ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศในหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบชาเขียวและวิตามินซี : คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัส

Effect of Modified Atmosphere Packaging on Cooked Green Mussel (*Perna viridis*) Coated with Green Tea and Vitamin C : Chemical and Sensorial Quality

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

Ratchadapond Artpong[1], Savaminee Teerawut[1]* and Patiyut Kwan-on[2]

[1] *ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

[2] *สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*

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

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

Received : 12 June 2017

Accepted : 11 July 2017

Published online : 17 July 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณไตรเมทิลเอมีน) และประสาทสัมผัสของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) สุกเคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซีโดยการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซแตกต่างกัน ได้แก่ C000 (สภาพบรรยากาศปกติ), M433 (40% CO_2: 30% N_2: 30% O_2), M550 (50% CO_2: 50% N_2) และ M622 (60% CO_2: 20% N_2: 20% O_2) เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบสารละลายชาเขียวและวิตามินซีที่เก็บรักษาแบบปรับสภาพบรรยากาศ M622 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TVB-N และ TMA-N ต่ำที่สุดและมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน ($p \leq 0.05$) โดย M622 เก็บรักษาได้ 26 - 28 วัน, M550 เก็บรักษาได้ 26 วัน, M433 เก็บรักษาได้ 24 - 26 วัน (เพศเมีย) และ C000 เก็บรักษาได้ 10 - 12 วัน ทั้งนี้พิจารณาจากคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่า 5 คะแนน

คำสำคัญ : หอยแมลงภู่สุก การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ชาเขียว วิตามินซี อายุการเก็บรักษา

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

Abstract

This research aims to retarding shelf life of cooked green mussel coated with green tea and vitamin C. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on chemical qualities in term of total volatile base nitrogen (TVB-N) and trimethylamine (TMA-N) and sensory evaluation was studied. The samples were packed under different MAP as follows; atmospheric air (C000), 40%CO_2: 30%N_2: 30%O_2 (M433), 50%CO_2: 50%N_2 (M550) and 60%CO_2: 20%N_2: 20%O_2 (M622) stored at 4 ± 1 ˚C for 28 days. The results showed that the cooked green mussel which were packed under M622 condition had the lowest changes for TVB-N and TMA-N, compared with other samples ($p \leq 0.05$). The highest acceptance score for all sensorial attributes were recorded in M622 throughout the storage period. The shelf life of cooked green mussel under M622 was 26 - 28 days, M550 was 26 days, M433 was 24 - 26 days and C000 was 10 - 12 days when the odor scores of less than 5 points was used as the decision criteria.

Keywords : cooked green mussel, modified atmosphere packaging, green tea, vitamin C, shelf life

บทนำ

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีคุณค่าทางเศรษฐกิจโดยพบว่า ในปี 2554 ประเทศไทยมีผลผลิต 126.6 ตัน และปี 2555 มีผลผลิต 103.2 ตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่าได้ 591.6 และ 640.9 ล้านบาท ตามลำดับ (Information Technology Center, 2014) และมีสารอาหารที่มีประโยชน์กับร่างกายมากมาย ในเนื้อของหอยแมลงภู่ 100 กรัม ประกอบด้วย โปรตีน 11.90 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.69 กรัม ไขมัน 2.24 กรัม กรดไขมัน 0.507 กรัม แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 วิตามินอี เป็นต้น (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2007) แต่เนื่องจากหอยแมลงภู่มีระบบการกินอาหารแบบกรองกิน (Department of Fisheries, 1993) จึงมีการสะสมจุลินทรีย์ไว้ในตัวสูงส่งผลให้หอยแมลงภู่เกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว ทำให้มูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการลดลง

ปัจจุบันมีการนำหอยแมลงภู่มาผ่านกรรมวิธีปรุงสุกต่าง ๆ เช่น การต้ม และการนึ่งเพื่อลดอัตราการเน่าเสีย แต่วิธีการดังกล่าวยังไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกได้นานมากกว่า 3 - 4 วัน เพราะเมื่อเวลาผ่านไป การเน่าเสียยังคงเกิดขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนที่สามารถทนความร้อนได้จะผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนและนำไปใช้ในการเจริญ อีกทั้งเอนไซม์เหล่านี้ยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างน้ำกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้เนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่เกิดการนิ่มเละและเน่าเหม็น (Ultarapichat, 2012) จากงานวิจัยที่ศึกษาพบว่ามีการนำชาเขียวและวิตามินซีมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาของสัตว์น้ำและพบว่าสารทั้งสองชนิดช่วยยับยั้งจุลินทรีย์และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) จึงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของสัตว์น้ำได้ แต่เนื่องจากชาเขียวมีรสขมและวิตามินซีมีรสเปรี้ยวหากใช้ในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ อีกทั้งการเก็บรักษายังส่งผลต่อการเน่าเสียได้เช่นกัน จากข้อจำกัดเหล่านี้จึงมีการนำการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging; MAP) มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น หอยแครง (*Anadara granosa*) (Thainphatthanawong *et al*., 2008) และหอยตลับ (สกุล Meretrixcasta) (Lohalaksanadech & Sujarit, 2015) เนื่องจาก MAP เป็นนวัตกรรมของการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถปรับสัดส่วนก๊าซภายในได้ โดยหาก

ปริมาณก๊าซ O_2 ที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในอาหารสูง (Poovarodom, 2007) ถูกลดปริมาณลงจะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการ O_2 ในการเจริญจึงถูกจำกัดตามไปด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของหอยแมลงภู่สุกเคลือบชาเขียวและวิตามินซีโดยการ MAP ที่มีอัตราส่วนก๊าซเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เนื้อหอยแมลงภู่สุก: นำหอยแมลงภู่ขนาด 25-28 ตัว/กิโลกรัม (วรลักษณ์ฟาร์ม ต.อ่างศิลา อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี) มาล้างเปลือกด้วยน้ำประปาให้สะอาดแล้วต้มในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 95± 2 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที โดยอัตราส่วนหอยต่อน้ำ คือ 2:3 ทิ้งให้สะเด็ดน้ำโดยวางบนตะแกรงที่สะอาด แกะเอาแต่เนื้อหอยโดยเนื้อหอยที่แกะได้ต้องมีลักษณะสมบูรณ์ไม่ฉีกขาดแล้วนำเนื้อหอยมาเก็บในถุงพลาสติกที่วางอยู่บนน้ำแข็งในกล่องโฟมอัตราส่วนหอยต่อน้ำแข็ง คือ 1:2 เพื่อควบคุมอุณหภูมิและลดอัตราการเน่าเสีย โดยระยะเวลาในการเก็บเนื้อหอยก่อนบรรจุในถุงพลาสติกไม่เกิน 10 นาที

2. การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบเนื้อหอย

2.1 สารละลายชาเขียว 2.5% และวิตามินซี 2.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002% (w/v): ละลายผงอัลจิเนต (Yantai Xinwang Seaweed Co., Ltd., Shandong, China) 0.02 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรแล้วนำไปต้มบนเครื่องกวนสารให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จนได้สารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นอุ่น จากนั้นเตรียมสารละลายชาเขียวและวิตามินซี โดยนำผงชาเขียว (Specialty Natural Product Co., Ltd., Thailand) 25 กรัม และผงวิตามินซี (Changsha Winner Bio - Tech Co., Ltd., China) 25 กรัม มาผสมให้เข้ากันกับสารละลายอัลจิเนตที่เตรียมไว้ด้วยเครื่องกวนสารที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที จนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (Teerawut *et al*., 2016)

2.2 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% (w/v): นำผงแคลเซียมคลอไรด์ (Quzhou Menjie Chemicals Co., Ltd., Shandong, China) 0.02 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จนได้สารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกัน (Teerawut *et al*., 2016)

