



ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพทางกายภาพ
และจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือก

Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Physical and
Microbiological Properties of Shucked Fresh Oyster

สวามินี อีระวุฒิ^{1*} รัตนาภรณ์ พิมพ์แน่น¹ และ โสภาวดี เมืองฮาม¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพทางกายภาพและจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือก (*Saccostrea cucullata*) ที่แช่ในสารละลายผสม (โพแทสเซียมซอร์เบต 3 % และโซเดียมแล็กเตต 2.5 %) และปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุที่มีอัตราส่วนก๊าซแตกต่างกัน 5 สภาวะ ดังนี้ T1 (40%CO₂:20%O₂:40%N₂), T2 (40%CO₂:30%O₂:30%N₂), T3 (60%CO₂:20%O₂:20%N₂), T4 (60%CO₂:40%O₂), และ T5 (บรรยากาศปกติ) ร่วมกับการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4±1 °C ผลการศึกษาพบว่า หอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะ T3 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางจุลชีววิทยาน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน log 6 cfu/g) T4 T2 และ T1 มีอายุการเก็บรักษา 9 7 และ 6 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะ T5 ที่เป็นชุดควบคุม มีอายุการเก็บรักษาเพียง 5 วัน

¹ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

*Corresponding Author, E-mail: sawamin@buu.ac.th

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate effect of modified atmosphere packaging on the physical and microbiological properties of shucked fresh oyster (*Saccostrea cucullata*) in mixed solution (3% potassium sorbate and 2.5% sodium lactate). The shucked fresh oysters were packed in five different treatment conditions (T1 – T5) which T1 (40%CO₂:20%O₂:40%N₂), T2 (40%CO₂:30%O₂:30%N₂), T3 (60%CO₂:20%O₂:20%N₂), T4 (60%CO₂:40%O₂) and T5 (atmospheric air), respectively and stored at 4±1 °C. The results showed that the shucked fresh oysters which were packed under T3 condition had the lowest changes refer the criteria of physical and microbiological properties. The shucked fresh oyster packed in T3 had shelf-life of storage for 10 days (total plate count not exceeded log 6 cfu/g). The shucked fresh oyster packed in T4, T2 and T1 were 9, 7 and 6 days, respectively compared with shucked fresh oyster kept in T5 (atmospheric air) which had the shortest shelf-life only 5 days.

คำสำคัญ : หอยนางรมสด คุณภาพ การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ

Keywords: Fresh oyster, Quality, Modified atmosphere packaging

บทนำ

หอยนางรมเป็นหอยสองฝาที่พบทั่วไปในทะเลบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย โดยพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงในภาคตะวันออกเป็นหอยนางรมพันธุ์เล็กหรือหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) นิยมบริโภคสดโดยไม่ผ่านการให้ความร้อนทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากหอยนางรมกินอาหารโดยการกรองเอาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่าง ๆ และตะกอนดินจากน้ำบริเวณที่หอยอาศัยอยู่ จึงเกิดการสะสมจุลินทรีย์ไว้ในระบบย่อยอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น Coliform, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. (Potasman et al., 2002) ซึ่งการสะสมจุลินทรีย์ดังกล่าวทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค หอยนางรมดิบได้ ประกอบกับลักษณะการจำหน่ายหอยนางรมสดแกะเปลือกโดยทั่วไปที่มีการแกะเนื้อ

หอยเพื่อบรรจุถุงและเติมน้ำ แล้วรอการจำหน่ายนั้น ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม จึงเปิดโอกาสให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาก่อนหรือระหว่างกระบวนการแกะเนื้อหอยเจริญได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวหอยนางรมยังทำให้เกิดการเน่าเสียมากยิ่งขึ้น (สวามิณีและคณะ, 2557)

ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความปลอดภัยในการบริโภคหอยนางรมสด และยืดอายุการเก็บหอยนางรมสดให้ได้นานยิ่งขึ้น จึงเป็นแนวคิดของการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging หรือ MAP) ซึ่งเป็นการปรับอัตราส่วนของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ให้แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุเข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์ มีผลไปชะลอการเจริญในระยะ log phase ของจุลินทรีย์ (Silva et al., 1993) ทำให้ชะลอการเน่าเสียได้และเมื่อการเน่าเสียเกิดช้าลง

