22	22.31_{c}^{A} ± 0.31
10	28.95_{e}^{C} ± 0.33	25.60_{e}^{B} ± 0.31	22.30_{de}^{A} ± 0.15	22.50_{cd}^{A} ± 0.31
12	29.77_{f}^{D} ± 0.22	26.47_{f}^{C} ± 0.22	22.51_{e}^{A} ± 0.13	22.85_{de}^{B} ± 0.12
14	-	27.78_{g}^{C} ± 0.27	22.58_{e}^{A} ± 0.24	23.21_{ef}^{B} ± 0.27
16	-	-	22.66_{e}^{A} ± 0.11	23.54_{f}^{B} ± 0.25
18	-	-	22.71_{e}^{A} ± 0.19	23.58_{f}^{B} ± 0.04
20	-	-	23.31_{f}^{A} ± 0.18	24.14_{g}^{B} ± 0.17
22	-	-	24.16_{g}^{A} ± 0.31	25.19_{h}^{B} ± 0.20

ตารางผนวกที่ ก - 5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
2	$1.18_{a}^{C} \pm 0.44$	$0.64_{a}^{B} \pm 0.16$	$0.50_{a}^{A} \pm 0.39$	$0.55_{a}^{A} \pm 0.34$
4	$2.86_{b}^{B} \pm 0.19$	$2.23_{b}^{B} \pm 0.42$	$1.32_{b}^{A} \pm 0.21$	$1.37_{b}^{A} \pm 0.44$
6	$4.36_{c}^{C} \pm 0.45$	$3.99_{c}^{B} \pm 0.12$	$2.44_{c}^{A} \pm 0.38$	$3.00_{c}^{A} \pm 0.10$
8	$6.42_{d}^{C} \pm 0.28$	$5.71_{d}^{B} \pm 0.39$	$3.64_{d}^{A} \pm 0.40$	$3.82_{d}^{A} \pm 0.28$
10	$8.22_{e}^{C} \pm 0.26$	$7.34_{d}^{B} \pm 0.31$	$4.29_{d}^{A} \pm 0.26$	$4.75_{d}^{A} \pm 0.13$
12	$9.38_{f}^{D} \pm 0.01$	$8.82_{e}^{C} \pm 0.24$	$5.82_{e}^{A} \pm 0.28$	$6.19_{e}^{B} \pm 0.33$
14	$11.55_{g}^{D} \pm 0.30$	$10.28_{f}^{C} \pm 0.12$	$6.59_{f}^{A} \pm 0.40$	$7.20_{f}^{B} \pm 0.35$
16	$13.00_{h}^{D} \pm 0.25$	$11.43_{g}^{C} \pm 0.22$	$7.57_{g}^{A} \pm 0.16$	$8.35_{g}^{B} \pm 0.22$
18	$14.45_{i}^{D} \pm 0.25$	$12.63_{h}^{C} \pm 0.15$	$9.33_{h}^{A} \pm 0.09$	$10.27_{h}^{B} \pm 0.25$
20	$16.76_{j}^{D} \pm 0.07$	$14.40_{i}^{C} \pm 0.21$	$10.21_{i}^{A} \pm 0.44$	$11.52_{i}^{B} \pm 0.37$
22	$18.60_{k}^{D} \pm 0.30$	$17.50_{j}^{C} \pm 0.43$	$11.74_{j}^{A} \pm 0.22$	$12.69_{j}^{B} \pm 0.39$