2.3 การเคลือบเนื้อหอยแมลงภู่สุกด้วยสารละลายชาเขียวและวิตามินซีและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศอัตราส่วนก๊าซแตกต่างกัน

นำเนื้อหอยแมลงภู่สุกมาเคลือบด้วยสารละลายชาเขียวและวิตามินซี (ข้อ 2.2.1) อัตราส่วนเนื้อหอย 30 ตัว: สารละลาย 1,000 มิลลิลิตร นาน 30 วินาที (อุณหภูมิของสารละลาย 4 องศาเซลเซียส) พักให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงสะอาด 30 วินาที จากนั้นนำไปเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ข้อ 2.2.2) นาน 30 วินาที พักให้สะเด็ดน้ำ 30 วินาที (Teerawut *et al*., 2016) แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนต (PVDC/PA/CPP) (จำนวน 20 ตัว/ถุง) จากนั้นนำไปบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศแตกต่างกันได้แก่ สภาพบรรยากาศปกติ (C000), 40% CO_2: 30% N_2: 30% O_2 (M433), 50% CO_2: 50% N_2 (M550) และ 60% CO_2: 20% N_2: 20% O_2 (M622) ปิดผนึกด้วยความร้อน (UV 4350, Ultra Vac, Thailand) โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ก่อนนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียสสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสทุก 2 วัน นาน 28 วัน ซึ่งคุณภาพที่วิเคราะห์ ประกอบด้วย

2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี นำเนื้อหอยทั้งเพศผู้และเพศเมียมาปั่นผสมรวมกันด้วยเครื่องปั่นผสมตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA-N) ด้วยวิธี Conway microdiffusion method โดยวิธีของ Hasegawa (1987)

2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส นำเนื้อหอยแมลงภู่ไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนเป็นเวลา 3 นาที แล้วให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ที่ผ่านการฝึกความคุ้นเคยกับการบริโภคหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยสารละลายชาเขียวและวิตามินซีทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) ทำการทดสอบเนื้อหอยแมลงภู่โดยแยกเพศหอยแมลงภู่ (เพศผู้และเพศเมีย) ทั้งคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม จนกว่าผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับ (คะแนนความชอบกลิ่นน้อยกว่า 5 คะแนน) (Teerawut *et al*., 2016)

2.3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ วางแผนการทดลองคุณภาพทางเคมีแบบ CRD และแผนการทดลองคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรมทางสถิติ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± S.D.

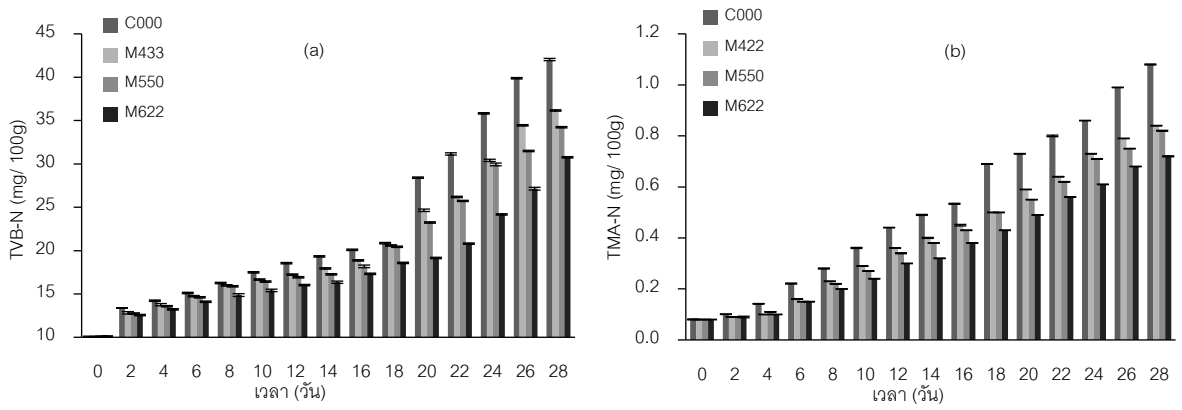
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

