

ผลของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลต่อการรักษาคุณภาพ เนื้อกุ้งขาวต้มสุก

Effect of Thymol Essential Oil Alginate-based Coating on Preserving Cooked Pacific White Shrimp Quality

สวามินี วีระวุฒิ^{1*} และ ปฏียุทธ์ ขวัญอ่อน²

Savaminee Teerawut^{1*} and Patiyut Kwanon²

Received: 9 April 2020, Revised: 10 May 2020, Accepted: 20 May 2020

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ศึกษาการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มสุกด้วยสารละลายอัลจินต 0.002% (AL0) สารละลายอัลจินต 0.002% ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.1% (TMC01) สารละลายอัลจินต 0.002% ผสมน้ำมันหอมระเหยไทมอล 0.5% (TMC05) และเนื้อกุ้งขาวต้มสุกไม่เคลือบสาร (UC0) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน ผลการทดลองพบว่าการเคลือบเนื้อกุ้งขาวต้มสุกที่มีสัดส่วนของอัลจินต (AL) และน้ำมันหอมระเหยไทมอล (TMC) แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวต้มสุก คือ TMC05 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) เคมี (TVB-N, TMA-N และ pH) กายภาพ (แรงเหวี่ยง และการสูญเสียน้ำหนัก) และประสาทสัมผัสที่น้อยที่สุด ($p<0.05$) รองลงมาคือ TMC01, AL0 และ UC0 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า TMC05 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการรักษาคุณภาพเนื้อกุ้งขาวต้มสุก โดยสามารถเก็บรักษามากกว่า 20 วัน ขณะที่เนื้อกุ้งขาวที่เคลือบด้วย TMC01 และ AL0 เก็บรักษาได้ 16 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วน UC0 มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน (พิจารณาเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคในกุ้งพร้อมบริโภค มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 5 log CFU/g)

คำสำคัญ: เนื้อกุ้งขาวต้มสุก, คุณภาพทางจุลินทรีย์, คุณภาพทางเคมี, คุณภาพทางประสาทสัมผัส, น้ำมันหอมระเหยไทมอล

¹ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

¹ Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Saen sook, Muang, Chonburi 20131, Thailand.

² สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ตำบลบางพระ อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

² Department of Argo-Industry Product Development, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra, Sriracha, Chonburi 20110, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): sawamin@go.buu.ac.th

ABSTRACT

This study examines the effect of thymol essential oil alginate-based coating on quality of cooked Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during the chilled storage. The samples were treated by 0.002% alginate solution (AL0), 0.002% alginate solution containing thymol essential oil 0.1% (TMC01), 0.002% alginate solution containing thymol essential oil 0.5% (TMC05) and uncoated (UC0), then subsequently stored at 4 °C for 20 days. It was found that the quality of cooked Pacific white shrimp samples was affected by different concentration of alginate (AL) and thymol essential oil (TMC) in coating solution. Results showed that TMC05 had the lowest changes in microbiological (total viable count), chemical (TVB-N, TMA-N and pH), physical (shear force and cooking loss), and sensory qualities ($p < 0.05$). This was followed by TMC01, AL0 and UC0, respectively. Therefore, the result from consumer's sensory satisfaction revealed that TMC05 was suitable for preserving the quality of cooked Pacific white shrimp and could extend the shelf-life of such shrimp of more than 20 days. While the shelf-life of shrimp coated with TMC01 and AL0 were 16 and 10 days, respectively. Additionally, shrimp coated with UC0 had the shelf-life of 8 days (Considering safety of eating ready-to-eat shrimp to total plate count of less than 5.0 log CFU/g.).

Key words: cooked Pacific white shrimp, microbiological quality, chemical quality, sensory quality, thymol essential oil

บทนำ

กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2561 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์กุ้งสด กุ้งแช่เย็น และกุ้งแช่แข็ง ปริมาณ 146,710.41 ตัน มูลค่า 46,881.10 ล้านบาท ซึ่งผลผลิตประมาณ 25% นั้นได้จากการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง เพชรบุรี และตราด (Fisheries development policy and strategy development, 2018) กุ้งขาวมีคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติดี ทำให้เป็นที่นิยมบริโภค ซึ่งข้อจำกัดของการจำหน่ายเพื่อบริโภคภายในประเทศหรือการเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ คือ กุ้งขาวเน่าเสียได้ง่ายจากเอนไซม์ในตัวเอง เอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้คุณค่าทาง

โภชนาการลดลง ลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การลดข้อจำกัดดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี โดยการดัดแปลงพันธุกรรมเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับเนื้อกุ้งขาวดัดแปลงพันธุกรรมจากการเก็บรักษาได้ 8 วัน (Kusuma and Teerawut, 2014) ขณะที่กุ้งขาวดิบเก็บในน้ำแข็งได้เพียง 5 วัน (Teerawut and Pratumchart, 2014) และยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสามารถนำไปใช้ได้สะดวก ดังนั้นหากต้องการรักษาคุณภาพของกุ้งขาวให้เก็บได้นานขึ้น การนำเทคโนโลยีการถนอมอาหารแบบผสมผสาน (hurdle technology) ด้วยการดัดแปลงพันธุกรรมและการนำน้ำมันหอมระเหยที่ปลอดภัยและปลอดภัยจากผู้บริโภคมาใช้สามารถช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อกุ้งได้ โดยสารสกัดจากธรรมชาติที่มีสารประกอบฟีนอลชนิดต่างๆ เช่น thymol และ