ตารางผนวกที่ ก - 6 ค่าสี L* ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี L* ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	41.52_{g}^{D} ± 0.17	42.52_{h}^{C} ± 0.24	36.02_{l}^{A} ± 0.27	37.11_{l}^{B} ± 0.11
2	38.37_{f}^{D} ± 0.19	39.05_{g}^{C} ± 0.78	35.00_{k}^{A} ± 0.25	36.16_{k}^{B} ± 0.47
4	35.55_{e}^{D} ± 0.16	36.59_{f}^{C} ± 0.15	32.82_{j}^{A} ± 0.32	33.26_{j}^{B} ± 0.05
6	32.64_{d}^{C} ± 0.56	34.24_{e}^{B} ± 0.25	30.86_{i}^{A} ± 0.27	31.21_{i}^{A} ± 0.24
8	30.94_{c}^{D} ± 0.32	32.51_{d}^{C} ± 0.22	29.46_{h}^{A} ± 0.43	30.43_{h}^{B} ± 0.19
10	28.63_{b}^{D} ± 0.69	29.80_{c}^{C} ± 0.19	26.27_{g}^{A} ± 0.02	27.71_{g}^{B} ± 0.29
12	25.58_{a}^{D} ± 0.04	28.26_{b}^{C} ± 0.31	24.68_{f}^{A} ± 0.22	25.30_{f}^{B} ± 0.22
14	-	25.47_{a}^{C} ± 0.23	20.65_{e}^{A} ± 0.30	22.75_{e}^{B} ± 0.18
16	-	-	17.28_{d}± 0.17	19.46_{d}± 0.23
18	-	-	15.58_{c}± 0.18	16.30_{c}± 0.35
20	-	-	12.58_{b}± 0.43	13.48_{b}± 0.23
22	-	-	9.49_{a}± 0.40	10.42_{a}± 0.34

ตารางผนวกที่ ก - 7 ค่าสี a* ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี a* ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	$-1.64_{d}^{AB} \pm 0.47$	$-1.95_{a}^{A} \pm 0.48$	$-1.45_{a}^{B} \pm 0.22$	$-1.59_{a}^{AB} \pm 0.09$
2	$-1.69_{cd}^{A} \pm 0.29$	$-1.79_{a}^{A} \pm 0.10$	$-1.30_{b}^{B} \pm 0.05$	$-1.31_{b}^{B} \pm 0.06$
4	$-1.81_{bcd}^{A} \pm 0.57$	$-1.55_{b}^{B} \pm 0.13$	$-1.23_{b}^{C} \pm 0.02$	$-1.31_{b}^{B} \pm 0.05$
6	$-1.99_{bcd}^{A} \pm 0.37$	$-1.44_{bc}^{B} \pm 0.13$	$-1.00_{c}^{C} \pm 0.02$	$-1.18_{b}^{C} \pm 0.05$
8	$-2.03_{abc}^{A} \pm 0.23$	$-1.31_{cd}^{B} \pm 0.02$	$-0.72_{d}^{C} \pm 0.33$	$-1.01_{c}^{D} \pm 0.05$
10	$-2.11_{ab}^{A} \pm 0.20$	$-1.21_{de}^{B} \pm 0.04$	$-0.36_{e}^{D} \pm 0.13$	$-0.68_{d}^{C} \pm 0.35$
12	$-2.37_{a}^{A} \pm 0.33$	$-1.08_{e}^{B} \pm 0.05$	$0.25_{f}^{C} \pm 0.14$	$0.13_{e}^{C} \pm 0.03$
14	-	$-0.61_{f}^{A} \pm 0.10$	$0.74_{g}^{C} \pm 0.16$	$0.59_{f}^{B} \pm 0.10$
16	-	-	$1.13_{h} \pm 0.05$	$1.02_{g} \pm 0.03$
18	-	-	$1.37_{i} \pm 0.03$	$1.25_{h} \pm 0.04$
20	-	-	$1.46_{i} \pm 0.04$	$1.30_{h} \pm 0.05$
22	-	-	$1.55_{i} \pm 0.07$	$1.49_{i} \pm 0.27$

