รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหย

Shelf-life Extension of Cooked White Shrimp Using Essential Oil Coating and Modified Atmosphere Packaging: Effected of Essential Oil Coating

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 54/2557

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการ การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหย
Shelf-life Extension of Cooked White Shrimp Using Essential Oil Coating and Modified Atmosphere Packaging: Effected of Essential Oil Coating

สวามินี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

เมษายน พ.ศ. 2558

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ข้าพเจ้า อ.ดร.สวามินี ธีระวุฒิ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวต้มโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (ปีที่ 1) : ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหย Shelf-life Extension of Cooked White Shrimp Using Essential Oil Coating and Modified Atmosphere Packaging: Effected of Essential Oil Coating สัญญาเลขที่ 54/2557 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 510,000 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี (ระหว่าง 1 ตุลาคม พ.ศ. 2556 - 30 กันยายน พ.ศ. 2557)

บทคัดย่อ

ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน ส่วนการลวกเนื้อกุ้งขนาด 60 - 70 ตัว/ กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส คือ 3 นาที มีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส ได้ดีที่สุด ขณะที่การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.05% ที่ผสมสารละลายอัลจิเนต 0.002% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งได้ดีที่สุด โดยทั้งที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% ช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อกุ้งต้มได้ และการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด ส่วนการเคลือบเนื้อกุ้งขาวด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 1% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีได้ดีที่สุด ในขณะที่ทั้งการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Vibrio cholerae* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ซึ่งเก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม เก็บได้เพียง 6 วัน (พิจารณาเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคในอาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g)

ข้อเสนอแนะ

เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันออริกาโนมีอายุการเก็บรักษาน้อย หากต้องการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ และสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนอาจศึกษาถึงผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นที่ผลิตได้ในประเทศ เช่น น้ำมันโหระพาหรือน้ำมันตะไคร้ต่อประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 54/2557

บทคัดย่อ

ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน ส่วนการลวกเนื้อกุ้งขนาด 60 - 70 ตัว/ กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส คือ 3 นาที มีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส ได้ดีที่สุด ขณะที่การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.05% ที่ผสมสารละลายอัลจิเนต 0.002% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งได้ดีที่สุด โดยทั้งที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% ช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อกุ้งต้มได้ และการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด ส่วนการเคลือบเนื้อกุ้งขาวด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 1% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีได้ดีที่สุด ในขณะที่ทั้งการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Vibrio cholerae* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ซึ่งเก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม เก็บได้เพียง 6 วัน (พิจารณาเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคในอาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g)

Abstract

A trained descriptive analysis panel evaluated cooked sensory attributes for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) coated with an oregano essential oil alginate based coating. There was 4 attributes as appearance, odor, flavor and texture for sensory acceptance. While odor attributes could use to be shelf life of cooked Pacific white shrimp coated with an oregano essential oil alginate-based coating. Shrimps (60 - 70 shrimps/kg.) were boiled at 95°C for 3 minute had the lowest losses in physical, chemical, microbiological and sensory quality during refrigerated storage. The effect of oregano essential oil (OEO) alginate-based coating on the quality changes of cooked Pacific white shrimp during refrigerated storage of 28 days was investigated. Four different treatments were tested: control sample (TC), alginate–based coating (TA) and coated samples with alginate–based coating incorporated with 0.5% OEO (T05) and 1.0% OEO (T10) (v/v), respectively. OEO alginate-based coating treatments (T05 and T10) effectively retarded qualities loss of cooked Pacific white shrimp. Nevertheless, T05 had higher inhibition on physical and sensory quality loss, compared with the other treatments. T10 had lowered change in chemical quality but similar total bacteria count, in comparison with T05. Therefore, 0.5% OEO alginate-based coating could be a promising inhibition of cooked Pacific white shrimp quality loss with extended shelf life. While the use of T10 and T05 extended the shelf life of cooked Pacific white shrimp by 10 days, TA for 8 days, compared to 6 days in TC treatment samples (total plate count of not exceeded 6 log CFU/g). In addition, cooked Pacific white shrimp coated with oregano essential oil alginate-based coating at all sample secure for growth of pathogenic microorganisms (Coliform bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* and *Vibrio cholerae*) as well.

สารบัญ

หน้า

บทสรุปผู้บริหาร..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ซ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 3

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 11

4 ผลการวิจัย..... 16

5 อภิปรายผลการวิจัย..... 40

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 58

เอกสารอ้างอิง..... 60

ภาคผนวก..... 67

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 67

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4 - 1 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย..... 16

4 - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 20

4 - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 21

4 - 4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 22

4 - 5 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 24

4 - 6 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 25

4 - 7 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 26

4 - 8 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 27

ตารางผนวกที่

ก - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 67

ก - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 68

ก - 3 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน..... 69

ก - **4** ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน..... 70

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 การทำงานของ hydroxyl group ต่อเซลล์จุลินทรีย์..... 9

4 – 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 18

4 – 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน..... 19

4 – 3 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน..... 29

4 – 4 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจาง ในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน..... 30

4 – 5 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจาง ในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน..... 31

4 – 6 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน..... 32

4 – 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางใน สารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน..... 34

4 – 8 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออกริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 36

4 – 9 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 วัน..... 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 – 10 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน..... 38

4 – 11 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 วัน..... 39

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ประสบความสำเร็จในด้านการพัฒนาการประมงจนสามารถติดอันดับหนึ่งในสิบของโลกที่มีผลผลิตสูง และยังติดอันดับต้นๆ ของผู้ส่งออกสินค้าประมง ปี 2553 และหนึ่งในสัตว์น้ำที่มีความสำคัญก็คือ กุ้งขาว ซึ่งผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศนับวันจะเพิ่มปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้น ปริมาณการผลผลิตในปี 2554 ของการเลี้ยงกุ้งทะเล 600,000 ตัน คิดเป็นกุ้งขาวแวนนาไม ถึงร้อยละ 99 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด เฉพาะในช่วงเดือนมกราคม- พฤศจิกายน 2554 สามารถส่งออกได้ถึง 361,460 ตัน นำรายได้เข้าประเทศคิดเป็นมูลค่ากว่า 101,138 ล้านบาท ซึ่งผลผลิตประมาณร้อยละ 30 นั้นได้จากการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด ประกอบกับแนวโน้มความต้องการของตลาดในเอเชียโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีน มีมากขึ้น ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยที่จะสามารถส่งออกกุ้งขาวจึงยังคงมีอยู่สูง (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้มากขึ้น แต่การจำหน่ายกุ้งขาวเพื่อการบริโภคภายในประเทศยังมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากกุ้งขาวมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา อีกทั้งความสดของวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูปต่างๆ ยังคงเป็นสิ่งจำเป็นในอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งเพื่อการส่งออก หรือแม้กระทั่งผู้บริโภคในประเทศที่ปัจจุบันมีวิถีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ ต้องการความสะดวกสบายในการซื้อหาวัตถุดิบมาปรุงอาหารและยังคงคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของวัตถุดิบดังกล่าว

ดังนั้น การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น จึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกุ้งขาวให้ดียิ่งขึ้น เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ และสร้างความปลอดภัยให้ผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมอุตสาหกรรมการเลี้ยงและอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งขาวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย
2. ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการลวกต่อคุณภาพเนื้อกุ้งต้ม
3. ศึกษาผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหย ต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งต้มเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพเนื้อกุ้งให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภคกุ้งขาว

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 กำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย โดยการนำเนื้อกุ้งมาต้มจนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำเนื้อกุ้งต้มมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% นาน 5 วินาที จากนั้นนำมาให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งต้มที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐาน ในการประเมินตัวอย่างเนื้อกุ้งต้มในการทดลอง

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการต้มต่อคุณภาพเนื้อกุ้ง โดยนำเนื้อกุ้งมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3, 4 และ 5 นาที ทิ้งให้เย็นจนตัวอย่างกุ้งมีอุณหภูมิ 20$\pm$1 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการเคลือบกุ้งต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้ม โดยต้มเนื้อกุ้งในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ได้จาก การทดลองที่ 2 แล้วนำเนื้อกุ้งต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เกณฑ์มาตรฐานในการวัดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย
2. ทราบถึงระยะเวลาการต้มเนื้อกุ้งที่เหมาะสมที่ไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพเนื้อกุ้งต้ม
3. ทราบถึงความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันออริกาโนที่เหมาะสมในการเคลือบเนื้อกุ้งต้มที่จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้มได้
4. สามารถนำความรู้จากงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการปรับใช้และพัฒนาอุตสาหกรรมกุ้งขาวแปรรูป

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. กุ้งขาว

1.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาว

กุ้งขาว เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก มีลำตัวขาวใส ขามีสีขาว หางสีแดงกุ้งขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* ชื่อที่เรียกกันทั่วไปคือ Pacific white shrimp, White leg shrimpเป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง มีเปลือกประกอบ ด้วยสารไคติน ห่อหุ้มลำตัว เปลือกกุ้งแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนหน้าหุ้มหัวและอกซึ่งรวมเป็นส่วนเดียวกันเรียกว่า ส่วนหัว (carapace) ส่วนลำตัว (abdomen) เป็นข้อปล้องอยู่ถัดจากหัว แต่ละปล้องมีรยางค์ 1 คู่ นัยน์ตาเป็นตารวม ก้านตาโยกคลอนได้ มีหนวด 2 คู่ มีขา 5 คู่ ทำหน้าที่เป็นก้ามหนีบและขาเดิน กรีของกุ้งขาวมีแนวตรงปลายงุ้มลงเล็กน้อย เมื่อโตขึ้นฟันกรีด้านบนจะมี 8 ฟัน และด้านล่าง 2 ฟัน ความยาวของกรี จะยาวกว่าลูกตาไม่มาก อวัยวะภายในของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณส่วนหัว ประกอบด้วยหัวใจ อวัยวะย่อยอาหาร ที่สังเกตเห็นเด่นชัดที่สุดคือลำไส้ของกุ้งชนิดนี้จะโตเห็นได้ชัด และตัวเมียจะใหญ่กว่าตัวผู้ นอกจากนี้บริเวณส่วนหัวยังประกอบไปด้วยระบบประสาท และอวัยวะสืบพันธุ์ กระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นถุงอยู่บริเวณอก ถัดมาเป็นส่วนลำไส้ทอดไปตามแนวสันหลัง อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับและตับอ่อน มีลักษณะเป็นถุงอ่อนนุ่มสีเหลืองแสด ซึ่งมักเรียกว่า มันกุ้ง เลือดกุ้งประกอบด้วยสารจำพวกฮีโมไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบจำพวกทองแดง แต่เมื่อทิ้งให้เลือดกุ้งสัมผัสอากาศจะกลายเป็นสีฟ้า กุ้งสดมีสีแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและประเภทของเม็ดสี และขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต อายุ พันธุ์ เม็ดสีที่มีผลต่อสีของกุ้งส่วนใหญ่ พบอยู่บริเวณผิวใต้เปลือก กลุ่มเม็ดสีที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ แคโรทีนอยด์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) Boone, (1931) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของกุ้งขาวไว้ดังนี้

Phylum : Arthropoda
Class : Malacostraca
Order : Decapoda
Family : Penaeidae
Genus : Litopenaeus
Species : *Litopenaeus vannamei*

1.2 การเลี้ยงกุ้งขาว

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยแบ่งการเลี้ยงออกเป็น 2 แบบ ตามความเค็มของน้ำ คือ

1.2.1 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ: การเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดและในพื้นที่ภาคกลาง ส่วนใหญ่จะเลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ ภิญโญ (2545) ได้อธิบายว่าการเลี้ยงกุ้งขาวโดยใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะซื้อน้ำเค็มความเข้มข้นสูงจากนาเกลือ มีความเค็มประมาณ 100 – 200 ppt มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3 – 4 ppt หลังจากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้ว โดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 10 - 12 (พี 10 - 12)

1.2.2 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ : การเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่ภาคใต้ที่ใช้น้ำความเค็มปกติ คือ ความเค็มประมาณ 10 pptขึ้นไป จะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง ในอนาคตแหล่งผลิตกุ้งขาวที่สำคัญในประเทศไทยน่าจะเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งของภาคใต้ที่มีความพร้อมสูงในด้านอุปกรณ์ เครื่องให้อากาศ บ่อพักน้ำ และการคัดเลือกลูกกุ้งคุณภาพจากสายพันธุ์ที่ดี จะทำให้การเลี้ยงได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำลง สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของกุ้งขาว

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

ที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ประเทศมีมูลค่าการส่งออกที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งขาว

นอกจากมูลค่าจากการส่งออกที่สามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้แล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองก็นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากรสชาติอร่อย และมีราคาไม่สูงมาก และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีเพียงอย่างละร้อยละ 0.9 และยังมีแร่ธาตุต่างๆ อาทิเช่น แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และไอโอดีนในปริมาณสูง โดยมีแคลเซียม 79.00 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 184.00 มิลลิกรัม เหล็ก 1.60 มิลลิกรัม ไทอะมีน 0.40 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.08 มิลลิกรัม ไนอะซีน 2.30 มิลลิกรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ส่งออกจากกุ้งมีตั้งแต่การแปรรูปขั้นต้น เช่น กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง ไปกระทั่งถึงการแปรรูป ในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น จากแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำเกษตรกรเลี้ยงกุ้งกันอย่างแพร่หลาย

แม้ว่าเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งขาวจะพัฒนาจนสามารถประสบผลสำเร็จในเชิงพาณิชย์สร้างรายได้ให้เกษตรกรเป็นจำนวนมากแล้วก็ตาม แต่ยังคงพบปัญหาที่ต้องปรับปรุงอีก คือ การเกิดสีน้ำตาลในกุ้ง และปัญหาเนื้อกุ้งนิ่มเละ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากมีการใช้วัตถุดิบ ซึ่งก็คือ กุ้งที่มีคุณภาพดี ไม่มีสีน้ำตาล เนื้อแน่น ก็ย่อมจะสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

คุณภาพโดยรวมของสัตว์น้ำนั้นเป็นที่ยอมรับทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอยู่แล้ว การปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์และการเสื่อมคุณภาพโดยเอนไซม์ เป็นผลให้รสชาติ เนื้อสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง จนไม่เป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และอุณหภูมิการเก็บรักษา

กุ้งขาวเมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด โดยทันทีที่กุ้งตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีววิทยา อันมีผลต่อคุณภาพของกุ้งเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen;

NPN) โดยในส่วนของการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์คาเทปซิน (cathepsin) ทริพซิน (trypsin) เปปซิน (pepsin) และคอลลาจีเนส (collagenase) ซึ่งจะย่อยโปรตีนได้โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำ และกรดอะมิโนอิสระ ทำให้โครงสร้างมีลักษณะหลวมและอ่อนตัว มีผลลดการยอมรับของสัตว์น้ำ นอกจากนี้สารประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย

การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์, 2531; สุทธวัฒน์, 2548) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า TVB-N เปนดัชนีวัดการเนาเสียโดยวัดปริมาณดางระเหยไดทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรียที่ทำให้สัตว์น้ำเนาเสีย เกิดเปน trimethyl amine (TMA), dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย (NH_3) (Banks *et al*., 1980) นอกจากนี้ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ glycolysis การสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ ซึ่งรวมถึงการสลายตัวของ adenosine triphosphate (ATP degradation) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า K เปนดัชนีวัดการเนาเสียโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารสารประกอบนิวคลีโอไทด์ จาก ATP เป็น adenosine diphosphate (ADP), adenosine monophosphate (AMP), inosine monophosphate (IMP), inosine (HXR), hypoxanthin (HX) (Botta, 1995)

