รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหย เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว
Application of an Essential Oil-Icing System to Prolong Shelf-life of White Shrimp

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2560A10802207
สัญญาเลขที่ 89/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว
Application of an Essential Oil-Icing System to Prolong Shelf-life of White Shrimp

สวามินี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

พฤษภาคม พ.ศ. 2561

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.สวามินี ธีระวุฒิ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว Application of an Essential Oil-Icing System to Prolong Shelf-life of White Shrimp รหัสโครงการ 2560A10802207 สัญญาเลขที่ 89/2560 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 301,800 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี (ระหว่าง 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 - 30 กันยายน พ.ศ. 2560)

- บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษากุ้งขาวแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของกุ้งขาวโดยระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่แตกต่างกัน 3 ความเข้มข้น ได้แก่ ITM 01 (0.1% thyme essential oil) ITM 02 (0.2% thyme essential oil) และ ITM 03 (0.3% thyme essential oil) เปรียบเทียบกับกุ้งขาวแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย เป็นเวลา 26 วัน พบว่า การนำกุ้งขาวมาแช่ใน ITM 03 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (pH, TVB-N และ TMA-N) คุณภาพทางกายภาพ (% cooking loss, สี และแรงเฉือน) คุณภาพคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส) ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เป็นสิ่งที่จำเป็นในการผลิตอาหารและความปลอดภัยในการบริโภค (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่า 5 คะแนน) ดังนั้น ITM 03, ITM 02 และ ITM 01 เก็บรักษาได้ 12, 10 และ 8 วัน ตามลำดับ ส่วน ICC มีอายุการเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาสั้นที่สุดคือ 4 วัน และการแช่กุ้งขาวในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% เป็นเวลานานขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสมากขึ้น

- ผลผลิต/ ผลลัพธ์

การแช่กุ้งขาวในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% ช่วยยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวได้นานที่สุด

- ข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาด้วยการระบุกลุ่มของจุลินทรีย์ เช่น การตรวจสอบจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแล็คติก จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จุลินทรีย์ทนความเย็น จะช่วยระบุกลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารกันหืนได้คลอบคลุมมากยิ่งขึ้น รวมถึงการศึกษาอัตราส่วนของกุ้งและน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยจะช่วยให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องสภาพการใช้งานโดยยังมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียของกุ้งขาวได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 89/2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษากุ้งขาวแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของกุ้งขาวโดยระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่แตกต่างกัน 3 ความเข้มข้น ได้แก่ ITM 01 (0.1% thyme essential oil) ITM 02 (0.2% thyme essential oil) และ ITM 03 (0.3% thyme essential oil) เปรียบเทียบกับกุ้งขาวแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย เป็นเวลา 26 วัน พบว่า การนำกุ้งขาวมาแช่ใน ITM 03 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (pH, TVB-N และ TMA-N) คุณภาพทางกายภาพ (% cooking loss, สี และแรงเฉือน) คุณภาพคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส) ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เป็นสิ่งที่จำเป็นในการผลิตอาหารและความปลอดภัยในการบริโภค (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่า 5 คะแนน) ดังนั้น ITM 03, ITM 02 และ ITM 01 เก็บรักษาได้ 12, 10 และ 8 วัน ตามลำดับ ส่วน ICC มีอายุการเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาสั้นที่สุดคือ 4 วัน และการแช่กุ้งขาวในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% เป็นเวลานานขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสมากขึ้น

Abstract

This research aims to study the effect of essential oil-icing system on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) quality. Thyme essential oil-icing system three conditions: ITM 01 (0.1% thyme essential oil), ITM 02 (0.2% thyme essential oil) and ITM 03 (0.3% thyme essential oil) compared to Pacific white shrimp were none essential oil-icing system during ice storage of 26 days was investigated. ITM 03 was the most effectively retarded chemical (pH, TVB-N and TMA-N), physical (% cooking loss, color and shear force), microbiological (total plate count) and sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked Pacific white shrimp and were followed by ITM 02, ITM 01 and ICC, respectively. Considering the shelf life of product by the sensorial quality (odor scores were less than 5 points), that is important to consider for human food and consumer safety. The shelf life of ITM 03, ITM 02, ITM 01 were 12, 10 and 8 days respectively. The shelf life of ICC was only 4 days. Immersion of Pacific white shrimp in essential oil-icing system for a longer period of time were more changed for the chemical, physical, microbiological and sensory qualities.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1

2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 4

3 วิธีดำเนินการวิจัย 14

4 ผลการวิจัย 19

5 อภิปรายผลการวิจัย 39

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 56

เอกสารอ้างอิง 57

ภาคผนวก 65

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ 66

ประวัติผู้วิจัย 78

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4 - 1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 37

4 - 2 คุณภาพทางจุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสม น้ำมันหอมระเหยไธม์ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 38

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน..... 66

ก - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน..... 67

ก - 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน..... 68

ก - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 69

ก - 5 ค่าสี L* ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 70

ก - 6 ค่าสี a* ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 71

ก - 7 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาว (ปล้องที่ 2) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 72

ก - 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน..... 73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ก - 9 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 วัน..... 74

ก - 10 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 วัน..... 75

ก - 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 วัน..... 76

ก - 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 วัน..... 77

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน..... 20

4 - 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน..... 22

4 - 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน..... 22

4 - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 23

4 - 5 ค่าสี L*, a* ของเนื้อกุ้งขาว (ปล้องที่ 2) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 25

4 - 6 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาว (ปล้องที่ 2) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 26

4 - 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 27

4 - 8 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหย ไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 29

4 - 9 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 30

4 - 10 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 31

4 - 11 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน..... 32

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีกำลังการผลิตสินค้าด้านกลางประมงเป็นอันดับหนึ่งในสิบของโลกที่มีผลผลิตสูง และยังติดอันดับต้นๆ ของผู้ส่งออกสินค้าประมง ปี 2553 ผลผลิตมวลรวมของประเทศของภาคการประมงมีมูลค่า 109,136 ล้านบาท ซึ่งเป็นร้อยละ 1.08 ของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ หรือร้อยละ 8.69 ของผลผลิตมวลรวมของภาคเกษตร และหนึ่งในสัตว์น้ำที่มีความสำคัญก็คือ กุ้งขาว ซึ่งนับวันจะเพิ่มปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้นทั้งความต้องการของผู้บริโภคในประเทศและต่างประเทศ ปริมาณการผลผลิตในปี 2554 เป็นกุ้งขาวแวนนาไม ร้อยละ 99 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด (ผลผลิตกุ้งทะเลรวม 600,000 ตัน) เฉพาะปี 2555 สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์กุ้งสด กุ้งแช่เย็นและกุ้งแช่แข็ง นำรายได้เข้าประเทศคิดเป็นมูลค่ากว่า 45,087 ล้านบาท ซึ่งผลผลิตประมาณร้อยละ 30 นั้นได้จากการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด ส่วนภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยนั้นมีผลผลิตประมาณร้อยละ 60 และภาคใต้ฝั่งอันดามันมีผลผลิตร้อยละ 10 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ ประกอบกับแนวโน้มความต้องการของตลาดในเอเชียโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีน มีมากขึ้น ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยที่จะสามารถส่งออกกุ้งขาวจึงยังคงมีอยู่สูง (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, 2557, สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

นอกจากมูลค่าจากการส่งออกแล้ว กุ้งขาวก็เป็นสัตว์น้ำที่ผู้บริโภคภายในประเทศนิยมบริโภค เนื่องจากรสชาติอร่อย และมีราคาไม่แพง รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยในกุ้งขาวในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการ และยังมีสารอะมิโนเปปไทด์อย่าง คาร์โนซีน (Carnosine) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งมีไขมันเพียง ร้อยละ 1.3 ที่อุดมไปด้วยกรดไขมันที่จำเป็นทั้ง โอเมก้า - 3 (Omega - 3) คือ EPA และ DHA และ โอเมก้า - 6 (Omega - 6) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันหรือลดปัจจัยเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง ไขข้ออักเสบ รวมทั้งในกุ้งขาวมีแร่ธาตุต่างๆ อาทิเช่น แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และไอโอดีนในปริมาณสูงด้วย (นลินี จงวิริยะพันธุ์, 2557; เอิร์ล มินเดอลล์, 2553)

สำหรับผลิตภัณฑ์ส่งออกจากกุ้งขาวนั้นมีตั้งแต่การแปรรูปเบื้องต้น ได้แก่ กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง จนถึงการแปรรูปในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น ซึ่งจากแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำให้เกษตรกรเลี้ยง

กุ้งขาวกันอย่างแพร่หลาย จึงมีปริมาณผลผลิตสูงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่การจำหน่ายกุ้งขาวเพื่อการบริโภคภายในประเทศรวมทั้งการจัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกยังมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากกุ้งขาวมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา หรือแม้กระทั่งผู้บริโภคในประเทศที่ปัจจุบันมีวิถีการดำเนินชีวิตที่ต้องการความสะดวกสบายในการซื้อหาวัตถุดิบมาปรุงอาหารและยังคงคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของวัตถุดิบดังกล่าว โดยนอกจากจะต้องคำนึงถึงความสะอาดสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงด้วยคือวิธีการเก็บรักษาหรือดูแลรักษาก่อนจะถึงมือผู้บริโภคหรือโรงงานอุตสาหกรรมด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวจึงควรหาวิธีการที่สามารถเก็บรักษาคุณภาพของกุ้งไว้ได้นาน และสามารถส่งไปจำหน่ายยังพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลได้ อีกทั้งยังเป็นการขยายธุรกิจการส่งออกกุ้งขาวและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกุ้งขาวออกสู่ตลาดต่างประเทศ รวมถึงสร้างความปลอดภัยในการบริโภคกุ้งขาวอีกด้วย โดยในปัจจุบันการเก็บรักษาคุณภาพของกุ้งง่ายที่สุดสำหรับชาวประมงคือ การแช่ในน้ำแข็งซึ่งใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ แต่ยังคงพบปัญหาคือคุณภาพของน้ำแข็งและระดับความเย็นที่ต้องการ เนื่องจากหากต้องการใช้ความเย็นมากขึ้นก็จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณน้ำแข็งซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนของชาวประมงหรือแม่ค้า และบางครั้งทำให้เกิดการกดทับของน้ำหนักที่มากเกินไปอาจทำให้เนื้อกุ้งช้ำได้ ขณะที่เมื่อพิจารณาในแง่ของการเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรรูปกุ้ง หากมีการใช้วัตถุดิบ ซึ่งก็คือกุ้งที่มีคุณภาพไม่ดี คุณภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูปจะด้อยลงตามไปด้วย รวมทั้งอาจต้องเพิ่มการใช้สารเคมีต่างๆ เพื่อช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเกิดการสะสมของสารเคมีในผลิตภัณฑ์เกินปริมาณที่กำหนดรวมทั้งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันน้อยลง

ดังนั้น การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวสดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้น ด้วยการนำกุ้งขาวสดไปแช่ในน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสีย เนื่องจากสารประกอบโพลีฟีนอลที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชชนิดต่างๆ เช่น ออริกาโน และไทมอลไปลดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในสัตว์น้ำ เช่น จุลินทรีย์ทนเย็น, Salmonella การใช้น้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อชะลอการเน่าเสียในสัตว์น้ำจึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกุ้งขาวให้ดียิ่งขึ้น เอื้อประโยชน์ทางการค้า สร้างศักยภาพในการแข่งขัน การเพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ และสร้างความปลอดภัยให้ผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมอุตสาหกรรมการเลี้ยงและการแปรรูปกุ้งขาวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของการเก็บรักษากุ้งขาวแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติต่อคุณภาพของกุ้งขาวเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพกุ้งขาวให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการแช่เย็นกุ้งขาวสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยนำกุ้งขาวสดมาแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่สัดส่วนน้ำแข็งต่อกุ้งคงที่ จากนั้นนำมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 2 - 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา เมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา ทุก ๆ 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน หรือผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่เย็นกุ้งขาวสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติที่ความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา เพื่อหาระยะเวลาการแช่เย็นที่เหมาะสม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพของน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหย ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติที่ใช้ผสมในน้ำแข็ง ระยะเวลาการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมสำหรับการรักษาคุณภาพของกุ้งขาวสด
2. นำความรู้จากงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการปรับใช้เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งขาวได้

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. กุ้งขาว

1.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาว

กุ้งขาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* ชื่อที่เรียกกันทั่วไปคือ Pacific white shrimp, White leg shrimp โดย Boone, (1931) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของกุ้งขาวไว้ดังนี้

Phylum : Arthropoda

Class : Malacostraca

Order : Decapoda

Family : Penaeidae

Genus : Litopenaeus

Species : *Litopenaeus vannamei*

กุ้งขาวมีลำตัวขาวใส ขามีสีขาว หางสีแดงกุ้งขาว เป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง มีเปลือกประกอบด้วยสารไคตินห่อหุ้มลำตัว เปลือกกุ้งแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนหน้าหุ้มหัวและอกซึ่งรวมเป็นส่วนเดียวกันเรียกว่า ส่วนหัว (Carapace) ส่วนลำตัว (Abdomen) เป็นข้อปล้องอยู่ถัดจากหัว แต่ละปล้องมีรยางค์ 1 คู่ นัยน์ตาเป็นตารวม ก้านตาโยกคลอนได้ มีหนวด 2 คู่ มีขา 5 คู่ ทำหน้าที่เป็นก้ามหนีบและขาเดิน กรีของกุ้งขาวมีแนวตรงปลายงุ้มลงเล็กน้อย เมื่อโตขึ้นฟันกรีด้านบนจะมี 8 ฟัน และด้านล่าง 2 ฟัน ความยาวของกรียาวกว่าลูกตาไม่มาก อวัยวะภายในของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณส่วนหัว ประกอบด้วยหัวใจ ระบบประสาท และอวัยวะสืบพันธุ์ อวัยวะย่อยอาหาร ที่สังเกตเห็นเด่นชัดที่สุดคือลำไส้ของกุ้งชนิดนี้มีขนาดใหญ่สามารถมองเห็นได้ชัดและตัวเมียมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้ กระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นถุงอยู่บริเวณอก ถัดมาเป็นส่วนลำไส้ทอดไปตามแนวสันหลัง อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับและตับอ่อน มีลักษณะเป็นถุงอ่อนนุ่มสีเหลืองแสดซึ่งมักเรียกว่า มันกุ้ง กุ้งสดในแต่ละสายพันธุ์มีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเม็ดสีและขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต อายุ พันธุ์ โดยเม็ดสีที่มีผลต่อสีของกุ้งส่วนใหญ่อยู่บริเวณผิวใต้เปลือก กลุ่มเม็ดสีที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ แคโรทีนอยด์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548)

1.2 การเลี้ยงกุ้งขาว

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยมี 2 ลักษณะ แยกตามระดับความเค็มของน้ำ คือ ลักษณะแรกเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดและในพื้นที่

ภาคกลาง ภิญโญ (2545) ได้อธิบายว่าการเลี้ยงกุ้งขาวโดยใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะซื้อน้ำเค็มความเข้มข้นสูงจากนาเกลือที่มีความเค็มประมาณ 100 – 200 ppt มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มของน้ำประมาณ 3 – 4 ppt จากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้ง ลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10 - 12 (พี 10 - 12) ซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้วมาเลี้ยง การเลี้ยงในลักษณะต่อมาคือ การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ เกษตรกรโดยส่วนใหญ่ในภาคใต้นิยมเลี้ยงด้วยวิธีนี้ ใช้น้ำความเค็มน้ำประมาณ 10 ppt ขึ้นไป จะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง

1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของกุ้งขาว

ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกกุ้งขาวคิดเป็นร้อยละ 23 ของการส่งออกกุ้งทั่วโลก โดยตลาดที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป ทั้งนี้ปริมาณการผลผลิตในปี 2554 ของการเลี้ยงกุ้งทะเล 600,000 ตัน คิดเป็นกุ้งขาวแวนนาไมถึงร้อยละ 99 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด สร้างรายได้ให้ประเทศปีละไม่ต่ำกว่าแสนล้านบาท ซึ่งผลผลิตประมาณร้อยละ 30 ของกุ้งขาวที่ผลิตได้ทั้งประเทศนั้นได้จากการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี และตราด ส่วนภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยนั้นมีผลผลิตประมาณร้อยละ 60 และภาคใต้ฝั่งอันดามันมีผลผลิตร้อยละ 10 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554) มูลค่าทางเศรษฐกิจในปี 2557 ของกุ้งขาวในประเทศไทยนั้น พบว่า มีปริมาณผลผลิต 204,383 ตัน มีมูลค่าการส่งออก 56,975 ล้านบาท โดยตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและสหภาพยุโรป (ณาตยา ศรีจันทึก, 2560) สำหรับราคากุ้งจะขึ้นอยู่กับขนาดและคุณภาพของกุ้ง ตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 46 รองลงมา คือญี่ปุ่น สหภาพยุโรป และออสเตรเลีย คิดเป็นร้อยละ 20,16 และ 2 ตามลำดับ ประกอบกับแนวโน้มความต้องการของตลาดในเอเชียโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีน มีมากขึ้น ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยที่จะสามารถส่งออกกุ้งขาวจึงยังคงมีอยู่สูง สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งเพื่อการส่งออกแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กุ้งแช่เย็นแช่แข็ง และกุ้งแปรรูป และมีแนวโน้มการส่งออกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ประเทศมีมูลค่าการส่งออกที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, 2557; สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2554)

1.4 องค์ประกอบทางชีวเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

นอกจากตลาดส่งออกต่างประเทศแล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองให้ความนิยมบริโภคกันเช่นกัน เนื่องจากรสชาติอร่อย และราคาไม่สูงมาก รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยในกุ้ง 100 กรัม มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีเพียงอย่างละร้อยละ 0.9 และยังมีแร่ธาตุต่างๆ มากมาย อาทิเช่น โดยมีแคลเซียม 79.00 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 184.00