ตารางผนวกที่ ก - 8 ค่าสี b* ของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี b* ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	$-2.50_{a}^{A} \pm 0.26$	$-2.44_{a}^{A} \pm 0.08$	$-2.24_{a}^{B} \pm 0.04$	$-1.96_{a}^{C} \pm 0.07$
2	$-2.18_{b}^{A} \pm 0.02$	$-2.04_{b}^{B} \pm 0.06$	$-1.86_{b}^{C} \pm 0.11$	$-1.70_{b}^{D} \pm 0.04$
4	$-1.94_{c}^{A} \pm 0.11$	$-1.74_{c}^{B} \pm 0.05$	$-1.55_{c}^{C} \pm 0.06$	$-1.38_{c}^{D} \pm 0.02$
6	$-1.66_{d}^{A} \pm 0.40$	$-1.54_{d}^{A} \pm 0.07$	$-1.20_{d}^{B} \pm 0.08$	$-0.91_{d}^{C} \pm 0.03$
8	$-1.54_{e}^{A} \pm 0.02$	$-1.34_{e}^{B} \pm 0.07$	$-0.84_{e}^{C} \pm 0.06$	$-0.57_{e}^{D} \pm 0.03$
10	$-1.43_{f}^{A} \pm 0.07$	$-1.23_{ef}^{B} \pm 0.27$	$-0.18_{f}^{C} \pm 0.01$	$0.03_{f}^{D} \pm 0.01$
12	$-1.20_{g}^{A} \pm 0.03$	$-1.13_{f}^{A} \pm 0.02$	$0.41_{g}^{B} \pm 0.09$	$0.51_{g}^{C} \pm 0.06$
14	-	$-0.85_{g}^{A} \pm 0.23$	$0.81_{h}^{B} \pm 0.05$	$0.90_{h}^{B} \pm 0.01$
16	-	-	$1.15_{i} \pm 0.07$	$1.31_{i} \pm 0.02$
18	-	-	$1.44_{j} \pm 0.01$	$1.51_{j} \pm 0.02$
20	-	-	$1.62_{k} \pm 0.06$	$1.66_{k} \pm 0.03$
22	-	-	$1.81_{l} \pm 0.03$	$1.97_{l} \pm 0.03$

ตารางผนวกที่ ก - 9 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงเฉือน (g force) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	$14.19_{g}^{A} \pm 0.11$	$14.46_{h}^{A} \pm 0.50$	$16.64_{l}^{B} \pm 0.31$	$16.28_{l}^{B} \pm 0.26$
2	$12.70_{f}^{A} \pm 0.44$	$13.46_{g}^{B} \pm 0.44$	$15.39_{k}^{C} \pm 0.12$	$14.90_{k}^{C} \pm 0.09$
4	$11.91_{e}^{A} \pm 0.32$	$12.33_{f}^{A} \pm 0.53$	$14.71_{j}^{B} \pm 0.32$	$14.25_{j}^{B} \pm 0.03$
6	$10.51_{d}^{A} \pm 0.29$	$11.04_{e}^{A} \pm 0.23$	$13.71_{i}^{B} \pm 0.32$	$13.19_{i}^{B} \pm 0.45$
8	$9.49_{c}^{A} \pm 0.20$	$10.09_{d}^{B} \pm 0.16$	$12.54_{h}^{D} \pm 0.05$	$12.00_{h}^{C} \pm 0.10$
10	$7.88_{b}^{A} \pm 0.10$	$8.52_{c}^{B} \pm 0.34$	$11.58_{g}^{C} \pm 0.05$	$11.22_{g}^{C} \pm 0.39$
12	$6.77_{a}^{A} \pm 0.42$	$7.82_{b}^{B} \pm 0.23$	$10.93_{f}^{D} \pm 0.03$	$10.31_{f}^{C} \pm 0.10$
14	-	$7.01_{a}^{A} \pm 0.05$	$10.43_{e}^{C} \pm 0.11$	$9.84_{e}^{B} \pm 0.10$
16	-	-	$9.76_{d}^{A} \pm 0.28$	$9.06_{d}^{A} \pm 0.11$
18	-	-	$8.22_{c}^{A} \pm 0.12$	$7.65_{c}^{A} \pm 0.10$
20	-	-	$6.26_{b}^{A} \pm 0.28$	$5.28_{b}^{A} \pm 0.40$
22	-	-	$4.09_{a}^{A} \pm 0.04$	$3.04_{a}^{A} \pm 0.12$