การเน่าเสียจากจุลินทรีย์รวมถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำเช่นกัน โดยแหล่งของการปนเปื้อน (source of contamination) ได้แก่ สภาวะแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ เช่น แหล่งน้ำ อุณหภูมิ การปนเปื้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์ในการจับสัตว์ การปนเปื้อนในขั้นตอนขนส่ง และแปรรูป รวมถึงการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย (Huss *et al*., 1997) การปนเปื้อนจะพบในปริมาณสูงจากปลาที่มาจากกระแสน้ำอุ่น หรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่พบบ่อยในกุ้งได้แก่ กลุ่ม Staphylococcus, กลุ่ม Salmonella, กลุ่ม Vibrio และกลุ่ม Coli form โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้บริโภครับประทานกุ้งที่ไม่มีคุณภาพซึ่งมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ดังกล่าว ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง และอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ยังอาจเกิดการติดเชื้อในกระแสโลหิตได้อีกด้วย

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของกุ้งต้ม

เนื่องจากกุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่ายและเกิดขึ้นทันทีที่กุ้งตาย และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคใน

ปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และความสะดวกต่อการบริโภค ทำให้ปัจจุบันมีการผลิตอาหารแปรรูปที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมปรุงมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

การใช้ความร้อนเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง โดยความร้อนช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ รวมทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ระดับเป็น การใช้ความร้อน ในระดับต่ำกว่าจุดเดือด และการใช้ความร้อนสูงกว่าจุดเดือด

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

3.2 การเคลือบน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย 2 ขบวนการ คือ การเผาผลาญ (catabolism) และการสร้าง (anabolism) ปริมาณและคุณภาพน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิค

และวิธีการสกัดและการกลั่นใส ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยกลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์เพิ่มขึ้น และมีบทบาทอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอีกมากมายที่กล่าวถึงประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งมีทั้งความสามารถในการบำบัดอาการต่างๆ ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง (Sanjay และ Subir, 2000) ต้านเชื้อปรสิตหรือเชื้อราที่ก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ (Apisariyakul และคณะ, 1995) โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของสารประกอบเคมีในน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งในปัจจุบันได้มีผู้บริโภคให้ความสนใจกันเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถนำน้ำมันหอมระเหยมาประยุกต์และปรับปรุงในการยับยั้งการเสื่อมเสียของอาหารได้

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยนั้นค่อนข้างซับซ้อน และสามารถแบ่งน้ำมันหอมระเหยตามชนิดขององค์ประกอบใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1) hydrocarbon volatile oils ได้แก่ limonene ซึ่งพบได้ในน้ำมันจากมินต์ ส้ม กระวาน และ p-cymene ซึ่งพบในน้ำมันจากเมล็ดผักชี

2) alcohol volatile oils ได้แก่น้ำมันจากมินต์ น้ำมันสน ดอกส้มและดอกกุหลาบ ตัวอย่างของ alcohol ที่มักพบเช่น geraniol, citronellal, mentol และ α-terpineol

3) aldehyde volatile oils ได้แก่ น้ำมาจากส้ม มะนาว และตะไคร้หอม ตัวอย่างของ aldehyde ที่พบ ได้แก่ geranial, neral และ citronellal

4) ketone volatile oils ได้แก่ menthone, carvone และ camphor

5) phenol volatile oils ได้แก่ eugenol, thymol, cavacrol เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำมันกานพล, thymeoil, creosole, pine tar และ juniper tar

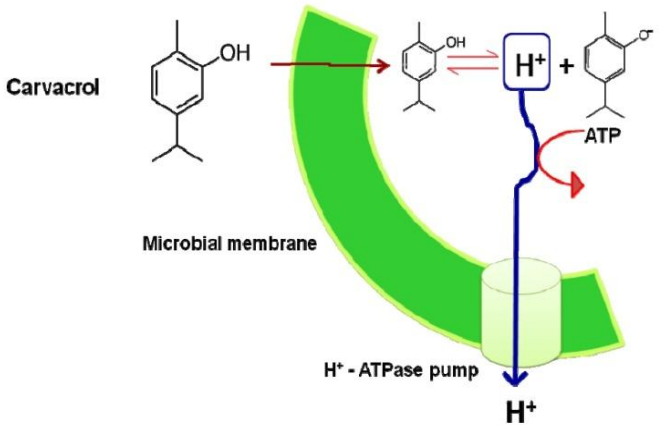
6) phenolic volatile oils ได้แก่ น้ำมันโป๊ยกั๊กซึ่งพบสาร anethole น้ำมันจันทน์เทศ และน้ำมัน sassafras พบสาร safrole เป็นต้น

7) oxide volatile oils ได้แก่ cineole ซึ่งพบในน้ำมันยูคาลิปตัส

8) ester volatile oils ได้แก่ allyl isothiocyanate พบในน้ำมันมัสตาด (mustard oil)

- ความสามารถของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย เกิดจากการทำลาย peptidoglycan ของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย โดย peptidoglycan ประกอบด้วย

โพลิเมอร์ของน้ำตาล 2 ชนิด (NAM และ NAG) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ ซึ่งสารประกอบฟีนอลสามารถเข้าไปทำลายโครงสร้างของ peptidoglycan ในส่วนที่เป็นพันธะเปปไทด์สายสั้น ๆ โดยกลุ่มไฮดรอกซิล (OH) จะจับกับกรดอะมิโน เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ทำให้โครงสร้างของ peptidoglycan ขาดออกจากกัน เกิดช่องว่างที่ผนังเซลล์ มีผลให้ไม่สามารถป้องกันของเหลวหรือองค์ประกอบภายในเซลล์ของแบคทีเรียได้ ดังแสดงในภาพที่ 2 – 1 นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหย ยังมีผลในการทำลาย phospholipids ประมาณร้อยละ 60 - 70 ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้ม cytoplasm ไว้ สารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยจะเข้าทำปฏิกิริยาที่หมู่ R ในส่วนของไขมัน (ไม่มีขั้ว) ส่งผลให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เสียรูปร่างและทำงานไม่ได้ นอกจากนี้ยังไปกระตุ้นหมู่ฟอสเฟต ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระทำให้โครงสร้างของเซลล์แบคทีเรียไม่เสถียร



ภาพที่ 2 - 1 การทำงานของ hydroxyl group ต่อเซลล์จุลินทรีย์
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์ (2556)

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Dorman and Deans (2000) พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก thyme มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย 25 ชนิดที่ก่อโรคในสัตว์และพืช รวมทั้งเชื้อที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียและสร้างสารพิษ Benkeblia (2004) ได้รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากหัวหอม โดยสามารถยับยั้งเชื้อ *Salmonella enteritidis* ได้ดีกว่า *Staphylococcus aureus* ส่วนงานวิจัยของ กฤติกา นรจิตร (2548) ศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากกากที่เหลือด้วยเอทานอล มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 86.2 และ

น้ำมันหอมระเหยของกระชายที่ได้จากการต้มกลั่นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด (*E. coli, S. aureus, B. cereus* , *L.monocytogenes* ได้ดีที่สุด ส่วน Goulas and Kontominas (2007) ศึกษาผลของการทำเค็มร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) และน้ำมันออริกาโน ต่ออายุการเก็บรักษาปลาตะเพียนทะเล (*Sparus aurata*) ในแง่คุณลักษณะทางชีวเคมีและประสาทสัมผัส โดยนำเนื้อปลาตะเพียนทะเลมาทำเค็มแล้วเติมน้ำมันออริกาโน จากนั้นนำไปบรรจุแบบ MAP (CO_2 40% : O_2 30% : N_2 30%) แล้วนำไปแช่ตู้เย็น พบว่า เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ไม่ได้ทำเค็มและบรรจุแบบธรรมดามีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) และปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA - N) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่มีการทำเค็มและการบรรจุแบบธรรมดา, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP, เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.4% (v/w) และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำเค็มจะช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาได้แต่ยังคงมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ 2 - thiobarbituric acid (TBA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ในขณะที่การเติมน้ำมันออริกาโนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการหืนช่วยลดปริมาณ TBA ได้ เมื่อพิจารณาถึงคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ปลาตะเพียนทะเลสดมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 - 16 วัน ในขณะที่เนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มมีอายุการเก็บรักษา 20 - 21 วัน ส่วนเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP มีอายุการเก็บรักษา 27 - 28 วัน และเนื้อปลาตะเพียนทะเลที่ทำเค็มและบรรจุแบบ MAP ร่วมกับการเติมน้ำมันออริกาโน 0.8% (v/w) มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 33 วัน

จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารทะเลได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 กุ้งขาวที่ซื้อจากฟาร์มใน จ.ฉะเชิงเทรา ในช่วงเดือนมกราคม – กันยายน ปี 2557 (ขนาดกุ้ง 60-70 ตัว/กิโลกรัม)

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

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

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

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มกุ้ง

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3.2 ถุงพลาสติกบรรจุอาหาร (ขนาด 15x25 เซนติเมตร ความหนา 80 ไมครอน)

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

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

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

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (BE Memmert, Germany)

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

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter TM 39, Germany)

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

1.4.7 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.8 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.9 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

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

1.5.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.5.4 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์ *Salmonella* spp. ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.5.5 อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์ *Vibrio cholerae* ตามวิธีของ APHA (1992)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย

2.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

กำหนดเกณฑ์การตัดสินการยอมรับผลิตภัณฑ์กุ้งต้มที่ผ่านการเคลือบน้ำมันหอมระเหย โดยนำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แกะหัว เปลือกและเอาลำไส้ที่อยู่บริเวณหลังออก (เนื้อกุ้งที่แกะได้ต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด) แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จนกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ใช้กระชอนตักกุ้งมาใส่ในน้ำเย็นที่ปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จากนั้นนำเนื้อกุ้งต้มที่ได้มาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% และเคลือบเป็นเวลา 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายน้ำมันออกริกาโน 1 นาที จากนั้นนำมาเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งต้มมาใช้สำหรับใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ

2.1.2 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

ให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ช่วยกันกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งต้มที่สังเกตได้จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคะแนน 1 - 5เพื่อใช้เป็นมาตรฐาน

ในการประเมินตัวอย่างเนื้อกุ้งต้มในการทดลองต่อไป นำเกณฑ์ที่ได้ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบก่อนทำการทดสอบจริง

2.2 ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการต้มต่อคุณภาพเนื้อกุ้ง

โดยนำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แกะหัว เปลือกและเอาลำไส้ที่อยู่บริเวณหลังออก (เนื้อกุ้งที่แกะได้ต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด) แล้วนำมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3, 4 และ 5 นาที (อัตราส่วนของกุ้งขาว : น้ำ คือ 1: 10) เมื่อครบกำหนดเวลาให้ใช้กระชอนตักกุ้งมาใส่ในน้ำเย็นที่ปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จนตัวอย่างกุ้งมีอุณหภูมิ 20$\pm$1 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดย

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

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

2.2.2 คุณภาพทางเคมี

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

2.2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เตรียมเนื้อกุ้งเช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *E.coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ตามวิธีของ AOAC (2000) ส่วนปริมาณ *Vibrio cholerae* ตามวิธีของ APHA (1992) โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน

2.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 2.1 โดยวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยาออกแบบการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสออกแบบการทดลองแบบ RCBD ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.3 การศึกษาผลของการเคลือบเนื้อกุ้งต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้ม

นำกุ้งขาว ขนาด 60-70 ตัว/กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แกะหัว เปลือกและเอาลำไส้ที่อยู่บริเวณหลังออก (เนื้อกุ้งที่แกะได้ต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด) แล้วนำมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ได้จาก 2.2 (อัตราส่วนของ กุ้ง : น้ำ คือ 1: 10) เมื่อครบกำหนดเวลาให้ใช้กระชอนตักกุ้งมาใส่ในน้ำเย็นที่ปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จนตัวอย่างกุ้งมีอุณหภูมิ 20$\pm$1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1% (oregano essential oil incorporate alginate- base coating) และมีการจัดชุดการทดลองดังนี้

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

ระยะเวลาในการจุ่มเนื้อกุ้งต้มในแต่ละชุดการทดลอง ใช้เวลานาน 5 วินาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดสารละลายน้ำมันออกริกาโน 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบทั้ง 2 ขั้นตอนที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อกุ้งมาบรรจุในถุงพลาสติกทนความเย็น และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งมาวิเคราะห์คุณภาพและการออกแบบการทดลองเช่นเดียวกับ 13.1.2 จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน

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 เพื่อทราบถึงความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในสารละลายอัลจิเนต (oregano essential oil incorporate alginate- base coating) ที่เหมาะสมในการเคลือบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวต้ม

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 ตึกวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การกำหนดระดับการยอมรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย

การใช้สารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% นำไปเคลือบเนื้อกุ้งต้ม ระยะเวลาการเคลือบ 5 วินาที ควบคุมอุณหภูมิในการเคลือบที่ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อกุ้งมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของเนื้อกุ้งต้มที่สังเกตได้ จากการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Descriptive analysis ตามวิธีของ Meilgaard *et al*. (1999) โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน กำหนดคะแนน 1 - 5 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินตัวอย่างเนื้อกุ้งต้มในการทดลองต่อไป ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 - 1

ตารางที่ 4 - 1 คุณลักษณะของทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ (คะแนน)	คำอธิบาย
ลักษณะปรากฏ	5	เนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงาเล็กน้อย มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ
	4	เนื้อสีขาวอมส้มจาง ๆ ไม่เป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้ปานกลาง
	3	เนื้อสีขาวอมส้มปานกลาง ไม่เป็นมันเงาและด้าน ยังไม่มีสีผิดปกติอื่น ๆ ปรากฏ มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้เล็กน้อย
	2	เนื้อสีขาวอมส้มปานกลางและด้าน เนื้อบางบริเวณเริ่มมีสีผิดปกติเล็กน้อย เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงินจางๆ จุดสีส้มบริเวณข้อซีดจาง
	1	เนื้อสีขาวอมส้มและด้าน เนื้อบางบริเวณมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน จุดสีส้มบริเวณข้อซีดจาง

ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)

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

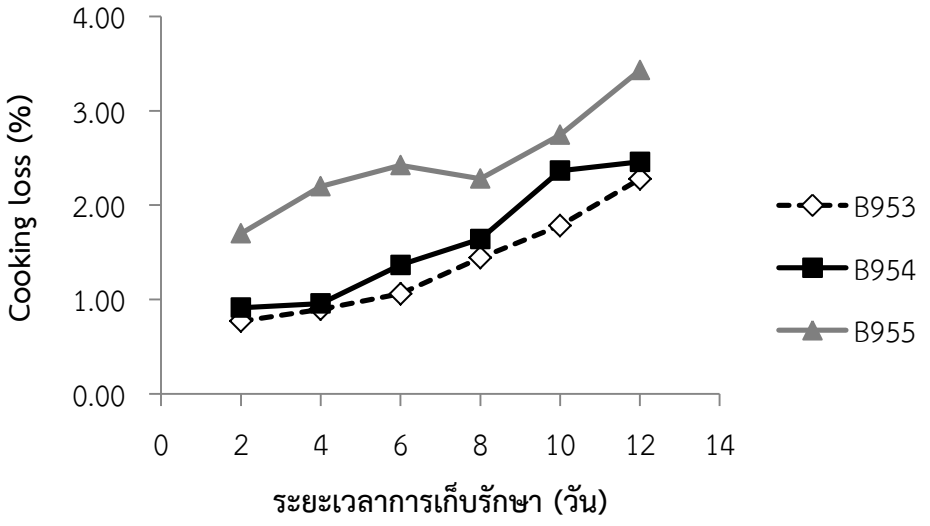
2. อิทธิพลของระยะเวลาการต้มต่อคุณภาพเนื้อกุ้งต้ม

