ชาเขียวและวิตามินซีกับการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุก : คุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยา

Green Tea and Vitamin C Treatment for Retarding Cooked Green Mussel Quality : An Evaluation of Chemical and Microbiological Qualities

สวามินี ธีระวุฒิ[1*] ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน[2] และ รัชดาภรณ์ อาจพงษ์[1]

Savaminee Teerawut[1*], Patiyut Kwanon[2] and Rachadaporn Arjpong[1]

[1] ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

[1]Aquatic Science Department, Faculty of Science, Burapha University

[2]Department of Argo-Industry Product Development, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

Received : 16 February 2016

Accepted : 22 April 2016

Published online : 23 May 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก โดยการศึกษาผลของการเคลือบสารละลายชาเขียว และวิตามินซีร่วมกับการแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุก (TC) เคลือบสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียว (TA) เคลือบสารละลายอัลจิเนตที่มีชาเขียวและวิตามินซีผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี1.25% (T1) สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2) สารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% (T3) และสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% (T4) จากนั้นเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบใน T2 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมี TVB-N และ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบใน T2 ที่เกิดขึ้นช้ากว่าชุดการทดลองอื่นเช่นกัน โดยการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกใน T2 มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา (พิจารณาเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคในอาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g) ขณะที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกใน T1 T3 และ T4 มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาตามลำดับเหมือนกัน ส่วน TA และ TC เก็บได้เพียง 4 วัน

คำสำคัญ : เนื้อหอยแมลงภู่สุก คุณภาพ การเคลือบ ชาเขียว วิตามินซี

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

Abstract

This research aims to slow down the chemical and microbiological qualities of cooked green mussel (*Perna viridis*) by effect of the coating of green tea and vitamin C with chilled on changing for chemical and microbiological quality of cooked green mussel samples were uncoated (TC), coated in alginate solution (TA), coated in alginate solution contain green tea and vitamin C mixture in concentrations varying 4 levels as follow; alginate–based coating incorporating 2.5% green tea and 1.25% vitamin C (T1), 2.5% green tea and 2.5% vitamin C (T2), 1.25% green tea and 2.5% vitamin C (T3), 0.625% green tea and 2.5% vitamin C (T4) (v/v) at 4$\pm$1 $^{\circ}$C. It was found that in chemical qualities of T2 samples was the lowest changes ($p \leq 0.05$), which TVB-N and TMA-N values were lower than other treatments. As well as the microbiological quality of cooked green mussel, coated in T2 was more slowly than other treatments as well. It also was found that the total plate counts of T2 samples were higher than the standard number of microorganisms on day 10 of storage (Consider the safety of consuming cooked seafood to total plate count less than 6.0 log CFU / g.). While T1, T3 and T4 samples were higher than standard on day 6 storage as TA and TC samples were higher than standard on day 4 storage.

Keywords : cooked green mussel, quality , coating, green tea, vitamin C

บทนำ

สัตว์น้ำเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สำคัญชนิดหนึ่งคือหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) โดยในปี 2556 สามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 834.3 ล้านบาท จากปริมาณการผลิต 245,273 ตัน โดยมีการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ตามชายฝั่งทางภาคตะวันออกกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งหอยแมลงภู่ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงด้วย อย่างไรก็ตาม การจำหน่ายหอยแมลงภู่เพื่อการบริโภคภายในประเทศยังมีข้อจำกัด เนื่องจากหอยมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์เนื่องจากเป็นสัตว์ที่กินอาหารแบบกรองกิน หากเลี้ยงหอยใกล้แหล่งชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรมก็จะพบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคปนเปื้อนในเนื้อหอยได้ง่าย โดยเฉพาะเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร ได้แก่ Coliform, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. (Sangjindavong, 2005) นอกจากนั้นรสชาติและเนื้อสัมผัสยังเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา (Gray and Pearson, 1994) เพื่อเป็นการลดปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวจึงมีการนำหอยแมลงภู่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่วิธีการแปรรูปที่ทำได้ง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ คือ การแปรรูปเป็นหอยแมลงภู่ต้ม โดยนำหอยสดทั้งเปลือกไปต้ม แกะเนื้อออกจากเปลือกและนำเนื้อหอยไปลวกอีกครั้งก่อนนำไปผึ่งลมบนตาข่ายให้แห้งพอหมาด ๆ ก่อนบรรจุลงถุงพลาสติก เพื่อรอการจำหน่าย ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 3-4 วันเท่านั้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความปลอดภัยในการบริโภคหอยแมลงภู่ และไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น การใช้ชาเขียวและวิตามินซีมาเคลือบบนเนื้อหอยแมลงภู่จึงมีความเป็นได้เนื่องจากสารทั้งสองชนิดเป็นสารสกัดจากธรรมชาติและชาเขียวมีสารประกอบฟีนอลชนิดต่างๆ เช่น คาเทชินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มากนั้น สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งทั้งสองสาเหตุนั้น