ตารางผนวกที่ ก - 10 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	0.33_{a}^{A} ± 0.58	1.54_{a}^{B} ± 0.28	0.77_{a}^{AB} ± 0.68	1.10_{a}^{AB} ± 0.17
2	2.12_{b}^{B} ± 0.14	1.78_{b}^{B} ± 0.15	1.33_{b}^{A} ± 0.35	1.79_{b}^{B} ± 0.10
4	3.03_{c}^{B} ± 0.02	3.01_{c}^{AB} ± 0.00	3.00_{c}^{A} ± 0.01	3.00_{c}^{A} ± 0.02
6	3.95_{d}^{B} ± 0.06	3.94_{d}^{B} ± 0.03	3.28_{c}^{A} ± 0.02	3.33_{d}^{A} ± 0.01
8	4.34_{d}^{B} ± 0.01	4.30_{e}^{B} ± 0.00	4.00_{d}^{A} ± 0.01	4.00_{e}^{A} ± 0.03
10	5.34_{e}^{B} ± 0.03	5.32_{f}^{B} ± 0.01	4.16_{d}^{A} ± 0.02	4.18_{f}^{A} ± 0.01
12	6.24_{f}^{C} ± 0.01	6.02_{g}^{B} ± 0.04	4.30_{d}^{A} ± 0.02	4.33_{g}^{A} ± 0.01
14	-	6.34_{h}^{B} ± 0.01	5.25_{e}^{A} ± 0.01	5.26_{h}^{A} ± 0.01
16	-	-	5.33_{e}± 0.01	5.38_{i}± 0.01
18	-	-	5.73_{f}± 0.02	5.80_{j}± 0.01
20	-	-	6.29_{g}± 0.01	6.37_{k}± 0.01
22	-	-	7.24_{h}± 0.01	7.30_{l}± 0.03

ตารางผนวกที่ ก - 11 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	5.00_{g}^{B} ± 0.00	5.00_{h}^{B} ± 0.00	4.75_{k}^{A} ± 0.44	4.85_{g}^{A} ± 0.44
2^{NS}	4.90_{f} ± 0.00	4.90_{g} ± 0.51	4.90_{j} ± 0.47	4.90_{g} ± 0.41
4	4.40_{e}^{A} ± 0.00	4.65_{f}^{B} ± 0.44	4.85_{i}^{C} ± 0.47	4.90_{g}^{D} ± 0.41
6	4.05_{d}^{A} ± 0.51	4.25_{e}^{B} ± 0.51	4.65_{h}^{C} ± 0.50	4.70_{f}^{D} ± 0.50
8	3.65_{c}^{A} ± 0.51	4.00_{d}^{B} ± 0.51	4.40_{g}^{C} ± 0.50	4.50_{f}^{D} ± 0.50
10	3.45_{b}^{A} ± 0.44	3.60_{c}^{B} ± 0.37	4.35_{g}^{C} ± 0.44	4.50_{e}^{D} ± 0.64
12	3.05_{a}^{A} ± 0.41	3.30_{b}^{B} ± 0.47	4.00_{f}^{C} ± 0.51	4.10_{e}^{D} ± 0.47
14	-	3.10_{a}^{A} ± 0.37	3.80_{e}^{B} ± 0.44	3.90_{d}^{C} ± 0.37
16	-	-	3.70_{de} ± 0.49	3.80_{cd} ± 0.31
18	-	-	3.60_{c} ± 0.51	3.75_{c} ± 0.44
20	-	-	3.45_{b} ± 0.37	3.55_{b} ± 0.51
22	-	-	3.15_{a} ± 0.51	3.25_{a} ± 0.31