การสลายตัวของกรดอะมิโน glycine และ arginine ซึ่งให้รสชาติความหวานของสัตว์น้ำถูกชะลอออกไป อีกทั้งคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน เช่นความสามารถในการอุ้มน้ำ ยังคงมีอยู่ ดังนั้นเนื้อสัตว์น้ำยังคงยืดหยุ่น ไม่นิ่มและทำให้ผู้บริโภคยังยอมรับได้ (McMillin, 2008)

การศึกษาหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพบรรยากาศช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำได้ เช่น นิซันท์ เรียร์พัฒนาวงค์และคณะ(2551) ที่พบว่า หอยแครง (*Anadara granosa*) ที่เก็บรักษาภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ 3 เท่า Gong and Youling (2008) พบว่า สามารถใช้การปรับสภาพบรรยากาศในการยืดอายุการเก็บรักษากุ้งก้ามแดง (*Cherax quadricarinatus*) เช่นเดียวกับ Gornika et al. (2013) พบว่า Norway lobster มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นเมื่อบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศ ส่วน Özogul et al. (2004) พบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) ที่เก็บรักษาแบบปรับสภาพบรรยากาศเกิดขึ้นน้อยกว่าการเก็บในบรรยากาศปกติ

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางเคมีของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ยังไม่มีงานวิจัยที่ชัดเจน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ เพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสด และทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภคที่นิยมรับประทานหอยนางรมสดด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

ซื้อหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สดทั้งเปลือก (20 ตัว/กก.) ในเดือน

มีนาคม พ.ศ.2554 จากฟาร์มที่ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี โดยการบรรจุกระสอบแล้วพรมน้ำ และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการภาควิชาวาริชศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา ภายใน 20 นาที ล้างให้สะอาด แกะเอาแต่เนื้อหอยโดยใส่ถุงมือและล้างเครื่องมือที่ใช้ในการแกะให้สะอาด เนื้อหอยต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด และแช่น้ำเย็นที่มีน้ำแข็งไว้จนกว่าจะแกะเสร็จ เพื่อป้องกันเน่าเสีย

2. การเตรียมสารละลายผสมสำหรับแช่หอย

นำโพแทสเซียมซอร์เบตและโซเดียมแล็กเตต (food grade) มาละลายในน้ำเย็นจนได้สารละลายผสมที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมซอร์เบต 3% และโซเดียมแล็กเตต 2.5% เนื่องจากสารละลายดังกล่าวช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมปากจีบสดแกะเปลือกได้ดีที่สุด (สวามินีและคณะ, 2557)

3. การปรับสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือก

นำเนื้อหอยนางรมสด 220 กรัม บรรจุในถุง PVDC/ PA/ CPP (ขนาด 180×30×250 มม.) และเติมสารละลายผสมในอัตราส่วน 2:1 (เนื้อหอย:สารละลายผสม) (สวามินีและคณะ, 2557) นำมาบรรจุภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศที่แตกต่างกัน 5 สภาวะ ดังนี้ T1 (40%CO₂:20%O₂:40%N₂), T2 (40%CO₂:30%O₂:30%N₂), T3 (60%CO₂:20%O₂:20%N₂), T4 (60%CO₂:40%O₂) และ T5 (บรรยากาศปกติ) แบบปิดสนิทด้วยเครื่องบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Multivac, ModelA 300/16. Germany) ควบคุมระยะเวลาการเตรียมตัวอย่างจนถึงการบรรจุในสภาพปรับบรรยากาศไม่เกิน 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4±1 °C นำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ คือ

3.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L* a* และ b*) (Spectrophotometer Minolta CM - 3500d, Japan) และค่าแรงเหวี่ยง (Hounsfield's

Universal Testing Machine, china) โดยวัดค่าสี บริเวณผิวตรงกลางลำตัวส่วนที่มีความหนามากที่สุดของเนื้อหอย และวัดที่ละตัวจนครบ 6 ตัว วิเคราะห์ทุก วัน เป็นเวลา 12 วัน และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2. คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียตามวิธีของ AOAC (1994), *S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*, *V. cholera*, *C. perfringens* และ *B. cereus* ตามวิธีของ FDA (2001) วิเคราะห์ทุก 2 วัน นาน 12 วัน และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