1.1 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N): สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำโดยทำให้กลิ่นรสของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป (Runglerdkriangkrai, 2015) ซึ่งสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีควรมีค่า TVB-N ไม่เกิน 25 - 30 mg/100g (Wongjinda, 2004) จากภาพที่ 1 (a) การเปลี่ยนแปลง TVB-N แบ่งได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 (วันที่ 0 - 18) ของทุกชุดการทดลองมี TVB-N 10.05 - 20.86 mg/100g ซึ่งเป็นช่วงที่ TVB-N มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (spoilage microorganisms) ในหอยแมลงภู่อาจกำลังปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในบรรจุภัณฑ์จึงไม่สามารถเจริญ เพิ่มจำนวน และย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนภายในตัวของหอยแมลงภู่ได้ แตกต่างกับช่วงที่ 2 (วันที่ 18 - 28) ซึ่งในทุกชุดการทดลองมี TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะชุดการทดลอง C000 ที่เก็บรักษาแบบบรรยากาศปกติมี TVB-N สูงที่สุด 20.86 - 42.04 mg/100g เนื่องจากในอากาศปกติมี O_2 เหมาะสมต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ O_2 (Poovarodom, 2007) จึงสามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยโครงสร้างโปรตีน รวมทั้งสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนได้มากขึ้นทำให้หอยแมลงภู่สุกเกิดการเน่าเสียและมี TVB-N สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งจากการเกิดปฏิกิริยาการเน่าเสียของอาหารส่วนใหญ่จะเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ O_2 ในการเจริญ (Poovarodom, 2007) โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของสัตว์น้ำในกลุ่ม Mollusk เช่น Pseudomonas, Achromobacter, Flavobacterium, Corynebacterium, Micrococcus) (Fraser and Sumar, 1998) อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ MAP นั้น พบว่า TVB-N ในชุดการทดลอง M622 มีปริมาณต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) เพราะในชุดการทดลองดังกล่าวมีปริมาณ CO_2 สูงที่สุดจึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ O_2 ได้ดีที่สุด และเมื่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่มีผลต่อการเน่าเสียถูกยับยั้ง กระบวนการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์จึงถูกยับยั้งตามไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า TVB-N นี้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกับการศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา ในส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Teerawut *et al*., 2017) ในการศึกษาพบว่านอกจาก O_2 จะเป็นก๊าซที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์แล้ว O_2 ยังทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่จำเป็นต้องใช้ CO_2 ในการเจริญได้อีกด้วย ส่วน N_2 เป็นก๊าซเฉื่อยที่ไม่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อีกทั้งยังทำหน้าที่ในการป้องกันการยุบตัวของผลิตภัณฑ์และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง O_2 และ N_2 ที่แตกต่างกันภายในบรรจุภัณฑ์ พบว่าก๊าซทั้งสองชนิดนี้จะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับการศึกษาหอยตลับ (สกุล Meretrixcasta) ลวก (Lohalaksanadech &

Sujarit, 2015) และเนื้อปลากะพง (*Dicentrarchus labrax*) เคลือบน้ำมันไทม์และเก็บรักษาภายใต้การ MAP (Kostaki *et al*., 2009) 60% CO_2: 20% N_2: 20% O_2 มีการเปลี่ยนแปลงของ TVB-N น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น