ตารางผนวกที่ ก - 12 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0^{NS}	$5.00_{g} \pm 0.00$	$5.00_{h} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$	$5.00_{j} \pm 0.00$
2^{NS}	$4.85_{f} \pm 0.36$	$4.90_{g} \pm 0.41$	$4.85_{i} \pm 0.37$	$4.85_{i} \pm 0.37$
4	$4.25_{e}^{A} \pm 0.22$	$4.55_{f}^{B} \pm 0.22$	$4.85_{i}^{C} \pm 0.37$	$4.80_{i}^{C} \pm 0.41$
6	$3.85_{d}^{A} \pm 0.51$	$4.10_{e}^{B} \pm 0.50$	$4.60_{h}^{C} \pm 0.47$	$4.65_{h}^{C} \pm 0.37$
8	$3.50_{c}^{A} \pm 0.32$	$3.85_{d}^{B} \pm 0.32$	$4.20_{gh}^{C} \pm 0.47$	$4.40_{g}^{D} \pm 0.37$
10	$3.25_{b}^{A} \pm 0.36$	$3.50_{c}^{B} \pm 0.37$	$4.10_{g}^{C} \pm 0.51$	$4.25_{f}^{D} \pm 0.55$
12	$2.55_{a}^{A} \pm 0.51$	$3.15_{b}^{B} \pm 0.47$	$3.75_{f}^{C} \pm 0.51$	$3.95_{e}^{D} \pm 0.22$
14	-	$2.95_{a}^{A} \pm 0.55$	$3.55_{e}^{B} \pm 0.22$	$3.70_{de}^{C} \pm 0.50$
16	-	-	$3.40_{de} \pm 0.41$	$3.60_{d} \pm 0.37$
18	-	-	$3.25_{c} \pm 0.51$	$3.45_{c} \pm 0.47$
20	-	-	$3.10_{b} \pm 0.47$	$3.35_{b} \pm 0.51$
22	-	-	$2.90_{a} \pm 0.22$	$3.05_{a} \pm 0.22$

ตารางผนวกที่ ก - 13 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0	5.00_{g}^{B} ± 0.00	5.00_{f}^{B} ± 0.00	4.85_{i}^{A} ± 0.47	5.00_{i}^{B} ± 0.00
2	4.85_{f}^{A} ± 0.51	4.90_{f}^{B} ± 0.51	4.85_{i}^{A} ± 0.37	5.00_{i}^{B} ± 0.00
4	4.30_{e}^{A} ± 0.37	4.65_{e}^{B} ± 0.47	4.70_{h}^{C} ± 0.37	4.85_{h}^{C} ± 0.37
6	3.90_{d}^{A} ± 0.60	4.20_{de}^{B} ± 0.49	4.70_{h}^{C} ± 0.47	4.85_{h}^{D} ± 0.44
8	3.60_{c}^{A} ± 0.41	4.00_{d}^{B} ± 0.60	4.30_{g}^{C} ± 0.49	4.50_{g}^{D} ± 0.41
10	3.35_{b}^{A} ± 0.51	3.60_{c}^{B} ± 0.50	4.20_{fg}^{C} ± 0.37	4.40_{f}^{D} ± 0.22
12	2.70_{a}^{A} ± 0.37	3.30_{b}^{B} ± 0.50	3.85_{f}^{C} ± 0.44	4.10_{ef}^{D} ± 0.44
14	-	3.05_{a}^{A} ± 0.31	3.60_{e}^{B} ± 0.37	3.80_{e}^{C} ± 0.49
16	-	-	3.50_{d} ± 0.51	3.70_{d} ± 0.47
18	-	-	3.30_{c} ± 0.37	3.50_{c} ± 0.51
20	-	-	3.20_{b} ± 0.37	3.40_{b} ± 0.31
22	-	-	3.00_{a} ± 0.47	3.20_{a} ± 0.51