มิลลิกรัม เหล็ก 1.60 มิลลิกรัม ไทอะมีน 0.40 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.08 มิลลิกรัม ไนอะซีน 2.30 มิลลิกรัม (นลินี จงวิริยะพันธุ์, 2557) สำหรับผลิตภัณฑ์ส่งออกจากกุ้งมีตั้งแต่การแปรรูปขั้นต้น เช่น กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง ไปจนถึงการแปรรูปในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น จากแนวโน้ม ความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำเกษตรกรเลี้ยงกุ้งกันอย่างแพร่หลาย

สำหรับผลิตภัณฑ์ส่งออกจากกุ้งขาวนั้นมีตั้งแต่การแปรรูปเบื้องต้น ได้แก่ กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง จนถึงการแปรรูปในลักษณะพร้อมรับประทาน เช่น กุ้งกระป๋อง กุ้งชุบแป้งทอด เป็นต้น ซึ่งจากแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำให้เกษตรกรเลี้ยงกุ้งขาวกันอย่างแพร่หลาย จึงมีปริมาณผลผลิตสูงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่การจำหน่ายกุ้งขาวเพื่อการบริโภคภายในประเทศรวมทั้งการจัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกยังมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากกุ้งขาวมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา หรือแม้กระทั่งผู้บริโภคในประเทศที่ปัจจุบันมีวิถีการดำเนินชีวิตที่ต้องการความสะดวกสบายในการซื้อหาวัตถุดิบมาปรุงอาหารและยังคงคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของวัตถุดิบดังกล่าว โดยนอกจากจะต้องคำนึงถึงความสะอาดสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงด้วยคือวิธีการเก็บรักษาหรือดูแลรักษาก่อนจะถึงมือผู้บริโภคหรือโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

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

การยอมรับของผู้บริโภคลดลง นอกจากนี้สารประกอบที่เป็นผลจากการย่อยสลายของเอนไซม์เหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย

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

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

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของกุ้งขาว

เนื่องจากกุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่กุ้งตาย และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค ไม่ต้องการให้มีสารเคมีตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่บริโภค รวมทั้งสำหรับโรงงานแปรรูปกุ้งต้องการใช้วัตถุดิบซึ่งก็คือกุ้งที่มีคุณภาพดี โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มการใช้สารเคมีต่างๆ เพื่อช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้เสี่ยง ต่อการเกิดการสะสมของสารเคมีในผลิตภัณฑ์เกินปริมาณที่กำหนดรวมทั้งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันน้อยลง ซึ่งกระบวนการแปรรูปที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีและช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพในกุ้งมีหลายวิธีการ ได้แก่

3.1 การแช่เย็นด้วยน้ำแข็ง

การแช่เย็นด้วยการใช้น้ำแข็งเป็นการลดอุณหภูมิของอาหารลงให้ต่ำกว่า 10 องศา-เซลเซียส การใช้ความเย็นในการถนอมอาหารเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เท่านั้น ไม่ใช่การทำลายจุลินทรีย์ อุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของจุลินทรีย์เกิดขึ้นช้าลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็ง เมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์จะช้าลงมาก ปฏิกิริยาการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์จึงช้าลงตามไปด้วย อีกทั้งยังลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ระยะหนึ่ง

เนื่องจากสัตว์น้ำเกิดการเน่าเสียได้ง่ายและรวดเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น และผู้บริโภคไม่นิยมบริโภคสัตว์น้ำที่ไม่สด ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องดูแลรักษาคุณภาพสัตว์น้ำหลังการจับ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ความเย็นและการรักษาความสะอาด สำหรับการให้ความเย็นสัตว์น้ำสามารถทำได้ ด้วยการใช้น้ำแข็ง ซึ่งจะช่วยชะลอและยับยั้งปฏิกิริยาต่างๆ รวมถึงการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้น้ำแข็งที่ละลายแล้วยังช่วยชะล้างจุลินทรีย์ เมือกและสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่ดีระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย ดังนั้นกรมประมงจึงมีข้อแนะนำคือควรนำสัตว์น้ำที่จับได้ขึ้นจากน้ำโดยเร็ว แล้วนำมาล้างทำความสะ อาด คัดแยกชนิดสัตว์น้ำอย่างรวดเร็ว ไม่ควรเก็บสัตว์น้ำต่างชนิดกันไว้รวมกันเนื่องจากเมือกของปลาชนิดหนึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในปลาชนิดหนึ่งได้ หลังจากนั้นให้ทำการลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำแข็งป่นวางสลับชั้นกับสัตว์น้ำในอัตราส่วนระหว่างสัตว์น้ำต่อน้ำแข็งเป็น 1 ต่อ 2-3 และต้องคอยเติมน้ำแข็งทดแทนน้ำแข็งที่ละลายไป ซึ่งการเก็บรักษาคุณภาพสัตว์น้ำที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะช่วยรักษาคุณภาพได้นานถึง 15 วัน ในขณะที่การเก็บ ณ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาคุณภาพสัตว์น้ำได้นานเพียง 6 และ 2 วัน เท่านั้น ทั้งนี้น้ำและน้ำแข็งที่ใช้สัมผัสสัตว์น้ำต้องทำมาจากน้ำที่สะอาด มีการขนถ่ายที่ถูกสุขลักษณะ โดยทุกสิ่งที่สัมผัสกับสัตว์น้ำ ภาชนะบรรจุต้องเป็นวัสดุผิวเรียบไม่เป็นสนิม ไม่ดูดซับน้ำ ทำความสะอาดง่าย และที่สำคัญควรขนส่งสัตว์น้ำโดยใช้เวลาน้อยที่สุด

ข้อดีของการใช้น้ำแข็งในการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำ

1. ช่วยลดอุณหภูมิ การใช้น้ำแข็งเป็นการลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้เป็น 0 องศาเซลเซียส หรือใกล้เคียง จะลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการเน่าเสียลดลง หรือกำจัดความเสี่ยงทางด้านความปลอดภัย ยิ่งให้ความเย็นได้รวดเร็วเท่าไรจึงยิ่งเป็นผลดีมากขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามในปลาบางชนิด การให้ความเย็นแบบ “Cold Shock” อาจทำให้ผลผลิต (Yield) ของชิ้นปลา (Fillet) ลดลงเมื่อมีการตัดแต่ง

2. ให้ความชื้นกับสัตว์น้ำ ป้องกันไม่ให้ผิวหน้าสัตว์น้ำแห้งและน้ำหนักลด น้ำแข็งที่ละลายยังเร่งการส่งผ่านความร้อนระหว่างสัตว์น้ำกับผิวหน้าน้ำแข็ง (น้ำสามารถนำความร้อนได้ดีกว่า

อากาศ) หากมีความจำเป็นไม่สามารถให้ความเย็นสัตว์น้ำด้วยน้ำแข็งทันที ควรทำให้สัตว์น้ำชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา การให้ความเย็นโดยให้ความร้อนถ่ายเทออก จะทำให้อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวของสัตว์น้ำลดลงต่ำกว่าสภาพที่เหมาะสมสำหรับ การเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถป้องกันการเน่าเสียได้ทั้งหมดก็ตาม หากจะก่อให้เกิดผลดีมากที่สุดควรใช้น้ำแข็งร่วมกับการใช้ห้องเย็นควบคุม อุณหภูมิเพื่อให้ผิวหนังสัตว์ชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา โดยห้องเย็นควรมีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเซลเซียส เล็กน้อย คือประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส

3. ได้เปรียบด้านคุณสมบัติทางกายภาพ เนื่องจากน้ำแข็งสามารถส่งผ่านความร้อนได้อย่างรวดเร็ว การเก็บน้ำแข็งและสัตว์น้ำไว้ในภาชนะหรือยานพาหนะที่เป็นฉนวน จะสามารถลดปริมาณน้ำแข็งที่ใช้ลงในขณะที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัด ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสัตว์น้ำสด หากใช้น้ำแข็งปริมาณน้อย น้ำหนักที่จะต้องขนย้ายก็จะลดลง ปริมาณน้ำที่จะต้องถ่ายออกจะลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ น้ำแข็งที่ละลายแล้วยังสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้ค่อนข้างคงที่ที่ 0 องศาเซลเซียส

4. สะดวก ผลิต เก็บรักษา ขนถ่าย และราคาถูก หากผลิตจากน้ำที่มีคุณภาพดี (ดื่มได้) จะได้น้ำแข็งที่สะอาดและถูกสุขลักษณะ

5. ยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำได้ดี ทำให้สัตว์น้ำสดมีคุณภาพดี ปลอดภัยต่อการบริโภค การใช้น้ำแข็งเกร็ด จะทำให้น้ำแข็งกระจายได้ทั่วภาชนะ ขนาดเกร็ดสม่ำเสมอกว่า ไม่ทำลายพื้นผิวหนังสัตว์น้ำ ส่วนน้ำแข็งบดถ้าบดไม่ละเอียดจะมีส่วนแหลมคม อาจทิ่มแทงพื้นผิวสัตว์น้ำให้เสียหายได้ น้ำแข็งที่มีเกล็ดขนาดเล็กจะละลายรวดเร็ว ในขณะที่ก้อนน้ำแข็งใหญ่จะละลายช้ากว่า น้ำแข็งก้อนจะได้เปรียบที่สูญเสียพื้นที่ในการเก็บน้อยและละลายช้า

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้น้ำแข็งผสมกับสารชนิดต่างๆ ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Soto et al (2014) พบว่าการนำน้ำแข็งที่ผสมกรดซิตริกและกรดแล็กติกมาใช้ในการเก็บรักษาคุณภาพของปลา European hake (*Merluccius merluccius*) สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทนเย็น, จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ต้องการอากาศ, proteolytic bacteria และจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae ในเนื้อปลาได้ดีที่สุดเมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริก 0.175% ผสมกับกรดแล็กติก 0.050% อีกทั้งยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ trimethylamine-nitrogen (TMA-N) ได้ดีรวมทั้งยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วย ส่วนงานวิจัยของ Bensid et al (2014) พบว่าการน้ำปลา anchovy (*Engraulis encrasicholus*) มาแช่เย็นด้วยน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยไธม์ (0.04% w/v), น้ำมันหอมระเหยออริกาโน (0.03% w/v) และน้ำมันหอมระเหยจาก clove (0.02% w/v) สามารถเก็บรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้นาน 12 วัน ในขณะที่การแช่เย็นด้วยน้ำแข็งธรรมดาเก็บรักษาได้ 9 วัน โดยปลาที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชันซึ่งวัดได้จากปริมาณสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (PV) และปริมาณกรดไธโอบาร์บิทูริก (TBA) และยังช่วยชะลอการเกิดปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) รวมทั้งลดการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic mesophiles และ psychrotrophic bacteria ได้ดีกว่าการใช้น้ำแข็งธรรมดาอีกด้วย และงานวิจัยของ Özyurt et al (2012) แสดงให้เห็นว่าการนำปลาซาร์ดีน (*Sardinella aurita*) มาแช่ในน้ำแข็งที่ผสมด้วยสารสกัดจากโรสแมรี่ 0.05 - 0.1% ช่วยทำให้เนื้อปลามีอายุการเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยเนื้อปลายังเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ในขณะที่หากใช้น้ำแข็งทั่วไปเก็บรักษาได้ 12 วัน ขณะเดียวกัน การแช่ปลาในน้ำแข็งที่ผสมด้วยสารสกัดจากโรสแมรี่ยังช่วยลดการเกิดสารประกอบเอมีน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง histamine และ putrescine ซึ่งสอดคล้องกับการชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ได้อีกด้วย

3.2 การใช้น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ การเผาผลาญ (catabolism) และการสร้าง (anabolism) ปริมาณและคุณภาพน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิค และวิธีการสกัดและการกลั่นใส

ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยกลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์เพิ่มขึ้น และมีบทบาทอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม ทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอีกมากมายที่กล่าวถึงประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งมีทั้งความสามารถในการบำบัดอาการต่างๆ ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง (Sanjay and Subir, 2000) ต้านเชื้อปรสิตหรือเชื้อราที่ก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ (Apisariyakul et al, 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)

ความสามารถของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เกิดจากการทำลาย peptidoglycan ของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย โดย peptidoglycan ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของน้ำตาล 2 ชนิด (NAM และ NAG) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ ซึ่งสารประกอบฟีนอล สามารถเข้าไปทำลายโครงสร้างของ peptidoglycan ในส่วนที่เป็นพันธะเปปไทด์ สายสั้นๆ โดยกลุ่มไฮดรอกซิล (OH) จะจับกับกรดอะมิโน เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ทำให้โครงสร้างของ peptidoglycan ขาดออกจากกัน เกิดช่องว่างที่ผนังเซลล์ มีผลให้ไม่สามารถป้องกันของเหลวหรือองค์ประกอบภายในเซลล์ของแบคทีเรียได้ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหย ยังมีผลในการทำลาย phospholipids ประมาณร้อยละ 60-70 ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้ม cytoplasm ไว้ สารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยจะเข้าทำปฏิกิริยาที่หมู่ R ในส่วนของไขมัน (ไม่มีขั้ว) ส่งผลให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เสียรูปร่างและทำงานไม่ได้ นอกจากนี้ยังไปกระตุ้นหมู่ฟอสเฟต ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระทำให้โครงสร้างของเซลล์แบคทีเรียไม่เสถียร

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Dorman and Deans (2000) พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก thyme มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย 25 ชนิดที่ก่อโรคในสัตว์และพืช รวมทั้งเชื้อที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียและสร้างสารพิษ Benkeblia (2004) ได้รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากหัวหอม โดยสามารถยับยั้งเชื้อ *Salmonella enteritidis* ได้ดีกว่า *Staphylococcus aureus* ส่วนงานวิจัยของกฤติกา นรจิตร (2548) ศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากกากที่เหลือด้วย

เอทานอล มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 86.2 และน้ำมันหอมระเหยของกระชายที่ได้จากการต้มกลั่นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด *(E. coli*, *S. aureus*, *B. cereus* , *L.monocytogenes* ได้ดีที่สุด ส่วน Goulas and Kontominas (2007) ศึกษาผลของการทำเค็มร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ (MAP) และน้ำมันออริกาโนต่ออายุการเก็บรักษาปลาตะเพียนทะเล (*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 ส่วน Frangos, Pyrgotou, Giatrakou, Ntzimani and Savvaidis (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้เกลือ น้ำมันออริกาโนและการบรรจุในการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้แบ่งเป็น A1 ตัวอย่างควบคุม (บรรยากาศปกติ), A2 (เกลือ + บรรยากาศปกติ), VP1 (เกลือ + สุญญากาศ), VP2 (เกลือ + สุญญากาศ + น้ำมันออริกาโน 0.2% (v/wt)) และ VP3 (เกลือ + สุญญากาศ + น้ำมันออริกาโน 0.4% (v/wt)) ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่าง A1 และ A2 พบจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติกมากที่สุด รองลงมาคือ จุลินทรีย์ที่ผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ (*Shewanella putrefaciens*), *Pseudomonas* spp. และ Enterobacteriaceae (เปรียบเทียบกับ VP1, VP2 และ VP3) ในตัวอย่าง VP1, VP2 และ VP3 มีการผลิต TVBN และ TMAN ต่ำกว่า A1 และ A2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากการเก็บรักษา 6 วัน ส่วนการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่าการเก็บรักษาตัวอย่างด้วยวิธี VP2 สามารถเก็บได้นานที่สุด (16 - 17 วัน) รองลงมาคือ VP1 (14 วัน), A2 (8 วัน) และตัวอย่างควบคุม A1 (5 วัน) และยังพบว่าความเข้มข้นของน้ำมันออริกาโนมีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ดีโดยที่ความเข้มข้น 0.2% (v/wt) มีการยอมรับทาง

ประสาทสัมผัสดีกว่า 0.4% (v/wt) และ Mastromatteo, Danza, Conte, Muratore and Nobile (2010) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษากุ้ง *(Palaemon serratus)* ปอกเปลือกในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน โดยเริ่มจากการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันไธมอล (500 ppm, 1000 ppm และ 1500 ppm) ที่บรรยากาศปกติ จากนั้นนำผลที่ได้มาใช้ร่วมกับการเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ จากการศึกษาขั้นแรก พบว่าน้ำมันไธมอลที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ให้ผลดีที่สุดทั้งคุณภาพด้านจุลินทรีย์และด้านประสาทสัมผัส ขั้นตอนต่อมานำน้ำมันไธมอล (1000 ppm) มาใช้งานร่วมกับการเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าสามารถยับยั้ง *Pseudomonas* spp. และจุลินทรีย์ที่ผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้และเก็บได้ 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่เคลือบน้ำมันไธมอลที่บรรยากาศปกติที่เก็บได้เพียง 5 วัน ส่วน Gómez - Estaca, López de Lacey, López - Caballero, Gómez - Guillén and Montero (2010) นำน้ำมันกานพลู (*Syzygium aromaticum* L.), ยี่หร่า (*Foeniculum vulgare* Miller), สนไซเปรส (*Cupressus sempervirens* L.), ลาเวนเดอร์ (*Lavandula angustifolia*), ไธม์ (*Thymus vulgaris* L.), เวอร์บีน่า (*Verbena officinalis* L.), สนปินัส (*Pinus sylvestris*) และโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) มาทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ 18 ชนิด รวมถึงจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในอาหาร โดยพบว่าน้ำมันกานพลูมีผลยับยั้งสูงสุด รองลงมาเป็นโรสแมรี่และลาเวนเดอร์ เมื่อทดสอบในปลาค็อด พบว่าน้ำมันกานพลูและไธม์ให้ผลดีที่สุด จากนั้นใช้ฟิล์มเจลาติน-ไคโตซานร่วมกับน้ำมันกานพลูทดสอบกับจุลินทรีย์ 6 ชนิด คือ *Pseudomonas fluorescens*, *Shewanella putrefaciens*, *Photobacterium phosphoreum*, *Listeria innocua*, *E. coli* และ *Lactobacillus acidophilus* พบว่าน้ำมันกานพลูสามารถยับยั้งจุลินทรีย์จุลินทรีย์ทั้ง 6 ชนิดได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับฟิล์มเจลาติน - ไคโตซาน ในการทดลองต่อมาได้นำฟิล์มเจลาติน - ไคโตซานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำมันกานพลูในการเก็บรักษาปลาค็อดแช่เย็น พบว่าจุลินทรีย์แกรมลบโดยเฉพาะ Enterobacteria มีการเจริญลดลงอย่างมากแต่ไม่มีผลมากนักกับจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติกตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง (11 วัน)

จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำ ทำให้สามารถนำไปเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติในการเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 กุ้งขาวที่ซื้อจากสะพานปลา ต.อ่างศิลา จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมกราคม – สิงหาคม ปี 2560 (ขนาดกุ้ง 60-70 ตัว/กิโลกรัม)

1.1.2 น้ำมันหอมระเหยไธม์ ชนิด food grade (บริษัท Changzhou Qi Di Chemical Co., Ltd., 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 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (AG 285, Mettler Toledo, Switzerland)

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

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) (BE Memmert, Germany)

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

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter TM 39, Germany)

1.4.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-HD texture analyzer, UK)

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

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

1.4.9 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.10 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.11 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

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

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ซื้อกุ้งขาวสดจากจากสะพานปลา ต.อ่างศิลา จ.ชลบุรี แล้วบรรจุกุ้งขาวในถุงพลาสติกทนความเย็นจากนั้นนำถุงพลาสติกที่มีกุ้งขาวบรรจุอยู่ใส่กล่องสไตโรโฟมที่มีอัตราส่วนกุ้ง : น้ำแข็ง เป็น 1: 2 ปิดฝากล่องสไตโรโฟมแล้วนำไปใส่ในถังพลาสติกแล้วปิดฝาเพื่อป้องกันการสูญเสียความเย็นและป้องกันการเสียหายของตัวอย่าง จากนั้นขนส่งด้วยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการก่อนทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2.2 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

คัดเลือกผู้ทดสอบมาทำการฝึกทดสอบให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคกุ้งขาวต้ม โดยให้ผู้ทดสอบดูลักษณะภายนอก ดมกลิ่นและรับประทานกุ้งขาวต้ม จากนั้นให้คะแนนในแบบประเมิน ซึ่งใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ซึ่งการฝึกผู้ทดสอบเป็นการให้ผู้ทดสอบทั้ง 20 คนมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ โดยให้ผู้ทดสอบรับประทานกุ้งขาวต้ม (ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ) แล้วให้ผู้ทดสอบให้คะแนนทางประสาทสัมผัสจากนั้นคัดเลือกผู้ทดสอบให้เหลือ 15 คน โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในการตัดสินคัดเลือกผู้ทดสอบ

2.3 การเตรียมน้ำแข็ง

การเตรียมสารละลายสำหรับทำน้ำแข็งโดยใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้วในการเตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยนำน้ำมันหอมระเหยไธม์มาละลายในสารละลายเอทานอล 10 จนได้สารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%, 0.2% และ 0.3% จากนั้นนำสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ 1,000 มิลลิลิตร ใส่ในถุงพลาสติก Polypropylene (ขนาด 8 × 12 นิ้ว) ปิดผนึกด้วยความร้อน จากนั้นนำไปวางแนวระนาบในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จนสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์กลายเป็นน้ำแข็ง จากนั้นนำก้อนน้ำแข็งไปบดด้วยเครื่องบดน้ำแข็ง จนได้เป็นน้ำแข็งเกล็ดที่มีความเข้มข้นของ

น้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1% (ITM 01), 0.2% (ITM 02) และ 0.3% (ITM 03) การเตรียมน้ำแข็งเกล็ดที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย (ICC) นั้นใช้วิธีการเตรียมเช่นเดียวกันโดยเตรียมจากสารละลายเอทานอล 10% ที่ปราศจากน้ำมันหอมระเหยไธม์

2.4 ผลของการแช่เย็นกุ้งขาวสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

นำกุ้งขาวจากที่เตรียมได้ในข้อ 2.1 มาแช่เย็นในกล่องสไตโรโฟมด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากข้อ 2.3 โดยกำหนดให้สัดส่วนกุ้งขาวสดต่อน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 จากนั้นปิดฝากล่องแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่แตกต่างกัน ได้แก่

ICC คือ น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

เมื่อทำการวิเคราะห์ให้สุ่มตัวอย่าง กุ้งขาวสดมาต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ และสุ่มตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่

2.4.1 คุณภาพทางเคมี

นำเฉพาะเนื้อกุ้งต้มมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) เนื้อกุ้งต้มที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส ตามวิธี A.O.A.C. (2000), ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA) ด้วย Conway microdiffision method ตามวิธีของ Hasegawa (1987). ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 26 วัน

2.4.2 คุณภาพทางกายภาพ

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

2.4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำเนื้อกุ้งต้มมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตามวิธีของ AOAC (1994) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 22 วัน

2.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มที่เก็บรักษาไว้มาใส่ในถ้วยสแตนเลสแล้วปิดด้วยกระดาษฟอยล์ จากนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำเนื้อกุ้งขาวต้มได้ใส่ลงในถ้วยพลาสติกเพื่อให้ผู้ทดสอบ 20 คน (ที่ผ่านการฝึกจากข้อ 2.2) ได้ทดสอบและให้คะแนนตัวอย่างในคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ซึ่งใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) และบันทึกคะแนนลงใบทดสอบ เมื่อเปลี่ยนตัวอย่างถัดไปให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิของน้ำใกล้เคียงอุณหภูมิห้องทุกครั้ง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน (ตัวอย่างถูกตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจนทราบผล ว่าตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐาน แล้วจึงมีการนำตัวอย่างในชุดการทดลองที่เตรียมไว้เฉพาะการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาให้ผู้ทดสอบดำเนินการทดสอบ หากมีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานจะไม่นำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ)

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

2.5 ผลของระยะเวลาการแช่เย็นกุ้งขาวสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหย

นำกุ้งขาวจากที่เตรียมได้ในข้อ 2.1 มาแช่เย็นในกล่องสไตโรโฟมด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.4 โดยกำหนดให้กุ้งขาวสดต่อน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 จากนั้นปิดฝากล่องแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน 0, 1, 2, 3 และ 4 วัน แล้วนำตัวอย่างกุ้งขาวสดมาต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

3 นาที จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ สุ่มตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยคุณภาพด้านต่างๆ และออกแบบการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.4 เพื่อหาระยะเวลาของการแช่เย็นกุ้งขาวสดด้วยการใช้น้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. ผลของการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของกุ้งขาว

การนำกุ้งขาวสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยกำหนดให้กุ้งขาวสดต่อน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 จากนั้นปิดฝากล่องแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อทำการวิเคราะห์โดยสุ่มตัวอย่างกุ้งขาวสดมาต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ และสุ่มตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

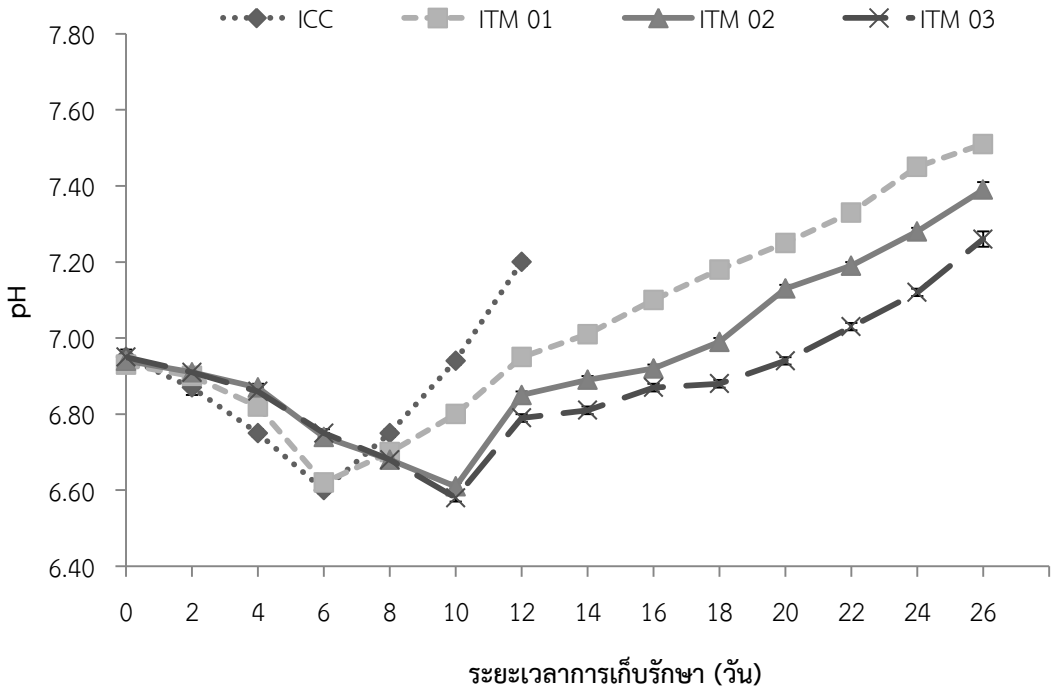
1.1 คุณภาพทางเคมี

1.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาว มีค่า 6.93 – 6.95 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) มีค่าค่อยๆ ลดลงในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นความเป็นกรดด่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) จนถึงวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%), ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) นั้นในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างคงที่ ส่วนในวันที่ 4 – 10 ของการเก็บรักษาตัวอย่างมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และวันที่ 10 – 26 ของการเก็บรักษา ตัวอย่างมีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC มีค่าความเป็นกรดด่าง 7.20 ขณะที่ในวันที่ 26 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นต่างๆ กันนั้น มีค่าความเป็นกรดด่างเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ชุดการทดลอง ITM01, ITM02 และ ITM03 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.51, 7.39 และ 7.26 ตามลำดับ โดยเนื้อกุ้งขาวมีการแช่ในน้ำแข็งผสม

น้ำมันหอมระเหยมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย ในวันที่ 8- 26 ของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

1.1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 8.25– 8.55 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กัน มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) โดยในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) มีปริมาณ TVB-N มากที่สุด คือ 56.55 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วน ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) เท่ากับ 40.02 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 26 ของการเก็บรักษา) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) ที่มีปริมาณ

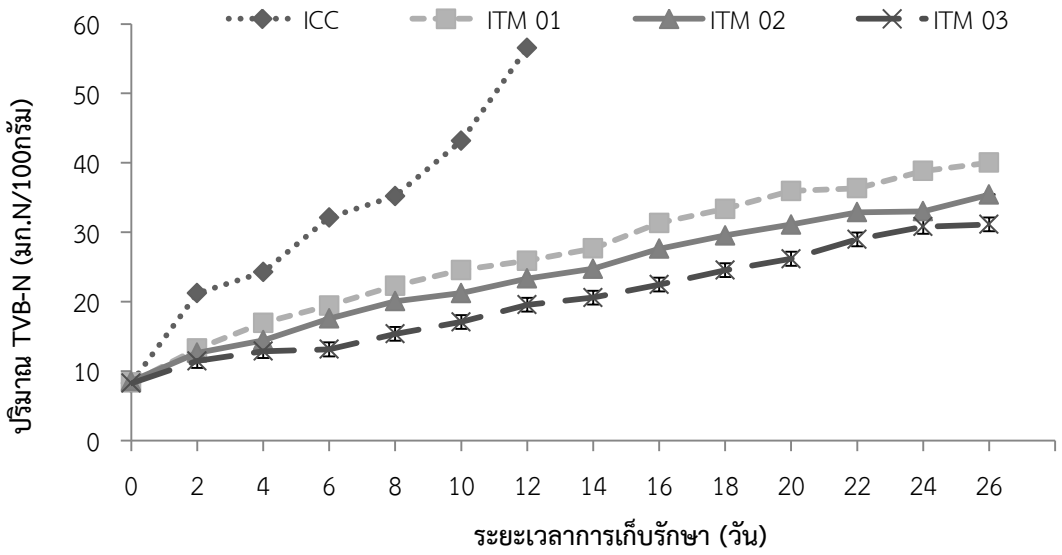
TVB-N เท่ากับ 35.42 และ 31.13 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 26 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

ผลการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC มีปริมาณ TVB-N มากกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ชุดการทดลอง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 โดยเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ITM 03 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ตามลำดับ

1.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA–N)

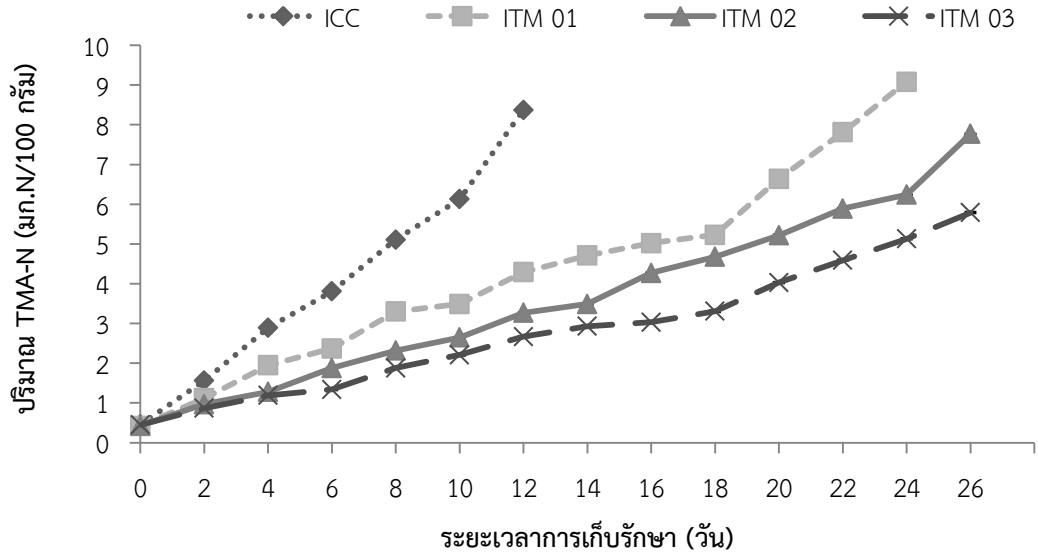
ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 0.42 – 0.46 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กันนั้น มีปริมาณ TMA–N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) โดยในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) มีปริมาณ TMA–N มากที่สุดเท่ากับ 8.37 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 9.08, 7.77 และ 5.79 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 26 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

อีกทั้งพบว่าเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC มีปริมาณ TMA–N สูงกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ ทั้ง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยในชุดการทดลอง ITM 03 มีปริมาณ TMA–N น้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 2 ปริมาณ TVB–N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICC คือ น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%



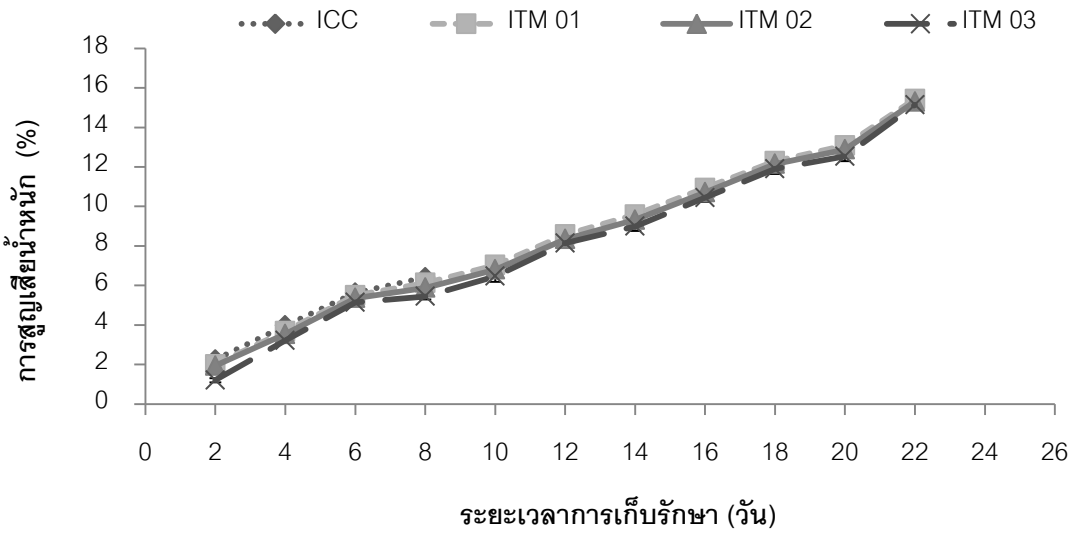
ภาพที่ 4 – 3 ปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICC คือ น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03 คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

1.2 คุณภาพทางกายภาพ

1.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาว ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 1.20 – 2.24 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) จนกระทั่งวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) และ วันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.41, 15.43, 15.30 และ 15.14 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