ก่อให้เกิดการเน่าเสียในเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้ ขณะที่วิตามินซีสามารถถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน ได้เป็น Dehydroascorbic acid และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้ปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ของการเกิดออกซิเดชั่นที่จะเกิดขึ้นหยุดชะงักลง และยังยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีอีกด้วย (Pornchaloempong & Rattnapanone, 2010a; Hou *et al*., 2005) ประกอบกับงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าทั้งชาเขียวและวิตามินซีมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำได้ เช่น การจุ่มปลา Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) สดในสารละลายชา (Fan *et al*., 2008) การใช้สารสกัดจากชาเขียวในการเคลือบกุ้งขาว (*Litopenaeus setiferus*) สดแช่แข็งด้วยสารไครโอเจน (Sundararajan *et al*., 2011) รวมทั้งหอยแมลงภู่สด (*Mytilus edulis*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งโดยใช้กรดแอสคอร์บิกช่วยในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันซึ่งสามารถเก็บรักษาหอยแมลงภู่ได้นานมากขึ้น (Khan *et al*., 2006) และการนำเนื้อปลาช่อนทะเล (*Rachycentron canadum*) สดแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก (Taheri *et al*., 2012) ที่ช่วยรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ประกอบกับการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นยังเป็นการชะลอการเสื่อมเสียได้อีกทางหนึ่ง จากพื้นฐานความรู้ดังกล่าว ดังนั้นการนำชาเขียวและวิตามินซีและการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นมาใช้ร่วมกันจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง: ซื้อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) (28-30 ตัว/กก.) ที่เลี้ยงแบบพวงอุบะแขวนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 จากฟาร์มที่ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี โดยการบรรจุกระสอบแล้วพรมน้ำและขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ภายใน 20 นาที) มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที แล้วแกะเอาแต่เนื้อหอยด้วยอุปกรณ์ที่ปลอดเชื้อ และเนื้อหอยต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด ก่อนนำตัวอย่างไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบเนื้อหอย: นำชาเขียว (Shaoxing Royal Tea Village Co., Ltd., China) และวิตามินซี (Changsha Winner Bio - Tech Co. Ltd., China) ชนิด Food grade มาละลายในสารละลายอัลจิเนต 0.002 % ตามระดับความเข้มข้นที่ต้องการใช้ และนำสารละลายที่ได้ไปแช่เย็นอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

3. ศึกษาผลของสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซีที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุก: เคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ผสมชาเขียวและวิตามินซีในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 4 ระดับ ดังนี้ ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% (T1), ชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% (T2), ชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% (T3), ชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5% (T4) เปรียบเทียบกับเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% เพียงอย่างเดียว (TA) และเนื้อหอยแมลงภู่สุกไม่เคลือบสารละลาย (TC) (อุณหภูมิสารละลาย 4±1 องศาเซลเซียส) และน้ำหนักเนื้อหอย: สารละลาย คือ 1:2 (w/v)) ระยะเวลาในการเคลือบนาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารละลายอัลจิเนต 1 นาที แล้วเคลือบด้วยสารละลาย 0.002% $CaCl_2$ นาน 1 นาที จากนั้นบรรจุเนื้อหอยลงถุงขนาด 5×8 นิ้ว ถุงละ 25 ตัว (น้ำหนักเนื้อหอย 150 กรัม) แล้วปิดปากถุงให้สนิทและเก็บรักษาในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) แล้วนำเนื้อหอยมาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ

3.1 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen: TVB-N) และปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) (Hasegawa, 1987) ค่าความเป็นกรดด่าง (AOAC, 2000) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) โดยวิเคราะห์ทุก 2 วัน เป็นเวลา 18 วัน และทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

3.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (AOAC, 1994) และจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Escherichia coli*/ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (AOAC, 1994) *Vibrio cholera* และ *Salmonella* spp. (Department of Fisheries, 2006) และ *Staphylococcus aureus* (AOAC, 2003) โดยวิเคราะห์ทุก 2 วัน นาน 18 วัน และวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (พิจารณาคุณภาพทาง จุลชีววิทยาที่ใช้เปรียบเทียบในการกำหนดอายุการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก ที่การพบจำนวนจุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่ง เกินค่ามาตรฐานของ Department of Medical Science, 2007)

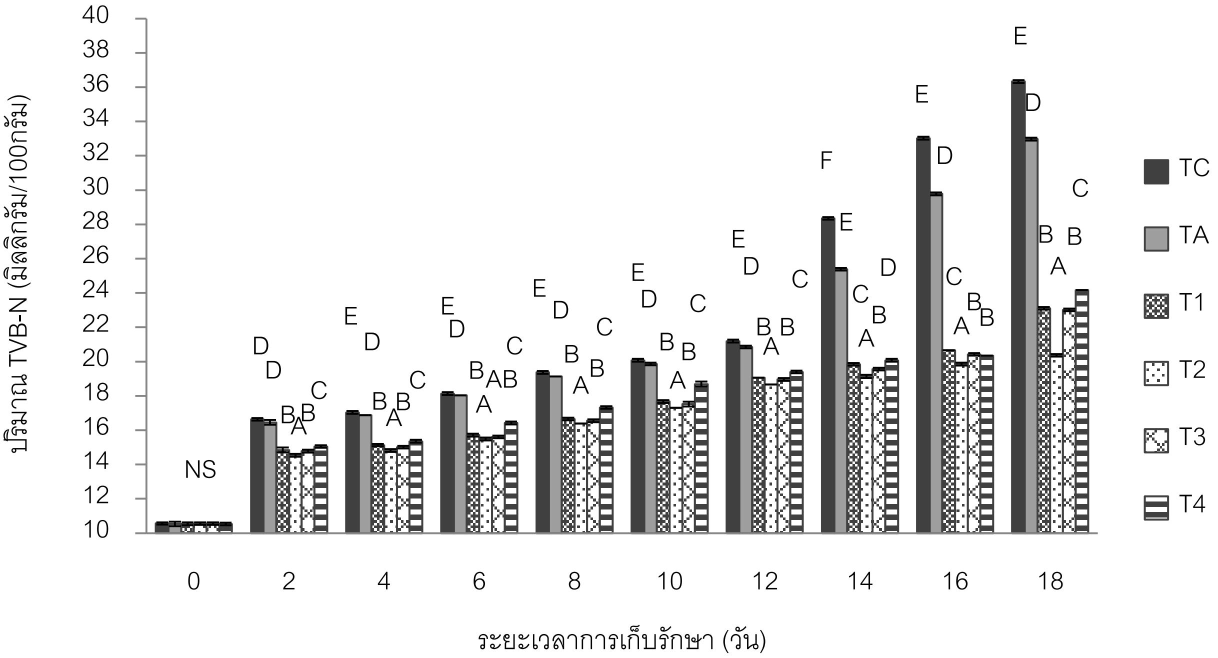
4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ: การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางจุลินทรีย์ออกแบบการทดลองแบบ CRD พร้อมทั้งวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เมื่อพบว่าความแตกต่างโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple’s Range Test โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