เนื้อกุ้งขาวที่นำมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3, 4 และ 5 นาที แล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพต่าง ๆ ผลการทดลอง พบว่า

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (% cooking loss)

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื้อกุ้งต้มมีค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 0.77 - 1.70 % จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.28 %, เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที (B954) มีค่า 2.46 % และเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B955) มีการสูญเสียน้ำหนัก 3.43 % ดังแสดงในภาพที่ 4 – 1 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา



ภาพที่ 4 - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

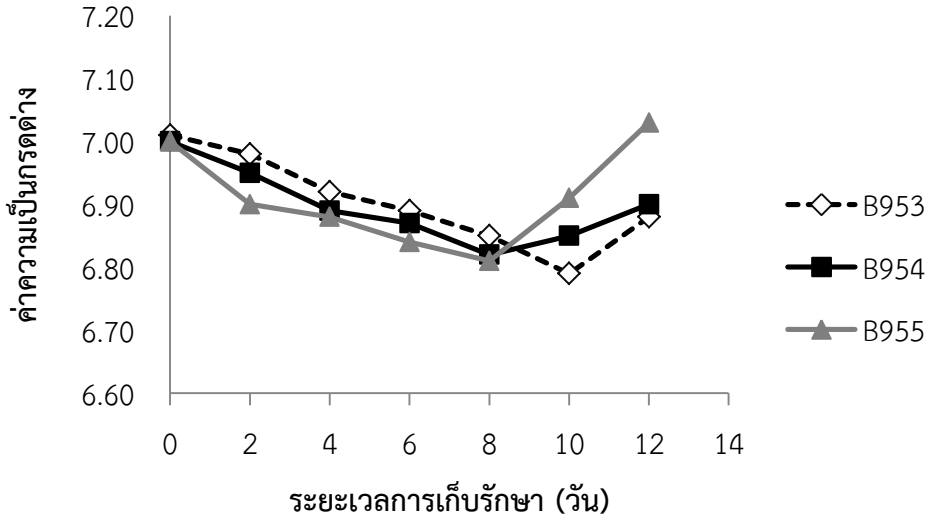
B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มที่ใช้ระยะเวลาในการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่า 7.00 - 7.01 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีค่าลดลงในตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) ระหว่างวันที่ 0 - 8 ของการเก็บรักษา จากนั้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 8 - 12 ของการเก็บรักษา โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ค่าความเป็นกรดด่างของ B953 เท่ากับ 6.88 ส่วน B954 เท่ากับ 6.90 ขณะที่ B955 มีค่าเท่ากับ 7.03



ภาพที่ 4 - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

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

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่า 10.93 - 10.94 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954

และ B955) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 - 2) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้ม B953 เท่ากับ 50.53 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน B954 เท่ากับ 50.65 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ B955 มีค่าเท่ากับ 50.72 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สำหรับในการทดลองครั้งนี้ พบว่า เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีปริมาณ TVB-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที ส่วนเนื้อกุ้งต้มที่เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดคือ 50.53 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า TVB-N ของเนื้อกุ้งต้ม

ตารางที่ 4 - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง) ± SD		
	ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	10.94_{a} ± 0.01	10.94_{a} ± 0.01	10.93_{a} ± 0.02
2	18.59_{b}^{A} ± 0.08	18.63_{b}^{B} ± 0.02	18.63_{b}^{B} ± 0.01
4	25.04_{c}^{A} ± 0.05	25.03_{c}^{A} ± 0.02	25.16_{c}^{B} ± 0.02
6	30.73_{d}^{A} ± 0.02	30.76_{d}^{A} ± 0.01	31.84_{d}^{B} ± 0.02
8	36.22_{e}^{A} ± 0.04	37.47_{e}^{B} ± 0.08	37.73_{e}^{C} ± 0.03
10	46.37_{f}^{A} ± 0.08	46.53_{f}^{B} ± 0.02	47.66_{f}^{C} ± 0.02
12	50.53_{g}^{A} ± 0.02	50.65_{g}^{B} ± 0.02	50.72_{g}^{C} ± 0.04

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2.3 ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA-N)

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่า 2.51 - 2.52 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 - 3) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้ม B953 เท่ากับ 5.22 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน B954 เท่ากับ 5.37 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ B955 มีค่าเท่ากับ 5.42 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สำหรับในการทดลองครั้งนี้ พบว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีปริมาณ TMA-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที ส่วนเนื้อกุ้งต้มที่เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดคือ 5.22 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้ม

ตารางที่ 4 - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง) ± SD		
	ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	2.51_{a} ± 0.01	2.52_{a} ± 0.01	2.52_{a} ± 0.01
2^{NS}	3.24_{b} ± 0.04	3.26_{b} ± 0.03	3.27_{b} ± 0.01
4	3.72_{c}^{A} ± 0.02	3.74_{c}^{AB} ± 0.02	3.77_{c}^{B} ± 0.02
6	4.43_{d}^{A} ± 0.03	4.54_{d}^{B} ± 0.04	4.57_{d}^{B} ± 0.03
8	4.71_{e}^{A} ± 0.01	4.82_{e}^{B} ± 0.03	4.87_{e}^{C} ± 0.03
10	5.02_{f}^{A} ± 0.02	5.15_{f}^{B} ± 0.01	5.20_{f}^{C} ± 0.01
12	5.22_{g}^{A} ± 0.02	5.37_{g}^{B} ± 0.03	5.42_{g}^{C} ± 0.01

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน โดย B953, B954 และ B955 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.02 log CFU/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นกุ้งขาวสุกในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) โดยในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มเป็นเวลา 8 วัน และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า B953 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดคือ 8.05 log CFU/g รองลงมาได้แก่ B954 คือ 8.04 log CFU/g ส่วน B955 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 8.03 log CFU/g เมื่อนำผลการทดลองมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g จะพบว่า ทุกตัวอย่างมีอายุการเก็บรักษา 8 วัน

ตารางที่ 4 - 4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	$4.02_a \pm 0.01$	$4.02_a \pm 0.01$	$4.02_a \pm 0.01$
2^{NS}	$4.88_b \pm 0.01$	$4.87_b \pm 0.02$	$4.86_b \pm 0.01$
4^{NS}	$5.06_c \pm 0.01$	$5.05_c \pm 0.01$	$5.04_c \pm 0.01$
6^{NS}	$5.31_d \pm 0.01$	$5.30_d \pm 0.01$	$5.29_d \pm 0.01$
8^{NS}	$6.16_e \pm 0.01$	$6.14_e \pm 0.03$	$6.14_e \pm 0.01$
10^{NS}	$8.21_g \pm 0.01$	$8.19_g \pm 0.01$	$8.18_g \pm 0.01$
12^{NS}	$8.05_f \pm 0.01$	$8.04_f \pm 0.01$	$8.03_f \pm 0.01$

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.3.2 *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. และ *Vibrio cholerae*

เมื่อวิเคราะห์ *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholerae* ของตัวอย่างกุ้งขาวสุกที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3, 4 และ 5 นาที ในวันที่ 0 และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ไม่พบทั้ง *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholera* ในทุกระยะเวลาการต้ม

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าเท่ากับ 5.00 คะแนน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นการยอมรับของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 - 5) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้ม B953 เท่ากับ 3.40 คะแนน ส่วน B954 เท่ากับ และ B955 มีค่าเท่ากับ 3.36 คะแนน สำหรับในการทดลองครั้งนี้ พบว่า เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีคะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 และ 5 นาที ที่มีคะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มใกล้เคียงกัน ดังนั้น เวลานาน 3 นาที จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้ม

ตารางที่ 4 - 5 คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏ ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	$5.00_{e} \pm 0.00$	$5.00_{e} \pm 0.00$	$5.00_{e} \pm 0.00$
2^{NS}	$4.92_{d} \pm 0.28$	$4.92_{d} \pm 0.28$	$4.96_{d} \pm 0.20$
4^{NS}	$4.80_{c} \pm 0.41$	$4.80_{c} \pm 0.41$	$4.80_{c} \pm 0.41$
6^{NS}	$4.56_{b} \pm 0.51$	$4.52_{b} \pm 0.51$	$4.48_{b} \pm 0.51$
8^{NS}	$4.12_{a} \pm 0.33$	$4.08_{a} \pm 0.28$	$4.08_{a} \pm 0.28$
10^{NS}	$3.88_{a} \pm 0.33$	$3.84_{a} \pm 0.37$	$3.84_{a} \pm 0.37$
12^{NS}	$3.40_{a} \pm 0.50$	$3.36_{a} \pm 0.49$	$3.36_{a} \pm 0.49$

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.4.2 กลิ่น

คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าเท่ากับ 5.00 คะแนน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นการยอมรับของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 - 6) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้ม B953 เท่ากับ 2.40 คะแนน ส่วน B954 และ B955 มีค่าเท่ากันคือ 2.28 คะแนน อีกทั้งเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 และ 5 นาที ที่มีคะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มใกล้เคียงกัน ดังนั้น ระยะเวลา 3 นาที จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้ม

ตารางที่ 4 - 6 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนระดับการยอมรับกลิ่น ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{f} \pm 0.00$
2^{NS}	$4.84_{e} \pm 0.37$	$4.84_{e} \pm 0.47$	$4.80_{e} \pm 0.41$
4^{NS}	$4.56_{d} \pm 0.51$	$4.52_{d} \pm 0.51$	$4.48_{d} \pm 0.51$
6	$4.16_{c}{}^{B} \pm 0.37$	$3.96_{c}{}^{A} \pm 0.20$	$3.92_{c}{}^{A} \pm 0.28$
8^{NS}	$3.60_{b} \pm 0.50$	$3.44_{b} \pm 0.510$	$3.44_{b} \pm 0.51$
10^{NS}	$3.08_{a} \pm 0.28$	$3.00_{a} \pm 0.00$	$3.00_{a} \pm 0.00$
12^{NS}	$2.40_{a} \pm 0.50$	$2.28_{a} \pm 0.46$	$2.28_{a} \pm 0.44$

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.4.3 เนื้อสัมผัส

คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าเท่ากับ 5.00 คะแนน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นการยอมรับของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 - 7) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้ม B953 เท่ากับ 1.84 คะแนน ส่วน B954 เท่ากับ 1.64 คะแนน และ B955 มีค่าเท่ากับ 1.04 คะแนน อีกทั้งเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที ส่วนเนื้อกุ้งต้มที่ต้มอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มน้อยที่สุด ดังนั้น เวลา 3 นาที จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้ม

ตารางที่ 4 - 7 คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัส ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{f} \pm 0.00$	$4.84_{g} \pm 0.47$
2	$4.76_{e}{}^{C} \pm 0.43$	$4.52_{e}{}^{B} \pm 0.51$	$4.12_{f}{}^{A} \pm 0.33$
4	$4.52_{d}{}^{C} \pm 0.51$	$4.24_{e}{}^{B} \pm 0.44$	$3.28_{e}{}^{A} \pm 0.46$
6	$3.36_{c}{}^{B} \pm 0.57$	$3.28_{d}{}^{B} \pm 0.46$	$2.48_{d}{}^{A} \pm 0.51$
8	$2.96_{b}{}^{C} \pm 0.46$	$2.28_{c}{}^{B} \pm 0.46$	$2.04_{c}{}^{A} \pm 0.20$
10	$2.48_{ab}{}^{C} \pm 0.51$	$2.12_{b}{}^{B} \pm 0.33$	$1.36_{b}{}^{A} \pm 0.49$
12	$1.84_{a}{}^{B} \pm 0.37$	$1.64_{a}{}^{B} \pm 0.49$	$1.04_{a}{}^{A} \pm 0.20$

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.4.4 รสชาติ

คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าเท่ากับ 5.00 คะแนน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นการยอมรับของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (B953, B954 และ B955) มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 - 8) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้ม B953 เท่ากับ 2.28 คะแนน ส่วน B954 เท่ากับ 1.72 คะแนน และ B955 มีค่าเท่ากับ 1.24 คะแนน อีกทั้งเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที ส่วนเนื้อกุ้งต้มที่เนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มน้อยที่สุด

ดังนั้น ระยะเวลา 3 นาที จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้ม

ตารางที่ 4 - 8 คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนระดับการยอมรับรสชาติ ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	$5.00_{f} \pm 0.00$	$5.00_{g} \pm 0.00$	$4.84_{g} \pm 0.47$
2	$4.68_{e}{}^{B} \pm 0.48$	$4.24_{f}{}^{A} \pm 0.44$	$4.04_{f}{}^{A} \pm 0.45$
4	$4.48_{d}{}^{B} \pm 0.51$	$3.28_{e}{}^{A}$ 8± 0.46	$3.08_{e}{}^{A} \pm 0.28$
6	$3.24_{c}{}^{C} \pm 0.44$	$2.84_{d}{}^{B} \pm 0.37$	$2.56_{d}{}^{A} \pm 0.51$
8	$2.88_{b}{}^{B} \pm 0.33$	$2.32_{c}{}^{A} \pm 0.48$	$2.12_{c}{}^{A} \pm 0.33$
10	$2.48_{b}{}^{B} \pm 0.51$	$2.08_{b}{}^{A} \pm 0.28$	$1.88_{b}{}^{A} \pm 0.33$
12	$2.08_{a}{}^{C} \pm 0.28$	$1.72_{a}{}^{B} \pm 0.46$	$1.24_{a}{}^{A} \pm 0.44$

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลของการเคลือบเนื้อกุ้งต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้ม

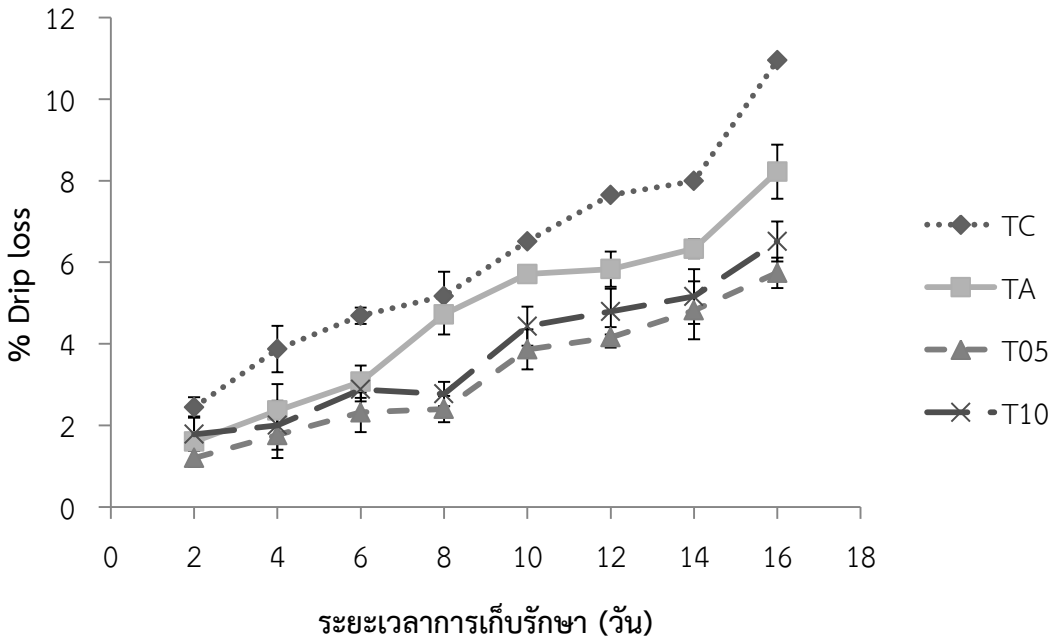
เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนต (oregano essential oil incorporate alginate- base coating) ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1% เมื่อนำเนื้อกุ้งต้มบรรจุในถุงพลาสติกทนความเย็นและเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