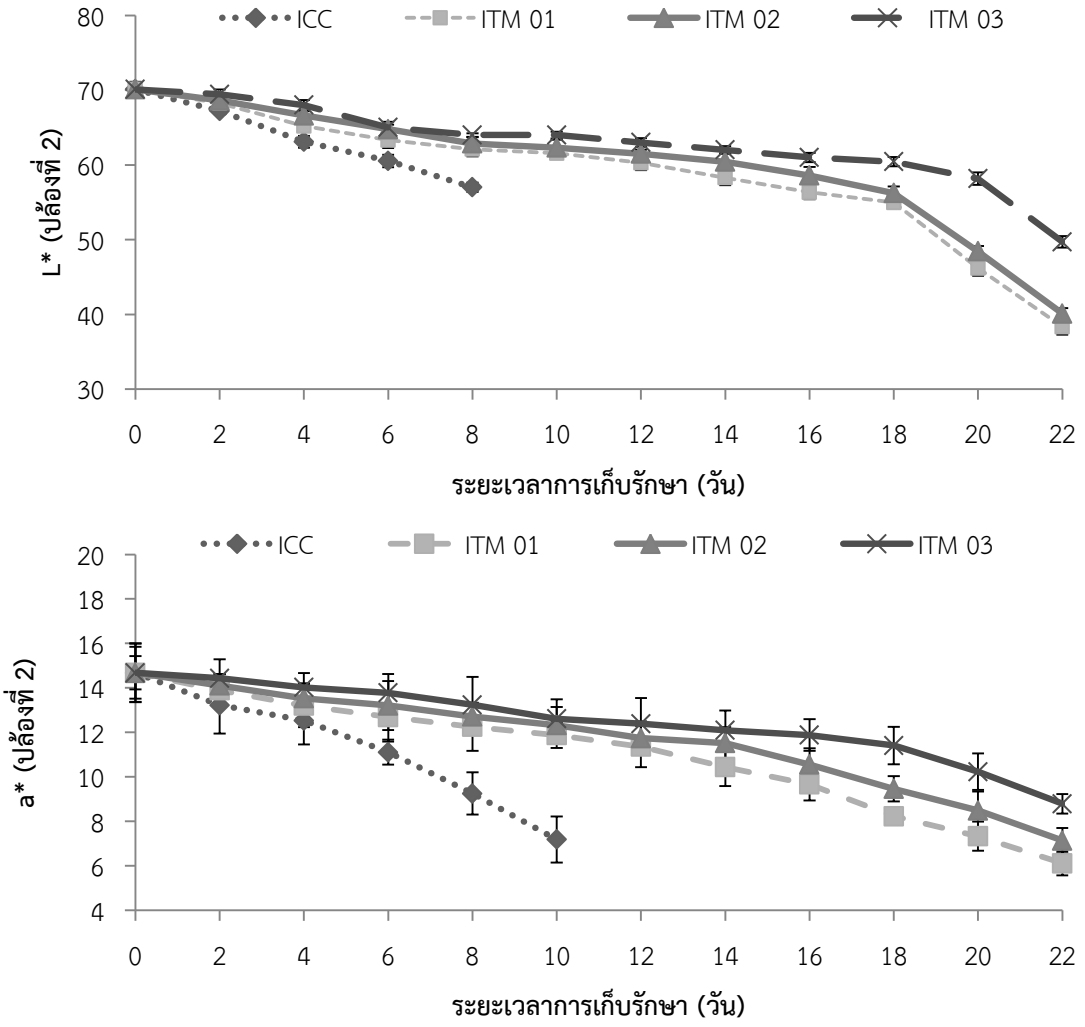
1.2.2. ค่าสี

ค่า L* คือ ค่าความสว่าง, a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวมีค่า L* 70.11, a* 14.68 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่า L* และ a* ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กัน มีค่า L* และ a* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5)) จนกระทั่งวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) และ วันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) มี L* และ a* น้อยที่สุด คือ ค่า L* เท่ากับ 57.00, 38.34, 40.11 และ 49.70 ตามลำดับ และค่า a* เท่ากับ 7.18, 6.11, 7.13 และ 8.79 ตามลำดับ

1.2.3 ค่าแรงเฉือน

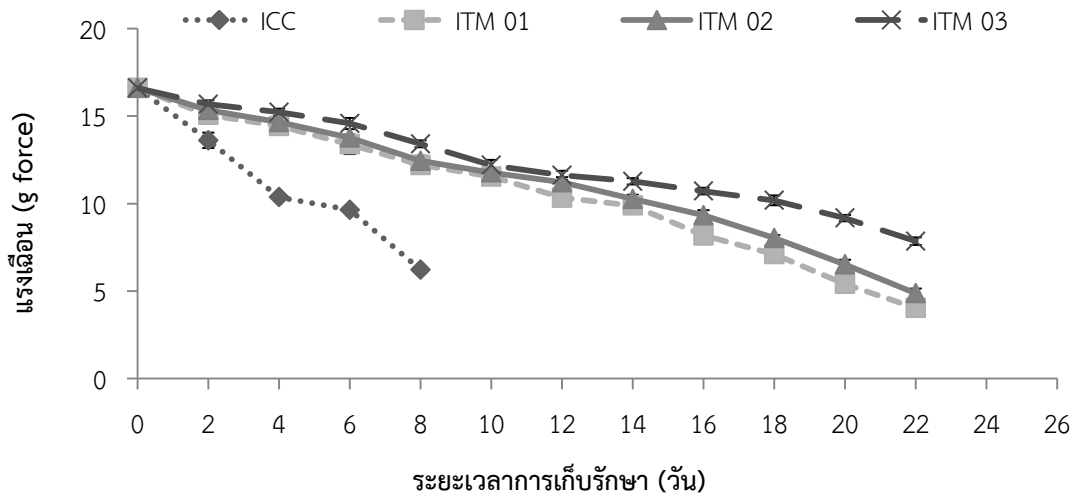
ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาว ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่า 16.60 $\pm$ 0.15 g.force และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) จนกระทั่งวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) และวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) มีค่าแรงเฉือนน้อยที่สุด คือ 4.04, 4.88 และ 7.85 g.force ตามลำดับ

รวมทั้งพบว่าเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ ทั้ง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยในชุดการทดลอง ITM 03 มีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 5 ค่าสี L* (a), a* (b) ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%



ภาพที่ 4 – 6 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาว (ปล้องที่ 2) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

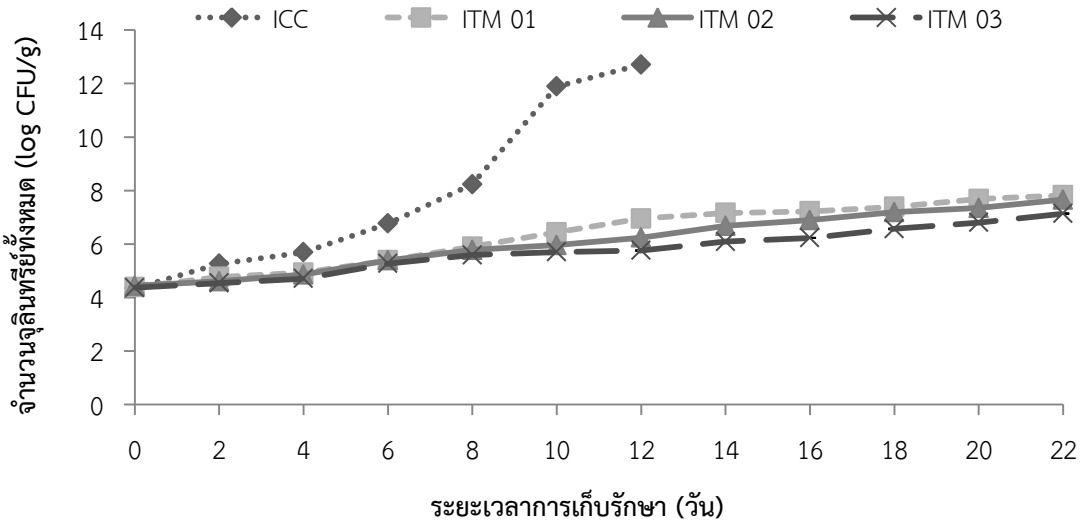
1.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองอยู่ระหว่าง 4.35 – 4.44 log CFU/กรัม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 7) โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 12.71 log CFU/กรัม

ส่วนเนื้อกุ้งขาวชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ ทั้ง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนกระทั่งวันที่ 22 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดย ITM 01 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 7.82 log CFU/กรัม ขณะที่ ITM 02 และ ITM 03 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 7.66 และ 7.14 log CFU/กรัม ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหย ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า ICC โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยในชุดการทดลอง ITM 03 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดแตกต่างจาก

ชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

1.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ E. coli

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งผสมไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย และแช่ในน้ำแข็งผสมผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยต่างๆ กันนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli*

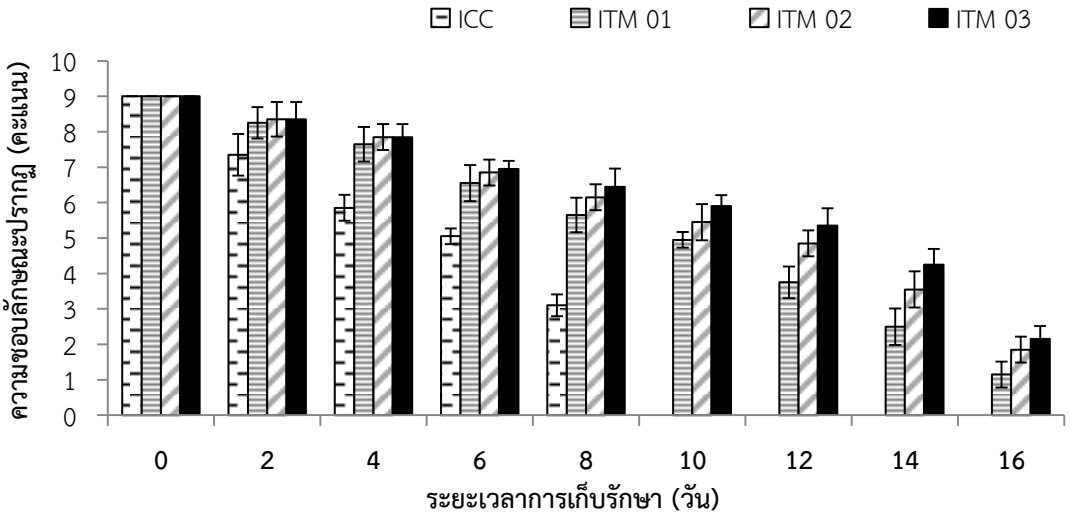
1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ที่ได้รับการฝึกให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อกุ้งขาวต้มให้คะแนนในแบบประเมิน ใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ โดยมีผลการทดลองดังนี้

1.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 9.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวมีเนื้อสีขาวอมส้มจาง ผิวเป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้ชัดเจนตามธรรมชาติ สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 8

ตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวตัวอย่างในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) นั้น พบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่ 9.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวค่อนข้างมีสีขาวอมเหลืองจางๆ สามารถมองเห็นจุดสีส้มบริเวณผิวด้านนอกของเนื้อได้ชัดเจน เนื้อไม่ฉีกขาด และเนื้อกุ้งขาวต้มในตัวอย่าง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏจากผู้ทดสอบน้อยลงจนกระทั่งวันที่ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4 - 8 ตัวอย่างเนื้อกุ้งในชุดการทดลอง ITM 03 มีระดับการยอมรับลักษณะปรากฏสูงที่สุด คือ 2.15 คะแนน รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ได้ 1.85 และ 1.15 คะแนน ตามลำดับ ส่วน ICC มีระดับการยอมรับ 3.10 คะแนน ในวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในชุดการทดลองดังกล่าว โดยเนื้อกุ้งขาวต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงกว่า ICC รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%)รองลงมา ได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 8 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

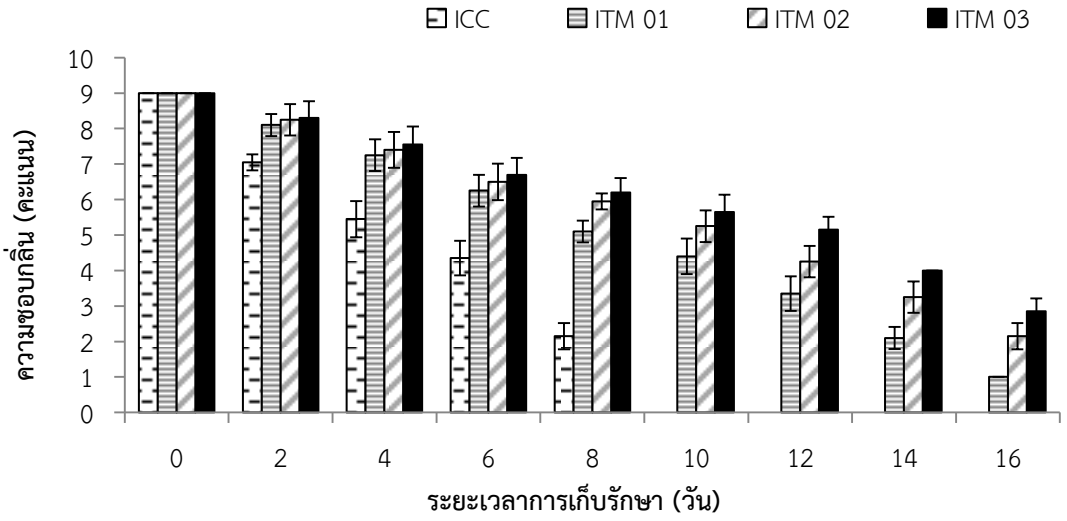
1.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุด คือ 9.00 คะแนน คือ เนื้อกุ้งต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติของกุ้งต้ม โดยมีระดับความเข้มของกลิ่นหอมหวานและกลิ่นกุ้งต้มมาก แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 9

ขณะที่เนื้อกุ้งขาวตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวตัวอย่างในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) พบว่า ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านกลิ่นที่ 9.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติแต่มีความเข้มของกลิ่นน้อยกว่าตัวอย่าง ICC เล็กน้อย ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา และตัวอย่างในชุดการทดลอง ตัวอย่าง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 ได้รับคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นน้อยลงจนกระทั่งวันที่ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน

ผลการทดลองในวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC รวมทั้งวันที่ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาว ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 นั้นได้รับคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4 - 9 โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 03 มีระดับ

การยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุด คือ 2.85 คะแนน รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ได้ 2.15 และ 1.00 คะแนนตามลำดับ ขณะที่ ICC มีระดับการยอมรับด้านกลิ่น 2.15 คะแนน โดยพบว่าเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่า ICC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) รองลงมา ได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ



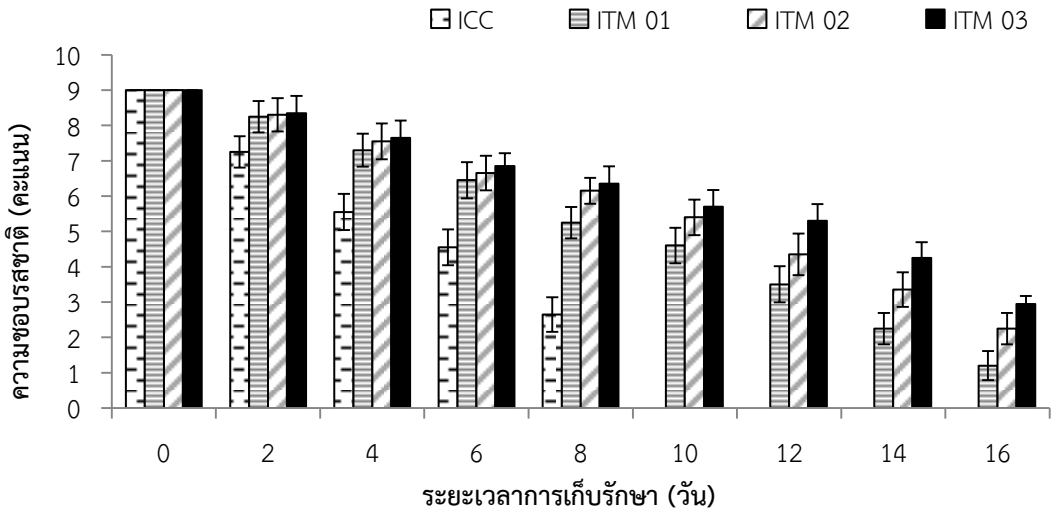
ภาพที่ 4 – 9 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

1.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) มากที่สุดคือ 9.00 คะแนน ขณะที่เนื้อกุ้งขาวตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวตัวอย่างในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%) ITM 02 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%) และ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านรสชาติที่ 9.00 คะแนน เช่นกัน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4 - 10

ผลการทดลองในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 รวมทั้งวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC ตามลำดับนั้น มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 03 มีระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุด คือ 2.95 คะแนน รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ได้ 2.25 และ 1.20 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้พบว่าเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่า ICC โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ คือ ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) รองลงมา ได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 10 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

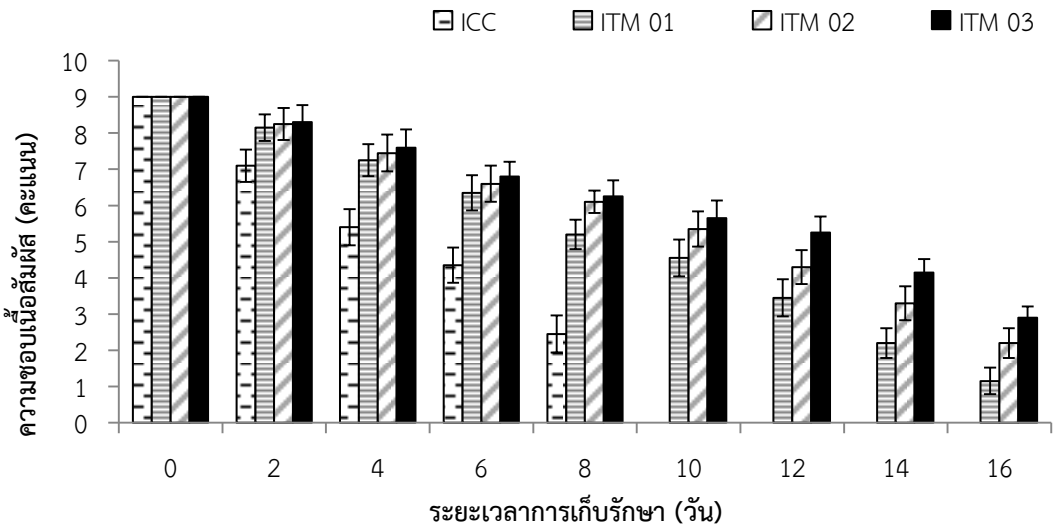
ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

1.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 9.00 คะแนน ในเนื้อกุ้งขาวทุกชุดการทดลอง (ICC, ITM 01, ITM 02 และ ITM 03) โดยเนื้อกุ้งขาวมีความยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICC ลดลง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับในชุดการทดลอง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังภาพที่ 4 - 11

ส่วนผลการทดลองในวันที่ 16 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 รวมทั้งวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อกุ้งขาวต้มในชุดการทดลอง ICC นั้น มีคะแนนระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง ITM 03 มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 2.90 คะแนน รองลงมาได้แก่ ITM 02 และ ITM 01 ได้ 2.20 และ 1.15 วันที่ 8 ซึ่งคะแนน ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC มีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสอยู่ที่ 2.45 คะแนน ในเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICCอย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวที่แช่น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย ICC มีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยกว่าเนื้อกุ้งเนื้อกุ้งขาวที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 โดยระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) รองลงมาได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 11 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 22 วัน

ICC	คือ	น้ำแข็งปราศจากน้ำมันหอมระเหย (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1%
ITM 02	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2%
ITM 03	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%

จากคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดดังที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่าการนำกุ้งขาวสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ในชุดการทดลอง ITM 03 (ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3%) ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ

2. ผลของระยะเวลาการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพของกุ้งขาว