ตารางผนวกที่ ก - 14 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตผสมวิตามินซีและชาเขียวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TCC	TAC	T125	T115
0^{NS}	5.00_{e} ± 0.00	5.00_{e} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00
2^{NS}	5.00_{e} ± 0.00	5.00_{e} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00	5.00_{j} ± 0.00
4	4.70_{d}^{A} ± 0.31	4.90_{e}^{B} ± 0.22	4.90_{j}^{B} ± 0.22	5.00_{j}^{B} ± 0.00
6	4.20_{cd}^{A} ± 0.49	4.45_{d}^{B} ± 0.51	4.55_{i}^{B} ± 0.50	4.80_{i}^{C} ± 0.49
8	4.10_{c}^{A} ± 0.47	4.35_{d}^{B} ± 0.49	4.45_{hi}^{B} ± 0.51	4.60_{h}^{C} ± 0.50
10	3.70_{b}^{A} ± 0.37	3.90_{c}^{B} ± 0.51	4.15_{g}^{C} ± 0.37	4.20_{g}^{C} ± 0.41
12	3.40_{a}^{A} ± 0.50	3.60_{b}^{B} ±0.37	3.95_{f}^{C} ± 0.51	4.00_{f}^{C} ± 0.46
14	-	3.40_{a}^{A} ±0.51	3.70_{e}^{AB} ± 0.47	3.85_{e}^{B} ± 0.37
16	-	-	3.30_{d} ± 0.47	3.45_{d} ± 0.51
18	-	-	3.10_{c} ± 0.31	3.30_{c} ± 0.47
20	-	-	2.60_{b} ± 0.50	3.00_{b} ± 0.00
22	-	-	2.40_{a} ± 0.50	2.60_{a} ± 0.50

หมายเหตุ :

TCC คือ ไม่เคลือบสารละลาย (control)

TAC คือ เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

T125 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

T115 คือ เคลือบด้วยสารละลายชาเขียว 1% และวิตามินซี 1.5% ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.002%

ประวัติผู้วิจัย

1. ผู้วิจัยหลัก

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) น.ส. สวามินี ธีระวุฒิ
   (ภาษาอังกฤษ) Miss Savaminee Teerawut
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์)
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยบูรพา
   โทรศัพท์ +66-38-103093
   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.

ณัฐชยา บุญมา สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). คุณภาพทางจุลชีววิทยาและเคมีของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทม์ ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21*(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9”, 23-32.

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

ทรงพล สงวนทรัพย์ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). การยืดอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกุ้งขาวสุกระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21*(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9”, 141-152.

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.

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

สวามินี ธีระวุฒิ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน อรัชพร บุญสัน และพรพิพัฒน์ เล็กสิงโต. (2560). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อลักษณะทางกายภาพและจุลชีววิทยาของกุ้งขาวสุกเคลือบสารละลายชาเขียวและโซเดียมแอสคอร์เบต. *วารสารแก่นเกษตร 45*(พิเศษ1), 921-928.

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2561). ผลของการใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อการรักษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของกุ้งขาว. *วารสารแก่นเกษตร 46*(พิเศษ1), 1059-1066.

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

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.

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

Teerawut, S., Kwan-on, P., Boonma, M. & Pasripat, N. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on physical and sensory properties of cooked white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) coated with alginate-based oregano essential oil. BUU Conference 2016, 251-258. (Full Proceedings)

Teerawut, S. & Arjpong, R. (2017). Microbiological and physical assessment of green mussel (*Perna viridis*) coated with green tea and ascorbic acid stored under modified atmosphere packaging. *Thammasat International Journal of Science and Technology, 22*(2), 1-9.

- *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 1 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)
6. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 1 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)
7. การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (หัวหน้าโครงการ, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558)
8. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (หัวหน้าโครงการ, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558)
9. การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม ปีที่ 1 (หัวหน้าโครงการ, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558)
10. การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม ปีที่ 2 (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559)

11. การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว (หัวหน้าโครงการวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560)

2. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน
(ภาษาอังกฤษ) Mr Patiyut Kwunon
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
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

- ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์นม วัตถุเจือปนอาหาร การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และสถิติ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- *ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์แล้ว:*

ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, นงนุช รักสกุลไทย, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. (2558). ผลของความสดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อปลาและเจลโปรตีนจากปลาอินทรีย์. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, *8*(1), 35-44.

ปราโมทย์ พรสุริยา, พรทิพย์ พรสุริยา, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2554). การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่วรุ่นในลักษณะทางพืชสวน ของแตงไทย 2 สายพันธุ์. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกครั้งที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554* (หน้า 24-26). โรงแรมชลจันทร์รีสอร์ท พัทยา, ชลบุรี.