และนำตัวอย่างเนื้อกุ้งมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลชีววิทยา คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งสุก (% cooking loss)

เนื้อกุ้งขาวสุกในทุกชุดการทดลอง (TC, TA. T05 และ T10) มีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื้อกุ้งต้มมีค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 1.20 – 2.44% จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งต้มที่เป็นตัวอย่างควบคุม (TC) มีการสูญเสียน้ำหนัก 10.95%, เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบอัลจิเนต (TA) 8.22% และเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5 (T05) และ 1.0% (T10) มีการสูญเสียน้ำหนัก 5.74% และ 6.51% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4 – 3 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T05 และ T10 มีค่าสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า TA และ TC อีกทั้งพบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันออริกาโน T05 มีค่าน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ดังนั้น T05 จึงเป็นการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ดีที่สุดในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม



ภาพที่ 4 - 3 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

หมายเหตุ:

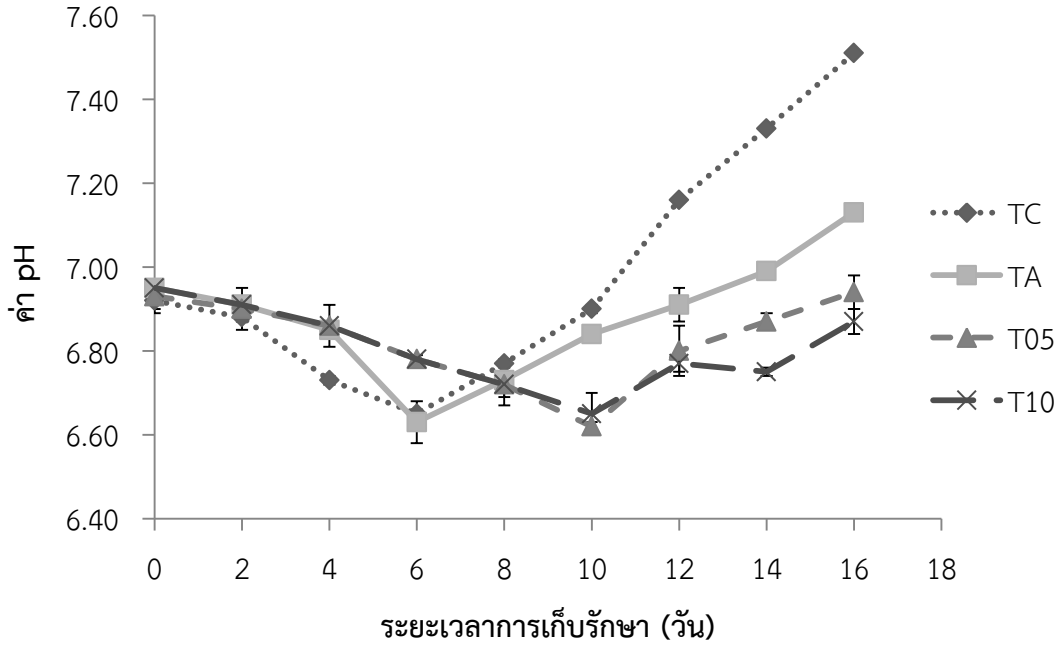
TC	คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)
TA	คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T05	คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T10	คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.2 คุณภาพทางเคมี

3.2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่า 6.92 – 6.95 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA. T05 และ T10) มีค่าลดลงในตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ค่าความเป็นกรดด่างของ TC เท่ากับ 7.51 ส่วน TA เท่ากับ 7.13 ขณะที่ T05 และ T10 มีค่าเท่ากับ 6.94 และ 6.87 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งต้มที่ไม่มีการเคลือบอะไรเลยซึ่งเป็นชุดการทดลองควบคุม (TC) มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าความเป็นกรดด่าง 7.51 อีกทั้งพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันออริกาโน T10 มี

ค่าน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ดังนั้น T10 จึงเป็นการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้ม



ภาพที่ 4 - 4 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

หมายเหตุ:

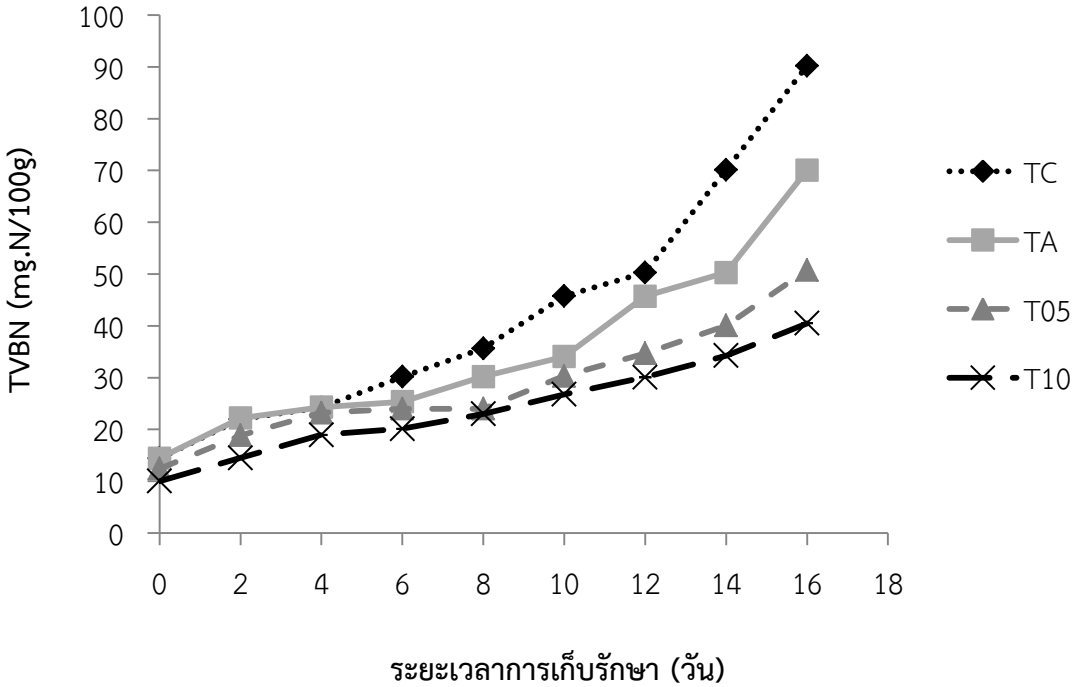
TC	คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)
TA	คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T05	คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T10	คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

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

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่า 10 - 14.5 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) มีค่าเพิ่มขึ้นในตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้ม TC เท่ากับ 90.22 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TA

เท่ากับ 70.09 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ T05 และ T10 มีค่าเท่ากับ 50.78 และ 40.52 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สำหรับในการทดลองครั้งนี้ พบว่า เนื้อกุ้งต้มที่เป็นชุดการทดลองควบคุม (TC) มีปริมาณ TVB-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 ส่วนเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดคือ 40.52 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาให้ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005) ดังนั้นเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 14 วัน ในขณะที่ T05 และ TA มีอายุการเก็บรักษา 12 และ 10 วันตามลำดับ และ TC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 8 วัน



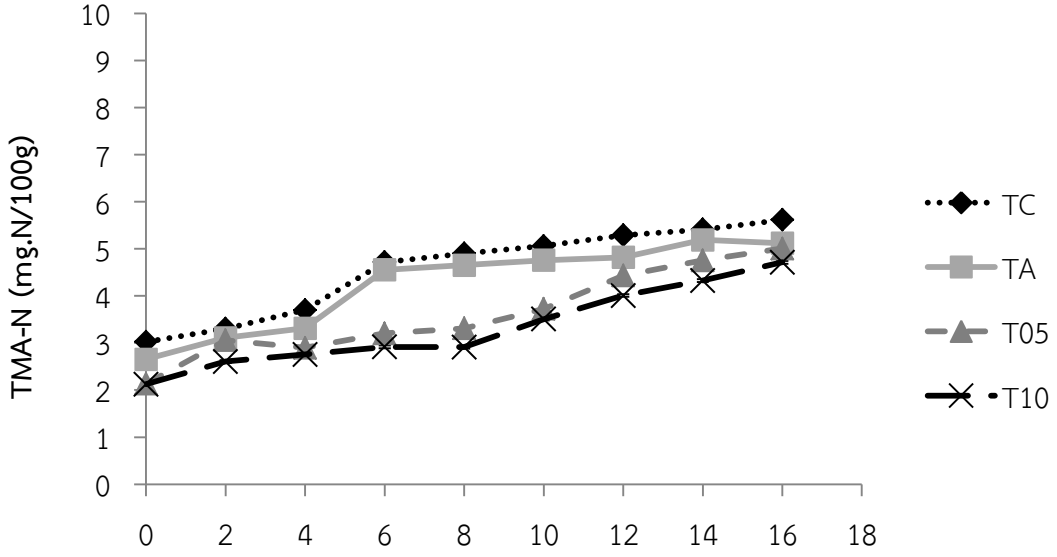
ภาพที่ 4 - 5 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

หมายเหตุ:

TC	คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)
TA	คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T05	คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T10	คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.2.3 ปริมาณไตรเมธิลลามีนออกไซด์ (TMA-N)

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่า มีค่า . 2.10 - 3.03 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA. T05 และ T10) มีค่าเพิ่มขึ้นในตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 6) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้ม TC เท่ากับ 5.62 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน TA เท่ากับ 5.12 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ขณะที่ T05 และ T10 มีค่าเท่ากับ 5.01 และ 4.72 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สำหรับในการทดลองครั้งนี้ พบว่า เนื้อกุ้งต้มที่เป็นชุดการทดลองควบคุม (TC) มีปริมาณ TMA-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน ส่วนเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดคือ 4.72 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง



ภาพที่ 4 - 6 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

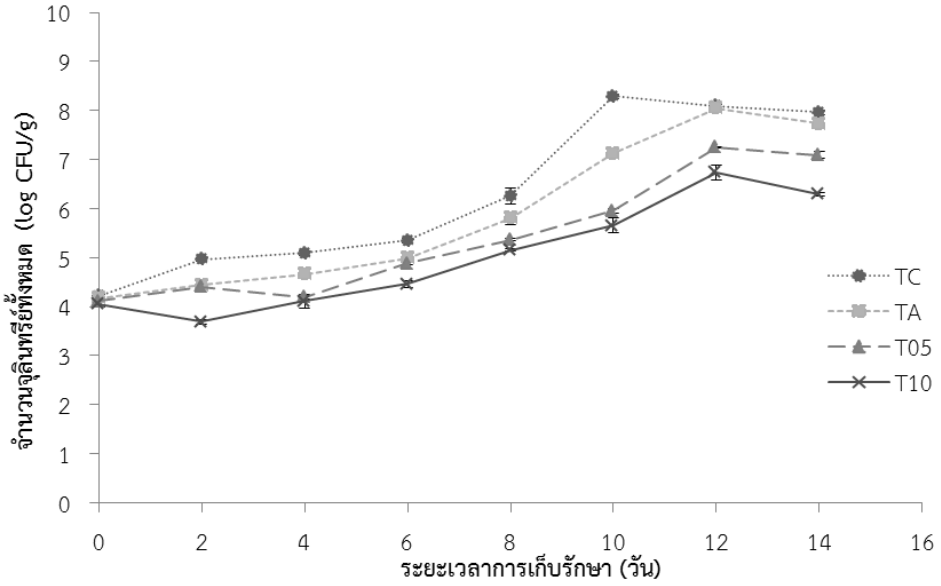
T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC)

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดย TC, TA, T05 และ T10 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.22, 4.17, 4.11 และ 4.06 log CFU/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นกุ้งขาวสุกในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 7) โดยในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บรักษากุ้งขาวต้มเป็นเวลา 14 วัน และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า TC (Control) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดคือ 7.96 log CFU/g รองลงมาได้แก่ TA และ T05 คือ 7.73 และ 7.09 log CFU/g ตามลำดับ ส่วน T10 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 6.29 log CFU/g

เมื่อนำผลการทดลองมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g จะพบว่า ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือ T10 และ T05 สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ TA ซึ่งเก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน



ภาพที่ 4 - 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.3.2 *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholera*

เมื่อวิเคราะห์ *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholerae* ของตัวอย่างเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) ในวันที่ 0 และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ไม่พบทั้ง *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *V. cholera*

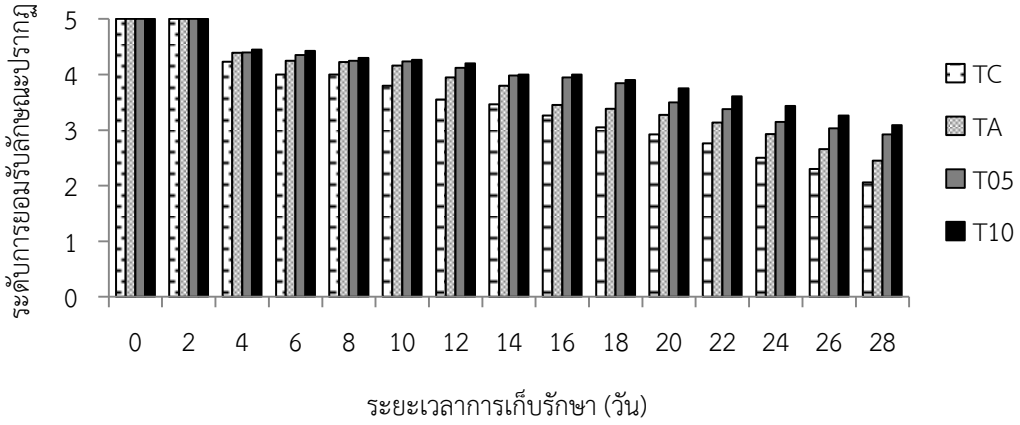
3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ผ่านการฝึกและมีความคุ้นเคยกับการบริโภคกุ้งขาวต้ม ให้คะแนนในแบบประเมินที่ได้จากการกำหนดเกณฑ์การทดสอบตั้งแต่ต้น โดยคุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ผลการทดลองได้แก่