1.2 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N): โดยทั่วไปในสัตว์น้ำสดจะพบไตรเมธิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) เป็นองค์ประกอบ แต่เมื่อสัตว์น้ำเกิดการเน่าเสียด้วยกระบวนการของจุลินทรีย์ TMAO ถูกย่อยจากจุลินทรีย์และเปลี่ยนรูปเป็น TMA-N ส่งผลให้เกิดสารระเหยที่มีกลิ่นคาวและเหม็นเน่าขึ้น โดยทั่วไปค่า TMA-N ที่ควรพบในสัตว์น้ำสดควรมีปริมาณน้อยกว่า 1.5 mg/100g ซึ่งถ้าหากมีปริมาณสูงถึง 10 - 15 mg/100g จะส่งผลต่อการไม่ยอมรับของผู้บริโภค (Benjakul, 2005) ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้ จากภาพที่ 1 (b) พบว่าทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลง TMA-N แบ่งออกเป็น 2 ช่วง เช่นเดียวกับ TVB-N โดยช่วงที่ 1 (วันที่ 0 - 6) มี TMA-N 0.08 - 0.28 mg/100g สาเหตุอาจเกิดจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายในตัวของหอยแมลงภู่กำลังอยู่ในช่วงปรับตัวให้เข้ากับสัดส่วน CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์รวมทั้งการเคลือบด้วยชาเขียวและวิตามินซี โดยในชาเขียวมีสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสารประกอบโพลีฟีนอลมีคุณสมบัติสามารถละลายได้ในไขมันจึงสามารถแทรกเข้าไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดช่องว่างและสูญเสียสภาพในการเป็นเยื่อเลือกผ่านทำให้การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์ภายในกับภายนอกเซลล์เกิดความไม่สมดุล จุลินทรีย์จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานในการปรับสมดุลและไม่สามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้ (Chutintrasri, 2011) ประกอบกับวิตามินซีที่มีความเป็นกรดและมีคุณสมบัติในการรีดิวซ์สูง เมื่อวิตามินซีถูกออกซิไดซ์จะเกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดอนุมูลอิสระได้ (Suttajit, 2007; Teerawut *et al*., 2016) ทำให้ทั้งจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่เป็นกรดและกลุ่มที่ไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีปริมาณ CO_2 สูง ไม่สามารถเจริญหรือเพิ่มจำนวนได้ กระบวนการเมทาบอลิซึมและการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์จึงมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในช่วงแรก แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น TMA-N มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงที่ 2 (8 - 28) ชุดการทดลอง MAP มี TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลอง C000 เนื่องจาก CO_2 ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่จำเป็นต้องใช้ O_2ในการเจริญได้ดี (Poovarodom, 2007) เมื่อจุลินทรีย์ถูกยับยั้งทำให้อัตราการย่อยสลาย TMAO ลดลงตามไปด้วย ซึ่งจากการทดลอง M622 เป็นชุดการทดลองที่มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด 60% การเจริญของจุลินทรีย์จึงถูกยับยั้งมากที่สุดทำให้ TMA-N มีปริมาณต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลอง M550 และ M433 ที่มีปริมาณ CO_2 50% และ 40% ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kostaki *et al*. (2009) ในเนื้อปลากะพง (*Dicentrarchus labrax*) สดเคลือบน้ำมันไทม์ร่วมกับ MAP โดยสภาวะบรรยากาศที่มีก๊าซ CO_2 60% มีการเปลี่ยนแปลงของ TMA-N น้อยที่สุด และของ Thainphatthanawong *et al*. (2008) ที่พบว่าการเก็บรักษาหอยแครง (*Anadara granosa*) ลวกในบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนก๊าซ 60% CO_2: 20% N_2: 20% O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลง TMA-N ได้ดีที่สุด