carvacrol ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย รวมทั้งยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันในกุ้งได้ (Wang *et al.*, 2018; Song *et al.*, 2011) งานวิจัยหลายชิ้นได้มีการนำน้ำมันหอมระเหยไทมอลมาใช้รักษาคุณภาพสัตว์น้ำ เช่น กุ้ง *Palaemon serratus* (Mastromatteo *et al.*, 2010) ปลากระโทงดาบ (Kykkidou *et al.*, 2009) ปลากระพงขาว (Kostaki *et al.*, 2009) และปลาเรนโบว์เทราท์ (Jouki *et al.*, 2014) งานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงประสิทธิภาพของการเคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวดัมสุก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) (ขนาดน้ำหนัก 50-60 ตัวต่อกิโลกรัม) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2562 จากตลาดประมงพื้นบ้านอ่างศิลา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี โดยเป็นกุ้งที่ตายแล้วและสุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้เป็นไปตามคุณภาพที่ระบุในมาตรฐานกุ้งทะเล มกษ. 7019-2556 (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2014) บรรจุกุ้งขาวในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน แล้วบรรจุลงกล่องสไตรโฟม (กุ้งขาว : น้ำแข็ง เท่ากับ 1 : 1.5) ปิด

ฝากล่อง ขนส่งด้วยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ระยะเวลา 30 นาที) นำกุ้งขาวมาล้างและเปลือกเอาไส้ออกเหลือแต่เนื้อกุ้งไปต้มในน้ำเดือด จนจุดกึ่งกลางของเนื้อกุ้งมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเสียบ (TBT-09H Digital Food Thermometer, Walcom Int'l Industry Ltd., China) เสียบเข้าไปในชิ้นเนื้อกุ้งเพื่อวัดอุณหภูมิ แล้วนำเนื้อกุ้งต้มมาแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน 1 นาที ก่อนนำตัวอย่างไปใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

2. การเตรียมสารเคลือบและการเคลือบเนื้อกุ้งขาวดัมสุก

เตรียมสารเคลือบที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยไทมอล (Changsha Winner Bio - Tech Co. Ltd., China) และอัลจินต (AL) ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้ได้ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นำเนื้อกุ้งขาวดัมสุกแช่ในสารเคลือบแต่ละชุดการทดลอง อัตราส่วน 1: 2 (w/v ของเนื้อกุ้ง: สารเคลือบ) นาน 5 วินาที ทิ้งให้สะเด็ดสารเคลือบนาน 1 นาที แล้วเคลือบด้วย 0.002% CaCl_2 นาน 1 นาที แล้วบรรจุเนื้อกุ้งขาวดัมสุกในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนขนาด 6×9 นิ้ว ถุงละ 15 ตัว (น้ำหนักเนื้อกุ้งประมาณ 100 กรัม) ปิดปากถุงด้วยความร้อนและเก็บรักษาในตู้เย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของสารเคลือบที่ใช้เคลือบเนื้อกุ้งขาวดัมสุกแต่ละสูตร

ชุดการทดลองที่	ความเข้มข้น (%)	
	AL	TMC
UC0	0.000	0.000
AL0	0.002	0.000
TMC01	0.002	0.100
TMC05	0.002	0.500

3. การวิเคราะห์คุณภาพ

สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 20 วัน ประกอบด้วย คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (AOAC, 1994a) *Escherichia coli*/ Coliform (AOAC, 1994b) (การกำหนดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวสุก พิจารณาจากการพบจำนวนจุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งเกินค่ามาตรฐาน (Martínez-Alvarez *et al.*, 2009) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen: TVB-N) และปริมาณไนโตรเจนเอมีน (TMA-N) (Hasegawa, 1987) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) (AOAC, 2000) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าแรงเฉือนบริเวณกึ่งกลางเนื้อกุ้งปล้องที่ 2 (ใบมีดชนิด HDP/WBV Warner Bratzler blade set ความเร็วที่ใช้ทดสอบ pre - test speed 2.00 mm/sec, test speed 2.00 mm/sec, post - test speed 2.50 mm/sec, target mode strain 100% และ trigger force 5.0 g) และการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อ (% cooking loss) ด้วยการชั่งน้ำหนัก และคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำเนื้อกุ้งต้มสุกมานึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 3 นาที ก่อนการทดสอบชิม โดยเป็นการทดสอบแบบ 9 Point hedonic scale (9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน 20 คน ให้คะแนนความชอบ 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ทั้งนี้ไม่มีการกลืนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบและตัวอย่างถูกตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจนทราบผลว่าตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐาน แล้วจึงนำตัวอย่างในชุดการทดลองที่เตรียมไว้เฉพาะการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาให้ผู้ทดสอบดำเนินการทดสอบ

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ออกแบบการทดลองแบบ RCRD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่าง

ของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

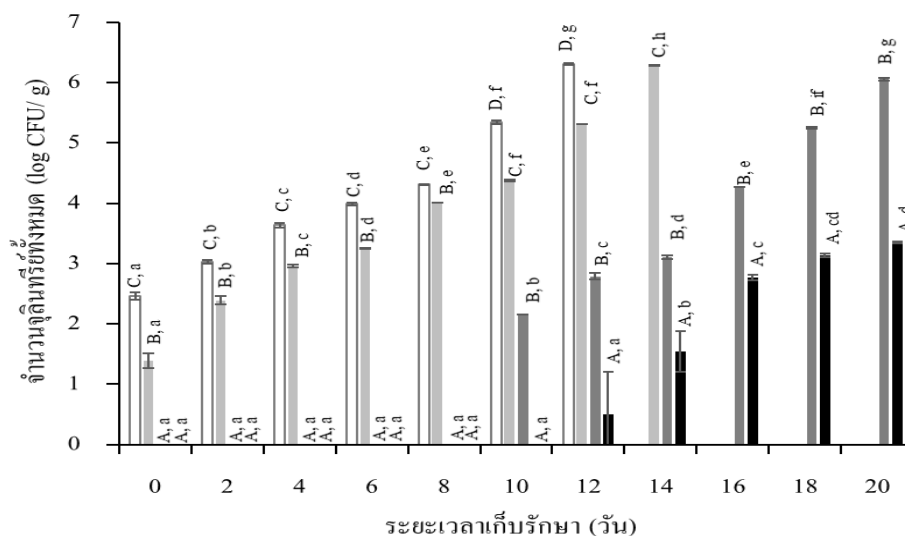
วันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อกุ้งขาวต้มสุกทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 0.00-2.46 log CFU/g (ภาพที่ 1) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื้อกุ้งขาวต้มสุก UC0 และ AL0 มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์มีการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมและสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารอาหารในเนื้อกุ้งเพื่อการเจริญ (Leungsakul, 1996) จำนวนจุลินทรีย์จึงเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ TMC01 และ TMC05 ตรวจไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ในวันที่ 0-8 ของการเก็บรักษา และวันที่ 8-20 ของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยมีการเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่มีสารประกอบฟีนอล ได้แก่ thymol และ carvacrol ที่มีหมู่ OH ที่ซึมผ่านชั้นไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ ไปรบกวนสมดุลภายในและนอกเซลล์ ส่งผลให้เกิดการฉีกขาดของผนังเซลล์แล้วเกิดการรั่วของสารอาหารหรือของเหลวภายในเซลล์ จุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญได้ (Burt, 2004) ซึ่ง Wang *et al.* (2018) พบว่าการใช้ carvacrol เคลือบกุ้งขาว (*L. vannamei*) สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้และ Mastromatteo *et al.* (2010) พบว่า กุ้ง *Palaemon serratus* ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบสารตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หากพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ไม่เกิน 5 log CFU/g สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งพร้อมบริโภค (Martínez-Alvarez *et al.*, 2009) ผลการวิจัยพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ในเนื้อกุ้งขาวต้มสุก UC0, AL0 และ TMC01 มีค่ามากกว่ามาตรฐานในวันที่ 10, 12 และ

18 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ขณะที่ TMC05 ยังคงมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่ 0.5% ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวคัมสุกทุกชุดการทดลองไม่พบการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นดัชนีบ่งบอกสุขลักษณะ การตรวจไม่พบแสดงว่าในการทดลองครั้งนี้ไม่มีการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต เช่น การขนส่ง การเตรียมวัตถุดิบและสารเคลือบ การเคลือบ การบรรจุรวมถึงการเก็บรักษา รวมทั้งความร้อนในการต้มเนื้อกุ้งยังทำลายโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ได้ เช่นเดียวกับ

การศึกษากุ้งตะกาด (*Parapenaeus longirostris*) นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที พบว่า ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่ม Enterobacteriaceae เช่น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E. coli* และ *Salmonella* spp. ได้ (Martínez-Alvarez et al., 2009)

ทั้งนี้ในวันที่ 14 - 20 และ 16 - 20 ของการเก็บรักษาไม่ได้มีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสสำหรับการทดลอง UC0 และ AL0 ตามลำดับ เนื่องจากในวันก่อนหน้าวันดังกล่าวตัวอย่างในชุดการทดลองทั้งสองมีจำนวนจุลินทรีย์เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ไม่เกิน 5 log CFU/g สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งพร้อมบริโภค (Martínez-Alvarez et al., 2009)



ภาพที่ 1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวคัมสุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจินต 0.002% ที่มีน้ำมันหอมระเหยไทมอลผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน □ UC0 ■ AL0 ■ TMC01 ■ TMC05 (A, B, C, ... มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง a, b, c, ... มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา และแถบบาร์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์ภาพ)

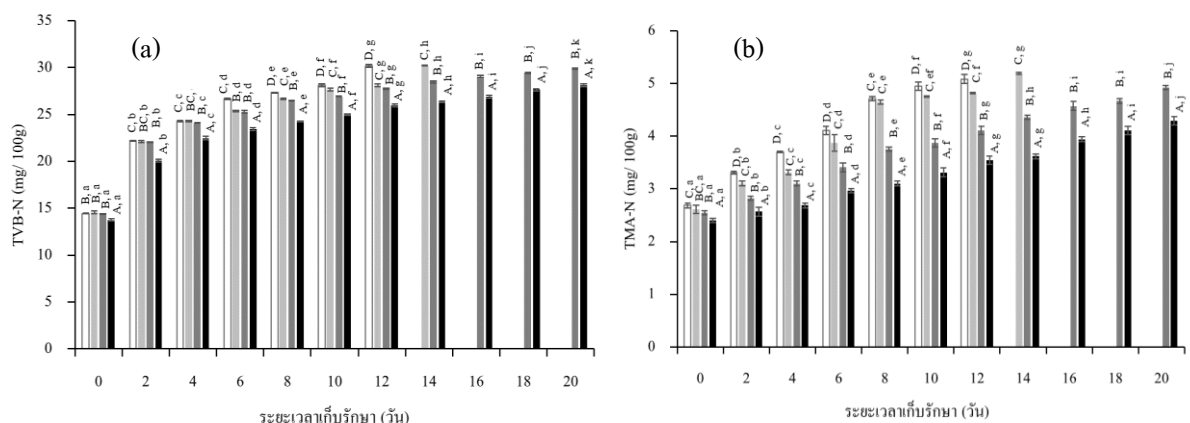
2. คุณภาพทางเคมี

ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และไนโตรเจนเอมีน (TMA-N) ผลการทดลองพบว่า