1.1 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N): ค่า TVB-N สามารถใช้ติดตามการเน่าเสียในสัตว์น้ำได้ เนื่องจากเมื่อหอยเกิดการเน่าเสียจะเกิดกระบวนการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) โดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวหอยรวมกับการเน่าเสียที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม TVB-N ชนิดต่างๆ ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย (Wongjinda, 2004; Teerawut, 2010) ผลการทดลองพบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุก มีค่าระหว่าง 10.53 – 10.56 มก./ 100 ก.และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ไม่เคลือบ (TC) มีค่า TVB-N สูงสุดคือ 36.33 มก./100 ก. ซึ่งใกล้เคียงกับการเคลือบสารละลายอัลจิเนตที่ไม่มีวิตามินซีและชาเขียว (TA) 32.97 มก./ 100 ก. รองลงมาได้แก่ T4 T1 T3 และ T2 ซึ่งมีค่า TVB-N น้อยที่สุดเท่ากับ 20.36 มก./ 100 ก. เนื่องจากจุลินทรีย์ในหอยแมลงภู่ใช้สารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วในหอยโดยสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายเนื้อหอย โปรตีนในหอยจึงเกิดการสลายตัวรวมทั้งเกิดสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ในปริมาณมากขึ้น ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นระหว่างการเน่าเสียนี้ถูกรีดิวซ์โดยแบคทีเรียจนได้เป็นไตรเมทิลเอมีน และแอมโมเนียที่สะสมอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่มากขึ้น (Gram & Dalgaard, 2002) ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับ Fuentes *et al*. (2011) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N ในปลากะพงรมควัน และ Kusuma & Teerawut (2014) ที่วิจัยในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ต้ม พบว่า TVB-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโปรตีนและกรดอะมิโนอิสระที่ให้รสชาติต่าง ๆ จากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น รวมทั้งการเกิดสารประกอบด่างที่ระเหยได้ที่กล่าวมานั้นยังผลต่อรสชาติที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายที่ผสมชาเขียวและวิตามินซี T1, T2, T3 และ T4 มีผลทำให้ค่า TVB-N (ภาพที่ 1) แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ตลอดเวลาที่เก็บรักษา ซึ่ง T2 มีค่า TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่น เนื่องจากมีสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในหอยแมลงภู่ทั้ง 2 ชนิดในปริมาณสูงจึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโปรตีนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ Song *et al.* (2011) ที่พบว่าวิตามินซีช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ในเนื้อปลา *Megalobrama amblycephala* เช่นกัน ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นของชาเขียว ทำให้จุลินทรีย์ถูกยับยั้งโดยสารคาเทชินในชาเขียว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโปรตีนไปเป็นสารประกอบ TVB-N จึงเกิดน้อยลงตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Feng *et al.* (2012) ที่พบว่าปลา Black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน



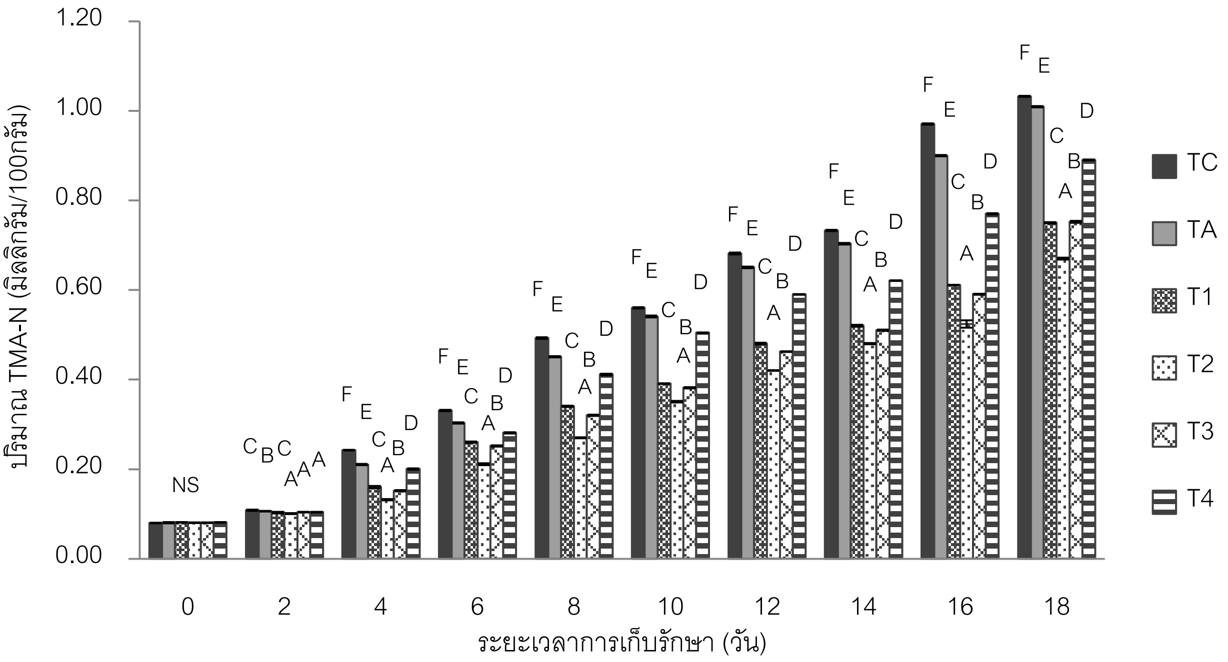
ภาพที่ 1 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ที่มีชาเขียวและวิตามินซีผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน (A, B, C,…ตัวอักษรที่กำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันตามการเคลือบสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

TC คือ ไม่เคลือบสาระลาย
TA คือ เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T1 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%
T2 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%
T3 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%
T4 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%