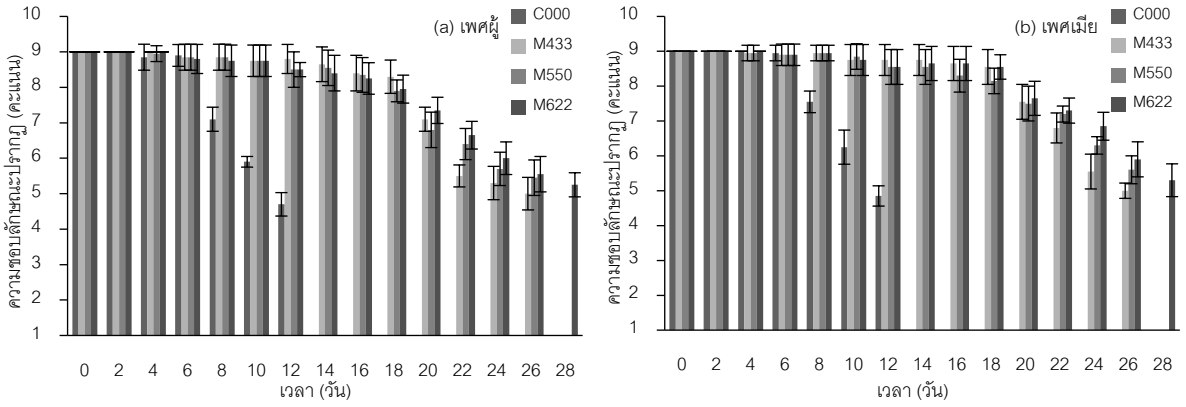


ภาพที่ 1 ปริมาณ TVB-N (a) และ TMA-N (b) ในหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยชาเขียวและวิตามินซีภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศต่างกัน