1.1 ค่าสี

- ค่า L^* ที่แสดงความสว่างของสี (L^*) มีค่า 0-100 ค่า L^* มากแสดงว่าสีสว่างมากเมื่อ L^* เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ ผลการทดลองพบว่า หอยนางรมที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T1 T2 T3 และ T4 มีค่า L^* ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และมีค่า L^* สูงกว่าหอยนางรมที่บรรจุ T5 ($p \leq 0.05$, รูปที่ 1a) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา T3 มีความสว่างมากที่สุด โดยมีค่า L^* เป็น 61.21 รองลงมาเป็น T2 T4 T1 และ T5 ซึ่งมีค่า L^* เป็น 59.21 58.87 58.34 และ 58.16 ตามลำดับ

- ค่า a^* ที่แสดงระดับสีแดง-เขียว (a^*) เมื่อค่า a^* มีค่าบวกจะแสดงลักษณะสีแดง และเมื่อค่าเป็นลบจะแสดงลักษณะสีเขียว โดยเมื่อค่าห่างจาก 0 มากแสดงถึงค่าสีแดงหรือเขียวมากขึ้น ผลการทดลองพบว่า หอยนางรมที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T1 T2 T3 และ T4 มีค่า a^* ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และค่า a^* สูงกว่าหอยนางรมที่บรรจุแบบ T5 ($p \leq 0.05$, รูปที่ 1b) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา T3 มีค่า a^* มาก

ที่สุด เป็น 2.98 รองลงมาเป็น T4 T2 T1 และ T5 ซึ่งมีค่า L^* เป็น 2.03 1.86 1.82 และ 1.58 ตามลำดับ

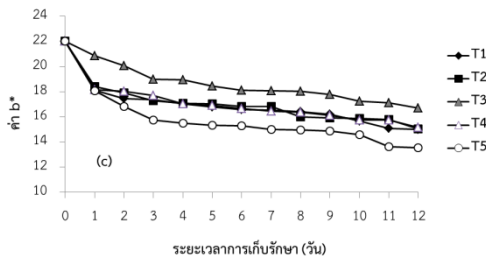
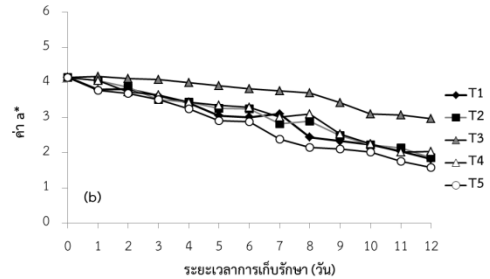
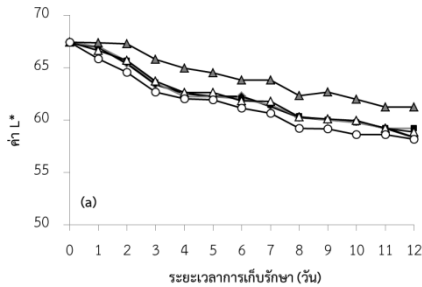
- ค่า b^* ที่แสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) เมื่อค่า b^* มีค่าบวกจะแสดงลักษณะสีเหลือง และเมื่อค่าเป็นลบจะแสดงลักษณะสีน้ำเงิน โดยเมื่อค่าห่างจาก 0 มากแสดงถึงค่าสีเหลืองหรือน้ำเงินมากขึ้น ผลการทดลอง พบว่า หอยนางรมที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T1 T2 T3 และ T4 มีค่า b^* ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และค่า b^* สูงกว่าหอยนางรมที่บรรจุแบบ T5 ($p \leq 0.05$, รูปที่ 1c) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา T3 มีค่า b^* มากที่สุด 16.70 รองลงมาคือ T4 T2 T1 และ T5 ซึ่งมีค่า L^* เป็น 15.16 15.04 15.01 และ 13.55 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาภาพรวมของค่าสี จะเห็นได้ว่าหอยนางรมที่บรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ T5 นั้นมีสีคล้ำลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากแรงควัดดูให้สีในเนื้อหอยที่ชื่อว่า ฮีโมไซยานิน ซึ่งเป็นการจับกันระหว่างฮีโมโกลบิน ทองแดงและโปรตีน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจน ทั้งแบบที่เกิดจากเอนไซม์และไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ ทำให้เนื้อหอยมีสีคล้ำลง (เนตรนรินทร์, 2546) โดยทั่วไปสัตว์น้ำที่สดเนื้อจะใส แต่หากเน่าเสียแล้วเนื้อจะขุ่น การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อปลาโดยส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบคาร์โรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งมีในผิวหนังและสีของเนื้อปลาอาจเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือเทาส่วนกล้ามเนื้อสีแดง (red muscle) จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (เนตรนรินทร์, 2546)