1.2 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N): ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่า TMA-N ระหว่าง 0.0803 – 0.0810 มก./ 100 ก.และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณ TMA-N ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดควบคุม (TC)

มีค่า TMA-N สูงที่สุด 1.0324 มก./ 100 ก. รองลงมาได้แก่ TA T4 T3 T1 และ T2 มีค่า TMA-N ต่ำที่สุด 0.6703 มก./ 100 ก. ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ TMA-N เพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างนั้นเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วได้เป็นสารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็น และกลิ่นเหม็นคาวของสัตว์น้ำ ซึ่งกลไกนั้นคือแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ได้ทั้งในที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนที่อาจหลงเหลืออยู่บางส่วนภายหลังจากการต้มหอยสร้างเอนไซม์ Trimethylamine oxidase ทำให้ TMAO ถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N ดังนั้นจึงสามารถใช้ TMA-N ในติดตามการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ibrahim *et al*. (2008) พบว่า ปริมาณ TMA-N ของปลากะพงรมควัน ในช่วงแรกของการเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ Erkan (2005) ที่พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยทั่วไปหาก TMA-N มีปริมาณสูงถึง 10-15 มก./ 100 ก. จะทำให้สัตว์น้ำไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้ในสัตว์ทะเลแต่ละชนิด ช่วงอายุ ขนาด ที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกันมีระดับของ TMAO แตกต่างกันจึงทำให้การเกิด TMA-N แตกต่างกันไปด้วย (Benjakul, 2005; Goulas & Kontominas, 2007)

อย่างไรก็ตามเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายที่ผสมชาเขียวและวิตามินซี T1 T2 T3 และ T4 มีผลทำให้ค่า TMA-N (ภาพที่ 2) แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ตลอดเวลาที่เก็บรักษา โดย T2 ที่มีความเข้มข้นของขาเขียวและวิตามินซีมากที่สุด ดังนั้นประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงมีมากทำให้ค่า TMA-N ต่ำที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาโดย Rey *et al*, (2012) พบว่าน้ำแข็งที่ผสมวิตามินซีและกรดซิตริกช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ในปลา Hake (*Merluccius merluccius*) ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา Angler (*Lophius piscatorius*) ได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งธรรมดาและยังสอดคล้องกับ Feng *et al*. (2012) ที่พบว่าปลา Black sea bream (*Sparus macrocephalus*) ที่เคลือบด้วยชาเขียวมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามหากความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีมากเกินไปอาจส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ เนื่องจากอาจเกิดรสชาติขมจากสารประกอบคาเทชินในชาเขียวและรสชาติเปรี้ยวของวิตามินซีซึ่งในการทำทดลองนี้ ชาเขียวและวิตามินซีที่ระดับ T2 ยังเป็นที่ยอมรับในการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ไม่ได้แสดงข้อมูลไว้ในเอกสารฉบับนี้)



ภาพที่ 2 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ที่มีชาเขียวและวิตามินซีผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน (A, B, C,…ตัวอักษรที่กำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันตามการเคลือบสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

TC คือ ไม่เคลือบสารละลาย

TA คือ เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002%

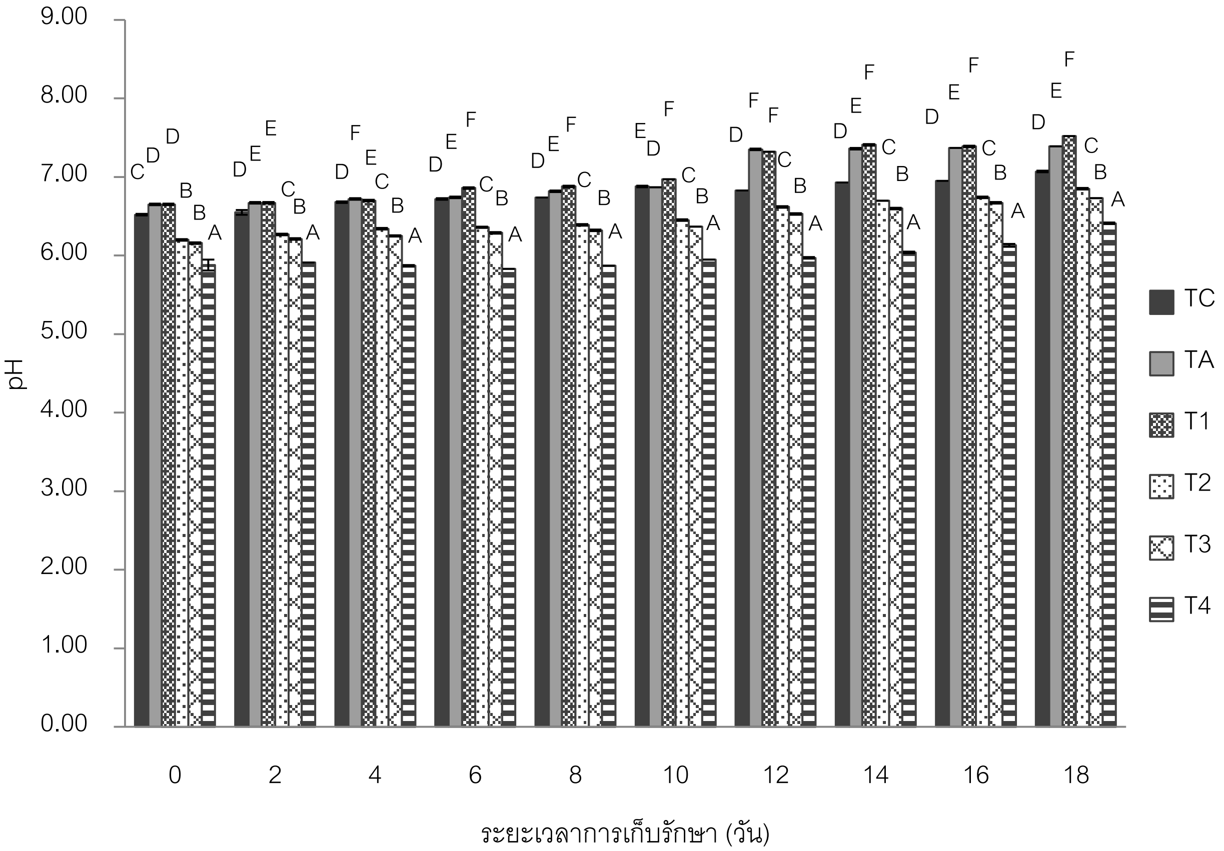
T1 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%