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อกุ้งขาวคัมสุกมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N 13.77 - 14.56 และ 2.40 - 2.68 มก.ไนโตรเจน/ 100 ก. ตามลำดับ และ

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อกุ้งขาวต้มสุกทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N มากขึ้น ($p < 0.05$) (ภาพที่ 2) โดยจุลินทรีย์ในเนื้อกุ้งสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารอาหารต่างๆ รวมทั้งโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในกุ้ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและสลายตัวได้เป็นสารประกอบ TVB-N และ TMA-N ปริมาณมากขึ้น (Gram and Dalgaard, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของการทดลองในครั้งนี้ Tantasuttikul *et al.* (2011) พบว่าเนื้อหมึกกล้วย และ Kusuma and Teerawut (2014) พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้ม มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามเนื้อกุ้งขาวต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยกว่าการไม่

เคลือบสารและการเคลือบอัลจินตเพียงอย่างเดียว และที่ระดับความเข้มข้นมากขึ้นมีผลทำให้มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยลง ($p < 0.05$) (ภาพที่ 2) โดยประสิทธิภาพของสารประกอบฟีนอลในน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน จนเป็น TVB-N และ TMA-N ซ้ำลง เช่นเดียวกับ Teerawut and Kwan-on (2018) พบว่า กุ้งขาวที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไทม์มอล Jouki *et al.* (2014) พบว่าการเคลือบเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์มอล มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้น้ำมันหอมระเหย



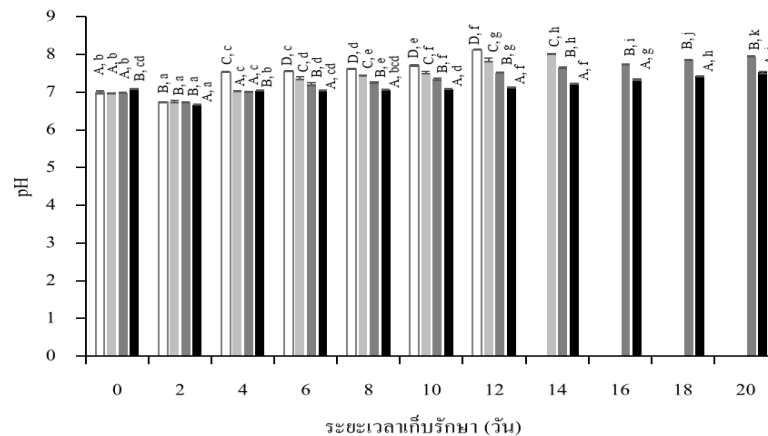
ภาพที่ 2 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) (a) และปริมาณไนโตรเจนอะมิโน (TMA-N) (b) ของเนื้อกุ้งขาวต้มสุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจินต 0.002% ที่มีน้ำมันหอมระเหยไทม์มอลผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน □ UC0 ■ AL0 ■ TMC01 ■ TMC05 (A, B, C, ... มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง a, b, c, ... มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา และแถบบาร์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์ภาพ)

ค่า pH: วันที่ 0-2 ของการเก็บรักษา พบว่าเนื้อกุ้งขาวต้มสุกทุกชุดการทดลองมีค่า pH ลดลง และวันที่ 2-20 ของการเก็บรักษา มีค่า pH เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3) เกิดจากการสลายตัวของไกลโคเจนภายใต้

สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) อย่างต่อเนื่องได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกสะสมทำให้ pH ของเนื้อกุ้งลดลง ต่อมาเกิดการเน่าเสียต่อเนื่องโดยมีการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีสมบัติเป็น

เบส (TVB-N) ส่งผลให้ pH เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Li *et al.* (2012) พบว่าเนื้อปลาการ์ป (*C. auratus*) แช่เย็น มีค่า pH ลดลงในช่วงแรกของการเก็บรักษา จากนั้นจึงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการทดลองยังพบว่า TMC05 และ TMC01 มี pH น้อยกว่า UC0 และ AL0 โดยเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากขึ้นทำให้เนื้อกุ้งขาวดัมสุกมี pH น้อยลง การเปลี่ยนแปลงค่า pH มีความสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์ ปริมาณ TVB-N และ TMA-N ที่เพิ่มขึ้น เกิดจาก thymol และ carvacrol ในน้ำมันหอมระเหย

ไทมอลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบในโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนน้อยลง ดังนั้นการเกิดสารประกอบในโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นด่างในปริมาณน้อยลงทำให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้เช่นเดียวกับ Chamanara *et al.* (2012) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลและโคโคซาน มีค่า pH น้อยกว่าการไม่เคลือบ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน



ภาพที่ 3 pH ของเนื้อกุ้งขาวดัมสุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจินต 0.002% ที่มีน้ำมันหอมระเหยไทมอลผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน □ UC0 ■ AL0 ■ TMC01 ■ TMC05 (A, B, C, ... มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง a, b, c, ... มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา และแถบบาร์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์ภาพ)