การบรรจุหอยนางรมแบบปรับสภาพบรรยากาศ T1 T2 T3 และ T4 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสีได้ดีกว่า T5 (บรรยากาศปกติ) สอดคล้องกับผลการศึกษาของวิชชญา (2548) พบว่า หอย เป๋า อื้อ ที่ ป ร ับ ส ภ า พ บ ร ร ย า ก า ศ 60%CO₂:20%O₂:20%N₂ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลง

ค่า a^* และ b^* ได้ดีกว่าการบรรจุที่สภาพบรรยากาศปกติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lannelongue et al. (1982) พบว่า การเก็บปลากระโทงแทงโดยการปรับ

สภาพบรรยากาศ 70%CO₂:30%O₂ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้



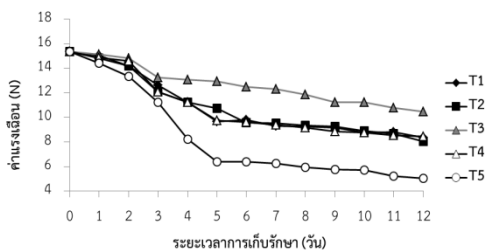
รูปที่ 1 ค่าสีในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 °C เป็นเวลา 12 วัน

หมายเหตุ: T1 คือ 40%CO₂:20%O₂:40%N₂, T2 คือ 40%CO₂:30%O₂:30%N₂, T3 คือ 60%CO₂:20%O₂:20%N₂, T4 คือ 60%CO₂:40%O₂ และ T5 คือ สภาพบรรยากาศปกติ

1.2 ค่าแรงเฉือน

หอยนางรมในทุกสภาวะ T1-T5 มีค่าแรงเฉือนลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (p<0.05, รูปที่ 2) ซึ่งแสดงถึงเนื้อสัมผัสที่นุ่มและลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเมื่อเริ่มเกิดการเน่าเสีย กล้ามเนื้อหอยเกิดการย่อยสลายตัวเอง (autolysis)

จากเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในตัวหอย รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ (bacteria spoilage) ทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อเกิดการสูญเสียสภาพ กล้ามเนื้อจึงอ่อนตัวลง (คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 2549) ทำให้ค่าแรงเฉือนที่วัดได้มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น



รูปที่ 2 ค่าแรงเฉือนในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C เป็นเวลา 12 วัน

หมายเหตุ: T1 คือ 40%CO₂:20%O₂:40%N₂, T2 คือ 40%CO₂:30%O₂:30%N₂, T3 คือ 60%CO₂:20%O₂:20%N₂, T4 คือ 60%CO₂:40%O₂ และ T5 คือ สภาพบรรยากาศปกติ

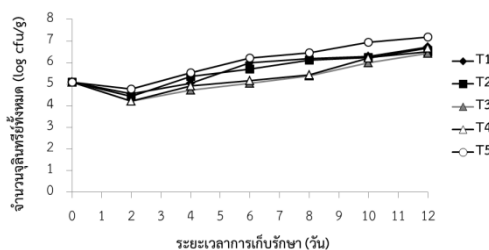
การบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสได้ โดยค่าแรงเฉือนของ T1 T2 T3 และ T4 สูงกว่า T5 (บรรยากาศปกติ) วันสุดท้ายของการเก็บรักษา T3 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด 10.48 รองลงมา คือ T4 T1 T2 และ T5 ซึ่งมีค่าแรงเฉือนเป็น 8.47 8.38 8.06 และ 5.06 ตามลำดับ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแล็กติก ซึ่งโดยปกติแล้วจุลินทรีย์กลุ่มนี้หากมีการเจริญมากขึ้นจะยังมีการสร้างกรดแล็กติก ส่งผลทำให้โปรตีนจับกับน้ำได้น้อยลง เมื่อมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำและมีน้ำเยิ้มออกมา เส้นใยกล้ามเนื้ออยู่กันอย่างหลวมๆ เป็นสาเหตุทำให้เนื้อนิ่มและอ่อนตัว (McMillin, 2008)