T2 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%

T3 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%

T4 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%

1.3 ค่า pH: ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีค่า pH ระหว่าง 5.88 – 6.65 และเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าค่า pH ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 3) โดยในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบ T1 มีค่า pH มากที่สุดคือ 7.52 รองลงมาได้แก่ TA TC T2 T4 และ T3 ค่า pH น้อยที่สุดเท่ากับ 6.41 การที่ค่า pH ของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นเกิดจากการสลายตัวตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง ได้แก่ Amine รวมทั้งTrimethylamine oxide (TMAO) และ Ammonia ที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ Khan *et al*. (2005) ที่พบว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) และ Chiou and Huang (2004) ที่เก็บรักษาในปูทะเล (*Scylla serrata*) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่ต่างก็มีค่า pH เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเช่นกัน



ภาพที่ 3 ค่า pH ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ที่มีชาเขียวและวิตามินซีผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน (A, B, C,…ตัวอักษรที่กำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันตามการเคลือบสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

TC คือ ไม่เคลือบสาระลาย
TA คือ เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002%
T1 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%
T2 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%
T3 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%
T4 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%

1.4 ปริมาณความชื้น: ปริมาณความชื้นเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีในอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ สัตว์น้ำซึ่งโดยปกติมีความชื้นสูงอยู่แล้วจึงเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่ายเนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ยีสต์ รา รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรคต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยปริมาณน้ำที่พบยังมีผลต่อเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคด้วย นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่มีในสัตว์น้ำยังสามารถกระตุ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาด้วย เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Pornchaloempong & Rattnapanone, 2010b; Teerawut, 2010) ซึ่งในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกนั้นมีความชื้นระหว่าง 79.54 – 80.67 % และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 4) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุก T4 มีความชื้นสูงที่สุดเป็น 78.42% รองลงมาได้แก่ T1 T2 T3 TA และ TC

ซึ่งมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 75.67 % เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการสลายตัวของโปรตีนในสัตว์น้ำที่เกิดการย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดออกมาจากโครงสร้างของโปรตีนเกิดเป็นน้ำอิสระมากขึ้น (Intarapichet, 1995) ดังนั้นเมื่อเกิดการเน่าเสียเพิ่มขึ้น น้ำอิสระเกิดได้มากขึ้นจึงเกิดการซึมออกมาด้านนอกเนื้อหอยแมลงภู่ทำให้ปริมาณความชื้นที่วัดได้มีค่าลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Khan *et al*. (2005) ที่พบว่า Newfoundland blue mussels (*Mytilus edulis*) มีปริมาณความชื้นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่นานขึ้นเช่นกัน

ขณะเดียวกันความชื้นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกในชุดการทดลอง T1 T2 T3 และ T4 ซึ่งมีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซีมีสูงกว่า TC เนื่องจากทั้งชาเขียวและวิตามินซีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยสารประกอบฟีนอลในชาเขียวที่มีหมู่ไฮดรอกซิลและวิตามินซีที่สามารถถูกออกซิไดซ์ได้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และชาเขียวยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้ไม่เกิดสารประกอบแอลดีไฮด์และคีโตนโดยสารทั้งสองชนิดกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกจึงเกิดการเน่าเสียช้าลงทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อส่วนที่เป็นโปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู่ยังคงมีอยู่ดังนั้นการเยิ้มน้ำออกจากเนื้อหอยจึงเกิดได้น้อยกว่า เช่นเดียวกับ Kang *et al*. (2007) พบว่า ปริมาณความชื้นของแพตตี้หมูที่เคลือบด้วยชาเขียวมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ชาเขียว และ Song *et al*. (2011) พบว่าเนื้อปลา *Megalobrama amblycephala* ที่เคลือบด้วยวิตามินซีและเนื้อปลาที่เคลือบชาเขียวมีการสูญเสียความชื้นต่ำซึ่งแสดงถึงปริมาณความชื้นที่ยังคงมีอยู่ในเนื้อปลามากกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิด

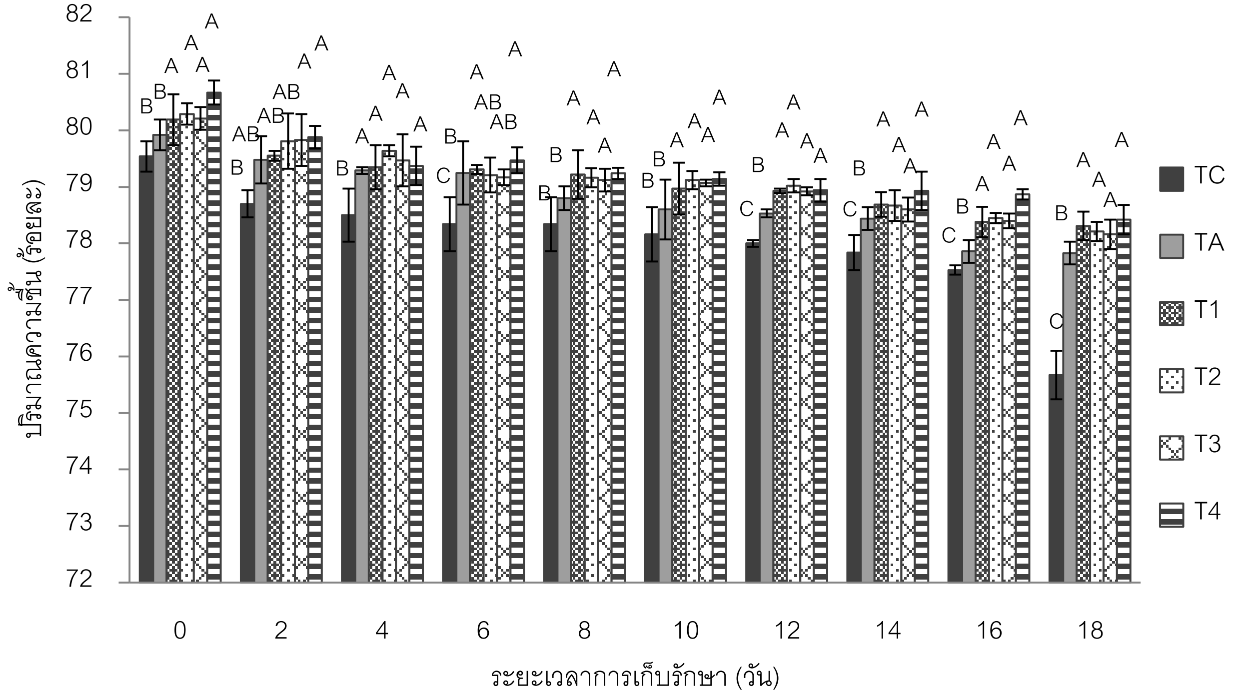
2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count หรือ TPC): วันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบ/ไม่เคลือบด้วยสารละลายผสมชาเขียวและวิตามินซีรวมทั้งตัวอย่างควบคุมมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระว่าง 3.34 – 3.43 log CFU/g (ภาพที่ 5) แต่เมื่อเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกนานมากขึ้นพบว่า ในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากหลังผ่านการต้มจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกบางส่วนที่ยังมีชีวิตเริ่มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอก และเริ่มสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสารอาหารต่าง ๆ ในเนื้อหอยแมลงภู่ และใช้สารอาหารที่ถูกย่อยให้เล็กลงนั้นในการเจริญ (Leungsakul, 1996) ทำให้เกิดการเพิ่มจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากขึ้นสอดคล้องกับ Manousaridis *et al*. (2005) พบว่าหอย *Mytilus galloprovincialis* ทั้งที่ไม่แช่และแช่น้ำโอโซนมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และ Teerawut *et al*. (2014) ที่พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ของหอยนางรมสดแกะเปลือก (*Saccostrea cucullata*) มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา 12 วัน ซึ่งจุลินทรีย์ก่อโรคที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียในหอยส่วนใหญ่ได้แก่ *Pseudomonas* spp., Lactic acid bacteria, H_2S-producing bacteria, *Enterobacter*, *Flavobacterium* และ *Serratia* (Gram and Huss, 1996)

อีกทั้งยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานั้นเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายที่ผสมชาเขียวและวิตามินซีทุกระดับความเข้มข้น (T1, T2, T3 และ T4) มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถของวิตามินซีในการจับกับโลหะซึ่งอยู่ในชั้น Lipopolysaccharide (LPS) ที่บริเวณผนังเซลล์ภายนอกและบริเวณอื่น ๆ ของเซลล์แบคทีเรียจึงมีผลให้คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเซลล์เปลี่ยนไป สารในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้เส้นทางขนส่งของอาหารจากภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ขัดข้องไปด้วย การเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เกิดการ

ชะงักจุลินทรีย์จึงตายลง (Jeon *et al.*, 2002) ประกอบกับสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่เรียกว่า คาเทชิน (Catechins) ที่มีในชาเขียวนั้น มีที่มีประสิทธิภาพทั้งในการต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่างๆ ในหอยแมลงภู่ และยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย (Fan *et al.*, 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Song *et al.* (2011) ที่พบว่าปลา *Megalobrama amblycephala* ที่ผ่านการเคลือบวิตามินซี และปลาที่ผ่านการเคลือบชาเขียวมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกวาเนื้อปลาที่ไม่ได้เคลือบสารทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน เช่นกัน

อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบที่เคลือบด้วยสารละลายที่ผสมชาเขียวและวิตามินซีในชุดการทดลอง T2 ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของทั้งชาเขียวและวิตามินซีสูงทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยกลไกที่อธิบายข้างต้นเพิ่มขึ้น จึงสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น สอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีทั้งค่า TVB-N และ TMA-N โดยเมื่อประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโปรตีนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยชนิดต่างๆ ได้เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Taheri *et al.* (2012) ที่พบว่าเนื้อปลา *Rachycentron canadum* สดที่แช่ในสารละลายวิตามินซี (แอสคอร์บิก) ก่อนนำไปแช่แข็งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกวาเนื้อปลาที่ไม่ได้แช่สารละลายวิตามินซี ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน และ Fan *et al.* (2008) พบวาปลา Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) สดที่แช่ในสารละลายชาก่อนนำไปแช่น้ำแข็งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าเนื้อปลาที่แช่น้ำแข็งเพียงอย่างเดียว เมื่อพิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกิน 6 log CFU/g ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า การเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกใน T2 มีจำนวนจุลินทรีย์สูงกว่าค่ามาตรฐานของสัตว์น้ำสุกพร้อมบริโภคในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ขณะที่การเคลือบใน T1, T3 และ T4 มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ส่วน TA และ TC มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งหากเพิ่มความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีให้มีความเข้มข้นมากกว่า 2.5% อาจส่งผลต่อรสชาติ และกลิ่นของเนื้อหอยแมลงภู่สุกทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