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 0 และ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของในระดับ 5 คะแนน โดยที่เนื้อกุ้งขาวมีสีขาวอมส้มจาง ๆ เป็นมันเงาเล็กน้อย มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อได้อย่างชัดเจนตามธรรมชาติ ลักษณะสมบูรณ์ หางไม่ขาดแต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบเริ่มเห็นว่าเนื้อกุ้งมีสีขาวอมส้มและด้าน เนื้อบางบริเวณมีสีผิดปกติชัดเจน เช่น สีเขียว/เทา/น้ำเงิน จุดสีส้มบริเวณข้อซีดจาง ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 โดยผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 8) ในทุกชุดการทดลอง ได้แก่ TC (ตัวอย่างควบคุม), TA (อัลจิเนต 0.002%), T05 (น้ำมันออริกาโน 0.5% ในอัลจิเนต 0.002%) และ T10 (น้ำมันออริกาโน 1% ในอัลจิเนต 0.002%)

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ TA T05 และ T10 ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏได้ดีกว่า TC ซึ่งเห็นได้จากการให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของผู้ทดสอบในการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T05 และ T10 มีคะแนนสูงกว่า TC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T05 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงกว่ากุ้งที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน



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

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

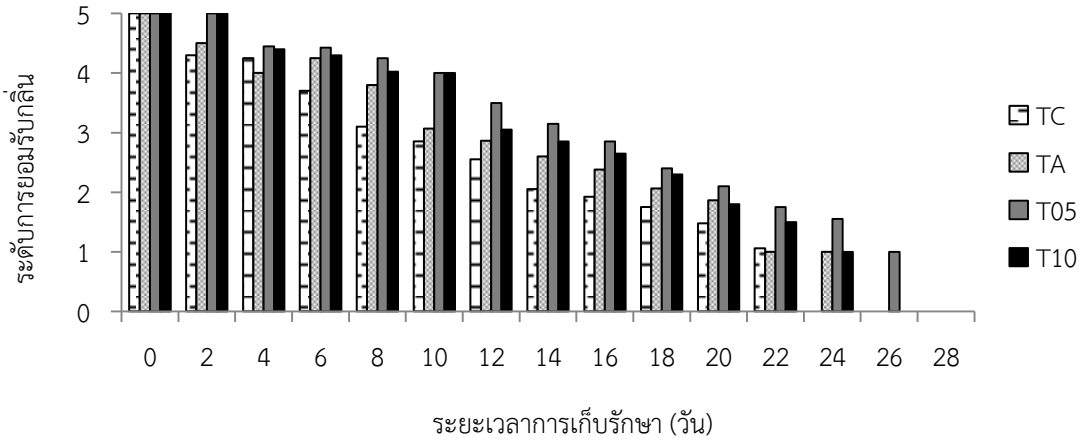
T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.4.2 กลิ่น

คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับกลิ่นในระดับ 5 คะแนน โดยที่เนื้อกุ้งขาวมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน กลิ่นสารเคมีจางๆ แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ผู้ทดสอบรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยเนื้อกุ้งมีกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 โดยผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 9) ในทุกชุดการทดลอง ได้แก่ TC (ตัวอย่างควบคุม), TA (อัลจิเนต 0.002%), T05 (น้ำมันออริกาโน 0.5% ในอัลจิเนต 0.002%) และ T10 (น้ำมันออริกาโน 1% ในอัลจิเนต 0.002%)

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ TA T05 และ T10 ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นได้ดีกว่า TC ซึ่งเห็นได้จากการให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นเนื้อกุ้งต้มของผู้ทดสอบในการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T05 และ T10 มีคะแนนสูงกว่า TC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการเคลือบ

เนื้อกุ้งขาวต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T05 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับกลิ่นสูงกว่ากุ้งที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ T10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 26 วัน



ภาพที่ 4 - 9 คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 วัน

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

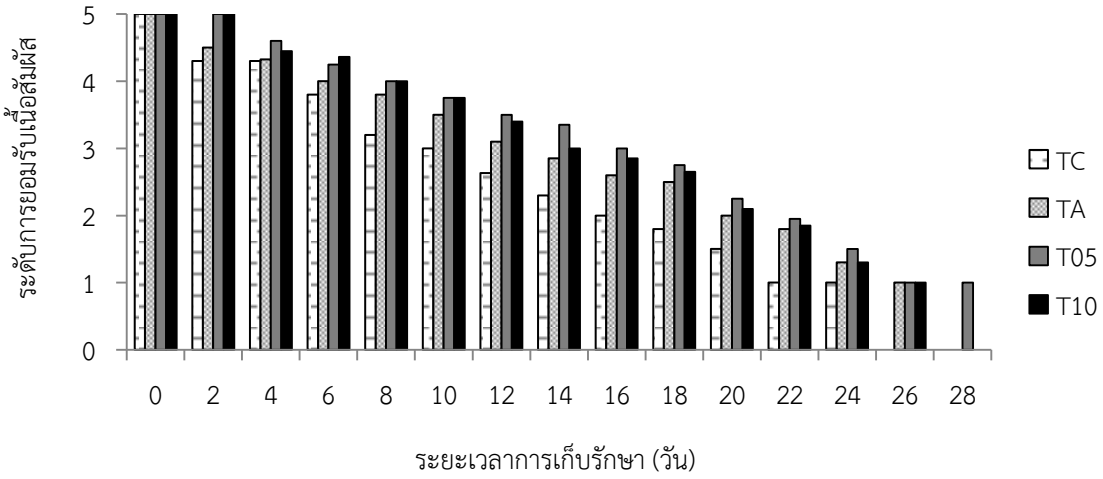
T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.4.3 เนื้อสัมผัส

คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้ม ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสในระดับ 5 คะแนน โดยที่เนื้อกุ้งต้มมียืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ที่ไม่ยืดหยุ่น นิ่มเละ และเป็นเมือก ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 โดยคะแนนที่ผู้ทดสอบให้นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 10) ในทุกสภาวะการเคลือบ ได้แก่ TC (ตัวอย่างควบคุม), TA (อัลจิเนต 0.002%), T05 (น้ำมันออริกาโน 0.5% ในอัลจิเนต 0.002%) และ T10 (น้ำมันออริกาโน 1% ในอัลจิเนต 0.002%)

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันออริกาโนที่ TA T05 และ T10 ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสได้ดีกว่า TC ซึ่งเห็นได้จากการให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสเนื้อกุ้งต้มของผู้ทดสอบในการเคลือบน้ำมันออริกาโนที่ T05 และ T10 มีคะแนนสูงกว่า TC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยน้ำมันออริกาโนที่ T05 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสสูงกว่ากุ้งที่เคลือบด้วยน้ำมันออริกาโนที่ T10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน



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

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

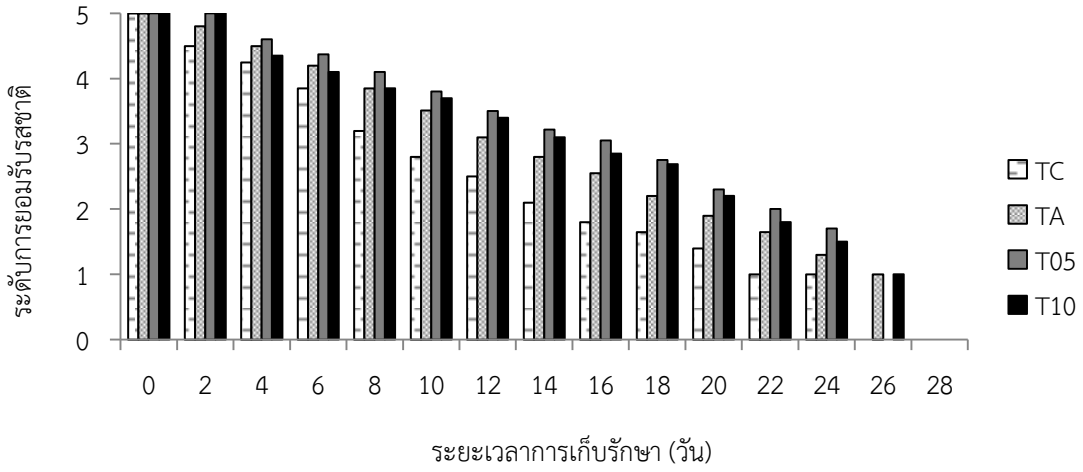
T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

3.4.4 รสชาติ

คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีระดับการยอมรับรสชาติในระดับ 5 คะแนน เนื่องจากเนื้อกุ้งขาวมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งชัดเจน และรสเฝื่อนเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงเพราะเนื้อกุ้งต้มมีรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว ซึ่งเป็นคะแนนในระดับ 1 โดยคะแนนที่ผู้ทดสอบให้นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p \leq 0.05$, ภาพ

ที่ 4 - 11) ในทุกสภาวะการเคลือบ ได้แก่ TC (ตัวอย่างควบคุม), TA (อัลจิเนต 0.002%), T05 (น้ำมันออริกาโน 0.5% ในอัลจิเนต 0.002%) และ T10 (น้ำมันออริกาโน 1% ในอัลจิเนต 0.002%)

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันออริกาโนที่ TA T05 และ T10 ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติได้ดีกว่า TC ซึ่งเห็นได้จากการให้คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มของผู้ทดสอบในการเคลือบน้ำมันออริกาโนที่ T05 และ T10 มีคะแนนสูงกว่า TC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มด้วยน้ำมันออริกาโนที่ T05 มีคะแนนเฉลี่ยระดับการยอมรับรสชาติสูงกว่ากุ้งที่เคลือบด้วยน้ำมันออริกาโนที่ T10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 26 วัน



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

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหย

ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยคะแนนระดับการยอมรับสูงที่สุดคือ 5 คะแนน และระดับการยอมรับต่ำที่สุดคือ 1 คะแนน รวมทั้งผู้ทดสอบกำหนดให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 คะแนนเป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื่องจากเป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเน่าเสียเร็วกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น และหากมีคะแนนต่ำกว่า 3 คะแนนจะไม่ได้รับการยอมรับในการทดสอบ

2. อิทธิพลของระยะเวลาการต้มต่อคุณภาพเนื้อกุ้ง

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (% cooking loss)

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมทั้งการย่อยสลายองค์ประกอบในส่วนที่เป็นโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์น้ำทำให้เกิดการปลดปล่อยน้ำออกมามากขึ้นเมื่อสัตว์น้ำเกิดการเน่าเสีย (กนกอร อินทราพิเชฐ, 2538) อีกทั้งความร้อนในการต้มกุ้งยังทำให้เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนในเนื้อกุ้งส่งผลต่อความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนลดลงตามไปด้วย (Aaslyng *et al*., 2003) สอดคล้องกับงานวิจัยของนิติพงศ์ จิตรีโภชน์ (2555) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพปลาทับทิม (*Oreochromis niloticus* และ *Oreochromis mossambicus*) แช่แข็งด้วยสารละลายทดแทนฟอสเฟต พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเนื้อปลาเป็นระยะเวลานานขึ้นโดยค่าการสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 2.42 - 42.59% อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีค่าสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากระยะเวลาในการต้มสั้นที่สุดทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพได้น้อย จึงยังมีความสามารถในการยึดเกาะกับน้ำได้มากส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักเกิดน้อย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Manheem *et al*. (2012) ที่พบว่ายิ่งเพิ่มเวลาในการต้มกุ้งขาวซึ่งทำให้อุณหภูมิของเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้น

2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงในช่วงแรกของระยะเวลาการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากในการเน่าเสียช่วงแรกมีการใช้ไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic condition) เกิดเป็นกรดแลคติกทำให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งลดลงในช่วงแรก จากนั้นเมื่อไกลโคเจนมีปริมาณลดลง จึงทำให้ปริมาณกรดแลคติกลดลงตามไปด้วย การเน่าเสียในขั้นต่อมาเป็นการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นเบสจึงส่งผลให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Asli *et al*. (2008) ที่พบว่ากุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากการใช้ความร้อนในการต้มที่ไม่นานจนเกินไปทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพทำให้การสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นเบสเกิดขึ้นช้าลง จึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างน้อย แต่หากเพิ่มเวลาในการต้มทำให้โปรตีนเสียสภาพมากเกินไปยิ่งส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างมากขึ้น ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้ม

2.2.2 ปริมาณ TVB-N

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อกุ้งจะเกิดการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อกุ้งร่วมกับการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์และใช้สารอาหารต่าง ๆ ทำให้โครงสร้างโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพได้เป็น แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (สวามินี ธีระวุฒิ, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Jaffrès *et al*. (2011) ที่พบว่าปริมาณ TVB-N ใน กุ้ง tropical shrimps (*Penaeus vannamei*) ต้ม มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่า TVB-N ไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005)

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีปริมาณ TVB-N ต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากระยะเวลาในการต้มที่ 3 นาที ที่แม้ความร้อนจะทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งเสียสภาพแต่ในขณะเดียวกันการให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้เอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในกุ้งเสื่อมสภาพเช่นกัน ในขณะเดียวกันความร้อนที่ระยะเวลาดังกล่าวสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้มากกว่า จึงทำให้การเน่าเสียเกิดช้าลง แต่หากใช้เวลาในการต้มนานกว่า 3 นาที โปรตีนเสียสภาพมากเกินไปทำให้จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยได้โปรตีนได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณ TVB-N สูงขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Martínez-Alvarez *et al*. (2009) ในตัวอย่างกุ้ง deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) ต้มที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ที่พบว่ามีปริมาณ TVB-N ต่ำกว่าการต้มที่ใช้เวลานานกว่านี้ ทั้งนี้ระยะเวลาในการต้มกุ้งยังขึ้นอยู่กับขนาดของกุ้งด้วย อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ B953 เป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้ม

2.2.3 ปริมาณ TMA-N

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเกิดการสลายตัวของสารประกอบที่ไมใชโปรตีนในเนื้อกุ้ง เช่น ไตรเมทิลเอมีนออกไซด (TMAO) ซึ่งเปนสารที่ปองกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว (water logout) ด้วยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (trimethylamine oxidase) จากจุลินทรีย์ แลวได้เป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) ซึ่งเป็นสารระเหยที่กอใหเกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเนา สอดคล้องกับผลการทดลองของ Odilichukwu *et al*. (2014) พบว่า ปริมาณ TMA-N ในเนื้อกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน และ Anacleto *et al*. (2011) ยังพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ของเนื้อปู (*Cancer pagurus*) ต้มที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็นตามระยะเวลาการเก็บรักษาด้วย

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (B955) มีปริมาณ TMA-N ต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากการให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้เอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในกุ้งเสื่อมสภาพและสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้มากกว่าทำให้การเปลี่ยนแปลง TMAO ไปเป็น TMA-N เกิดช้าลงการเน่าเสียจึงเกิดช้าตามไปด้วย ดังนั้น B955 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้ม ซึ่งโดยปกติแล้วปริมาณ TMA-N ของกุ้งที่มีคุณภาพดีไม่ควรมากกว่า 5 มิลลิกรัม/100กรัม (Cobb & Vanderzant, 1971)

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ยังไม่ถูกทำลายระหว่างการต้มที่มีในเนื้อกุ้งอาจมีการฟื้นตัวและมีการใช้สารอาหารต่าง ๆ ในเนื้อกุ้ง พร้อมกับการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนในเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้นทำให้เนื้อกุ้งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Sedik *et al*. (1991) ในตัวอย่างกุ้งที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น และ Dabadéa *et al*. (2015) สำหรับกุ้ง tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) ที่เก็บรักษากุ้งไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน โดยปกติแล้วได้มีการกำหนดให้สัตว์น้ำแปรรูปมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log CFU/g ตัวอย่าง (ICMSF, 1986)