การนำกุ้งขาวสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 0.03% โดยกำหนดให้กุ้งขาวสดต่อน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 จากนั้นปิดฝากล่องแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (0, 1, 2, 3 และ 4 วัน) เมื่อทำการวิเคราะห์โดยสุ่มตัวอย่างกุ้งขาวสดมาต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ และสุ่มตัวอย่างเนื้อกุ้งขาวต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ คือ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีผลการทดลองดังนี้

2.1 คุณภาพทางเคมี

2.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวเท่ากับ 6.96 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวต้ม มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษามีค่าความเป็นกรดด่าง 6.94, 6.92, 6.87 และ 6.85 ตามลำดับ

2.1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวต้มมีค่า 8.35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อกุ้งขาวต้มมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 9.87, 11.57, 12.01 และ 12.92 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

2.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA–N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มมีค่า 0.50 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อกุ้งขาวต้มมีปริมาณ TMA–N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 0.61, 0.85, 1.08 และ 1.21 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

2.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 0.88 $\pm$ 0.24 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้ม มีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวต้ม เท่ากับ ร้อยละ 1.35, 2.62 และ 3.33 ตามลำดับ

2.2.2 ค่าสี

ค่าสี L*, a* ของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 70.16 ส่วนค่า a* เท่ากับ 14.63 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าสี L*, a*, b* ของเนื้อกุ้งขาวต้มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างมีสี L*, a*น้อยที่สุด คือ 64.95 และ 13.90 ตามลำดับ

2.2.3 ค่าแรงเฉือน

ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 16.51 $\pm$ 0.06 g.force และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม มีค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ4 ของการเก็บรักษา มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 16.18, 15.63, 15.56 และ 15.28 g.force ตามลำดับ

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้ม เท่ากับ 4.33 log CFU/กรัม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวต้มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 2) โดย

ในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 4.42, 4.51, 4.62 และ 4.73 log CFU/กรัม ตามลำดับ

2.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ E. coli

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้ม ตั้งแต่วันที่ 0 - 4 ของการเก็บรักษานั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli*

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏด้วยคะแนนมากที่สุดคือ 8.95 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 – 2 โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีคะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มเท่ากับ 8.60, 8.35, 8.05 และ 7.80 คะแนน ตามลำดับ

2.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดคือ 9.00 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 – 2 โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มเท่ากับ 8.45, 8.25, 7.75 และ 7.50 คะแนน ตามลำดับ

2.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านรสชาติในระดับมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 – 2 โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา มีคะแนนระดับการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเท่ากับ 8.50, 8.30, 7.80 และ 7.60 คะแนน ตามลำดับ

2.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสในระดับมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 – 2 โดยในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเท่ากับ 8.45, 8.30, 7.75 และ 7.55 คะแนน ตามลำดับ

ตารางที่ 4 - 1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณภาพที่วิเคราะห์	Mean ± SD				
	ระยะเวลาการแช่ในน้ำแข็ง (วัน)				
	0	1	2	3	4
pH	6.96^{E} ±0.01	6.94^{D} ±0.01	6.92^{C} ±0.01	6.87^{B} ±0.01	6.85^{A} ±0.01
TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม)	8.35^{A} ±0.01	9.87^{B} ±0.01	11.57^{C} ±0.02	12.01^{D} ±0.02	12.92^{E} ±0.02
TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม)	0.50^{A} ±0.01	0.61^{B} ±0.01	0.85^{C} ±0.01	1.08^{D} ±0.01	1.21^{E} ±0.01
การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)	-	0.88^{B} ±0.24	1.35^{E} ±0.21	2.62^{C} ±0.19	3.00^{CD} ±0.16
L*	70.16^{C} ±0.24	69.69^{C} ±0.26	69.49^{C} ±0.54	66.94^{B} ±0.19	64.95^{A} ±0.54
a*	14.63^{B} ±0.26	14.51^{B} ±0.30	14.35^{AB} ±0.34	14.20^{AB} ±0.29	13.90^{A} ±0.25
ค่าแรงเฉือน (g force)	16.51^{D} ±0.06	16.18^{C} ±0.09	15.63^{B} ±0.15	15.56^{B} ±0.13	15.28^{A} ±0.14

ตารางที่ 4 - 2 คุณภาพทางจุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณภาพที่วิเคราะห์	Mean ± SD				
	ระยะเวลาการแช่ในน้ำแข็ง (วัน)				
	0	1	2	3	4
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.)	4.33^{A} ±0.02	4.42^{B} ±0.02	4.51^{C} ±0.01	4.62^{D} ±0.02	4.73^{E} ±0.02
คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏ	8.95^{E} ±0.22	8.60^{D} ±0.50	8.35^{C} ±0.49	8.05^{B} ±0.22	7.80^{A} ±0.41
คะแนนการยอมรับกลิ่น	9.00^{C} ±0.00	8.45^{B} ±0.51	8.25^{B} ±0.44	7.75^{A} ±0.44	7.50^{A} ±0.51
คะแนนการยอมรับรสชาติ	9.00^{C} ±0.00	8.50^{B} ±0.51	8.30^{B} ±0.47	7.80^{A} ±0.41	7.60^{A} ±0.56
คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัส	9.00^{C} ±0.00	8.45^{B} ±0.51	8.30^{B} ±0.47	7.75^{A} ±0.44	7.55^{A} ±0.51

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของกุ้งขาว

1.1 คุณภาพทางเคมี

1.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาว มีค่า 6.93 – 6.95 ซึ่งในช่วงต้นของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงและช่วงท้ายของการเก็บรักษามีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อกุ้งขาวตายลงในช่วงต้นของการเน่าเสียเกิดกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติก ทำให้ค่า pH ของสัตว์น้ำลดลง หลังจากนั้นเกิดการเน่าเสียโดยเอนไซม์ในตัวกุ้งเองจากปฏิกิริยา autolysis รวมถึงเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เกิดการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนทั้งกลุ่มที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่โปรตีนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นเบสจึงทำให้ในช่วงท้ายของการเก็บรักษากุ้งขาวในน้ำแข็งในทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มสูงขึ้น (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546) สอดคล้องกับ Li et al. (2012) ที่พบว่าเนื้อปลา *C. auratus* แช่เย็นและเนื้อปลาที่แช่เย็นและเคลือบด้วยสารโพลีฟีนอลจากชาร่วมกับไคโตซาน มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงในช่วง 10 วันแรกของการเก็บรักษาจากนั้นจึงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Teerawut et al. (2016) ที่พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงในช่วงแรกและค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย รวมทั้ง ITM 03 เป็นชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เพราะในน้ำมันหอมระเหยมีสารประกอบฟีนอลชนิดต่างๆ เช่น carvacrol และ thymol ที่ละลายได้ในไขมันทำให้สารเหล่านี้สามารถแทรกเข้าไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย และทำให้เกิดการเสียสภาพจากการเป็นเยื่อเลือกผ่าน สารภายในกับภายนอกเซลล์เกิดความไม่สมดุลส่งผลให้แบคทีเรียตาย (เบญจา ชุตินทราศรี, 2554) ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับ Teerawut et al. (2016) ที่พบว่าการนำเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนนั้นช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลง

ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อกุ้งขาวได้เป็นอย่างดีและประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และงานวิจัยของ Erkan et al. (2010) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยไธม์และน้ำมันหอมระเหยลอเรลต่อการเก็บรักษาปลาบลูฟิช (*Pomatomus saltatrix*) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่าปลาบลูฟิชเคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์มีค่า pH น้อยกว่าและมีจำนวนแบคทีเรียต่ำกว่า log 6 CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ทำการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

1.1.2 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ปริมาณ TVB-N ในสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับการเน่าเสียที่มีสาเหตุมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic bacteria ที่มีในสิ่งแวดล้อมรวมทั้งในตัวสัตว์น้ำเองสามารถสร้างเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่ไนโตรเจนจนได้เป็นสารประกอบที่เป็นด่างที่ระเหยได้ (Bono et al., 2012) ทำให้สามารถใช้ปริมาณ TVB-N ในการติดตามการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ ผลการทดลองครั้งนี้ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีค่า 8.25– 8.55 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้น เกิดจากเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเอนไซม์ในตัวกุ้งเองจากปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) รวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ย่อยสารประกอบไนโตรเจนจนได้เป็นสารในกลุ่มด่างที่ระเหยได้ในปริมาณมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Okpala et al. (2014) พบว่า การเสื่อมคุณภาพของกุ้งขาวที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลานานขึ้นทำให้ปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย โดยเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ITM 03 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่มากขึ้นนั้นหมายถึงปริมาณของสารประกอบฟีนอลที่ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์มีมากขึ้น ทำให้จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ที่ไปย่อยสารประกอบไนโตรเจนให้เป็นด่างที่ระเหยได้ในปริมาณน้อยกว่าชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่น้อยกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Jouki et al. (2013) ได้ศึกษาผลของการเคลือบน้ำมันเมล็ดมะตูม น้ำมันหอมระเหยออริกาโนและน้ำมันหอมระเหยไธม์ในการรักษาคุณภาพของปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน พบว่า การนำปลามาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและน้ำมันหอมระเหยไทม์ที่ระดับ

ความเข้มข้นมากที่สุด 2% ทำให้ปริมาณ TVB-N น้อยกว่าการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น1% และ 1.5% และงานวิจัยของ Kusuma and Teerawut (2014) พบว่าประสิทธิภาพในการชะลอการเกิด TVB-N ในกุ้งขาว (*L. vannamei*) ของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีสูงขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากขึ้นและการนำเนื้อกุ้งขาวมาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม

หากพิจารณาจากปริมาณ TVB-N ที่สามารถบ่งบอกคุณภาพของสัตว์น้ำ โดย Bono et al. (2012) ได้แนะนำว่าสัตว์น้ำปรุงสุกที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณ TVB-N 30 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ทำให้กุ้งขาวแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% (ITM 03) มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 22 วัน ส่วนกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2% (ITM 02) และที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1% (ITM 01) สามารถเก็บได้ 18 และ 14 วัน ตามลำดับ ขณะที่กุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ (ICC) เก็บได้ไม่เกิน 6 วัน

1.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA–N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาปริมาณ TMA–N ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองคือ 0.42 – 0.46 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แสดงว่าเนื้อกุ้งขาวต้มยังมีคุณภาพดี โดยทั่วไปเนื้อกุ้งต้มที่มีคุณภาพดีมีปริมาณ TMA–N ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (Kusuma and Teerawut, 2014; Cobb and Vanderzant, 1971) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กันนั้น มีปริมาณ TMA–N เพิ่มขึ้น เนื่องจาก สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่ชื่อว่า ไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ที่โดยปกติทำหน้าที่ปองกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว (water logout) เมื่อกุ้งยังมีชีวิตอยู่นั้นถูกเปลี่ยนเป็น TMA โดยเอนไซม์ trimethylamine oxidase ที่แบคทีเรียสร้างขึ้น โดยการมีปริมาณ TMA สูงทำให้กุ้งขาวมีกลิ่นเหม็นเน่า รวมทั้งกลิ่นคาวเพิ่มขึ้น (Erkan and Bilen, 2010) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Okpala et al. (2014) พบว่า ปริมาณ TMA-N ในเนื้อกุ้งขาว (*L.vannamei*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Soto, Fernandez, Velazquez and Aubourg (2014) พบว่า ปริมาณ TMA-N ในเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งขาวที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย โดยเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ITM 03 มีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

ซึ่งเกิดจากน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นมากยิ่งทำให้มีคุณสมบัติเป็น antibacterial (Attouchi and Sadok, 2012) สูงขึ้นตามไปด้วย จึงไปลดการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง TMAO เป็น TMA ได้น้อยลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Alcicek (2011) ที่ศึกษาผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทม์ (*Thymus vulgaris*) บนเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) รมควันเหลวที่บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่า เนื้อปลาที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าเนื้อปลาที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหย ทำให้สามารถเก็บรักษาเนื้อปลาได้นานยิ่งขึ้น และงานวิจัยของ Kusuma and Teerawut (2014) พบว่า การใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 1% เคลือบบนเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ทำให้เนื้อกุ้งขาวมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.5% รวมทั้งการเนื้อกุ้งขาวที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

1.2 คุณภาพทางกายภาพ

1.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาว ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 1.20 – 2.24 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ในตัวกุ้งเองจากปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) รวมทั้งเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นไปย่อยสลายโครงสร้างต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกิดการย่อยโปรตีนทำให้โปรตีนมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ลดลง น้ำ แร่ธาตุ และวิตามิน ที่เคยยึดจับกับโปรตีนเกิดการคลายตัวออกและถูกปลดปล่อยออกมาทำให้น้ำหนักของสัตว์น้ำลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (นิอร โฉมศรี, 2555) ซึ่งให้ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Kykkidou et al. (2009) ที่มีการศึกษาผลของน้ำมันไธม์และบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 วัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยไธม์ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักทำให้ชุดการทดลองที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์มีค่าการสูญน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ และยังสอดคล้องกับ ณัชยา บุญมา สวามินี ธีระวุฒิ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560) ที่พบว่าเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเนื้อหอยที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

1.2.2 ค่าสี

เมื่อเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นระยะเวลานานขึ้นค่า L* (ค่าความสว่าง) และ a* (ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว) ของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลอง มีค่า L* และ a* ลดลง เนื่องจากในขณะที่แช่กุ้งขาวในน้ำแข็งเกิดการเน่าเสียโดยโปรตีนที่เคยจับกับรงควัตถุให้สีในกุ้งเกิดการย่อยสลายจากเอนไซม์ในตัวกุ้งเองและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการปลดปล่อยรงควัตถุ และยังเกิดจากรงควัตถุให้สีในกุ้งที่เป็นสารประกอบแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ได้แก่แอสตาแซนทิน(astaxanthin) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งแบบที่เกิดจากเอนไซม์ (enzymatic oxidation) และไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ (non - enzymatic oxidation) ทำให้รงควัตถุให้สีถูกทำลาย (Farajzadeh et al., 2015) อีกทั้งการละลายของน้ำแข็งระหว่างการเก็บรักษายังทำให้เกิดการชะล้างรงควัตถุออกจากตัวกุ้ง ทำให้กุ้งมีสีซีดลงเมื่อเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลานานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Farajzadeh et al. (2015) พบว่าค่าสี L*, a* และ b* ของกุ้งขาว (*L vannamei*) ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซานมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาภายใต้สภาวะการแช่เย็นเป็นเวลา 14 วัน รวมทั้ง Chouljenko et al. (2016) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศด้วยอนุภาคนาโนไคโตซานกับคุณภาพของกุ้งแช่แข็งเป็นเวลา 120 วัน ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่ากุ้งแช่แข็งมีค่าสี L*, a* และ b* มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีค่า L* และ a* ของเนื้อกุ้งขาวต้มน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย โดยเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ITM 03 มีค่า L* และ a* น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เพราะโครงสร้างโปรตีนของกุ้งขาวสุกในชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยยังมีการสูญเสียสภาพน้อย โดย สาร carvacrol และ thymol ที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Erkan, 2012) ทำให้โครงสร้างโปรตีนเสียสภาพน้อยกว่ารงควัตถุจึงยังจับอยู่กับโปรตีนได้ดีดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* และ a* จึงเกิดน้อยกว่า เช่นเดียวกับ Pires *et al*. (2012) ได้ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มที่ย่อยสลายได้จากโปรตีนของปลาเฮค (*Merluccius capensis*) ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (0.00, 0.025, 0.05, 0.1 และ 0.25 มิลลิลิตร/ น้ำหนักโปรตีน) พบว่าประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a*, b* และการต้านอนุมูลอิสระนั้นมีมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ และงานวิจัย Erkan (2012) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) รมควันร้อนบรรจุสุญญากาศร่วมกับน้ำมันหอมระเหยไธม์ มีค่า a* น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม

1.2.3 ค่าแรงเฉือน

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวต้ม เท่ากับ 16.60 $\pm$ 0.15 g.force และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลอง มีค่าแรงเฉือนลดลง เนื่องจากเมื่อมีการเน่าเสียมากขึ้นโครงสร้างโปรตีนในเนื้อกุ้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโอฟิบริลลาโปรตีนถูกย่อยสลายเป็นเพปไทด์สายสั้น รวมทั้งได้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งการย่อยสลายนี้เกิดจากเอนไซม์จากในตัวกุ้งเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้เนื้อกุ้งที่เคยมีความยืดหยุ่นอันเนื่องจากโปรตีนยังไม่เกิดการเสื่อมสภาพนั้นกลายเป็นเนื้อกุ้งที่นิ่มเละ (Imran, Chawalit and Somrote, 2013) ดังนั้นแรงจากใบมีดที่ตัดผ่านลงไปบนเนื้อกุ้งขณะทำการวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนจึงน้อยลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งบ่งบอกถึงการเน่าเสียของเนื้อกุ้งนั่นเอง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhang et al. (2015) ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษากุ้งขาว (*L. vannamei*) สดเป็นระยะเวลานานขึ้น เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนมากขึ้นทำให้มีค่าแรงเฉือนลดลง เช่นเดียวกับ ทรงพล สงวนทรัพย์ สวามินี ธีระวุฒิ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นพบว่าเนื้อกุ้งขาวมีค่าแรงเฉือนลงลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยมีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยในชุดการทดลอง ITM 03 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เพราะความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ในชุดการทดลอง ITM 03 ที่สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ทำให้ประสิทธิภาพของสารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่จะส่งผลต่อค่าแรงเฉือนของกุ้งขาวมีมากตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยด้วยการเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อกุ้งจึงเกิดน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kykkidou et al. (2009) พบว่าน้ำมันหอมระเหยไธม์สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการลดลงของค่าเนื้อสัมผัสทำให้ตัวอย่างปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์มีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่ากว่าตัวอย่างปลากระโทงดาบที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 13 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วน Erkan and Bilen (2010) ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบกระวาน, ไธม์, โรสแมรี่, เมล็ดดำ, ดอกเสจ, เมล็ดองุ่น, เมล็ดแฟลกซ์และมะนาวเหลือง พบว่า ตัวอย่างปลาแมคเคอเรล (*Scomber japonicus*) ที่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหย ก่อนนำไปแช่แข็งมีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