เมื่อพิจารณาจากค่าแรงเฉือนจะเห็นได้ว่า T3 ดีที่สุดเพราะมีค่าแรงเฉือนสูงกว่าการปรับสภาวะบรรยากาศแบบอื่นตลอด 12 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Torrieri et al., (2006) พบว่า การเก็บรักษา gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*) แบบปรับสภาวะบรรยากาศ 50%CO₂:30%O₂:20%N₂ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสได้ และวิชชญา (2548) พบว่า การเก็บรักษาหอยเป่าฮื้อโดยการปรับสภาวะบรรยากาศไม่ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป่าฮื้อเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นที่พบในหอยนางรมคือ log 5.09 cfu/g (รูปที่ 3) และหอยนางรมสดในทุกสภาวะมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามการปรับสภาวะบรรยากาศทุกสภาวะและนำไปแช่เย็นอุณหภูมิต่ำ 4 °C ช่วยชะลอการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ได้ เห็นได้จากจำนวนจุลินทรีย์ค่อนข้างคงที่ใน 2 วันแรกของการเก็บรักษา (log 4.22–5.19 cfu/g) เนื่องจากการใช้อุณหภูมิต่ำมีผลไปชะลอขบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเซลล์ของหอยนางรมและจุลินทรีย์ (วิชชญา, 2548) อีกทั้งยังมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในขบวนการย่อยสลายตัวเอง ทำให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนให้เป็นโครงสร้างเล็ก ๆ ได้ช้าลง ดังนั้นจุลินทรีย์จึงไม่สามารถนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ในการเจริญ (ดวงพร, 2545) ทำให้ชะลอการเน่าเสียได้ในช่วงต้นของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษา จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจเนื่องจากจุลินทรีย์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะบรรยากาศภายในได้ดีขึ้น ประกอบกับได้รับสารอาหารที่เป็นผลมาจากการสลายตัวของโครงสร้างในเนื้อหอยที่เกิดจากการย่อยสลายตัวเองเพิ่มมากขึ้นทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้น



รูปที่ 3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่บรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C เป็นเวลา 12 วัน

หมายเหตุ: T1 คือ 40%CO₂:20%O₂:40%N₂, T2 คือ 40%CO₂:30%O₂:30%N₂, T3 คือ 60%CO₂:20%O₂:20%N₂, T4 คือ 60%CO₂:40%O₂ และ T5 คือ สภาวะบรรยากาศปกติ

ผลการทดลองยังพบว่า T1 T2 T3 และ T4 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า T5 ($p < 0.05$) ตลอดเวลาการเก็บรักษา 12 วัน คาดว่าเป็นผลจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพบรรยากาศไปชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง log phase หรือระยะพักให้ยวออกไปและลดอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ (Silva et al., 1993) สอดคล้องกับ Özogul et al. (2004) ที่พบว่า ปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) ที่เก็บในบรรยากาศปกติมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตลอดเวลาที่เก็บรักษา และมีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่าการเก็บในสภาวะการปรับสภาพบรรยากาศ

หากใช้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ \log_6 cfu/g เป็นเกณฑ์ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาสำหรับหอยนางรมเพื่อการบริโภคสด (Gram and Dalgaard, 2002) พบว่า หอยนางรมสดที่ปรับสภาพบรรยากาศแบบ T3 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 10 วัน รองลงมาได้แก่ T4 มีอายุการเก็บรักษา 9 วัน T2 มีอายุการเก็บรักษา 7 วัน T1 มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน และการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ T5 มีอายุการเก็บรักษา 5 วัน

2.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียเริ่มต้นในหอยนางรมสดคือ \log_6 1.16 cfu/g พบว่า หอยนางรมสดในทุกสภาวะการปรับสภาพบรรยากาศ ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในวันที่ 2-6 ของการเก็บรักษา เนื่องจากจุลินทรีย์อยู่ในช่วงการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม แต่หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่า จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถปรับตัวให้เข้าสภาวะแวดล้อมที่เข้าไปอาศัยอยู่ได้แล้ว ทำให้ตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในวันที่ 8-12 ของการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นหอยนางรมที่บรรจุในสภาวะ T3 ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้มีการใส่สารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 2.5% และโพแทสเซียมซอร์เบต 3% ในภาชนะบรรจุด้วย ซึ่งสารละลายผสมนี้มีคุณสมบัติเป็นกรดจึงมีผลไปทำลายโครงสร้างของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบที่ผนังเซลล์เป็นโครงสร้างของไขมันที่ถูกทำลายได้ง่าย (สวามีและคณะ, 2557)