3. คุณภาพทางกายภาพ

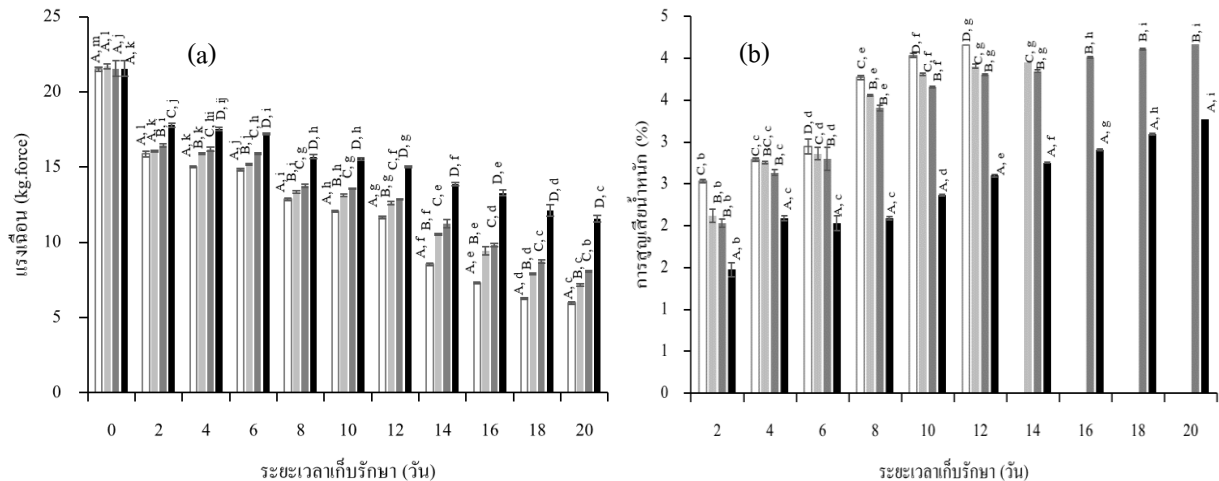
ค่าแรงเหวี่ยงสามารถใช้ติดตามการเสื่อมคุณภาพของกุ้งได้ โดยเมื่อยังไม่เกิดการเน่าเสีย โปรตีนในเนื้อกุ้งยังคงมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นสูง เมื่อวัดค่าแรงเหวี่ยงทำให้มีค่าสูง (Chen and Youling, 2008) สอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวดัมสุกมีค่าแรงเหวี่ยง 21.51-27.70 g.force และทุกชุด

การทดลองมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p < 0.05$, ภาพที่ 4(a)) เช่นเดียวกับ Imran *et al.* (2013) ที่ศึกษาคุณภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) แช่แข็ง และ Sa-Nguansub *et al.* (2017) ที่ศึกษาเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุก พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อกุ้งมีค่าแรงเหวี่ยงลดลง ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา TMC05 มีค่าแรงเหวี่ยงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ TMC01, AL0 และ UC0

ตามลำดับ โดยเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลมากที่สุดทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารประกอบฟีนอลมีมากขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์ตายลงจึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ เมื่อจุลินทรีย์ถูกยับยั้งทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งขาวถูกย่อยสลายน้อยลง ความยืดหยุ่นของโปรตีนยังคงมีอยู่ส่งผลให้ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อกุ้งขาวมีมากกว่าชุดการทดลองอื่น เช่นเดียวกับ Kykkidou *et al.* (2009) พบว่าน้ำมันหอมระเหยไทมอลช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการลดลงของค่าเนื้อสัมผัสทำให้ปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีค่าเนื้อสัมผัสมากกว่าเนื้อปลาที่ไม่มีการเคลือบน้ำมันหอมระเหยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วน Mastromatteo *et al.* (2010) พบว่าการเคลือบเนื้อกุ้ง (*Palaemon serratus*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลช่วยรักษาความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการไม่เคลือบ

เนื้อกุ้งขาวต้มสุกในวันที่ 2 ของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนัก 1.48-2.53% โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น มีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น ($p < 0.05$) (ภาพที่ 4 (b)) ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อกุ้งขาวต้มสุกมีเพิ่มมากขึ้นตามการ

เก็บรักษาที่นานขึ้นทั้งนี้มิใช่สาเหตุมาจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นไปย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ของโปรตีน ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนที่เรียกว่า water holding capacity ลดลง ดังนั้นน้ำรวมทั้งสารประกอบต่างๆ เช่น แร่ธาตุ และวิตามิน ที่เคยยึดจับกับโปรตีนถูกปลดปล่อยออกมาส่งผลให้น้ำหนักของตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย TMC05 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ TMC01, AL0 และ UC0 ตามลำดับ เกิดจากสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่มีมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ (Burt, 2004; Jouki *et al.*, 2014) ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างเอนไซม์มาย่อยโปรตีนได้ ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนยังมีอยู่ทำให้การสูญเสียน้ำหนักมีน้อย เช่นเดียวกับ Kykkidou *et al.* (2009) พบว่าปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการไม่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไทมอลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และ Attouchi and Sadok (2010) พบว่าเนื้อปลา Gilthead sea bream (*Sparus aurata*) เก็บรักษาในน้ำแข็งที่โรยด้วยผงไทมอลมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม



ภาพที่ 4 แรงกล้ามเนื้อ (a) และการสูญเสียน้ำหนัก (b) ของเนื้อกุ้งขาวตัวผู้ที่ถูกเลี้ยงด้วยสารละลายอัลจินต 0.002% ที่มีน้ำมันหอมระเหยไทม์ออลผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน □ UC0 ■ AL0 ■ TMC01 ■ TMC05 (A, B, C, ... มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง a, b, c, ... มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา และแถบบาร์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์ภาพ)