1.3 คุณภาพทางกายจุลชีววิทยา

1.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษานั้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองอยู่ระหว่าง 4.35 – 4.44 log CFU/กรัม แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา นานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เกิดจากในระยะแรกของการเก็บรักษานั้นจุลินทรีย์ยังไม่เจริญเพราะเป็นระยะที่จุลินทรีย์เริ่มปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม จึงใช้เวลาในการแบ่งตัวที่เรียกว่า generation time นาน ซึ่งเรียกว่าระยะ lag phase และหลังจากที่จุลินทรีย์สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีแล้ว จุลินทรีย์เจริญเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เรียกระยะนี้ว่า log phase (รังสินี โสธรวิทย์, 2550; Okpala et al., 2014).) ซึ่งเมื่อจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้นก็สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ในตัวสัตว์น้ำได้มากยิ่งขึ้น ทำให้สัตว์น้ำเกิดการเน่าเสียมากขึ้นด้วย ดังนั้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจึงสามารถบ่งบอกการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ (Teerawut et al., 2016) ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Dabadéa et al. (2015) ที่เก็บรักษากุ้ง Tropical brackish water (*Penaeus notialis*) ไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน รวมถึงงานวิจัยของ Fereahtian et al. (2014) ที่ศึกษาการใช้ชาเขียวในการเก็บรักษากุ้งขาว (*L. vannamei*) สดแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ากุ้งขาวสดทั้งไม่เคลือบและที่เคลือบด้วยชาเขียวมีจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น

อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหย มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าการแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยในชุดการทดลอง ITM 03 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด เป็นเพราะในช่วงต้นของการเก็บรักษา (วันที่ 0-2) กุ้งขาวในน้ำแข็งอาจมีจุลินทรีย์ที่ทนต่อสารยับยั้งในน้ำมันหอมระเหยไธม์ เช่น จุลินทรีย์แกรมลบที่เยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกเป็นสารประกอบกลุ่มไลโปพอลิแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide) ที่แข็งแรง (เบญจมาศ เขตรดง และปรัชญากร ชูตระกูล, 2553) ประสิทธิภาพของสาร carvacrol และ thymol ในน้ำมันหอมระเหยไธม์จึงไปชะลอการเจริญได้ไม่เต็มที่ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (วันที่ 2-22) ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของน้ำมันหอมระเหยไธม์มีมากขึ้นทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจวัดได้มีจำนวนน้อยกว่ากุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย ประกอบกับการละลายของน้ำแข็งที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยยังไปชะล้างจุลินทรีย์ภายนอกตัวกุ้งได้อีกด้วย เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ ณัชยา บุญมา สวามินี ธีระวุฒิ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

ทางจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกที่เคลือบและไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ ระหว่างการเก็บรักษาด้วยบรรยากาศปกติและการปรับสภาพบรรยากาศก่อนนำไปเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าเนื้อหอยแมลงภู่ที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้งผลการวิจัยของ Alçiçek (2011) ที่พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) รมควันเหลวจากน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็น มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 150 วัน

จากผลการทดลองในครั้งนี้เมื่อใช้เกณฑ์มาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของกองควบคุมอาหาร (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ความเข้มข้นแตกต่างกันแสดงให้เห็นว่า ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่เหมาะสมในการชะลอการเสื่อมคุณภาพทางจุลชีววิทยา คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% ซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษากุ้งขาวได้นานที่สุดคือ ไม่เกิน 12 วัน รองลงมาได้แก่ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2% และ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1% ซึ่งเก็บได้ 10 และ 8 วัน ตามลำดับ ส่วนกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 4 วัน

1.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ E. coli

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มทั้งในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* เนื่องจากจุลินทรีย์เหล่านั้นไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการต้มกุ้งขาวที่ 95 องศาเซลเซียสได้ ทำให้โปรตีนรวมทั้งเอนไซม์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์ของจุลินทรีย์ถูกทำลายทำให้จุลินทรีย์จึงตายลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Martínez-Alvarez et al. (2009) ที่พบว่าการนำกุ้งตะกาด (*Parapenaeus longirostris*) มานึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มEnterobacteriaceae เช่น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli* และ *Salmonella* spp. ได้ อย่างไรก็ตามหากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากเกินจำนวนที่กำหนดทำให้เกิดอาการท้องเดิน ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังได้รับเชื้อ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสำหรับกุ้งขาวในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยและน้ำแข็งที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยในระดับชอบมากที่สุด คือ 9.00 คะแนน โดยเนื้อกุ้งขาวมีเนื้อสีขาวอมส้มจาง ผิวเป็นมันเงา มองเห็นจุดสีส้มบริเวณข้อและผิวด้านนอกของเนื้อได้ชัดเจนตามธรรมชาติ โดยปกติแล้วเนื้อกุ้งที่ยังไม่ผ่านการต้มนั้นมีจุดสีเทาบริเวณผิวของเนื้อกุ้งเนื่องจาก Ovoverdin ซึ่งเป็นสารสีเขียวที่เกิดจากแอสตาแซนทินจับอยู่กับโปรตีนแต่เมื่อผ่านการต้มแล้วเนื้อกุ้งมีจุดสีส้มบริเวณผิวของเนื้อกุ้งชัดเจนเนื่องจากความร้อนของการต้มไปทำลาย Ovoverdin ทำให้แอสตาแซนทินที่ปกติเป็นสีแดงถูกปลดปล่อยออกมาจึงมองเห็นผิวของเนื้อกุ้งต้มโดยทั่วไปเป็นสีส้ม (Belitz, Grosch, and Schieberle, 2004)

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกชุดการทดลองเกิดจากเอนไซม์ในตัวกุ้ง อีกทั้งเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดการย่อยสลายโปรตีนเพื่อนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ในการเจริญและเพิ่มจำนวน ทำให้โครงสร้างของโปรตีนในกุ้งขาวจากเดิมเป็นสายโพลีเปปไทด์สายยาวกลายเป็น เปปไทด์สายสั้นลง ไดเปปไทด์และกรดอะมิโน รวมทั้งโปรตีนเม็ดสีถูกย่อยกลายเกิดเป็นกรดอะมิโนอิสระเช่นกัน ทำให้รงควัตถุสีส้มแดงในเนื้อกุ้งที่เป็นสารประกอบคาโรทีนอยด์ (carotenoids) ได้แก่ แอสตาแซนทิน เกิดการเสียสภาพส่งผลให้เนื้อกุ้งมีเปลี่ยนไป รวมทั้งเมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายมากขึ้น การเกิดกรดอะมิโนอิสระต่างๆ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดอะมิโน tyrosine, tryptophane และ cystine ซึ่งกรดอะมิโนกลุ่มนี้มีผลทำให้เกิดจุดดำ (black spot) หรือ melanosis ในกุ้ง โดยเมื่อจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ tyrosinase จะทำให้เกิดการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน tyrosine และเอนไซม์ tryptophanase ที่ทำให้เกิดการเติมออกซิเจนของกรดอะมิโน tryptophane แล้วเกิดเป็นสารอินโดล (indole) อีกด้วย (นิรชา วงษ์จินดา, 2556) ผลของปฏิกิริยาดังที่กล่าวข้างต้นทำให้เนื้อกุ้งมีลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเนื้อมีสีซีด มีเมือกเคลือบบริเวณผิวของเนื้อกุ้ง และเนื้อนิ่มเละตามการเน่าเสีย จึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลง ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Wachirasiri et al. (2012) ได้พบว่ากุ้งขาว (*Penaeus vanamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยกรดอะมิโนก่อนนำไปแช่เยือกแข็งนั้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกับ Farajzadeh et al. (2015) ที่ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษา

เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) แช่เย็นโดยการนำมาเคลือบไคโตซานและเจลาตินแล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลา 13 วัน พบว่าเนื้อกุ้งทั้งที่เคลือบและที่ไม่ได้เคลือบไคโตซานและเจลาตินมีคะแนนยอมรับลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานมากขึ้น

รวมทั้งเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ โดยเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยในชุดการทดลอง ITM 03 มีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมา ได้แก่ ITM 02, ITM 01 และ ICC ตามลำดับ เพราะการแช่กุ้งขาวในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่มีความเข้มข้นสูงดังนั้นปริมาณสารออกฤทธิ์ คือ carvacrol และ thymol มีปริมาณสูงด้วยจึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดีทำให้เกิดจุดดำและการเกิดเมือกบนเนื้อกุ้งน้อยลง ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนระดับการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นสูงในระดับคะแนนที่สูงกว่าเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นรองลงมาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (เบญจา ชุตินทราศรี, 2554) อีกทั้งในน้ำมันหอมระเหยไธม์ยังมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์เมื่อให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอนุมูลของฟลาโวนอยด์ฟีนอลิกซึ่งเสถียรจึงมีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant (สุกัญญา เขียวสะอาด, 2555) ทำให้ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือการเกิดสีน้ำตาลในกุ้งได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kusuma and Teerawut (2014) ที่พบว่า เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏมากกว่าเนื้อกุ้งขาวที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 16 วัน และผลการศึกษาของ Kykkidou et al. (2009) พบว่า การนำเนื้อปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) มาเคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศ (MT) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบลักษณะปรากฏจากผู้ทดสอบมากที่สุด โดยเก็บรักษาได้ถึง 16 วัน โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าชุดการทดลอง AT (air with thyme oil), M (modified atmosphere packaging) และ A (air)

1.4.2 กลิ่น

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย) พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุด คือ 9.00 คะแนน คือ เนื้อกุ้งต้มมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติของกุ้งต้ม โดยมีระดับความเข้มของกลิ่นหอมหวานและกลิ่นกุ้งต้มมาก แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวต้มลดลง เนื่องจากเนื้อกุ้งมีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ที่มีสาเหตุมาจาก

เมื่อเก็บรักษานานขึ้นกุ้งขาวเกิดการเน่าเสียมากขึ้น โดยเอนไซม์จากในตัวกุ้งเอง และจุลินทรีย์ที่มีการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนเพื่อใช้สารต่างๆ ในการเจริญและแบ่งเซลล์ทำให้ได้เป็นสารประกอบกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ในปริมาณมากขึ้น จึงเกิดกลิ่นผิดปกติต่างๆ เช่น กลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นเหม็นเน่า (Kusuma and Teerawut, 2014) รวมทั้งยังเป็นผลจากการที่ไขมันในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเนื้อกุ้งถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ (lipolytic enzyme) ต่างๆ เช่น เอนไซม์ไลเปส (lipase) เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งกรดไขมันที่มีโมเลกุลสั้นนั้นสามารถระเหยได้ง่าย รวมถึงกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ที่พบมากในเนื้อกุ้งยังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ อัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นหืนและกลิ่นเหม็นเน่าด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jouki et al. (2013) ที่ศึกษาผลของเมล็ดมะตูมร่วมกับน้ำมันหอมระเหยออริกาโนและน้ำมันหอมระเหยไธม์ในการเก็บรักษาปลาเรนโบเทราท์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมีคะแนนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้งงานวิจัยของ Teerawut and Pratumchart (2014) ที่แสดงให้เห็นว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ทั้งที่ไม่แช่และแช่ด้วยสารละลาย EDTA ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้นเช่นกัน

ขณะที่เนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ได้แก่ ITM 01, ITM 02 และ ITM 03 มีคะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่า ICC อีกทั้งเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ITM 03 เป็นเพราะสารกลุ่มฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ยิ่งใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากจะยิ่งมีสารประกอบฟีนอลมากขึ้น โดยสารเหล่านี้สามารถละลายได้ในไขมันจึงแทรกเข้าไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่อเกิดช่องว่างของเยื่อหุ้มเซลล์และเกิดเสียสภาพจากการเป็นเยื่อเลือกผ่านทำให้สารภายในกับภายนอกเซลล์เกิดความไม่สมดุลส่งผลให้แบคทีเรียเสียสภาพจึงเป็นการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ดังนั้นการสร้าเอนไซม์ของแบคทีเรียจึงลดลงตามไปด้วย ทำให้การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนลดลง (เบญจา ชุตินทราศรี, 2554) จึงช่วยลดการเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวจากการที่แบคทีเรียสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งขาวสุกได้ และสารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยไธม์ยังมีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant ที่ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกุ้งขาวและออกซิเจนในอากาศที่ทำให้กลิ่นเหม็นหืนได้อีกด้วย ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านกลิ่นของกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าการแช่ในน้ำแข็งธรรมดา เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Kusuma and Teerawut (2014) ที่

พบว่า เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสูงกว่าเนื้อกุ้งขาวที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหย และ Yildiz (2016) ที่ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยไธม์และน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ต่อคุณภาพการหมักปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วัน พบว่าในชุดการทดลองที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์ให้ผลดีที่สุด

1.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติของตัวอย่างทั้งที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยและที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยในระดับชอบมากที่สุด แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกชุดการทดลองลดลงจากที่เคยมีรสชาติอร่อยและมีรสหวานตามธรรมชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มเปลี่ยนเป็นจืด ไม่มีรสชาติรวมทั้งมีรสเฝื่อนและรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น เกิดจากในช่วงต้นของการเก็บรักษาการเน่าเสียยังไม่เกิดขึ้นโปรตีนที่เป็นกรดอะมิโนอิสระชนิดต่างๆ ที่ทำให้เนื้อกุ้งต้มมีรสหวานตามธรรมชาติ ได้แก่ กรดอะมิโน alanineและ glycine อีกทั้ง glutamic ที่ให้รสอร่อยยังไม่ถูกทำลายเนื่องจากเอนไซม์ในตัวกุ้งเองและจากจุลินทรีย์ แต่เมื่อการเน่าเสียเพิ่มมากขึ้นกรดอะมิโนอิสระเหล่านี้ถูกย่อยสลาย และกรดอะมิโนบางชนิด ได้แก่ กรดอะมิโน aspartic ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว และกรดอะมิโน arginine ที่ทำให้เกิดรสขมถูกปลดปล่อยเป็นอิสระออกมาจากโครงสร้างโปรตีนที่เป็นโพลีเพปไทด์มากขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเองและการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์ (Aristoy et al., 2010; Fuentes et al., 2009) รวมทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อกุ้งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันยังมีส่วนเหนี่ยวนำและเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อกุ้งมากขึ้นด้วย (Eymard et al., 2005) ดังนั้นเมื่อความหวานของเนื้อกุ้งมีลดลงและมีรสเฝื่อนรวมถึงรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้คะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Vatavali *et al*. (2013) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติของปลากะพงแดง (*Pagrus pagrus*) เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยออริกาโนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

รวมทั้งผลการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์มีคะแนนระดับการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าการแช่กุ้งขาวในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย และเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% นั้นได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติจากผู้ทดสอบมากกว่าชุดการทดลองอื่น เนื่องจากสารประกอบ carvacrol และ thymol ที่มีคุณสมบัติ antibacterial และ antioxidant (Erkan, 2012) ที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของรสชาติได้ เช่นเดียวกับ

การศึกษาของ Kykkidou et al. (2009) ที่พบว่าการเคลือบเนื้อปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ Kusuma and Teerawut (2014) ที่พบว่า เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นั้นต่างก็มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการใช้น้ำมันหอมระเหย

1.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าเนื้อกุ้งขาวมีความยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง ทำให้ผู้ทดสอบมีระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสในระดับมากที่สุดในตัวอย่างกุ้งขาวทุกชุดการทดลอง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นระดับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงในทุกชุดการทดลองตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เพราะในช่วงต้นของการเก็บรักษาโครงสร้างต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อยังแข็งแรง โปรตีนสามารถจับกับน้ำได้ดี ความยืดหยุ่นของโปรตีนมีสูง แต่เมื่อกุ้งเริ่มเกิดการเน่าเสียโดยเอนไซม์ในตัวกุ้งและจากจุลินทรีย์ทำให้โครงสร้างต่าง ๆ โดยเฉพาะโปรตีนเกิดการเสียสภาพ เนื้อกุ้งมีความอ่อนนุ่มจนกลายเป็นนิ่มเละมากขึ้น (สุมาลี เหลืองสกุล, 2527; Imran, Chawalit and Somrote, 2013) ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับลดลง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของ Teerawut and Pratumchart (2014) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่น้ำแข็งลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Young et al. (2014) ที่พบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสและค่าแรงเฉือนที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ทั้งตัวอย่างที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติและปรับสภาพบรรยากาศมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นกัน

อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าชุดการทดลองที่แช่น้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยมีคะแนนระดับการยอมรับเนื้อสัมผัสน้อยกว่าเนื้อกุ้งเนื้อกุ้งขาวที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ โดยระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% รองลงมา ได้แก่ 0.2% และ 0.1% ตามลำดับ เนื่องจากมีการชะลอการเน่าเสียโดยสารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยที่สามารถรบกวนสมดุลภายในเซลล์ รวมถึงระบบเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์จึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Erkan and Bilen, 2010; Erkan, 2012) ทำให้การสลายตัวของโครงสร้างโปรตีนอันเกิดจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนั้นเกิดได้น้อยลง โปรตีนยังมีความสามารถในการจับกับน้ำได้สูง ดังนั้นตัวอย่างในชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยจึงยังคงมีความยืดหยุ่นและมีการอุ้มน้ำได้ดีกว่าการแช่น้ำแข็งไม่ผสม

น้ำมันหอมระเหย สอดคล้องกับ Alcicek (2011) ที่ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยไทม์ (*Thymus vulgaris* L.) ในปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) แล่ที่นำมารมควันเหลวร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์แล่รมควันที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทม์มีอายุการเก็บรักษานานกว่าตัวอย่างควบคุม และ Kusuma and Teerawut (2014) ที่พบว่า เนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นั้นมีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบน้ำมันหอมระเหย