หอยนางรมที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ T1 T2 T3 และ T4 มีโคลิฟอร์มแบคทีเรีน้อยกว่าหอยนางรมที่บรรจุในบรรยากาศปกติ T5 เนื่องจากปริมาณก๊าซออกซิเจนที่น้อยลงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น มีผลชะลอการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ สอดคล้องกับ Fernandez et al. (2009) ที่พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 75% ในภาชนะบรรจุสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาปลาแซลมอน (*Salmo salar*) ให้นานขึ้นได้

โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและถูกขับถ่ายออกมากับอุจจาระแล้วปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของอุจจาระในแหล่งน้ำและอาหาร โดยเป็นสาเหตุของโรคทางเดินปัสสาวะอักเสบและโรคในระบบทางเดินอาหาร (บัญญัติและคณะ, 2551; Codex and FDA (1998) จึงกำหนดว่า อาหารทะเลที่บริโภคสดต้องไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มากกว่า \log_6 2 cfu/g และในการทดลองนี้พบว่า หอยนางรมในทุกสภาวะการบรรจุมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่เกินมาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน

2.3 การตรวจ *S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. cholera*, *V. parahaemolyticus*, *B. cereus* และ *C. perfringens*

หอยนางรมสดในทุกสภาวะการปรับสภาพบรรยากาศ และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบ *S. aureus*,

Salmonella spp., *V. cholera*, *V. parahaemolyticus*, *B. cereus* และ *C. perfringens* อาจเนื่องจากระหว่างทำการทดลองไม่มีการใช้มือสัมผัสกับหอยนางรมสดโดยตรงอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาดและการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทั้ง 6 ชนิด (สุมนทนา, 2545; Hintlian and Hotchkiss, 2006)

ตารางที่ 1 จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (log cfu/g)				
	สภาวะการบรรจุ				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
2	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND	3.63
8	2.78	2.85	ND	1.82	3.98
10	2.95	3.23	ND	3.38	4.18
12	3.21	3.56	ND	4.23	4.54

หมายเหตุ: T1 คือ 40%CO₂:20%O₂:40%N₂, T2 คือ 40%CO₂:30%O₂:30%N₂, T3 คือ 60%CO₂:20%O₂:20%N₂, T4 คือ 60%CO₂:40%O₂, T5 คือ สภาวะบรรยากาศปกติ และ ND คือ not detected

จุลินทรีย์ทั้ง 6 ชนิดดังกล่าวเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรค ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคอาหารทะเลแบบสด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2550) ได้กำหนดว่า พบ *V. parahaemolyticus* ได้ไม่เกิน log 2 cfu/g ส่วน *S. aureus* และ *B. cereus* นั้นมีเกณฑ์เท่ากันคือ ต้องน้อยกว่า 100 cfu/g ขณะที่ *Salmonella* spp. และ *V. cholerae* นั้นต้องไม่พบเลยในตัวอย่าง 25 กรัม และต้องไม่พบ *C. perfringens* ในตัวอย่าง 1 กรัม

สรุปผลการวิจัย

หอยนางรมสดแกะเปลือกแช่ในสารละลายผสมและบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ T3 (60%CO₂: 20%O₂:20%N₂) มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพน้อยที่สุดและเมื่อพิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน log 6 cfu/g พบว่า การ

ปรับสภาพบรรยากาศ T 3 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือก โดยสามารถเก็บได้นานถึง 10 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับ T4 T2 และ T1 ที่มีอายุการเก็บ 9 7 และ 6 วัน ตามลำดับ ซึ่งบรรยากาศปกติเก็บได้เพียง 5 วัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2554 และมหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2550). เกณฑ์คุณภาพของจุลินวิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ,แหล่งข้อมูล:http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/food/files/news/news45food/news45_t3.htm. ค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2555.

- คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. (2549). หลักการถนอมเนื้อสัตว์, แหล่งข้อมูล : http://www.nsr.u.ac.th/e-learning/meattech/lesson/less9_5.html. ค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2555.
- ดวงพร คันทโชติ. (2545). นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิพนธ์ เขียวพัฒนวงศ์, พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และมณฑิรา นพรัตน์. (2551). การยืดอายุการเก็บหอยแครง (*Anadara granosa*) ลวกโดยใช้สภาพบรรยากาศดัดแปร. ใน: เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, กรุงเทพฯ: 414-421.
- เนตรนรินทร์ ชุนสูงเนิน. (2546). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาเนื้อแข็งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา: 184 หน้า
- บัญญัติ สุขศรีงาม, กาญจนา หริ่มเพ็ง, นิสา ไกรรักษ์, ปริญญา พาสันต์, ศิริโฉม พุงแก, สุดารัตน์ สอนจิตร, สุภัฒติ นิมรัตน์, สุดสายชล หอมทอง และ อภิรดี ปิลันธนาภาคย์. (2551). รายงานวิจัยสถานการณ์การปนเปื้อนและการพัฒนาเทคนิคในการตรวจวัดจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารทะเลแห้งเพื่อมุ่งสู่การเป็นศูนย์ตรวจจุลินทรีย์และการรับรองมาตรฐานสินค้าอาหารแห้ง. มหาวิทยาลัยบูรพา. 10-127.
- วิชญา นระแก้ว. (2548). การยืดอายุการเก็บหอยเป่าฮื้อ (*Haliotis asinina*) โดยการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: 167 หน้า
- สวามินี ธีระวุฒิ, อัครพล นางแล และ ราตรี คำหอม. (2557). การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมปากจีบสดแกะเปลือกด้วยการแช่สารละลายผสมร่วมกับการแช่เย็น. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (ระหว่างตีพิมพ์)
- สมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). จุลชีววิทยาทางอาหาร. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- AOAC. (1994). AOAC Official Method 991.14 Coliforms and *E. coli* Counts in Foods. Day Rehydratable Film (Petrifilm TM *E. coli* Coliform Count Plate TM and Petrifilm TM Coliform Count Plate TM) Methods. J. AOAC. 74: 635.
- Codex and FDA. (1998). Microbiological quality of seafood. From: <http://www.codexalimentarius.net>. Retrieved September 8, 2013
- FDA. (2001). Bacteriological analytical manual(BAM). From: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default>. Retrieved September 8, 2013.
- Fernandez, K., Aspe, E. and Roeckel, M. (2009). Shelf-life extension on fillets of salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging. J. Food Control. 20(11): 1036-1042.
- Gong, C. and Youling, L.X. (2008). Shelf-stability enhancement of precooked red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) tails by modified CO₂/O₂/N₂ gas packaging. J. LWT - Food Sci and Tech. 41(8): 1431-1436.
- Gornika, S.G., Albalata, A., Theethakaewb, C. and Neila, D.M. (2013). Shelf life extension of whole Norway lobster *Nephrops norvegicus* using modified atmosphere packaging. Int. J. Food Micro. 167(3): 369-377.
- Gram, L. and Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria - problems and solutions. J. Biotech. 13: 262-266.
- Hintlian, C.B. and Hotchkiss, J.H. (2006). The safety of modified atmosphere packaging: a review. Food Tech. 34(12): 55-63.
- Lannelongue, M., Finne, G., Hanna, M.O., Nickelson, R. and Vanderzant, G. (1982). Microbiological and chemical changes during storage of

- swordfish (*Xiphias gladius*) steak in retail packages containing CO₂ - enriched atmospheres. *J. Food Protection*. 45(13): 1197-1203.
- McMillin, K.M. (2008). Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science* 80: 43-65.
- Özogul, F., Polat, A. and Özogul, Y. (2004). The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *J. Food Chem.* 85(1): 49-57.
- Potasman, I., Paz, A. and Odeh, M. (2002). Infectious outbreaks associated with bivalve shellfish consumption: A worldwide perspective. *Clinical. Infectious Diseases* 35: 921-928.
- Silva, J.L., Harkness, E. and White, T.D. (1993). Residual effect of CO₂ on bacterial counts and surface ph of channel catfish. *J. Food Protection*. 56 (12): 1051-1053.
- Shengmin, L. (2009). Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *J. LWT - Food Sci and Tech.* 42 (1): 286-291.
- Torrieri, E., Cavella, S., Villani, F. and Masi, P. (2006). Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf-life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). *J. Food Engineering*. 77(4): 1078-1086.