4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวตัวผู้ UC0 และ AL0 มีคะแนนความชอบคงที่ใน 2 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้นมีความชอบลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ($p < 0.05$, ภาพที่ 5) โดยเมื่อยังไม่เกิดการเน่าเสียเนื้อกุ้งตัวผู้ที่มีสีขาว มีจุดสีส้มชัดเจน มีรสและกลิ่นหอมหวาน รวมทั้งมีเนื้อสัมผัสยืดหยุ่นมาก แต่เมื่อเกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีน ทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพ ความยืดหยุ่นของโปรตีนลดลง กรดอะมิโนอิสระที่ให้แก่กลิ่นรสเฉพาะถูกทำลาย (Chen and Youling, 2008) เกิดเมือกที่เกิดจากแคปซูลของจุลินทรีย์ที่เป็น polysaccharide ที่สังเคราะห์ได้มากขึ้น (Ray and Bhunia, 2014) ประกอบกับโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเสื่อมสภาพจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดเป็นสารประกอบต่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์มากขึ้น (Gram and Dalgaard, 2002;

Kusuma and Teerawut, 2014) และเมื่อเนื้อกุ้งขาวตัวผู้เกิดการเน่าเสียยังมีผลทำให้ไขมันในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อกุ้งขาวถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งมีโมเลกุลสั้นเกิดการระเหยได้ง่าย รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ อัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ ที่ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อกุ้งได้เช่นกัน (Okpala, 2016) ซึ่งผลการทดลองทางประสาทสัมผัสนี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ การลดลงของค่าแรงเหวี่ยง การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และ TMA-N เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Teerawut and Pratumchart (2014) พบว่า กุ้งขาวที่แช่ในน้ำแข็งมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อเก็บรักษานานมากขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า วันที่ 4-20 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวตัวผู้ AL0 มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า UC0 เนื่องจากการเคลือบด้วย

สารละลายอัลจินตช่วยรักษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของอาหาร โดยชะลอชะการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และยังป้องกันการสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ทำให้ยังคงยึดเกาะกับน้ำได้ดีลดการสูญเสียความชื้นได้ (Mohebi and Shahbazi, 2017) เช่นเดียวกับ Kusuma and Teerawut (2014) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบสารละลายอัลจินต และ Song *et al.* (2011) พบว่า ปลาตะเพียน (*Megalobrama amblycephala*) ที่เคลือบอัลจินตมีความชอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบอัลจินต เช่นกัน

ขณะที่หากพิจารณาผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มสุก TMC01 และ TMC05 สามารถแบ่งการเปลี่ยนแปลงได้ 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 วันที่ 0-4 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสรวมทั้งมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจาก UC0 และ AL0 ส่วนคะแนนความชอบกลิ่นและรสชาติมีค่าเพิ่มขึ้นและมีคะแนนความชอบแตกต่างจาก UC0 และ AL0 เนื่องจากกลิ่นรสเฉพาะของของน้ำมันหอมระเหยไทมอลที่มีมากในช่วงแรกของการเก็บรักษา ทำให้ผู้ทดสอบรับรู้กลิ่นหอมหวาน และรสอร่อยของเนื้อ กุ้งขาวต้มสุกได้น้อย จากนั้นเมื่อกลิ่นรสของน้ำมันหอมระเหยไทมอลจางลง กลิ่นและรสชาติของเนื้อกุ้งขาวต้มสุกชัดเจนขึ้น ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับมากขึ้นในวันที่ 6-20 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ El-Obeid *et al.* (2018) พบว่า ปลาไหลรมควันที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นและรสชาติน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจนถึงวันที่ 42 ของการเก็บรักษาคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมาก

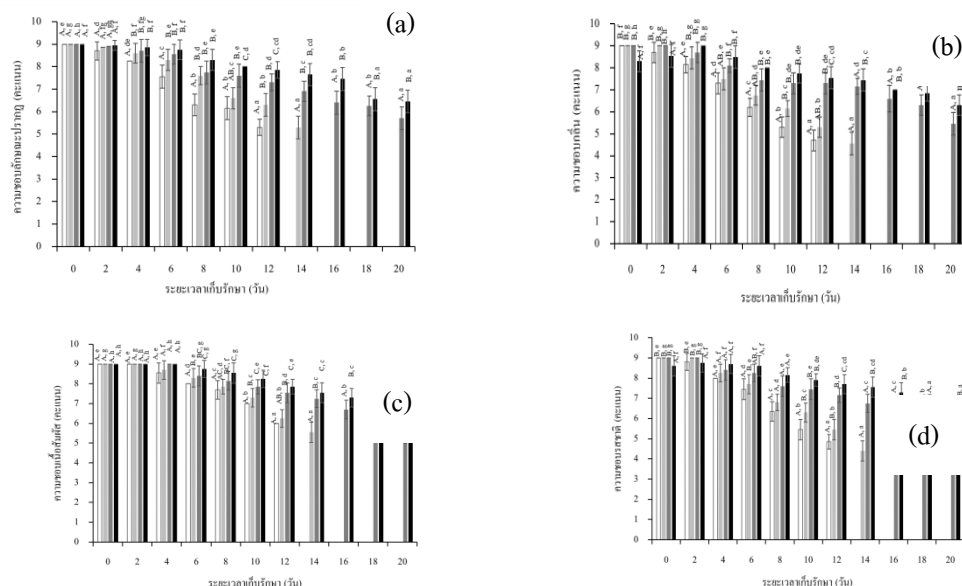
ตัวอย่างควบคุม ส่วน Shadman *et al.* (2017) พบว่า การใช้เทคนิคนาโนอิมัลชันร่วมกับน้ำมันหอมระเหยไทมอลช่วยเพิ่มคะแนนความชอบด้านกลิ่นและด้านกลิ่นรสในเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) ได้