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ แสดงให้เห็นว่าการนำกุ้งขาวสดมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งขาวได้เป็นอย่างดี และความสามารถในการชะลอการเน่าเสียนี้มีเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของผลการทดลองในครั้งนี้กับผลการศึกษาในงานวิจัยอื่นๆ นั้นเกิดจากหลายปัจจัยเช่น ชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย (Ryder, Buisson & Scott, 1984) ความแตกต่างของระดับกิจกรรมของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการย่อยสลายตัวเองในสัตว์น้ำ (Scott, Fletcher & Hogg, 1986) ลักษณะทางชีวภาพ เคมีกายภาพ (Bio-physiochemical properties) ของสัตว์น้ำ และสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกันด้วย (Hanna, 1992) อีกทั้งความแตกต่างของชนิดของสัตว์น้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน สารเคมีที่ใช้และวิธีการแปรรูปเพื่อการชะลอการเสื่อมคุณภาพรวมถึงมีชนิดและระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้แตกต่างกันไป เช่น Kusuma and Teerawut (2014) ที่พบว่า การนำเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต้มมาเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกาโน 0.05% ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TVB-N และ TMA-N) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ให้ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบได้ดีที่สุด ขณะที่ Masniyom et al. (2012) พบว่าหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้น 0.25% และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 0.25% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและยังช่วยให้รสและกลิ่นดีขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วน Erkan et al. (2010) ที่ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยไทม์และน้ำมันหอมระเหยลอเรลในการรักษาคุณภาพของปลาบลูฟิช (*Pomatomus saltatrix*) สด เป็นเวลา 13 วัน พบว่าปลาบลูฟิชที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไธม์มีการเสื่อมสภาพของไขมันน้อยกว่าปลาบลูฟิชที่ไม่ทำการเคลือบน้ำมันหอมระเหย ซึ่งน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ระดับความเข้มข้น 1% ให้ผลในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิชันได้ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น

เมื่อพิจารณาภาพรวมจากผลการทดลองในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ เปรียบเทียบกับกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ แสดงให้เห็นว่าการนำกุ้งขาวมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 0.3% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.1% ตามลำดับ

การกำหนดอายุการเก็บรักษาของกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันในการทดลองนี้พิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสที่เป็นคะแนนระดับการยอมรับกลิ่นที่มีคะแนนต่ำกว่าคุณลักษณะอื่นๆ (ลักษณะปรากฏและรสชาติ) ระดับต่ำกว่า 5 คะแนน และโดยทั่วไปการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของมนุษย์เกิดขึ้นได้เร็วกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอื่นๆ ดังนั้นคุณลักษณะด้านกลิ่นจึงใช้บ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Coban et al, 2012) โดย ITM 03 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 12 วัน รองลงมาคือ ITM 02 และ ITM 01 ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 10 และ 8 วัน ตามลำดับ ส่วน ITC มีอายุการเก็บรักษา 4 วัน

2. ผลของระยะเวลาการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพของกุ้งขาว

2.1 คุณภาพทางเคมี

การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาว ตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั้น เนื่องจากมีการสลายตัวของสารประกอบไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกส่งผลให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งลดลง (Coban et al, 2012; Ozyrut et al, 2012) ส่วนการที่ปริมาณ TVB-N และ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้นจุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนแล้วนำสารอาหารต่างๆ ไปใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ ซึ่งเมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายทำให้ได้เป็นสารประกอบกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มขึ้น (Bono et al., 2012) ปริมาณ TVB-N จึงมีมากขึ้นตามไปด้วย และนอกจากนี้จุลินทรีย์ยังมีการสร้างเอนไซม์ชนิดต่างๆ มาย่อยสลาย

สารอาหารที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้ม โดยหนึ่งในเอนไซม์ที่ถูกสร้างขึ้นคือ เอนไซม์ Trimethyamine oxidase ที่ทำให้ TMAO ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่พบในเนื้อกุ้งขาวต้ม เปลี่ยนไปเป็น TMA-N (Kusuma and Teerawut, 2014) ทำให้ปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสียที่เพิ่มขึ้น

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าแรงเฉือน ค่าสี L* a* ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ในตัวกุ้งขาวและจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดการย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ที่มีในกุ้งขาว ทำให้เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีน ส่งผลให้ความสามารถของโปรตีนในการจับกับโมเลกุลน้ำลดลง น้ำบางส่วนถูกปลดปล่อยออกมา (นิอร โฉมศรี, 2555) รวมทั้งโปรตีนที่เสื่อมสภาพนั้นทำให้มีความยืดหยุ่นน้อยลง (Imran, Chawalit and Somrote, 2013) และยังเกิดการปลดปล่อยรงควัตถุให้สีในกุ้ง ได้แก่ astaxanthin เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งแบบที่เกิดจากเอนไซม์ (enzymatic oxidation) และไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ (non - enzymatic oxidation) ทำให้รงควัตถุให้สีถูกทำลาย (Farajzadeh et al., 2015)

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อกุ้งขาว ตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั้น เนื่องจากเอนไซม์ในตัวกุ้ง และยังมีการสร้างเอนไซม์โดยจุลินทรีย์เพื่อไปย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในกุ้งขาวแล้วนำสารอาหารที่ได้มาใช้ในการเจริญและการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยจุลินทรีย์ก่อโรคกลุ่มหลักที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในกุ้งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pseudomonas* spp., H_2S-producing bacteria, Lactic acid bacteria, Enterobacter, Serratia รวมทั้ง Flavobacterium (Gram and Huss, 1996; Dabadé et al., 2015)

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ระดับการยอมรับในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ไม่ว่าจะเป็นด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มนั้นมีคะแนนระดับการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากมีการเจริญของจุลินทรีย์โดยสร้างเอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอาหารต่างๆ รวมทั้งโปรตีนที่มีในเนื้อกุ้งขาวต้มเพื่อนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ รวมทั้งเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในตัวกุ้งขาวเกิดการย่อยสลายโปรตีน เมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายเกิดการเสื่อมสภาพทำให้คุณสมบัติต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะเป็นความสามารถ

ในการอุ้มน้ำ ความยืดหยุ่น (Sriket et al., 2012) และการจับกับรงควัตถุให้สี การเสื่อมสภาพของกรดอะมิโนอิสระ (Aristoy, et al., 2010) การเกิดสารประกอบในกลุ่มที่ระหยได้มากขึ้น (Dabadé et al., 2015) รวมทั้งกรดไขมันในกุ้งขาวยังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราได แจ่มจำรูญ, 2550) ส่งผลให้กุ้งขาวเกิดลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ รวมทั้งเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาภาพรวมจากผลการทดลองในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำแข็งแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการนำกุ้งขาวมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 0.3% มีการเน่าเสียในเชิงของการเสื่อมคุณภาพทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัส มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การนำกุ้งขาวสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ (ITM 01, ITM 02 และ ITM 03) ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ซึ่งน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% (ITM 03) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2% (ITM 02) และน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1% (ITM 01) ตามลำดับ ขณะที่กุ้งขาวสดทั้งตัวที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์มีการเสื่อมคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มในทุกๆ ด้านมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนระยะเวลาการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่เหมาะสมสำหรับการรักษาคุณภาพของกุ้งขาวสด คือ น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% (ITM 03)

การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษากุ้งขาวสดที่แช่ในน้ำแข็งในการทดลองนี้เมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสที่ระดับน้อยกว่า 5 คะแนน ดังนั้นกุ้งขาวสดที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.3% (ITM 03) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 12 วัน รองลงมาได้แก่ กุ้งขาวสดที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.2% (ITM 02) และกุ้งขาวสดที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.1% (ITM 01) เก็บรักษาได้ 10 และ 8 วัน ตามลำดับ ขณะที่กุ้งขาวสดที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 4 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เพิ่มการตรวจสอบจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น และเพิ่มการตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ทนความเย็น จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก ซึ่งจะช่วยบ่งชี้กลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยได้

2.2 เพิ่มการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีในด้านการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการเป็น antioxidant ได้

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

ณาตยา ศรีจันทึก. (2560). สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ ปี 2559. วันที่ค้นข้อมูล 26 ธันวาคม 2560, เข้าถึงได้จากhttp://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/pdf/กุ้งทะเล ทั้งปี 59.pdf

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

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

นลินี จงวิริยะพันธุ์. (2557). ประโยชน์ของน้ำมันตับปลา-หมอรามาฯ ไขปัญหาสุขภาพ. วันที่ค้นข้อมูล 6 มกราคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.dailynews.co.th/article/226263.

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

นิอร โฉมศรี. (2555). *จุลชีววิทยาอาหาร*. เชียงใหม่: บริษัทเชียงใหม่ปรินท์ติ้ง.

นิรชา วงษ์จินดา. (2556). กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง. วันที่ค้นข้อมูล 6 มกราคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/technical_group/ดาว์โหลด/กระบวนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง.pdf

เบญจา ชุตินทราศรี. (2554). *เทคโนโลยีกลิ่นรสอาหาร (Food Flavor Technology) (FDT4602).* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง: กรุงเทพมหานคร. 464 หน้า.

เบญจมาศ เขตรดง และปรัชญากร ชูตระกูล. (2553). *ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกระเพรา โหระพา ตะไคร้หอมและแมงลัก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.* วันที่ค้นข้อมูล วันที่ค้นข้อมูล 6 มกราคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://161.246.67.22/aganimal_v2/THeSiS-DoC/ef1fedde45b4ca6fc7cb49894acf5a71.pdf

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

รังสินี โสธรวิทย์. (2550). *เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์สารสนเทศกรมประมง. (2557). *สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2555*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุกัญญา เขียวสะอาด. (2555). กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ*. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 21,* 1 - 15.

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

สุมาลี เหลืองสกุล. (2527). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

เอิร์ล มินเดอลล์. (2553). วิตามินไบเบิล (ธิดากานต์ รุจิพัฒนกุล, แปล). กรุงเทพฯ: อมรินทร์สุขภาพ.

Alcicek, Z. (2011). The effects of thyme (*Thymus vulgaris L*.) oil concentration on liquid-smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets during chilled storage. *Food Chemistry, 128*, 683 – 688.

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

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

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

Attouchi, M. & Sadok, S. (2009). The effect of powdered thyme sprinkling on quality changes of wild and farmed gilthead sea bream fillets stored in ice. *Food Chemistry*., *119*, 1527 – 1534.

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

Banks, 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.

Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B. & Özogul, F. (2014). Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and deheaded anchovy (*Engraulis encrasicholus*) during chilled storage. *Food Chemistry, 145*, 681 - 686.

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

Bono, G., Badalucco, C.V., Cusumano, S. & Palmegiano, G.B. (2012). Toward shrimp without chemical additives: A combined freezing – MAP approach. *LWT – Food Science and Technology.46*: 274-279.

Boone, L. (1931). Anomuran, macruran crustacea from panama and canal zone. *Bulletin of the American Museum of Natural History, 63*(2), 137 - 189.

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

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

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

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

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

Erkan, N., Tosun, S.Y., Ulusoy, S. & 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. *Journal of Verbrauch. Lebensm.*, *6*, 39 – 48.

Erkan, N. & Bilen, G. (2010). Effect of essential oils treatment on the frozen storage stability of chub mackerel fillets. *Journal of Verbr. Lebensm*., *5*, 101 – 110.

Erkan, N. (2012). The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum - packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Bioprocess Technol.*, *5*, 1246 – 1254.

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

Farajzadeh, F., Motamedzadegan, A., Shahidi, S., & Hamzeh, S. (2015). The effect of chitosan-gelatin coating on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under refrigerated condition . *Food Control*., *67*, 163 – 170.

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

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

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

Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C. & Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology, 27*(7), 889–896.

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. *Food Chemistry, 100*(1), 287–296.

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

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

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.

Imran, A., Chawalit, J., & Somrote, K. (2013). Characterization of quality degradation during chilled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) supply chain. *International Food Research Journal, 20*(4), 1833-1842. Retrieved from http://www.ifrj.upm.edu.my/20(04)2013/45IFRJ20(04)2013Ismail(414).pdf

Jouki, M., Khazaei, N., Koocheki, A., Mortazavi, S.A., & Yazdi, F.T. (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.

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

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

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

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 deep-water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with different melanosis-inhibiting formulas. *LWT - Food Science and Technology, 42*, 1335-1344. doi: 10.1016/j.lwt.2009.03.025

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

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

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

Pires, C., Ramos, C., Teixeira, G., Batista, I., Mendes, R., Nunes, L. & Marques, A. (2012). Effect of essential oils treatment on the frozen storage stability of chub mackerel fillets. *Journal of Food Engineering*, *105*, 422 – 428.

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

Soto, B.G., Fernandez, I.C.N., Velázquez, J.B. & Aubourg, S.P. (2014). Use of citric and lactic acids in ice to enhance quality of two fish species during on-board chilled storage. *International Journal of Refrigeration, 40*, 390 – 397.

Sriket, C., Benjakul, S., Visessanguan, W., Hara, K. & Yoshida, A. (2012). Retardation of post-mortem changes of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) stored in ice by legume seed extracts. *Food Chemistry, 135*(2), 571-579. doi:10.1016/j.foodchem.2012.04.121

Teerawut, S., Kwan-on, P., Boonma, M. & Pasripat, N. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on physical and sensory properties of cooked white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) coated with alginate-based oregano essential oil. The 5th BUU Conference 2016, 251-258. (Full Proceedings)

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

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

Yıldız, P.O. (2016). Effect of thyme and rosemary essential oils on the shelf life of marinated rainbow trout. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, *26*(3), 665 - 673.

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.

Zhang, Z., Yang, Y., Tang, X., Chen, Y., & You, Y. (2015). Chemical forces and water holding capacity study of heat-induced myofibrillar protein gel as affected by high pressure. *Food Chemistry, 188*, 111-118.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก - 1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	6.95_{d} ± 0.02	6.93_{e}± 0.02	6.94_{g}± 0.02	6.95_{k}± 0.01
2	6.87_{c}^{A} ± 0.02	6.90_{d}^{AB} ± 0.01	6.91_{f}^{B} ± 0.02	6.91_{i}^{B} ± 0.01
4	6.75_{b}^{A} ± 0.01	6.82_{c}^{B} ± 0.01	6.87_{e}^{C} ± 0.01	6.86_{f}^{C} ± 0.01
6	6.60_{a}^{A} ±0.01	6.62_{a}^{A} ± 0.01	6.74_{c}^{B} ± 0.01	6.75_{c}^{B} ± 0.01
8	6.75_{b}^{C} ± 0.01	6.70_{b}^{B} ± 0.01	6.68_{b}^{AB} ± 0.01	6.68_{b}^{A} ± 0.01
10	6.94_{d}^{D} ± 0.01	6.80_{c}^{C} ± 0.01	6.61_{a}^{B} ± 0.01	6.58_{a}^{A} ± 0.01
12	7.20_{e}^{D} ± 0.01	6.95_{f}^{C} ± 0.02	6.85_{d}^{B} ± 0.01	6.79_{d}^{A} ± 0.01
14	-	7.01_{g}^{C} ± 0.01	6.89_{e}^{B} ± 0.01	6.81_{c}^{A} ± 0.01
16	-	7.10_{h}^{C} ± 0.01	6.92_{fg}^{B} ± 0.01	6.87_{c}^{A} ± 0.01
18	-	7.18_{i}^{C} ±0.01	6.99_{h}^{B} ± 0.01	6.88_{g}^{A} ± 0.01
20	-	7.25_{j}^{C} ± 0.01	7.13_{i}^{B} ± 0.01	6.94_{h}^{A} ± 0.01
22	-	7.33_{k}^{C} ±0.01	7.19_{j}^{B} ± 0.01	7.03_{j}^{A} ± 0.01
24	-	7.45_{l}^{C} ±0.01	7.28_{k}^{B} ± 0.01	7.12_{l}^{A} ± 0.01
26	-	7.51_{m}^{C} ± 0.01	7.39_{l}^{B} ± 0.01	7.26_{n}^{A} ± 0.02

ตารางผนวกที่ ก - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0	$8.28_{a}^{B} \pm 0.02$	$8.35_{a}^{C} \pm 0.02$	$8.55_{a}^{D} \pm 0.01$	$8.25_{a}^{A} \pm 0.02$
2	$21.21_{b}^{D} \pm 0.02$	$13.22_{b}^{C} \pm 0.02$	$12.63_{b}^{B} \pm 0.01$	$11.46_{b}^{A} \pm 0.02$
4	$24.24_{c}^{D} \pm 0.02$	$16.95_{c}^{C} \pm 0.02$	$14.43_{c}^{B} \pm 0.01$	$12.87_{c}^{A} \pm 0.01$
6	$32.11_{d}^{D} \pm 0.02$	$19.44_{d}^{C} \pm 0.01$	$17.56_{d}^{B} \pm 0.01$	$13.13_{d}^{A} \pm 0.01$
8	$35.21_{e}^{D} \pm 0.02$	$22.30_{e}^{C} \pm 0.01$	$20.06_{e}^{B} \pm 0.02$	$15.36_{e}^{A} \pm 0.01$
10	$43.16_{f}^{D} \pm 0.02$	$24.56_{f}^{C} \pm 0.01$	$21.22_{f}^{B} \pm 0.02$	$17.08_{f}^{A} \pm 0.01$
12	$56.55_{g}^{D} \pm 0.02$	$25.89_{g}^{C} \pm 0.01$	$23.34_{g}^{B} \pm 0.01$	$19.55_{g}^{A} \pm 0.02$
14	-	$27.66_{h}^{C} \pm 0.02$	$24.74_{h}^{B} \pm 0.01$	$20.58_{h}^{A} \pm 0.02$
16	-	$31.34_{i}^{C} \pm 0.02$	$27.61_{i}^{B} \pm 0.01$	$22.45_{i}^{A} \pm 0.01$
18	-	$33.37_{j}^{C} \pm 0.01$	$29.53_{j}^{B} \pm 0.02$	$24.53_{j}^{A} \pm 0.02$
20	-	$35.95_{k}^{C} \pm 0.01$	$31.11_{k}^{B} \pm 0.01$	$26.17_{k}^{A} \pm 0.01$
22	-	$36.33_{l}^{C} \pm 0.02$	$32.87_{l}^{B} \pm 0.01$	$28.98_{l}^{A} \pm 0.01$
24	-	$38.83_{m}^{C} \pm 0.01$	$33.02_{m}^{B} \pm 0.01$	$30.79_{m}^{A} \pm 0.02$
26	-	$40.02_{n}^{C} \pm 0.01$	$35.42_{n}^{B} \pm 0.02$	$31.13_{n}^{A} \pm 0.02$