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นได้ว่าระยะเวลาในการต้มกุ้งที่แตกต่างกันมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 3 - 5 นาที ให้ผลในการทำลายเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการมีชีวิตของเซลล์ของแบคทีเรียที่ไม่แตกต่างกัน แต่การต้มกุ้งที่ระยะเวลานานขึ้นนั้นทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการชะลอการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งต้ม

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีคะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เกิดจากกระบวนการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์โดยจุลินทรีย์ย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อกุ้งให้มีโมเลกุลที่เล็กลง ทำให้เนื้อกุ้งเปื่อยยุ่ย นิ่มเละ อีกทั้งจากปกติบนผิวของเนื้อกุ้งต้มจะมีจุดสีส้มบนผิวของเนื้อกุ้งที่เกิดจากความร้อนในการต้มทำให้ ovoverdin ซึ่งเป็นสารสีเขียวที่เกิดจากแอสตาแซนทินจับอยู่โปรตีนทำให้มองเห็นเนื้อกุ้งดิบเป็นสีเทานั้นถูกทำลายด้วยความร้อนแอสตาแซนทินที่โดยปกติเป็นสีแดงจึงถูกปลดปล่อยออกมาทำให้มองเห็นผิวของเนื้อกุ้งต้มเป็นสีส้ม (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2004) แต่เมื่อเกิดการเน่าเสียเพิ่มขึ้นจุดสีส้มนั้นมีสีซีดจางลง ส่วนเนื้อกุ้งด้านในมีสีเข้มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา

ออกซิเดชั่นทั้งแบบที่เกิดจากเอมไซม์ (Enzymatic oxidation) และไม่ได้เกิดจากเอมไซม์ (Non - enzymatic oxidation) โดยพบว่าสีเหลือง ส้ม แดง หรือไม่มีสีของสัตว์น้ำ เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบคาโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งมีในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำอาจเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือเทา เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแบบที่เกิดโดยเอมไซม์ของรงควัตถุฮีม (Heme pigment) (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546) ซึ่งลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏลดลง

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการต้มกุ้งที่แตกต่างกันมีคะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 3 - 5 นาที ให้ผลในการทำลายเอนไซม์ที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบคาโรทีนอยด์ที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากระยะเวลาในการต้มสั้นที่สุดทำให้เอนไซม์ที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบคาโรทีนอยด์ถูกทำลายได้บางส่วน และโปรตีนที่จับกับสารประกอบแคโรทีนอยด์ยังไม่สูญเสียสภาพมากนักได้ จึงยังมีความสามารถในการยึดเกาะสารประกอบคาโรทีนอยด์ได้มากส่งผลให้การการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นน้อย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Martínez-Alvarez *et al*. (2009) ในตัวอย่างกุ้ง deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) ต้มที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสี (melanosis score) ต่ำกว่าการต้มที่ใช้เวลานานกว่านี้ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพด้านลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มสำหรับการทดลองในครั้งนี้

2.4.2 กลิ่น

เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเนื้อกุ้งมีกลิ่นเน่าและกลิ่นเปรี้ยว ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ โดยลักษณะกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นเกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีน ทำให้เกิดกรดอะมิโนอิสระเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เนื้อหอยมีกลิ่นเหม็นเน่า อาหารที่มีไขมันสูงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ย่อยไขมัน (lipolytic enzyme) เช่น เอนไซม์ไลเปส (lypase) ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ถูกย่อยเป็นโมเลกุลของกรดไขมันอิสระซึ่งหากเป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลสั้นจะระเหยได้ง่ายจนทำให้เกิดกลิ่น และกรดไขมันอิสระที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งกลิ่นเหม็นหืนกุ้งมีกลิ่นที่ไม่ชัดเจนมากนักเนื่องจากกลิ่นเหม็นเน่ามีกลิ่นที่มากกว่าจึงทำให้กลบกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ

Martínez-Alvarez *et al*. (2009) ในตัวอย่างกุ้ง deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) ต้มที่ใช้วิธีการให้ความร้อนและเติมสารเคมียับยั้งการเกิด melanosis ที่แตกต่างกัน มีคะแนนการยอมรับกลิ่นของกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และการศึกษาของ Fall *et al*. (2010) ที่พบว่ากุ้งต้มมีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นเปรี้ยวมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการต้มกุ้งที่แตกต่างกันมีคะแนนการยอมรับกลิ่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 3 - 5 นาที ให้ผลในการทำลายจุลินทรีย์และทำลายเอนไซม์ที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนที่ไม่แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพด้านกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้ม

2.4.3 เนื้อสัมผัส

เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเนื้อสัมผัสของกุ้งมีความยุ่ยเละ ไม่ยืดหยุ่น ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงนั้นเกิดจากโครงสร้างของโปรตีนถูกย่อยสลายจากความร้อนในต้มทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจุลินทรีย์จึงสร้างเอนไซม์มาย่อยทำให้โครงสร้างของโปรตีนเล็กลงอีกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งในลักษณะดังกล่าว ซึ่งผู้ทดสอบมีคะแนนระดับการยอมรับต่ำลง เช่นเดียวกับการศึกษาโดย Young *et al*. (2014) ที่พบว่าค่าเนื้อสัมผัสโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสและค่าแรงเฉือนที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและปรับสภาพบรรยากาศมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากการต้มกุ้งที่เวลานานมากกว่า 3 นาที ทำให้ความร้อนไปทำลายโปรตีนมากขึ้นจึงเกิดการปลดปล่อยน้ำออกจากโมเลกุลเกิดช่องว่างระหว่างโครงสร้างโปรตีนมีผลให้โปรตีนเกิดการเรียงตัวใหม่ ส่งผลให้ความยืดหยุ่นลดลง (Fennema, 1996 , Straadt *et al*., 2007) สอดคล้องกับการศึกษาของ Niamnuy *et al*. (2008) ที่ศึกษาการต้มกุ้งในน้ำเกลือที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า การต้มกุ้งด้วยระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้เนื้อกุ้งมีค่าความแข็ง (hardness) ที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

มีค่าความแข็งมากขึ้น ซึ่งแสดงถึงความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสที่ลดลงได้ ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มให้มีความยืดหยุ่นได้ตามที่ผู้ทดสอบต้องการ

2.4.4 รสชาติ

เนื้อกุ้งในทุกชุดการทดลองที่ใช้ระยะเวลาการต้มแตกต่างกัน (B953, B954 และ B955) มีคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยปกติจากกุ้งที่มีรสชาติหวานเนื่องจากกรดอะมิโนอิสระไกลซีน (Sikorski *et al*., 1990) เปลี่ยนเป็นเนื้อกุ้งจืด ไม่มีรสชาติ และมีรสเฝื่อน รวมทั้งรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ลักษณะรสชาติที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวเกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนให้เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลง เมื่อโครงสร้างของโปรตีนเล็กลงทำให้การจับระหว่างโมเลกุลของน้ำและเส้นใยของโปรตีนลดลงตามไปด้วย ความชุ่มฉ่ำของน้ำภายในเนื้อกุ้งลดลงด้วย แล้วน้ำอิสระเหล่านั้นไปละลายกรดอะมิโนที่ทำให้เกิดรสหวานในเนื้อกุ้ง เมื่อระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้นผู้ทดสอบจึงไม่ได้รับรสหวานจากเนื้อกุ้งอีก เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nirmal and Benjakul (2009) ที่พบว่ากุ้งขาว(*Litopenaeus vannamei*) ที่เคลือบและไม่เคลือบด้วย ferulic acid เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็ง มีการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (B953) มีการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากการต้มกุ้งที่เวลานานมากกว่า 3 นาที ทำให้ความร้อนไปทำลายกรดอะมิโนอิสระไกลซีนที่ให้รสชาติหวานในกุ้งมากขึ้นทำให้เนื้อกุ้งไม่มีรสชาติที่ผู้ทดสอบต้องการ ดังนั้น B953 จึงเป็นระยะเวลาการต้มที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพด้านรสชาติของเนื้อกุ้งต้ม

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาท-สัมผัสของเนื้อกุ้งที่ใช้ระยะเวลาในการต้มแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการต้มกุ้งที่อุณหภูมิ 95 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด ในขณะเดียวกันยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาได้ไม่แตกต่างจากการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 5 นาที ดังนั้นจึงใช้การต้มกุ้งที่อุณหภูมิ 95 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เป็นการเตรียมตัวอย่างในการทดลองขั้นต่อไป

3. ผลของการเคลือบกุ้งต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้ม

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม (% cooking loss)

เนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) มีค่าสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเกิดการเน่าเสียมากขึ้น เพราะมีการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมทั้งการย่อยสลายองค์ประกอบในส่วนที่เป็นโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งก็เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเยิ้มน้ำซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Alvarez *et al*. (2009) ที่พบว่าเนื้อกุ้ง deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) ที่ไม่เติมและเติมสารป้องกันการเกิด melanosis เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนในเนื้อกุ้งส่งผลต่อความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนลดลงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 และ T05 มีค่าสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และตัวอย่างควบคุม (TC) ที่ไม่ได้เคลือบสารใดเลย รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีค่าสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนบนเนื้อกุ้งต้มนั้นมีประสิทธิภาพทั้งในแง่ของการยับยั้งจุลินทรีย์และการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้เกิดการเน่าเสียช้าลง โปรตีนเกิดการเสียสภาพได้น้อยลงจึงยังคงมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ไม่ถูกปลดปล่อยออกมาส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น

3.2 คุณภาพทางเคมี

3.2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ระหว่าง 6.92 – 6.95 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา เนื่องจากเมื่อสัตว์น้ำตายจะเกิดการใช้ไกลโคเจนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic condition) เกิดเป็นกรดแล็คติกทำให้ความเป็นกรดด่างของสัตว์น้ำลดลงเล็กน้อยในช่วงแรกของการเน่าเสีย จากนั้นเมื่อผ่านการเก็บรักษามาระยะหนึ่งจุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งจากสารประกอบ carvacrol และ thymol ในน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในช่วงแรกของการเก็บรักษา ค่อย ๆ เกิดการฟื้นตัวและกลับมาเริ่มเจริญได้โดยเฉพาะ

อย่างยิ่งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ซึ่งมีผลทำให้ค่า pH ของเนื้อกุ้งต้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงช่วงท้ายของการเก็บรักษา สอดคล้องกับผลการทดลองของ Vatavali *et al*. (2012) ที่พบว่า red porgy (*Pagrus pagrus*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับไคโตซานมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 และ T05 มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และตัวอย่างควบคุม (TC) ที่ไม่ได้เคลือบสารใดเลย รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุดตลอดระยะ เวลาการเก็บรักษา เนื่องจากโดยปกติเมื่อสัตว์น้ำเกิดการเน่าเสียจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์จากในตัวสัตว์น้ำเองและจากจุลินทรีย์แล้วเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้ เช่น แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Coban *et al*, 2012; Ozyrut *et al*, 2011) ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากการที่ตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเคลือบมีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่าชุดการทดลองอื่น แต่การเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนบนเนื้อกุ้งต้มนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสียช้าลงซึ่งหมายถึงการเกิดสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้มีน้อยลงจึงยังคงทำให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำ เช่นเดียวกับเนื้อปลาเทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) รมควันที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมเช่นกัน (Erkan, 2012)

3.2.2 ปริมาณ TVB-N

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 10 - 14.5 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งโดยปกติสัตว์น้ำแปรรูปจะมีปริมาณ TVB-N เริ่มต้นที่ 5 - 20 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (Huss, 1988) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) โดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งร่วมกับการเน่าเสียจากของกิจกรรมจุลินทรีย์ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Coban *et al*, 2012; Ozyrut *et al*, 2011) ซึ่ง Mexis *et al*. (2009) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลาเทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการใช้สารดูดซับออกซิเจน พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

สำหรับในการทดลองครั้งนี้ พบว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 และ T10 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และตัวอย่างควบคุม (TC) ที่ไม่ได้เคลือบสารใดเลย รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นมากยิ่งทำให้มีคุณสมบัติเป็น Antibacterial (Attouchi and Sadok, 2012) มากตามไปด้วย จึงไปลดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในเนื้อกุ้ง อีกทั้งคุณสมบัติการเป็น Antioxidant ของน้ำมันหอมระเหย (Makri, 2013) ยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในเนื้อกุ้ง ส่งผลให้ปริมาณ TVB-N น้อยลงด้วย อย่างไรก็ตามหากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมากทำให้เกิดสารประกอบคีโตนและอัลดีไฮด์มากขึ้น และสารดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนทำให้ยิ่งเกิดการเน่าเสียเร็วขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Goulas and Kontaminas (2007) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลา sea bream (*Sparus aurata*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศและการทำเค็มมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ค่า TVB-N เป็นค่าที่ใช้บอกถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งสัตว์น้ำแปรรูปที่มีคุณภาพดีควรมีค่าไม่เกิน ควรมีค่าไม่เกิน 25 - 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (EC, 2005) ดังนั้นเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 14 วัน ในขณะที่ T05 และ TA มีอายุการเก็บรักษา 12 และ 10 วันตามลำดับ และ TC มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 8 วัน

3.2.3 ปริมาณ TMA-N

ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 2.10 - 3.03 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณ TMA-N ของของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเนื้อกุ้งเน่าเสียจะเกิดการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วได้สารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า ซึ่งก็คือ ปริมาณ TMA-N เพิ่มมากขึ้นโดยเกิดจากการที่ TMAO ถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N โดยแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ได้ทั้งในที่ที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนโดยการใช้เอนไซม์จากแบคทีเรียที่เรียกว่า trimethyamine oxidase สอดคล้องกับการทดลองของ Erkan and Bilen (2010) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TMA-N ในเนื้อปลา chub mackerel (*Scomber japonicus*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหย พบว่า ปริมาณ TMA-N ในช่วงแรกของการเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

นอกจากนี้ในการทดลองครั้งนี้ยังพบว่า เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 และ T10 มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) และตัวอย่างควบคุม (TC) ที่ไม่ได้เคลือบสารใดเลย รวมทั้งเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้นมากจะยิ่งมีคุณสมบัติการเป็น Antibacterial (Attouchi and Sadok, 2012) มากตามไปด้วย จึงมีประสิทธิภาพไปลดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตัวสร้างเอนไซม์เพื่อไปเปลี่ยนให้ TMAO กลายเป็น TMA-N ทำให้มีปริมาณ TMA-N น้อย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mexis *et al*. (2009) ที่พบว่าเนื้อปลาเทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนร่วมกับการใช้สารดูดซับออกซิเจนมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าเนื้อปลาที่ไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน

3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในวันที่ 0 - 12 ของการเก็บรักษา เนื่องจากอาจมีจุลินทรีย์ที่ทนต่อสารยับยั้งในน้ำมันออริกาโน เช่น จุลินทรีย์แกรมลบที่เยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกเป็นสารประกอบกลุ่มลิโปพอลิแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide) ที่แข็งแรง (เบญจมาศ เขตรดง และปรัชญากร ชูตระกูล, 2553) สารยับยั้งในน้ำมันหอมระเหยออริกาโนจึงไปชะลอการเจริญได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของน้ำมันน้ำมันหอมระเหยออริกาโนลดลง จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีการฟื้นตัวกลับมาเจริญและเพิ่มจำนวนขึ้นได้ สอดคล้องกับ Mexis, Chouliara and Kontominas (2009) ที่ศึกษาการใช้สารดูดซับออกซิเจนร่วมกับน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) พบว่าเมื่อเก็บรักษาเนื้อปลาเป็นระยะเวลานานขึ้นทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน และ Mastromatteo *et al*. (2010) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้ง *Palaemon serratus* ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากมีการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ทำให้ค่า pH ลดลง ส่งผลให้จุลินทรีย์บางกลุ่มที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นกรดดังกล่าวไม่สามารถเจริญได้ เช่นเดียวกับกับงานวิจัยของ วิจิตรา แดงปรก (2556) ที่พบว่า เมื่อเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิม (*Oreochromis* sp.) รมควันเย็นที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยอบเชยและน้ำมันหอมระเหยกานพลู

ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการเพิ่มขึ้นในช่วงต้นของการเก็บรักษา และมีการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในช่วงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา รวมทั้งมีการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกอีกด้วย

เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบ เนื่องจากสาร carvacrol และ thymol ในน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมี hydroxyl group ซึ่งไม่ค่อยเสถียรนั้น แพร่ผ่านเข้าไปภายในเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์จะเกิดการแตกตัวของ H^+ ทำให้ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์มีสภาวะเป็นกรด ส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนต่าง ๆ เช่น ดีเอ็นเอและเอนไซม์ถูกทำลายจึงช่วยชะลอการเจริญหรืออาจทำให้จุลินทรีย์ตายได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์, 2556) สอดคล้องกับการศึกษาของ Frangos *et al*. (2010) พบว่าการนำเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและบรรจุแบบสุญญากาศช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ได้ โดยตัวอย่างที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน และ Chamanara *et al*. (2012) ยังพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 1% (v/v) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ได้นาน 14 วัน ขณะที่ตัวอย่างควบคุมเก็บได้เพียง 8-9 วัน

หากพิจาณาจากมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 และ T05 สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ TA ซึ่งเก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน และยังพบว่าการเคลือบเนื้อกุ้งต้มด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่มีความเข้มข้นสูงกว่าส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่มีความเข้มข้นต่ำและเมื่อพิจารณาถึงการตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น ๆ ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Vibrio cholerae* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน เพราะจุลินทรีย์เหล่านั้นไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการต้มกุ้งที่ 95 องศาเซลเซียส ได้ จึงสามารถยับยั้งจากเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคดังกล่าวได้ อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคดังกล่าวในเนื้อกุ้งต้มตลอดเวลาที่เก็บรักษา

3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของกุ้งขาวต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) ลดลง เนื่องจากเกิดขบวนการ Autolysis โดยเอนไซม์บางส่วนที่ไม่ถูกทำลายจากความร้อนระหว่างต้มย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อกุ้ง และการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่ใช้สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยเนื้อกุ้งเพื่อนำสารประกอบต่างๆ ไปใช้ในการเจริญ ทำให้เนื้อกุ้งมีกลิ่น สี และรสชาติที่แตกต่างไปจากเดิม โดยปกติหากสัตว์น้ำสดรงควัตถุในเนื้อสัตว์น้ำจับอยู่กับโปรตีน แต่เมื่อเกิดการเน่าเสียโปรตีนเม็ดสีถูกย่อยกลายเป็นกรดอะมิโนอิสระ รงควัตถุที่ทำให้เกิดสีส้มในเนื้อกุ้งเสียสภาพทำให้เนื้อกุ้งมีสีคล้ำลง อีกทั้งในกุ้งยังมีกรดอะมิโน Tyrosine, Tryptophane และ Cystine สูง ซึ่งกรดอะมิโนดังกล่าวมีผลต่อการเกิดจุดดำ (Black Spot) หรือ Melanosis ซึ่งเกิดจากการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน Tyrosine ที่มีเอนไซม์ Tyrosinase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา รวมทั้งการเกิดสารอินโดล (Indole) จากการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน Tryptophane จากการที่จุลินทรีย์บางชนิดที่ผลิตเอนไซม์ Tryptophanase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (นิรชา วงษ์จินดา, ม.ป.ป.) ทำให้เนื้อกุ้งที่เคยมีสีขาวและมีจุดสีส้มสดใสเริ่มมีสีซีดลง และมีเมือกเคลือบอยู่ที่ผิวของเนื้อกุ้งรวมทั้งมีการเปื่อยยุ่ยของเนื้อกุ้งในวันท้าย ๆ ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ozyurt *et al*. (2011) พบว่าปลาซาร์ดีน (*Sardinella aurita*) ที่มีการใช้สารสกัดจากโรสแมรี่มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น

เนื้อกุ้งต้มที่ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดในกลุ่มผู้ทดสอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ T10 (น้ำมันหอมระเหยออริกาโน 1.0%) ซึ่งเป็นผลจากปริมาณสารประกอบฟีนอลในน้ำมันออริกาโนที่มากกว่าชุดการทดลองอื่นทำให้สามารถเคลือบและซึมเข้าไปในเนื้อกุ้งได้ทั่วถึงกว่าและมีประสิทธิภาพของสารยับยั้งจุลินทรีย์สูงกว่าจึงช่วยชะลอการเจริญจุลินทรีย์ได้ดีทำให้โครงสร้างโปรตีนในเนื้อกุ้งมีการย่อยสลายช้าลง รงควัตถุจับกับโปรตีนได้ดีทำให้สีเนื้อกุ้งสุกคงสภาพได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการวิจัยของ Antonios *et al*. (2007) ที่พบว่าปลากะพงขาว (*Argyrops spinifer*) เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (0.4%) และบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน และงานวิจัยของ Erkan (2012) พบว่าการเคลือบปลาเทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบน้ำมันหอมระเหย

3.4.2 กลิ่น

คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีระดับการยอมรับ 5 คะแนน เพราะมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ โดยความเข้มของกลิ่นชัดเจน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มใน

ทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) ลดลง เนื่องจากเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรง เช่น กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรง ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนจึงทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นของสารที่ระเหยได้ เช่น กลิ่นแอมโมเนีย เป็นต้น และเมื่อการเน่าเสียเกิดมากขึ้นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างออกซิเจนกับลิพิด (lipid) ซึ่งหมายถึง ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) บริเวณตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสที่ไม่ดีมากยิ่งขึ้น เรียกว่า การหืน (rancidity) (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) อย่างไรก็ตามกลิ่นเหม็นหืนในเนื้อกุ้งนั้นไม่ชัดเจนมากนักเพราะกลิ่นเหม็นเน่าอันเป็นผลมาจากการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์มีความเข้มของกลิ่นมากกว่าจึงกลบกลิ่นเหม็นหืนซึ่งกลิ่นที่แสดงลักษณะการเน่าเสียโดยเฉพาะในกุ้งคือ กลิ่น cheese-sour, cabbage-amine และcheese sour butter (Jaffres *et al*, 2011) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohammad *et al*. (2013) พบว่า ผู้ทดสอบยังให้การยอมรับกลิ่นของปลาเรนโบวเทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและน้ำมันหอมระเหยไธม์ได้ถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษาหลังจากนั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับลดลงจนกระทั่งไม่ยอมรับเมื่อเกิดกลิ่นเหม็นเน่ารุนแรงมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (T05 และ T10) มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม (TC) และเคลือบอัลจิเนต (TA) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน ซึ่งบ่งบอกได้ว่าการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มได้ดี เนื่องจากน้ำมันออริกาโนมีผลต่อการยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ได้จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ของสารระเหยต่าง ๆ เช่น ไตรเมทธิลเอมีน ฮีสตามีนและแอมโมเนียซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นที่เน่าเหม็นได้น้อยลง ผู้ทดสอบจึงยังยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อีกทั้งกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 มีคะแนนสูงที่สุด โดยเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากขึ้นย่อมหมายถึงการมีสารประกอบ carvacrol และ thymol ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้มากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Vatavali *et al*. (2012) ที่ได้นำ red porgy (*Pagrus pagrus*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและไคโตซาน รวมทั้ง Chamanara *et al*. (2012) ได้นำปลาเรนโบว์เทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) มาเคลือบด้วยไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยโหระพาซึ่งงานวิจัยทั้งคู่พบว่าตัวอย่างมีการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นดีกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

3.4.3 เนื้อสัมผัส

คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับ 5 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) ลดลง เนื่องจากในช่วงแรกของการเก็บรักษายังไม่เกิดการเน่าเสียของโปรตีน โดยเฉพาะอย่างไมโอฟิบริลลาโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ช่วยให้เกิดการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อในสัตว์น้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นเมื่อผู้บริโภครับประทานยังไม่เกิดการเสื่อมคุณภาพทำให้เนื้อกุ้งต้มมียืดหยุ่นดีมากไม่แข็ง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อสัมผัสกลับไม่มีความยืดหยุ่น นิ่มเละ และเป็นเมือก สาเหตุเกิดจากจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อกุ้งทำให้โครงสร้างของโปรตีนเล็กลง กรดอะมิโนที่เคยจับกันแน่นสลายออกความยืดหยุ่นของเนื้อกุ้งลดลง ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pezeshk *et al*. (2011) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้นและน้ำมันหอมระเหยหอมแดงร่วมกับการบรรจุสูญญากาศ และตัวอย่างควบคุมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ด้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ตัวอย่างที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสช้ากว่า

การนำเนื้อกุ้งต้มมาเคลือบด้วยน้ำมันออริกาโน (T05 และ T10) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกได้ดีกว่าการตัวอย่างควบคุม (TC) ดังจะเห็นได้จากการที่ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (T05 และ T10) สูงกว่าตัวอย่างควบคุม (TC) และเคลือบอัลจิเนต (TA) และกลิ่นของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 มีคะแนนสูงที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลในน้ำมันออริกาโนสามารถเข้าทำลายระบบภายในของจุลินทรีย์ทำให้เป็นการยับยั้งการเจริญของจุลิทรีย์ได้ ดังนั้นโครงสร้างโปรตีนจึงไม่ถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ กรดอะมิโนยังสามารถจับกับน้ำได้ดีทำให้เนื้อกุ้งต้มยังมีความอุ้มน้ำและยังคงความยืดหยุ่นได้ดีกว่า แต่การที่เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 มีคะแนนสูงกว่า T10 เกิดจากความเข้มข้นของน้ำมันออริกาโนมากเกินไปทำให้เกิดข้อจำกัดด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mexis *et al*. (2009) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (0.4% v/w) ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kostaki *et al*. (2009) พบว่าปลากะพงขาว (*Dicentrarchus labrax*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ (0.2% v/w) ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 17 วัน

3.4.4 รสชาติ

คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีระดับการยอมรับ 5 คะแนน เพราะมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งชัดเจน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มในทุกชุดการทดลอง (TC, TA, T05 และ T10) ลดลง โดยเนื้อกุ้งต้มมีรสชาติผิดปกติรุนแรง เช่น รสเปรี้ยว เนื่องจากการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีการเน่าเสียมากขึ้น กุ้งที่เคยมีรสชาติหวานตามธรรมชาติเพราะเนื้อกุ้งมีกรดอะมิโนไกลซีนเมื่อเกิดการเน่าเสียเอนไซม์จากตัวกุ้งเองและจากจุลินทรีย์ไปย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนให้เป็นสารประกอบโมเลกุลที่เล็กลง มีผลต่อการจับระหว่างโมเลกุลของน้ำและเส้นใยของโปรตีนลดลงตามไปด้วย ซึ่งทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งไม่เกิดการอุ้มน้ำ แล้วน้ำอิสระเหล่านั้นไปละลายกรดอะมิโน เช่น ไกลซีนที่ทำให้เกิดรสหวานในเนื้อกุ้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vatavali *et al*. (2013) พบว่าคะแนนความชอบรสชาติของปลากะพงแดง (*Pagrus pagrus*) เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยออริกาโนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ผู้ทดสอบยังสามารถยอมรับได้จนถึงวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (T05 และ T10) มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม (TC) และเคลือบอัลจิเนต (TA) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงรสชาติของเนื้อกุ้งต้มได้ดี เนื่องจากสารประกอบ carvacrol และ thymol ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้และยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของรสชาติ สอดคล้องกับ Vatavali *et al*. (2012) ที่ได้นำ red porgy (*Pagrus pagrus*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและไคโตซาน รวมทั้ง Giatrakou *et al*. (2008) นำปลากระโทงแทง (*Xiphias gladius*) เคลือบน้ำมันออริกาโน 0.1% ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศ ซึ่งงานวิจัยทั้งสองชิ้นพบว่าตัวอย่างที่มีการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติได้ อีกทั้งการที่ระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 มีคะแนนสูงกว่า T10 เนื่องจากการใช้น้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่มีความเข้มข้นมากเกินไปมีผลต่อข้อจำกัดด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติต่อผู้ทดสอบที่ไม่คุ้นเคย เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีกลิ่นเฉพาะเมื่อนำมาเคลือบตัวอย่างส่งผลให้รสชาติเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ โดยมีรสชาติเผื่อนเพิ่มมาขึ้นหากใช้ที่ความเข้มข้นสูง ดังเช่นในงานวิจัยของ Masniyom *et al*. (2012) พบว่าหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้น 0.25% และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 0.25% ช่วยชะลอ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและช่วยให้รสชาติของหอยแมลงภู่กว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ Ojagh *et al*. (2010) พบว่าการเคลือบปลาเรนโบว์เทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยอบเชยและไคโตซาน (2%, w/v Ch+1.5%. v/v C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ทำให้เก็บได้นานและเนื้อปลายังมีลักษณะที่ดี

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ จะเห็นได้ว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 มีการยอมรับด้านกลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติสูงกว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 ส่วนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T10 มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 เนื่องจากการใช้น้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่มีความเข้มข้นมากเกินไปมีผลต่อข้อจำกัดด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสต่อผู้ทดสอบ เนื่องจากน้ำมันออริกาโนมีกลิ่นเฉพาะเมื่อนำมาเคลือบตัวอย่างจะส่งผลให้กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ จะเกิดกลิ่นคล้ายน้ำมันและมีรสชาติเฝื่อน อย่างไรก็ตามปัจจัยเรื่องชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน รวมถึงชนิดและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถเติมลงไปแล้วยังทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำให้ได้ผลการวิจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น Masniyom *et al*. (2012) พบว่าหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้น 0.25% และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 0.25% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและช่วยให้รสและกลิ่นดีขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ส่วน Frangos *et al*. (2010) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันออริกาโน 0.2% และบรรจุแบบสูญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ขณะที่ Antonios *et al*. (2009) พบว่าในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตัวอย่างปลากะพง (*Sparus aurata*) เคลือบน้ำมันออริกาโน (0.8% (v/w)) บรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศผู้ทดสอบสามารถยอมรับกลิ่นได้ถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

หากพิจารณาเฉพาะคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน จากคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะอื่น (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและ เนื้อสัมผัส) ที่ระดับต่ำกว่า 3 คะแนน ประกอบกับการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของมนุษย์ที่มีความไวมากกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น จึงสามารถใช้บ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาได้เป็นอย่างดี (Coban *et al*, 2012) เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน T05 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 14 วัน

รองลงมา คือ T10 มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน ส่วน TA และ TC มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน และ 8 วัน ตามลำดับ