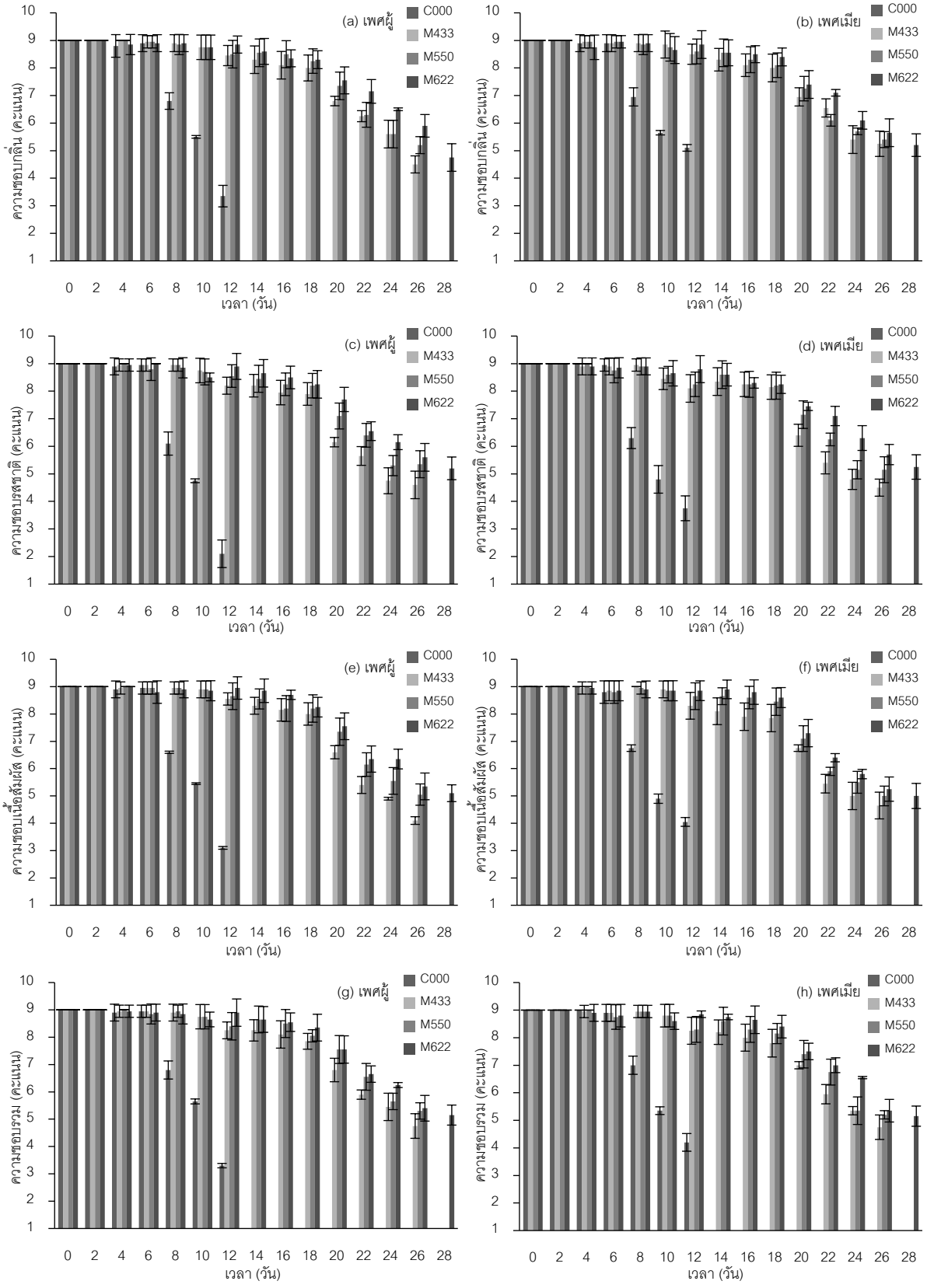
2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นการประเมินเพื่อชี้วัดถึงความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ความรู้สึกของมนุษย์ (Wongjinda, 2004) เมื่อตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่ในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม พบว่าในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งเพศผู้และเพศเมียในทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยลักษณะปรากฏของหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมียในทุกชุดการทดลองจะมีสีขาวครีมและสีส้ม ตามลำดับ ผิวอวบและมันเงา มีกลิ่นและรสชาติหอมหวานตามธรรมชาติ มีเนื้อสัมผัสเหนียวและฉ่ำน้ำ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกชุดการทดลองของเนื้อหอยแมลงภู่ทั้งสองเพศมีแนวโน้มลดต่ำลง ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 โดยเนื้อหอยแมลงภู่สุกทั้งเพศผู้และเพศเมียที่ถูกเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (C000) มีคะแนนความชอบกลิ่นต่ำที่สุดและเก็บรักษาได้เพียง 10 - 12 วันเท่านั้น เนื่องจากในสภาพบรรยากาศปกติมี O_2 เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ O_2 ทำให้ลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแมลงภู่สุกเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างโปรตีนที่จับอยู่กับสารประกอบแคโรทีนอยด์ถูกทำลายด้วยกระบวนการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ (Poovarodom, 2007) ทำให้ลักษณะปรากฏเปลี่ยนจากสีขาวครีมและสีส้มเป็นสีน้ำตาลเข้มและคล้ำขึ้น มีกลิ่นคาวเหม็นเน่าและเกิดเมือกที่บริเวณผิว เนื้อสัมผัสนิ่มเละและรสชาติผิดแปลกไปจากธรรมชาติ เพราะกรดอะมิโน ไกลซีนและอัลจินีน ที่ให้รสหวานถูกย่อยสลายจากเอนไซม์และการเจริญของจุลินทรีย์ (Lohalaksanadech & Sujarit, 2015) ซึ่งหากเปรียบเทียบกับชุดการทดลอง M433, M550 และ M622 ที่มีการเพิ่มปริมาณ CO_2 เข้าไปในบรรจุภัณฑ์มากกว่าปกติ และจำกัดสัดส่วนก๊าซ O_2 จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่เก็บรักษาแบบ MAP สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าชุดการทดลองที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติทำให้อัตราการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง (Teerawut *et al*., 2016) และชุดการทดลอง M622 ที่มีปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์สูงที่สุดสามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดเป็นเวลา 26 - 28 วัน รองลงมา คือ M550 เก็บรักษาได้นาน 26 วัน และ M433 เก็บรักษาได้นาน 24 - 26 วัน โดยคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของเพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับการศึกษาการยืดอายุของหอยแครง (*Anadara granosa*) ลวก (Thainphatthanawong *et al*., 2008) และเนื้อหอยตลับ (สกุล Meretrixcasta)