ตารางผนวกที่ ก - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0	$0.46_{a}^{C} \pm 0.01$	$0.42_{a}^{A} \pm 0.01$	$0.43_{a}^{AB} \pm 0.02$	$0.45_{a}^{BC} \pm 0.02$
2	$1.56_{b}^{D} \pm 0.01$	$1.12_{b}^{C} \pm 0.01$	$0.97_{b}^{B} \pm 0.02$	$0.87_{b}^{A} \pm 0.01$
4	$2.89_{c}^{D} \pm 0.01$	$1.95_{c}^{C} \pm 0.01$	$1.28_{c}^{B} \pm 0.01$	$1.19_{c}^{A} \pm 0.01$
6	$3.81_{d}^{D} \pm 0.01$	$2.37_{d}^{C} \pm 0.01$	$1.88_{d}^{B} \pm 0.01$	$1.34_{d}^{A} \pm 0.02$
8	$5.11_{e}^{D} \pm 0.01$	$3.30_{e}^{C} \pm 0.01$	$2.32_{e}^{B} \pm 0.02$	$1.88_{e}^{A} \pm 0.01$
10	$6.13_{f}^{D} \pm 0.01$	$3.49_{f}^{C} \pm 0.01$	$2.65_{f}^{B} \pm 0.01$	$2.21_{f}^{A} \pm 0.02$
12	$8.37_{g}^{D} \pm 0.01$	$4.29_{g}^{C} \pm 0.02$	$3.27_{g}^{B} \pm 0.01$	$2.67_{g}^{A} \pm 0.02$
14	-	$4.71_{h}^{C} \pm 0.02$	$3.49_{h}^{B} \pm 0.02$	$2.93_{h}^{A} \pm 0.02$
16	-	$5.02_{i}^{C} \pm 0.01$	$4.27_{i}^{B} \pm 0.01$	$3.03_{i}^{A} \pm 0.02$
18	-	$5.23_{j}^{C} \pm 0.02$	$4.68_{j}^{B} \pm 0.01$	$3.31_{j}^{A} \pm 0.03$
20	-	$6.64_{k}^{C} \pm 0.03$	$5.22_{k}^{B} \pm 0.02$	$4.03_{k}^{A} \pm 0.02$
22	-	-	$5.89_{l}^{B} \pm 0.02$	$4.59_{l}^{A} \pm 0.02$
24	-	-	$6.24_{m}^{B} \pm 0.02$	$5.13_{m}^{A} \pm 0.02$
26	-	-	$7.77_{n}^{B} \pm 0.02$	$5.79_{n}^{A} \pm 0.02$

ตารางผนวกที่ ก - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
2	2.24_{a}^{C}±0.13	2.00_{e}^{B}±0.11	1.93_{a}^{B}±0.11	1.20_{a}^{A}±0.11
4	3.97_{b}^{C}±0.15	3.68_{b}^{BC}±0.29	3.54_{b}^{AB}±0.13	3.21_{b}^{A}±0.12
6	5.63_{c}^{B}±0.11	5.50_{c}^{B}±0.25	5.36_{c}^{AB}±0.19	5.14_{c}^{A}±0.06
8	6.41_{d}^{C}±0.12	6.12_{d}^{BC}±0.23	5.88_{d}^{B}±0.19	5.44_{c}^{A}±0.15
10	-	7.03_{e}^{B}±0.20	6.80_{e}^{AB}±0.26	6.46_{d}^{A}±0.27
12	-	8.57_{f}^{B}±0.14	8.34_{f}^{AB}±0.16	8.14_{e}^{A}±0.16
14	-	9.85_{g}^{B}±0.14	9.32_{g}^{AB}±0.29	8.99_{f}^{A}±0.23
16	-	10.93_{h}^{B}±0.17	10.71_{h}^{AB}±0.21	10.44_{g}^{A}±0.21
18	-	12.29_{i}^{B}±0.15	12.15_{i}^{AB}±0.11	11.90_{h}^{A}±0.26
20	-	13.09_{j}^{B}±0.24	12.88_{j}^{AB}±0.14	12.53_{i}^{A}±0.24
22	-	15.43_{k}±0.24	15.30_{k}±0.25	15.14_{j}±0.19

ตารางผนวกที่ ก - 5 ค่าสี L* ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี L* (ปล้องที่ 2) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	70.11_{c} ± 0.52	70.11_{j}± 1.01	70.11_{j} ± 0.62	70.11_{h} ± 0.10
2	67.22_{d}^{A} ± 0.42	68.26_{i}^{AB} ± 1.00	68.63_{i}^{AB} ± 0.91	69.44_{h}^{C} ± 0.64
4	63.10_{c}^{A} ± 0.78	65.21_{h}^{B} ± 0.79	66.61_{h}^{C} ± 0.57	68.00_{g}^{C} ± 0.70
6	60.53_{b}^{A} ± 0.83	63.32_{g}^{B} ± 1.06	64.78_{g}^{BC} ± 0.98	65.00_{f}^{C} ± 0.40
8	57.00_{a}^{A} ± 0.63	62.09_{fg}^{B} ± 0.96	62.87_{f}^{BC} ± 0.84	64.00_{ef}^{C} ± 0.24
10	-	61.57_{ef}^{A} ± 0.76	62.30_{f}^{A} ± 1.08	64.00_{ef}^{C} ± 0.44
12	-	60.28_{e}^{A} ± 0.97	61.49_{ef}^{A} ± 0.54	63.00_{e}^{B} ± 0.59
14	-	58.28_{d}^{A} ± 0.99	60.42_{c}^{B} ± 1.15	62.00_{d}^{B} ± 0.51
16	-	56.33_{c}^{A} ± 0.94	58.59_{d}^{B} ± 1.13	61.00_{c}^{B} ± 0.61
18	-	54.97_{c}^{A} ± 0.80	56.23_{c}^{A} ± 0.90	60.43_{c}^{B} ± 0.63
20	-	46.19_{b}^{A} ± 1.02	48.43_{b}^{B} ± 0.73	58.15_{b}^{C} ± 0.84
22	-	38.34_{a}^{A} ± 1.06	40.11_{a}^{B} ± 0.73	49.70_{a}^{C} ± 0.77

ตารางผนวกที่ ก - 6 ค่าสี a* ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี a* (ปล้องที่ 2) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	$14.68_{f} \pm 1.31$	$14.68_{i} \pm 1.32$	$14.68_{h} \pm 1.17$	$14.68_{g} \pm 0.75$
2^{NS}	$13.22_{ef} \pm 1.28$	$13.89_{hi} \pm 0.73$	$14.11_{gh} \pm 0.50$	$14.43_{g} \pm 0.85$
4^{NS}	$12.53_{cd} \pm 1.07$	$13.20_{ghi} \pm 0.97$	$13.53_{fgh} \pm 0.68$	$14.02_{fg} \pm 0.65$
6	$11.11_{bc}^{A} \pm 0.56$	$12.69_{fgh}^{AB} \pm 1.11$	$13.21_{fg}^{B} \pm 1.10$	$13.78_{efg}^{B} \pm 0.85$
8	$9.25_{b}^{A} \pm 0.95$	$12.25_{fg}^{B} \pm 1.08$	$12.71_{efg}^{B} \pm 0.62$	$13.24_{defg}^{B} \pm 1.25$
10	$7.18_{a}^{A} \pm 1.04$	$11.88_{efg}^{B} \pm 0.58$	$12.32_{ef}^{B} \pm 0.82$	$12.61_{cdef}^{B} \pm 0.88$
12^{NS}	-	$11.36_{ef} \pm 0.93$	$11.74_{de} \pm 0.75$	$12.39_{cde} \pm 1.15$
14^{NS}	-	$10.44_{de} \pm 0.85$	$11.52_{de} \pm 0.71$	$12.09_{cd} \pm 0.89$
16	-	$9.66_{cd}^{A} \pm 0.72$	$10.55_{cd}^{B} \pm 0.74$	$11.88_{cd}^{B} \pm 0.71$
18	-	$8.23_{bc}^{A} \pm 0.33$	$9.46_{bc}^{A} \pm 0.57$	$11.41_{bc}^{B} \pm 0.84$
20	-	$7.33_{ab}^{A} \pm 0.66$	$8.49_{b}^{A} \pm 0.85$	$10.23_{ab}^{B} \pm 0.82$
22	-	$6.11_{a}^{A} \pm 0.54$	$7.13_{a}^{A} \pm 0.57$	$8.79_{a}^{B} \pm 0.44$

ตารางผนวกที่ ก - 7 ค่าแรงเฉือนของเนื้อกุ้งขาว (ปล้องที่ 2) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงเฉือน (g force) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0	16.60_{e}^{A} ± 0.45	16.60_{l}^{B} ± 0.15	16.60_{l}^{B} ± 0.26	16.60_{l}^{B} ± 0.20
2	13.61_{d}^{A} ± 0.44	15.06_{k}^{B} ± 0.27	15.33_{k}^{B} ± 0.31	15.67_{k}^{C} ± 0.23
4	10.36_{c}^{A} ± 0.02	14.43_{j}^{B} ± 0.23	14.65_{j}^{B} ± 0.20	15.22_{j}^{C} ± 0.20
6	9.64_{b}^{A} ± 0.04	13.38_{i}^{B} ± 0.56	13.76_{i}^{B} ± 0.15	14.58_{i}^{C} ± 0.32
8	6.22_{a}^{A} ± 0.04	12.20_{h}^{B} ± 0.38	12.44_{h}^{B} ± 0.29	13.41_{h}^{C} ± 0.20
10	-	11.54_{g}^{A} ± 0.20	11.77_{g}^{AB} ± 0.19	12.19_{g}^{B} ± 0.31
12	-	10.33_{f}^{A} ± 0.24	11.21_{f}^{B} ± 0.31	11.61_{f}^{B} ± 0.27
14	-	9.89_{e}^{A} ± 0.27	10.26_{e}^{A} ± 0.25	11.27_{e}^{B} ± 0.18
16	-	8.18_{d}^{A} ± 0.35	9.33_{d}^{B} ± 0.29	10.71_{d}^{C} ± 0.19
18	-	7.11_{c}^{A} ± 0.25	8.03_{c}^{B} ± 0.17	10.18_{c}^{C} ± 0.28
20	-	5.41_{b}^{A} ± 0.22	6.52_{b}^{B} ± 0.27	9.17_{b}^{C} ± 0.19
22	-	4.04_{a}^{A} ± 0.27	4.88_{a}^{B} ± 0.27	7.85_{a}^{C} ± 0.22

ตารางผนวกที่ ก - 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 22 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0	$4.35_{a}^{A} \pm 0.01$	$4.39_{a}^{A} \pm 0.01$	$4.44_{a}^{B} \pm 0.01$	$4.37_{a}^{A} \pm 0.02$
2	$5.26_{b}^{D} \pm 0.02$	$4.77_{b}^{C} \pm 0.02$	$4.61_{b}^{B} \pm 0.01$	$4.54_{b}^{A} \pm 0.01$
4	$5.69_{c}^{D} \pm 0.02$	$4.93_{c}^{C} \pm 0.04$	$4.86_{c}^{B} \pm 0.02$	$4.71_{c}^{A} \pm 0.01$
6	$6.77_{d}^{D} \pm 0.03$	$5.39_{d}^{B} \pm 0.01$	$5.39_{d}^{B} \pm 0.02$	$5.27_{d}^{A} \pm 0.02$
8	$8.23_{e}^{D} \pm 0.02$	$5.90_{e}^{C} \pm 0.02$	$5.78_{e}^{B} \pm 0.01$	$5.59_{e}^{A} \pm 0.01$
10	$11.89_{f}^{D} \pm 0.02$	$6.44_{f}^{C} \pm 0.02$	$5.96_{f}^{B} \pm 0.02$	$5.70_{f}^{A} \pm 0.01$
12	$12.71_{g}^{D} \pm 0.01$	$6.95_{g}^{C} \pm 0.01$	$6.24_{g}^{B} \pm 0.02$	$5.76_{g}^{A} \pm 0.01$
14		$7.16_{h}^{C} \pm 0.01$	$6.68_{h}^{B} \pm 0.02$	$6.09_{h}^{A} \pm 0.02$
16		$7.22_{i}^{C} \pm 0.03$	$6.89_{i}^{B} \pm 0.01$	$6.23_{i}^{A} \pm 0.01$
18		$7.39_{j}^{C} \pm 0.02$	$7.19_{j}^{B} \pm 0.02$	$6.57_{j}^{A} \pm 0.02$
20		$7.68_{k}^{C} \pm 0.02$	$7.35_{k}^{B} \pm 0.01$	$6.80_{k}^{A} \pm 0.01$
22		$7.82_{l}^{C} \pm 0.02$	$7.66_{l}^{B} \pm 0.01$	$7.14_{l}^{A} \pm 0.01$

ตารางผนวกที่ ก - 9 คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏ (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00
2	7.35_{b}^{B} ±0.59	8.25_{b}^{A} ±0.44	8.35_{b}^{A} ±0.49	8.35_{b}^{A} ±0.49
4	5.85_{c}^{B} ±0.37	7.65_{c}^{A} ±0.49	7.85_{c}^{A} ±0.37	7.85_{c}^{A} ±0.37
6	5.05_{d}^{C} ±0.22	6.55_{d}^{B} ±0.51	6.85_{d}^{A} ±0.37	6.95_{d}^{A} ±0.22
8	3.10_{e}^{D} ±0.31	5.65_{e}^{C} ±0.49	6.15_{e}^{B} ±0.37	6.45_{e}^{A} ±0.51
10		4.95_{f}^{C} ±0.22	5.45_{f}^{B} ±0.51	5.90_{f}^{A} ±0.31
12		3.75_{g}^{C} ±0.44	4.85_{g}^{B} ±0.37	5.35_{g}^{A} ±0.49
14		2.50_{h}^{C} ±0.51	3.55_{h}^{B} ±0.51	4.25_{h}^{A} ±0.44
16		1.15_{i}^{C} ±0.37	1.85_{i}^{B} ±0.37	2.15_{i}^{A} ±0.37

ตารางผนวกที่ ก - 10 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับกลิ่น (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00
2	7.05_{b}^{B} ±0.22	8.10_{b}^{A} ±0.31	8.25_{b}^{A} ±0.44	8.30_{b}^{A} ±0.47
4	5.45_{c}^{B} ±0.51	7.25_{c}^{A} ±0.44	7.40_{c}^{A} ±0.50	7.55_{c}^{A} ±0.51
6	4.35_{d}^{C} ±0.49	6.25_{d}^{B} ±0.44	6.50_{d}^{AB} ±0.51	6.70_{d}^{A} ±0.47
8	2.15_{e}^{D} ±0.37	5.10_{e}^{C} ±0.31	5.95_{e}^{B} ±0.22	6.20_{e}^{A} ±0.41
10		4.40_{f}^{C} ±0.50	5.25_{f}^{B} ±0.44	5.65_{f}^{A} ±0.49
12		3.35_{g}^{C} ±0.49	4.25_{g}^{B} ±0.44	5.15_{g}^{A} ±0.37
14		2.10_{h}^{C} ±0.31	3.25_{h}^{B} ±0.44	4.00_{h}^{A} ±0.00
16		1.00_{i}^{C} ±0.00	2.15_{i}^{B} ±0.37	2.85_{i}^{A} ±0.37

ตารางผนวกที่ ก - 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับรสชาติ (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00	9.00_{a} ± 0.00
2	7.25_{b}^{B} ±0.44	8.25_{b}^{A} ±0.44	8.30_{b}^{A} ±0.47	8.35_{b}^{A} ±0.49
4	5.55_{c}^{C} ±0.51	7.30_{c}^{B} ±0.47	7.55_{c}^{AB} ±0.51	7.65_{c}^{A} ±0.49
6	4.55_{d}^{C} ±0.51	6.45_{d}^{B} ±0.51	6.65_{d}^{AB} ±0.49	6.85_{d}^{A} ±0.37
8	2.65_{e}^{C} ±0.49	5.25_{e}^{B} ±0.44	6.15_{e}^{A} ±0.37	6.35_{e}^{A} ±0.49
10		4.60_{f}^{B} ±0.50	5.40_{f}^{A} ±0.50	5.70_{f}^{A} ±0.47
12		3.45_{g}^{C} ±0.51	4.35_{g}^{B} ±0.59	5.30_{g}^{A} ±0.47
14		2.25_{h}^{C} ±0.44	3.35_{h}^{B} ±0.49	4.25_{h}^{A} ±0.44
16		1.20_{i}^{C} ±0.41	2.25_{i}^{B} ±0.44	2.95_{i}^{A} ±0.22

ตารางผนวกที่ ก - 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัส (คะแนน) ± SD			
	ชุดการทดลอง			
	ICC	ITM 01	ITM 02	ITM 03
0^{NS}	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$
2	$7.10_{b}^{B} \pm 0.45$	$8.15_{b}^{A} \pm 0.37$	$8.25_{b}^{A} \pm 0.44$	$8.30_{b}^{A} \pm 0.47$
4	$5.40_{c}^{C} \pm 0.50$	$7.25_{c}^{B} \pm 0.44$	$7.45_{c}^{AB} \pm 0.51$	$7.60_{c}^{A} \pm 0.50$
6	$4.35_{d}^{C} \pm 0.49$	$6.35_{d}^{B} \pm 0.49$	$6.60_{d}^{AB} \pm 0.50$	$6.80_{d}^{A} \pm 0.41$
8	$2.45_{e}^{C} \pm 0.51$	$5.20_{e}^{B} \pm 0.41$	$6.10_{e}^{A} \pm 0.31$	$6.25_{e}^{A} \pm 0.44$
10		$4.55_{f}^{B} \pm 0.51$	$5.35_{f}^{A} \pm 0.49$	$5.65_{f}^{A} \pm 0.49$
12		$3.45_{g}^{C} \pm 0.51$	$4.30_{g}^{B} \pm 0.47$	$5.25_{g}^{A} \pm 0.44$
14		$2.20_{h}^{C} \pm 0.41$	$3.30_{h}^{B} \pm 0.47$	$4.15_{h}^{A} \pm 0.37$
16		$1.15_{i}^{C} \pm 0.37$	$2.20_{i}^{B} \pm 0.41$	$2.90_{i}^{A} \pm 0.31$

หมายเหตุ:

ICC	กุ้งขาวสดทั้งตัวแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ (ชุดการทดลองควบคุม)
ITM 01	กุ้งขาวสดทั้งตัวแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.01%
ITM 02	กุ้งขาวสดทั้งตัวแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.02%
ITM 03	กุ้งขาวสดทั้งตัวแช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.03%
a, b, c,...	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
A, B, C,...	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
NS	มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)