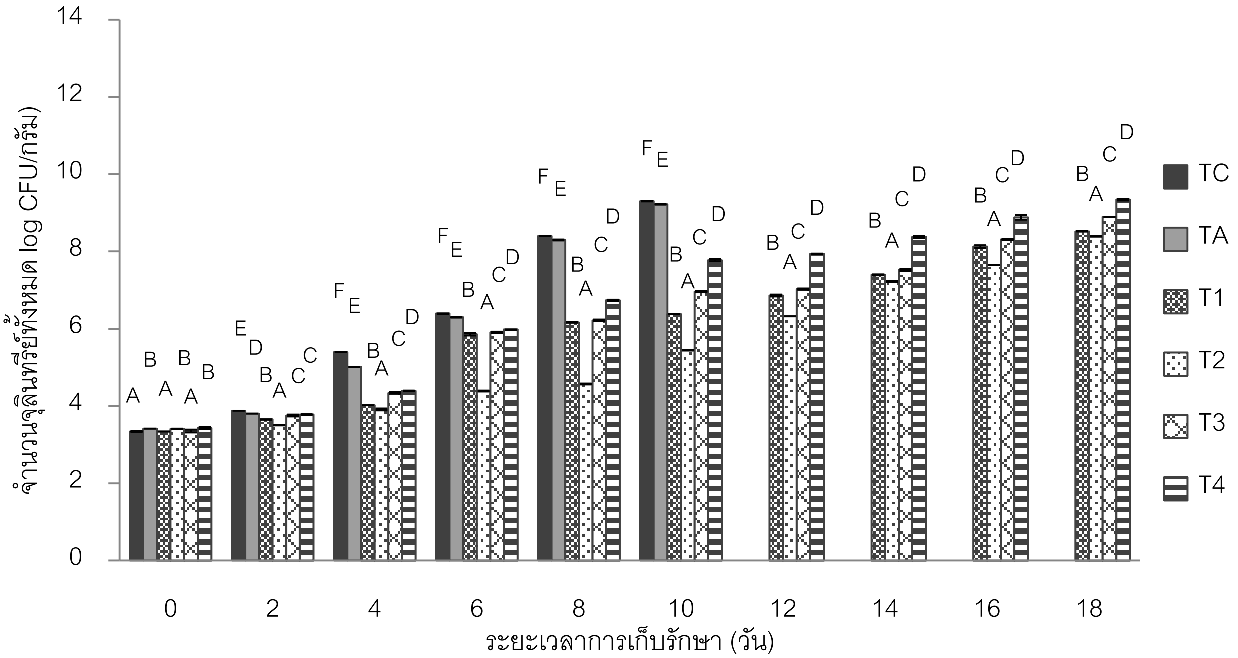
ภาพที่ 4 ปริมาณความชื้นในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ที่มีชาเขียวและวิตามินซีผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน (A, B, C,…ตัวอักษรที่กำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันตามการเคลือบสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

TC คือ ไม่เคลือบสาระลาย | TA คือ เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T1 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25% | T2 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%

T3 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5% | T4 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%

2.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*: ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งตัวอย่างที่มีการเคลือบสารละลายอัลจิเนตผสมชาเขียวและวิตามินซีรวมทั้งตัวอย่างควบคุมไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากความร้อนในการต้มหอยทำให้โปรตีนรวมทั้งเอนไซม์ต่างๆ ในตัวจุลินทรีย์เสื่อมสภาพบางส่วนประกอบกับประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของชาเขียวและวิตามินซีทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และหากพิจารณาจากเกณฑ์อาหารทะเลแปรรูปที่มีความปลอดภัยจากอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ที่ Food and drug administration (2009) ได้กำหนดให้ตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ไม่เกิน 3 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกในทุกชุดการทดลองมีความปลอดภัยจากอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ที่มักก่อให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษและอาการท้องร่วง ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียที่บ่งบอกสุขลักษณะว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกมีการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต เช่น การขนส่ง การเก็บรักษาก่อนแกะ กระบวนการแกะ การล้าง การต้ม การบรรจุ การเก็บรักษา โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิที่เพียงพอและไม่ถูกสุขลักษณะได้ และงานวิจัยหลายชิ้นให้ผลการทดลองสอดคล้องกันกับผลการทดลองในครั้งนี้โดย Ferreira *et al*. (2007) พบว่า การใช้ความร้อนในการปรุงสุกเนื้อสัตว์น้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสขึ้นไป ส่งผลให้ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียถูกทำลายจนกระทั่งตรวจไม่พบ



ภาพที่ 5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% ที่มีชาเขียวและวิตามินซีผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน (A, B, C,…ตัวอักษรที่กำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันตามการเคลือบสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

TC คือ ไม่เคลือบสาระลาย

TA คือ เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002%

T1 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 1.25%

T2 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5%

T3 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 1.25% และวิตามินซี 2.5%

T4 คือ สารละลายที่ผสมชาเขียว 0.625% และวิตามินซี 2.5%

2.3 *Salmonella* spp., *V. cholera* และ *S. aureus*: ไม่พบ *Salmonella* spp., *V. cholera* และ *S. aureus* ในตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายที่ผสมชาเขียวและวิตามินซีทุกระดับความเข้มข้น (T1 T2 T3 และ T4) รวมทั้งเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลาย (TA) และไม่เคลือบ (TC) ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา 18 วัน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ไม่ยอมรับให้ในอาหารทะเลสุกมี *Salmonella* spp. และ *V. cholera* ส่วน *S. aureus* ต้องไม่พบมากกว่า 4 log CFU/g และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน ไม่พบจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว ในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วยสารละลายผสมชาเขียว และวิตามินซีทุกระดับความเข้มข้นรวมทั้งตัวอย่างควบคุมนั้น อาจเนื่องจากการต้มหอยที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีผลทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพบางส่วน ซึ่งโปรตีนและเอนไซม์เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์และประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีในชาเขียวและวิตามินซีทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้

สรุปผลการวิจัย

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วย T2 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยกว่าการเคลือบในชุดการทดลองอื่น (T1 T3 T4 TA และ TC) เช่นเดียวกับคุณภาพทางจุลชีววิทยาของ

เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วย T2 ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าการเคลือบในชุดการทดลองอื่น เนื่องจากมีระดับความเข้มข้นของทั้งชาเขียวและวิตามินซีสูงทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์มีมากขึ้น จึงช่วยชะลอการเน่าเสียได้เป็นอย่างดี ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วย T2 นั้นมีค่าเกิน log 6 CFU/g ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาในขณะที่เนื้อหอยแมลงภู่สุกที่เคลือบด้วย T1 T3 และ T4 มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และการเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยชุดการทดลอง TA และ TC มีจำนวนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ส่วนจำนวน *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบในสารละลายทุกชนิดยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการยอมรับให้มีในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสุกเพื่อการบริโภค (น้อยกว่า 6 log CFU/g) โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp., *V. cholera* และ *S. aureus* ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ดังนั้นการชะลอการเสื่อมคุณภาพทางเคมี และจุลชีววิทยาของเนื้อหอยแมลงภู่สุกให้มีความปลอดภัยต่อการบริโภคและเก็บรักษาได้นาน คือ การเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% (T2) ร่วมกับการเก็บรักษาแบบแช่เย็น ทั้งนี้ความเข้มข้นของชาเขียวและวิตามินซีที่มากอาจส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสจึงควรมีการศึกษาระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 89/2557

เอกสารอ้างอิง

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

AOAC. (2003). AOAC official method 2003.11 enumeration of *Staphylococcus aureus* in selected meat, Seafood, and Poultry. *J. AOAC Int.*, *86*, 947.

Atrea, I., Papavergou, A., Amvrosiadis, I. & Savvaidis, I.N. (2009). Combined effect of vacuum-packaging and oregano essential oil on the shelf-life of Mediterranean octopus (*Octopus vulgaris*) from the Aegean sea stored at 4 °C. *Food Microbiology 26*(2), 166–172.

Benjakul, S. (2005). *Chemical and quality of fishery*. Bangkok: Odean Store Press. (in Thai)

Chiou, T.K. & Huang, J.P. (2004). Biochemical changes in the abdominal muscle of mud crab (*Scylla serrate*) during storage. *Fisheries Sci, 70*, 167 – 173.

Department of Fisheries. (2006). *Department of Fisheries Ministry of Agriculture and Cooperatives*. Retrieved December 24, 2015, from http//www.fisheries.go.th/quality/analyse/Trational.pdf. (in Thai)

Department of Medical Science. (2007). *The criteria of microbiological quality for food and food containers.* Retrieved December 24, 2015, from http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/food/files/news/news45food/news45_t3.htm. (in Thai)

Erkan, N. (2005). Changes in quality characteristics during cold storage of shucked mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and selected chemical decomposition indicators. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(15)*, 2625-2630. doi: 10.1002/jsfa.2331

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

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

Ferreira, S., Landeiro, M., Rogeria, A., & Ana, N. (2007). Hazards and critical control points in Brazilian seafood dish preparation. *Food Control, 18*, 513 - 520.

Food and drug administration. (2009). *Ministry of public health (No.364)*. Retrieved August 30, 2015, from http://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf (in Thai)

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.

Gram, L. & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria—problems and solutions. *Environmental Biotechnology, 13*, 262–266.

Gray, J.I., & Pearson, A.M., (1994). *Lipid-derived off-flavours in meat*. In F. Shahidi (Ed.), Flavor of meat and meat products, Blackie Academic and Professional, Glasgow, Scotland.

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.

Hou, Z., Sang, S., You, H., Mao-Jung, L., Hong, J., Khew-Voon, C. & Yang, C. S. (2005). Mechanism of action of epigallocatechin-3-gallate: Auto-oxidation-dependent inactivation of epidermal growth factor receptor and direct effects on growth inhibition in human esophageal cancer KYSE 150 Cells. *American Association for Cancer Research* (AACR), *65*(17), 8049-8056.

Intarapichet, K. (1995). *305271 Post harvest change of biological materials*. Food Technology Program, Suranaree university of technology. (in Thai)

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

Kang, H.J., Jo C., Kwon J.H., Kim J.H., Chung H.J. & Byun, M.W. (2007). Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. *Food Control, 18*(5), 430-435. doi:10.1016/j.foodcont.2005.11.010

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

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

Kusuma, B. & Teerawut, S. (2014). Shelf-life extension of pre-cooked shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by oregano essential oil during refrigerated storage. *Burapha Science Journal, Special Issue 6th The National Science Research Conference,* 71-77.

Leungsakul, S. (1996). *Food microbiology*. Bangkok, Chaijarean Press. (in Thai)

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

Pornchaloempong, P. & Rattnapanone, N. (2010a). *Caffeine*. Retrieved August 30, 2015, from http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4088/caffeineกาแฟอีน. (in Thai)

Pornchaloempong, P. & Rattnapanone, N. (2010b). *Moisture content*. Retrieved August 30, 2015, from http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content-ความชื้น (in Thai)

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

Sangjindavong, M. (2005). *Fisheries Product in Thailand* (2nd ed.). Bangkok : Kasetsart University Press. (in Thai)

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

Sundararajan, S., Prudente, A., Bankston, D., King, M. J., Wilson, P. & Sathivel, S. (2011). Evaluation of green tea extract as a glazing material for shrimp frozen by cryogenic freezing. *Journal of Food Science*, *76*, 511-518.

Taheri, S. Motalebi, A. A. & Fazlara, A. (2012). Antioxidant effect of ascorbic acid on the quality of Cobia (*Rachycentron canadum*) fillets during frozen storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *11*(3), 666-680.

Teerawut, S. (2010). *309482 Selected topic in aquaculture II*. Department of aquatic science, Faculty of science, Burapha university. (in Thai)

Teerawut, S. Phimnaen, R. & Muangham, S. (2014). Effect of modified atmosphere packaging on the physical and microbiological properties of shucked fresh oyster. *KKU Science Journal 42*(3), 551-560. (in Thai)

Wongjinda, N. (2004). *Good handling guidelines aquatic primary processing*. Bangkok. (in Thai)