ลวกที่ใช้การ MAP (Lohalaksanadech & Sujarit, 2015) พบว่าการใช้สัดส่วนก๊าซ 60% CO_2: 20% N_2: 20% O_2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและมีคะแนนความชอบกลิ่นมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาการลดลงของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสอดคล้องกับปริมาณ TVB-N, TMA-N และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เพราะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์และจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายในตัวหอยแมลงภู่ส่งผลให้เกิดการสะสมของ TVB-N และ TMA-N จึงเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์และเนื้อสัมผัสนิ่มเละ คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสจึงลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏในหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยชาเขียวและวิตามินซีภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศต่างกัน



ภาพที่ 3 คะแนนความชอบกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมในหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยชาเขียวและวิตามินซี ภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การนำเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยชาเขียวและวิตามินซีมาบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัส รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกได้ โดยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างกัน ซึ่งคะแนนด้านกลิ่นเป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นจึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้กำหนดอายุการเก็บรักษา โดยอัตราส่วนก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อหอยแมลงภู่สุกเคลือบด้วยชาเขียวและวิตามินซีมากที่สุด คือ 60% CO_2: 20% N_2: 20% O_2 รองลงมา คือ 50% CO_2: 50% N_2 และ 40% CO_2: 30% N_2: 30% O_2

เอกสารอ้างอิง

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

Chutintrasri, B. (2011). *Food flavor technology*. Bangkok: Ramkhamhaeng University Press. (in Thai)

Department of Fisheries. (1993). *Guide to mussel farming*. Bangkok: Coastal Fisheries Research and Development Bureau. (in Thai)

Fraser, O.P. & Sumar, S. (1998). Compositon changes and spoilage fish (part II) microbiological induced deterioration. *Nutrition & Food Science*, *6*(3), 325-329.

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.

Information Technology Center. (2014). *Fisheries Statistics of Thailand 2012*. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

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

Lohalaksanadech, S. & Sujarit, C. (2015). Quality changes of blanched hard clam (Meretrixcasta) stored under modified atmosphere packaging. In *National Conference Suan Sunandha Rajabhat University*. (pp. 1287-1293). Bangkok: Suan Sunandha Rajabhat University. (in Thai)

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2007). *Green mussel*. *Policies*. Retrieved February 18, 2016, from http://www.acfs.go.th/standard/ download/std_sea_mussel.pdf

Poovarodom, Ng. (2007). *Food packaging*. Bangkok: S.P.M. (in Thai)

Runglerdkriangkrai, J. (2015). Protein. In Faculty of Fisheries, Kasetsart University. (Eds.), *Fishery Product Science and Technology*. (pp. 25-39). Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Suttajit, S. (2007). *Vitamin*. Bangkok: The Knowledge Center. (in Thai)

Teerawut, S., Arjpong, R. & Kwan-On, P. (2016). Green tea and Vitamin C treatment for retarding cooked green mussel quality: An evaluation of chemical and microbiological qualities. *Burapha Science Journal*, *21*(2), 1-16. (in Thai)

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

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

Thainphatthanawong, N., Vongsawasdi P. & Nopharatana M. (2008). Shelf life extension of blanched cockles *(Anadara granosa*) by modified atmosphere packaging. In *Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*. (pp. 414-421). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Ultarapichat, B. (2012). *Food microbiology* (5thed.). Songkhla: Thaksin University. (in Thai)

Wongjinda, N. (2004). *Good handling guidelines aquatic primary processing*. Bangkok: Agricultural co-operation of thailand. (in Thai)