การเปลี่ยนแปลงในช่วงที่ 2 คือ วันที่ 6-20 ของการเก็บรักษานั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเนื้อกุ้งขาวต้มมีสีขาวอมน้ำตาลมากขึ้น มีเมือกมากขึ้น มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นเหม็นเปรี้ยวมากขึ้น มีรสหวานน้อยลงและเนื้อนุ่มละมากขึ้น เกิดจากการเน่าเสียมากขึ้น เนื้อกุ้งขาวต้มสุกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเนื้อกุ้งส่งผลให้สีของเนื้อกุ้งเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือเทา (Potter and Hotchkis, 1995) และการที่จุลินทรีย์กลุ่มที่มีแคปซูลเป็นสาร polysaccharide ที่ทำให้เกิดเมือกมากขึ้น (Ray and Bhunia, 2014) ส่วนการย่อยสลายกรดอะมิโนอิสระและสารประกอบนิวคลีโอไทด์ที่หักกลิ่นหอมของเนื้อกุ้งต้มโดยจุลินทรีย์นั้นส่งผลให้กลิ่นกุ้งต้มจางลง ทั้งนี้การเจริญของจุลินทรีย์ตามระยะเวลาการเก็บรักษายังส่งผลต่อกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเปรี้ยวของเนื้อกุ้ง โดยกลิ่นคาวเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนของจุลินทรีย์ได้เป็นสารประกอบต่างๆที่ระเหยได้ เช่น แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน, ไดเมทิลเอมีน และ เมทิลเอมีน (Gram and Dalgaard, 2002) ซึ่งเป็นผลให้เนื้อกุ้งขาวต้มสุกมีกลิ่นคาวมากขึ้น รวมถึงกลิ่นเหม็นเปรี้ยวที่มีมากขึ้นเมื่อมีการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น (Francoise, 2010) รวมทั้งกรดอะมิโนอิสระเช่น ไกลซีนที่ให้รสหวาน และกลูตามิกที่ให้รสอร่อยถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายทำให้เนื้อกุ้งขาวต้มสุกมีรสหวานและรสอร่อยน้อยลง (Sikorski *et al.*, 1990) ส่วนการนิ่มละของเนื้อกุ้งเกิดจากจุลินทรีย์ย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนที่เคยจับตัวกันแน่นให้อ่อนตัวลง

โมเลกุลของน้ำที่จับกับโปรตีนถูกปลดปล่อยทำให้ความยืดหยุ่นและความแน่นน้อยลง (Pezeshk *et al.*, 2011) เช่นเดียวกับ Mohammad *et al.* (2013) พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับกลิ่นของปลาเรนโบว์เทราท์ (*Onchorynchus mykiss*) เคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกานอลและน้ำมันหอมระเหยไทมอล และ Kusuma and Teerawut (2014) พบว่า ผู้ทดสอบให้ความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสของเนื้อกุ้งขาวต้มเคลือบน้ำมันหอมระเหยออริกานอลลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นกัน

อย่างไรก็ตามวันที่ 4-20 ของการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มสุกที่มีคะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือ TMC05 รองลงมาคือ TMC01, AL0 และ UC0 ตามลำดับ ($p < 0.05$, ภาพที่ 5) เนื่องจากเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไทมอลมาก ปริมาณสารออกฤทธิ์ ได้แก่ carvacrol และ thymol ที่ช่วยชะลอการเจริญ

ของจุลินทรีย์มีปริมาณสูงขึ้นด้วย (Alçiçek, 2011) และในน้ำมันหอมระเหยไทมอลยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์เมื่อให้ไฮโดรเจนกับอนุมูลอิสระ อนุมูลของฟลาโวนอยด์ฟีนอลิกซึ่งมีความเสถียร จึงมีสมบัติในการเป็น antioxidant (Mohammad *et al.*, 2013) การเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวเกิดช้าลง เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Erkan (2012) ที่พบว่าการนำปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) มาเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลและน้ำมันหอมระเหยกระเทียมช่วยชะลอการเน่าเสียของเนื้อปลาได้ และ Kostaki *et al.* (2009) พบว่าเนื้อปลากะพงขาว (*Dicentrarchus labrax*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไทมอลร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการไม่เคลือบสาร



ภาพที่ 5 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ (a) กลิ่น (b) เนื้อสัมผัส (c) และรสชาติ (d) ของเนื้อกุ้งขาวต้มสุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจินต 0.002% ที่มีน้ำมันหอมระเหยไทมอลผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน □ UC0 ■ AL0 ■ TMC01 ■ TMC05 (A, B, C, ... มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง a, b, c, ... มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา และแถบบาร์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์ภาพ)

สรุป

การนำเนื้อกุ้งขาวต้มมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไทม์ช่วยลดการเน่าเสียของเนื้อกุ้งขาวต้มได้ดีกว่าการเคลือบสารละลายอัลจินेट และการไม่เคลือบ โดย TMC05 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา เคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส การกำหนดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวต้มสุก สำหรับการทดลองนี้เมื่อพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ไม่เกิน 5 log CFU/g เนื่องจากเกินเกณฑ์ที่กำหนดก่อนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ระดับน้อยกว่า 5 คะแนน แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองที่ดีที่สุดคือ TMC05 สามารถเก็บได้มากกว่า 20 วัน รองลงมาคือ TMC01, AL0 และ UC0 ที่เก็บได้ 16, 10 และ 8 วันตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่สัญญา SC14/2562