ปราโมทย์ พรสุริยา, พรทิพย์ พรสุริยา, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2555). ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมในลักษณะทางพืชสวนของสายพันธุ์แตงไทย. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, *5*(2), 1-5.

ปราโมทย์ พรสุริยา, พรทิพย์ พรสุริยา, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2559). ความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะผลและผลผลิตของสวีทเมล่อน. *แก่นเกษตร*, *44* (ฉบับพิเศษ 1), 873-879.

พรทิพย์ พรสุริยา, ปราโมทย์ พรสุริยา, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2555). การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมในการปลูกแบบอินทรีย์ เคมีและเคมีร่วมกับอินทรีย์. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, *5*(2), 6-13.

พรทิพย์ พรสุริยา, ปราโมทย์ พรสุริยา, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2557). การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมในหลายสภาพแวดล้อม. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 6 พ.ศ. 2557* (หน้า 349-358). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ หันตรา, พระนครศรีอยุธยา.

พรทิพย์ พรสุริยา, ปราโมทย์ พรสุริยา, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2557). สมรรถนะการผสมของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ในการปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2557* (หน้า 42-47). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ชลบุรี.

พรทิพย์ พรสุริยา, ปราโมทย์ พรสุริยา, และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2558). การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวในการปลูกแบบอินทรีย์. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2558*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา.

ณัฐชยา บุญมา สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). คุณภาพทางจุลชีววิทยาและเคมีของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทม์ ภายใต้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21*(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9”, 23-32.

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

ทรงพล สงวนทรัพย์ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). การยืดอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกุ้งขาวสุกระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21*(ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9”, 141-152.

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

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

สวามินี ธีระวุฒิ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน อรัชพร บุญสัน และพรพิพัฒน์ เล็กสิงโต. (2560). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อลักษณะทางกายภาพและจุลชีววิทยาของกุ้งขาวสุกเคลือบสารละลายชาเขียวและโซเดียมแอสคอร์เบต. *วารสารแก่นเกษตร 45*(พิเศษ1), 921-928.

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2561). ผลของการใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อการรักษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของกุ้งขาว. *วารสารแก่นเกษตร 46*(พิเศษ1), 1059-1066.

Pornsuriya, P., Pornsuriya, P., & Kwan-on, P. (2014). Triple test cross analysis for Epistatic components in a cross between Thai melon (*Cucumis melo* var *conomon*) and cantaloupe (*C. melo* var. *cantalupensis*). *Presented at the 5th Rajamangala University of Technology International Conference Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi*, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand.

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

Teerawut, S., Kwan-on, P., Boonma, M. & Pasripat, N. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on physical and sensory properties of cooked white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) coated with alginate-based oregano essential oil. BUU Conference 2016, 251-258. (Full Proceedings)

Teerawut, S. & Arjpong, R. (2017). Microbiological and physical assessment of green mussel (*Perna viridis*) coated with green tea and ascorbic acid stored under modified atmosphere packaging. *Thammasat International Journal of Science and Technology, 22*(2), 1-9.

- *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. อิทธิพลของการทำ seed priming ต่อความงอกของเมล็ดและการพัฒนาของต้นกล้าแตงไทย (*Cucumis melo L. var. conomon Makino*) (The Influence of Seed Priming on Germination and Seedling Growth of Thai Melon (*Cucumis melo L. var. conomon Makino*)) (ผู้ร่วมวิจัย, งบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปี 2556)
6. การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมกากถั่วเหลือง (ผู้ร่วมวิจัย, งบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปี 2557)
7. สมรรถนะในการผสมและการปรับปรุงประชากรสวีทเมล่อนจากการผสมข้ามแบบพบกันหมด (ผู้ร่วมวิจัย, งบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปี 2557)
8. การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 1 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)
9. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 1 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557)
10. การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558)
11. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ปีที่ 2 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558)
12. การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม ปีที่ 1 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558)
13. การประยุกต์ใช้สารเคลือบกันหืนจากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้ม ปีที่ 2 (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559)
14. การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว (ผู้ร่วมวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560)