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อพิจาณาจากคุณภาพในทุกด้านแสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งได้ดีที่สุด ทั้งนี้การนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ โดยการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% (T05) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด ส่วนการเคลือบเนื้อกุ้งขาวด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 1% (T10) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีได้ดีที่สุด ในขณะที่ทั้งการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% (T05) และ 1% (T10) มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาได้ไม่แตกต่างกัน ส่วนการพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยนั้น เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภคจากมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% (T05) และ 1% (T10) สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% (TA) ซึ่งเก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (TC) เก็บได้เพียง 6 วัน

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

ระดับการยอมรับเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน มีคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยกำหนดให้ระดับการยอมรับกลิ่นที่ต่ำกว่า 3 เป็นระดับการยอมรับที่ใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน

ระยะเวลาการลวกมีผลต่อคุณภาพเนื้อกุ้งต้มซึ่งระยะเวลาในการลวกเนื้อกุ้งขนาด 60 - 70 ตัว/ กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส คือ 3 นาที มีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส ได้ดีที่สุด

การนำเนื้อกุ้งต้มมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ผสมสารละลายอัลจิเนต 0.002% ทั้งที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% ช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อกุ้งต้มได้ดีกว่าการไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% เพียงอย่างเดียว และการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด ส่วนการเคลือบเนื้อกุ้งขาวด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 1% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีได้ดีที่สุด ในขณะที่ทั้งการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อพิจาณาจากคุณภาพในทุกด้านแสดงให้เห็นว่าการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งได้ดีที่สุด นอกจากนี้เนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองยังตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Vibrio cholerae* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน

การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยให้มีความปลอดภัยในการบริโภคตามมาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ให้ผลดีที่สุดคือการเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% และ 1% สามารถเก็บได้นาน 10 วัน รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ซึ่งเก็บได้นาน 8 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม เก็บได้เพียง 6 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เนื้อกุ้งต้มที่เคลือบน้ำมันออริกาโนมีอายุการเก็บรักษาน้อย หากต้องการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น ควรใช้ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

2.2 การนำไปประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนอาจศึกษาถึงผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นที่ผลิตได้ในประเทศ เช่น น้ำมันโหระพาหรือน้ำมันตะไคร้ต่อประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งต้ม

เอกสารอ้างอิง

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

กฤติกา นรจิตร. (2548). คุณสมบัติของสารสกัดจากุพีชวงศ์ขิง : อิทธิพลของวิธีการสกัดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

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

นิติพงศ์ จิตรีโภชน์, กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ และธีรพร กงบังเกิด. (2555). *การปรับปรุงคุณภาพปลาน้ำจืดแช่แข็งด้วยสารละลายทดแทนฟอสเฟต.* ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร

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

นิรชา วงษ์จินดา. (2556). *กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง.* วันที่ค้นข้อมูล 3 กันยายน 2557, เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/technical_group/ดาว์โหลด/กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง.pdf

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. (2546). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ*.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิจิตรา แดงปรก. (2556). *รายงานผลการวิจัย เรื่อง ผลของการใช้อบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศในการยืดอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร.* มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 88 หน้า

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

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์. (2556). *ออริกาโน (Oregano)*. วันที่ค้นข้อมูล 5 กันยายน 2557, เข้าถึงได้จาก http://nrtdc.agri.kps.ku.ac.th/herb/oricano.pdf

สวามินี ธีระวุฒิ. (2554). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน* : การปรับสภาวะบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ.* (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียน-สโตร์.

เบญจมาศ เขตรดง และปรัชญากร ชูตระกูล. (2553). *ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกระเพรา โหระพา ตะไคร้หอมและแมงลัก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.* วันที่ค้นข้อมูล 8 กันยายน 2557, เข้าถึงได้จาก http://161.246.67.22/aganimal_v2/THeSiS-DoC/ef1fedde45b4ca6fc7cb49894acf5a71.pdf

Aaslyng, D.M., Bejerholm C., Ertbjerg P., Bertram C.H., Anderson, J.H. (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking produce. Food Quality and Preference, 14 , 277–288.

Anacleto, P., Teixeiraa, B., Marques, P., Pedro,S., Nunes, M.L. & Marques, A. (2011). Shelf-life of cooked edible crab (*Cancer pagurus*) stored under refrigerated conditions. *LWT - Food Science and Technology, 44*(6), 1376–1382.

Antonios, E.G., & Michael, G.K. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, *100*, 287-296.

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

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.

APHA. (1992). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (3 rd ed.). American Public Health Association: Washington DC.

Apisariyakul, A., Anittanakom, N.V. & Buddhasukh, D. (1995). Antifungal activity of turmeric oil extracted from Curcuma longa. *J. Ethnopharmacology*, 48.

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

Bank H., Neckelson R. & Fine G. (1980). Shelf - life studies on CO_2 packaged fin fish from the Gulf of Mexico. *J.Food Sci. 45*, 157 - 162.

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

Benkeblia, N. (2004). Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onion and galic. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, *37*, 263-268.

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

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

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.

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

Dorman, H.J.D. & Deans, S.G. (2000). Antimicrobial agent from plant: Antibacterial activity of plants volatile oils. *J. Applied Microbiology*, *88*, 308-316.

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.

Erkan, N., Tosun, S.Y., Safak, U., & Uretener, G. (2010). The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish *(Pomatomus saltatrix*) during storage in ice. *Faculty of fisheries*, *6*, 39-48.

Fall, P.A., Pilet, M.F., Leduc, F., Cardinal, M., Duflos, G., Guérina, C., Joffrauda, J.J. & Leroia, F. (2010). Sensory and physicochemical evolution of tropical cooked peeled shrimp inoculated by *Brochothrix thermosphacta* and *Lactococcus piscium* CNCM I-4031 during storage at 8 °C. *Journal of Food Microbiology. 152*(3), 82–90. Food Micro 2010, the 22nd Symposium of the International Comittee on Food Microbiology and Hygiene (ICFMH).

Fennema, O.R. (1996). Food chemistry. (2nd ed.) Marcel Dekker, New York.

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

Giatrakou, V., Kykkidou, S., Papavergou, A., Kontominas, MG., & Savvaidis, I.N. (2008). Potential of oregano essential oil and MAP to extend the shelf life of fresh swordfish: a comparative study with ice storage. *Food Sci*, *73*(4), 67-73.

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

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

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

Huss, H.H. (1988). *Fresh Fish-Quality and Quality Changes*. FAO Fisheries, Roma, series No. 29

ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (1986). *Microorganisms in foods 2 Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications*. University of Toronto Press (2nd ed.) Blackwell Scientific Publications, Toronto.

Jaffrès, E., Lalanned, V., Macéa, S., Cornet, J., Cardinal, M., Sérot, T., Dousset, X. & Joffraud, J.J. (2011). Sensory characteristics of spoilage and volatile compounds associated with bacteria isolated from cooked and peeled tropical shrimps using SPME–GC–MS analysis. *International Journal of Food Microbiology, 147*(3), 195–202

Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N., & Kontominas, M. G. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, *26*, 475-482.

Manheem, K., Benjakul, S., Kijroongrojana, K. & Visessanguan, W. (2012). The effect of heating conditions on polyphenol oxidase, proteases and melanosis in pre-cooked Pacific white shrimp during refrigerated storage. *Food Chemistry, 131(4)*, 1370–1375.

Martínez-Alvarez, O., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C. & Montero, P. (2009). The effect of several cooking treatments on subsequent chilled storage of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with different melanosis-inhibiting formulas. *LWT - Food Science and Technology, 42*(8), 1335–1344.

Masniyom, P., Benjama, O., & Maneesri, J. (2012). Effect of turmeric and lemongrass essential oils and their mixture on quality changes of refrigerated green mussel (*Perna viridis*). *International Journal of Food Science & Technology*, *47*(5), 1079-1085.

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

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

Mexis, S.F., Chouliara, E., & Kontominas, M.G. (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf-life extension of rainbow trout fillets stored at 4°C. *Food Microbiology*, *26*, 598-605.

Mohammad, J., Farideh, T.Y., Seyed, A.M., Arash, K., & Naimeh, K. (2013). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology, 174*, 88-97.

Niamnuy, C., Devahastin, S. & Soponronnarit, S. (2008). Changes in protein compositions and their effects on physical changes of shrimp during boiling in salt solution. *Food Chemistry, 108*(1), 165–175.

Nirmal, N.P. & Benjakul, S. (2009). Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food Chemistry, 116*(1), 323–331.

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

Ojagh, S. M., Rezavi, S.H., & Hossrini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, *120*, 193-198.

Pezeshk, S., Rezaei, M., & Hosseini, H. (2011). Effects of turmeric, shallot extracts, and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at 4 ± 1 °C. *Journal of Food Science*, 76, 387-391.

Sanjay, K.B. & Subir, K.M. (2000). Effect of garlic on cardiovascular disorder: A review. *Nutritional J*. 1: 1-14.

Sedik, M.F., Roushdy, S.A., Khalafalla, F.A. & Awa, H.A.E. (1991). Effect of temperature on initial bacteria of prawn. *Die Nahrung, 35*(1), 39–46.

Sikorski, Z.E., Kolakowska, A. & Pan, B.S. (1990). *The nutritive composition of the major groups of marine food organisms*. Z.E. Sikorski (Ed.), Seafood: resources, nutritional composition and preservation, CRC Press, Florida, 29–54.

Straadt, I.K., Rasmussen, M. & Anderson, H.J. & Bertram, H.C. (2007). Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss – A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Science, 75*. 687–695.

Vatavali, K., Karakosta, L., Nathanailides, C., Georgantelis, D., & Kontominas, M.G. (2013). Combined effect of chitosan and oregano essential oil dip on the microbiological, chemical, and sensory attributes of red porgy (*Pagrus pagrus*) stored in ice. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(12), 3510-3521.

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

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
2	0.77_{a}^{A} ± 0.44	0.91_{a}^{A} ± 0.19	1.70_{a}^{B} ± 0.16
4	0.90_{a}^{A} ± 0.18	0.96_{a}^{A} ± 0.42	2.20_{b}^{B} ± 0.13
6	1.06_{a}^{A} ± 0.02	1.37_{b}^{B} ± 0.08	2.42_{b}^{C} ± 0.18
8	1.44_{b}^{A} ± 0.12	1.64_{b}^{A} ± 0.12	2.28_{b}^{B} ± 0.17
10	1.78_{b}^{A} ± 0.16	2.37_{c}^{B} ± 0.08	2.75_{c}^{C} ± 0.04
12	2.28_{c}^{A} ± 0.02	2.46_{c}^{A} ± 0.18	3.43_{d}^{B} ± 0.12

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก - 2 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD ชุดการทดลอง		
	B953	B954	B955
0^{NS}	7.01_{f} ± 0.01	7.00_{f} ± 0.01	7.00_{f} ± 0.01
2	6.98_{e}^{C} ± 0.01	6.95_{e}^{B} ± 0.01	6.90_{d}^{A} ± 0.01
4	6.92_{d}^{B} ± 0.01	6.89_{cd}^{A} ± 0.01	6.88_{c}^{A} ± 0.01
6	6.89_{c}^{C} ± 0.01	6.87_{c}^{B} ± 0.01	6.84_{b}^{A} ± 0.01
8	6.85_{b}^{B} ± 0.01	6.82_{a}^{A} ± 0.01	6.81_{a}^{A} ± 0.01
10	6.79_{a}^{A} ± 0.01	6.85_{b}^{B} ± 0.02	6.91_{e}^{C} ± 0.00
12	6.88_{c}^{A} ± 0.01	6.90_{d}^{B} ± 0.01	7.03_{g}^{C} ± 0.01

หมายเหตุ:

B953 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที

B954 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 4 นาที

B955 คือ การต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที

a, b, c, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, ...ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS คือ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก - 3 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนเจือจาง ใน สารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโน แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TC	TA	T05	T10
2	2.44_{a}^{B} ± 0.25	1.60_{a}^{AB} ± 0.62	1.20_{a}^{A} ± 0.17	1.78_{a}^{AB} ± 0.63
4	3.87_{b}^{B} ± 0.57	2.36_{ab}^{A} ± 0.65	1.76_{de}^{A} ± 0.56	2.00_{ab}^{A} ± 0.60
6	4.69_{bc}^{C} ± 0.20	3.07_{b}^{B} ± 0.40	2.32_{de}^{A} ± 0.49	2.77_{b}^{AB} ± 0.29
8	5.17_{c}^{B} ± 0.60	4.72_{c}^{B} ± 0.49	2.40_{de}^{A} ± 0.32	2.88_{b}^{A} ± 0.30
10	6.51_{cd}^{B} ± 0.62	5.71_{d}^{B} ± 0.66	3.86_{e}^{A} ± 0.49	4.43_{c}^{A} ± 0.48
12	7.65_{d}^{C} ± 0.48	5.83_{d}^{B} ± 0.43	4.16_{b}^{A} ± 0.25	4.79_{c}^{A} ± 0.56
14	7.99_{d}^{C} ± 0.52	6.33_{d}^{B} ± 0.23	4.82_{bc}^{A} ± 0.71	5.16_{c}^{A} ± 0.67
16	10.95_{e}^{C} ± 0.78	8.22_{e}^{B} ± 0.66	5.74_{cd}^{A} ± 0.37	6.51_{d}^{A} ± 0.49

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

ตารางผนวกที่ ก - 4 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งต้มเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโน เจือจางในสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	TC	TA	T05	T10
0^{NS}	$6.92_{e} \pm 0.03$	$6.95_{ef} \pm 0.03$	$6.93_{ef} \pm 0.03$	$6.95_{g} \pm 0.01$
2^{NS}	$6.88_{d} \pm 0.01$	$6.91_{de} \pm 0.05$	$6.90_{def} \pm 0.05$	$6.91_{ef} \pm 0.01$
4	$6.73_{b}^{A} \pm 0.01$	$6.85_{c}^{B} \pm 0.05$	$6.86_{d}^{B} \pm 0.05$	$6.86_{d}^{B} \pm 0.01$
6	$6.65_{a}^{A} \pm 0.01$	$6.63_{a}^{A} \pm 0.01$	$6.78_{c}^{B} \pm 0.01$	$6.78_{c}^{B} \pm 0.00$
8^{NS}	$6.77_{c} \pm 0.01$	$6.73_{b} \pm 0.03$	$6.72_{b} \pm 0.03$	$6.72_{b} \pm 0.05$
10	$6.90_{de}^{C} \pm 0.01$	$6.84_{c}^{B} \pm 0.01$	$6.62_{a}^{A} \pm 0.01$	$6.65_{a}^{A} \pm 0.05$
12	$7.16_{f}^{C} \pm 0.04$	$6.91_{d}^{B} \pm 0.06$	$6.80_{c}^{A} \pm 0.06$	$6.77_{bc}^{A} \pm 0.02$
14	$7.33_{g}^{C} \pm 0.04$	$6.99_{f}^{B} \pm 0.02$	$6.87_{de}^{B} \pm 0.02$	$6.75_{bc}^{A} \pm 0.01$
16	$7.51_{h}^{D} \pm 0.02$	$7.13_{g}^{C} \pm 0.04$	$6.94_{f}^{B} \pm 0.04$	$6.87_{de}^{A} \pm 0.03$

หมายเหตุ:

TC คือ ไม่เคลือบน้ำมันออริกาโน (Control)

TA คือ เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T05 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T10 คือ เคลือบสารละลายน้ำมันออริกาโน 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%