เอกสารอ้างอิง

- Alçiçek, 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(3): 683-688.
- AOAC. 1994a. Official Method 990.12: Aerobic Plate Count in Foods. **Journal of AOAC International** 73: 242.
- AOAC. 1994b. Official method 991.14: Coliform and *Escherichia coli* count in foods. **Journal of AOAC International** 74: 635.
- AOAC. 2000. **Official method of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17thed. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, USA.
- Attouchi, M. and Sadok, S. 2010. 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.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology** 94(3): 223-253.
- Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S. and Khomeiri, M. 2012. An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules** 50: 540-544.
- Chen, G. and Youling, Y.L. 2008. Shelf-stability enhancement of precooked red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) tails by modified CO₂/O₂/N₂ gas packaging. **LWT - Food Science and Technology** 41: 1431-1436.
- El-Obeid, T., Yehia, H.M., Sakkas, H., Lambrianidi, L., Tsiraki, M.I. and Savvaidis, I.N. 2018. Shelf-life of smoked eel fillets treated with chitosan or thyme oil. **International**

- Journal of Biological Macromolecules** 144: 578-583.
- Erkan, N. 2012. The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum - packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Food Bioprocess Technology** 5: 1246-1254.
- Fisheries development policy and strategy development. 2018. **Export and import value of shrimp**. Available Source: <https://www.fisheries.go.th/strategy/UserFiles/files/21-2-62.pdf>, March 1, 2020. (in Thai)
- Francoise, L. 2010. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. **Food Microbiology** 27(6): 698-709.
- Gram, L. and Dalgaard, P. 2002. Fish spoilage bacteria- problems and solutions. **Environmental Biotechnology** 13: 262-266.
- Hasegawa, H. 1987. **Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products**. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.
- Imran, A., Chawalit, J. and Somrote, K. 2013. Characterization of quality degradation during chilled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) supply chain. **International Food Research Journal** 20(4): 1833-1842.
- Jouki, M., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A., Koocheki, A. and Khazaei, N. 2014. 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.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I.N. and 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.
- Kusuma, B. and Teerawut, S. 2014. Shelf-life extension of pre-cooked shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by oregano essential oil during refrigerated storage. **Burapha Science Journal** (Special Issue): 71-77.
- Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M.G. and Savvaidis, I.N. 2009. Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4°C. **Food Chemistry** 115: 169-175.
- Leungsakul, S. 1996. **Food microbiology**. Chaijarean Press, Bangkok. (in Thai)
- Li, T., Li, J., Hu, W., Zhang, X., Li, X. and 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., Gómez-Guillén, M. and 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(8): 1335-1344.
- Mastromatteo, M., Danza, A., Conte, A., Muratore, G. and 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.
- Mohammad, J., Farideh, T.Y., Seyed, A.M., Arash, K. and Naimeh, K. 2013. Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets. **International Journal of Food Microbiology** 174: 88-97.
- Mohebi, E. and Shahbazi, Y. 2017. Application of chitosan and gelatin based active packaging films for peeled shrimp preservation: a novel functional wrapping design. **LWT - Food Science and Technology** 76: 108-116.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2014. **Marine shrimp standard TAS 7019-2013**. Mimeographed documents, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Okpala, C.O.R. 2016. Lipid autoxidation in ozone-processed crustacean under cold storage: a treatise. **Lipid Technology** 28(5-6): 93-95.
- Pezeshk, S., Rezaei, M. and Hosseini, H. 2011. Effects of turmeric, shallot extracts, and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at 4 ± 1 °C. **Journal of Food Science** 76: 387-391.
- Potter, N.N. and Hotchkis, J.H. 1995. **Food Science**. Chapman & Hall, New York.
- Ray, B. and Bhunia, A. 2014. **Fundamental food microbiology**. 5th ed. CRC Press, Florida.
- Sa-Nguansub, S., Teerawut, S and Kwan-on, P. 2017. Extension of shelf-life and physical quality changes of cooked Pacific white shrimp during cold storage. **Burapha Science Journal** 21(Special Issue): 141-152. (in Thai)
- Shadman, S., Hosseini, S.E., Langroudi, H.E. and Shabani, S. 2017. Evaluation of the effect of a sunflower oil-based nanoemulsion with *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on the physicochemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during cold storage. **LWT - Food Science and Technology** 79: 511-517.
- Sikorski, Z.E., Kolakowska, A. and Pan, B.S. 1990. The nutritive composition of the major groups of marine food organisms, pp 29-54. In Sikorski, Z.E., ed. **Seafood: resources, nutritional composition and preservation**. CRC Press, Florida.
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J. and 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.
- Tantasuttikul, A., Kijroongrojana, K. and Benjakul, S. 2011. Quality indices of squid

- (*Photololigo duvaucelii*) and cuttlefish (*Sepia aculeata*) stored in ice. **Journal of Aquatic Food Product Technology** 20(2): 129-147.
- Teerawut, S. and 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.
- Teerawut, S. and Kwan-on, P. 2018. Influence of thyme essential oil in ice to enhance chemical and physical quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Khon Kaen Agricultural Journal** 46(Special Issues): 1059-1066. (in Thai)
- Wang, Q., Lei, J., Ma, J., Yuan, G. and Sun, H. 2018. Effect of chitosan-carvacrol coating on the quality of Pacific white shrimp during iced storage as affected by caprylic acid. **International Journal of Biological Macromolecules** 106: 123-129.