Research Article

Received: October 26, 2019; Accepted: April 29, 2020

ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อคุณภาพของหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)

Effect of Hydrogen Peroxide on Quality of Squid (*Loligo* spp.)

ปทิตตา ก่าวงค์ และสวามินี ธีระวุฒิ*

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

Patitta Kawong and Savaminee Teerawut*

Department of Aquatic Science, Faculty Science, Burapha University,

Long-Hard Bangsaen Road, Saen Sook, Muang, Chonburi, 20131

บทคัดย่อ

หมึกกล้วยมีรสชาติและเนื้อสัมผัสเฉพาะตัว แต่เน่าเสียง่าย จึงเลือกใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เพื่อรักษาคุณภาพ ส่วนแรกนำเนื้อหมึกดิบล้างด้วยน้ำประปา (RH00) และ H_2O_2 0.0035 % (RH35) 0.0055 % (RH55) 0.0075 % (RH75) และไม่ล้าง (RN00) ส่วนที่สองนำเนื้อหมึกส่วนแรกมาต้มให้สุก ล้างน้ำประปา (CH00) และ H_2O_2 0.0035 % (CH35) 0.0055 % (CH55) และ 0.0075 % (CH75) เก็บรักษาที่ 4±1 องศาเซลเซียส ตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาทั้งหมึกกล้วยดิบ (RH) และสุก (CH) คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสในหมึกกล้วยสุก (CH) พบว่า RH75 และ CH75 มีจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) น้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) และทุกชุดการทดลองตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค หมึกสุก CH35 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด มีค่าแรงเฉือนและคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ($p \leq 0.05$) โดย CH75 มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 20 วัน CH55, CH35 และ CH00 เก็บรักษาได้ 20, 20 และ 16 วัน ตามลำดับ หมึกดิบ RH75, RH55, RH35, RC00 และ RN00 มีอายุการเก็บรักษา 12, 8, 6, 4 และ 2 วัน ตามลำดับ (อาหารทะเลปรุงสุก TPC ไม่เกิน 6 log CFU/g) ดังนั้นการล้างหมึกกล้วยด้วย 0.0075 % H_2O_2 ช่วยรักษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาได้เป็นอย่างดี แต่ทำให้โปรตีนย่อยสลายส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัส การล้างด้วย 0.0035 % H_2O_2 ช่วยรักษาคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของหมึกกล้วยได้

คำสำคัญ : หมึกกล้วย; ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์; การล้าง; คุณภาพทางจุลชีววิทยา; คุณภาพทางกายภาพ

Abstract

Squid has a unique flavor and texture but its flesh is highly perishable. Therefore, using hydrogen peroxide (H_2O_2) to preserve the squid quality was investigated. The first study, raw squids

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** sawamin@go.buu.ac.th

were washed with tap water (RH00) and various concentrations of H_2O_2 solution, including 0.0035 % (RH35), 0.0055 % (RH55), and 0.0075 % (RH75), compared with the control as no washed sample (RN00). The second study, the squids from the first study were boiled until cooked, then washed with tap water (CH00) and H_2O_2 solution 0.0035 % (CH35), 0.0055 % (CH55) and 0.0075 % (CH75) before storing at 4±1 ºC. Microbiological quality of both raw and cooked squids were investigated. Physical and sensory qualities were evaluated only cooked squids. RH75 and CH75 showed the least total microbial counts (TPC) ($p \leq 0.05$), and pathogenic microbes were not detected for all samples. CH35 showed the lowest weight loss and the highest in shear strength and sensory quality ($p \leq 0.05$). The shelf life of the cooked squid CH75 was longer than 20 days, while those of CH55, CH35, and CH00 were 20, 20 and 16 days, respectively. The shelf life of the raw squid RH75, RH55, RH35, RC00 and RN00 were 12, 8, 6, 4 and 2 days, respectively (TPC standard for cooked seafood is less than 6 log CFU/g). Washing squid with 0.0075 % H_2O_2 was helpful for preserving of microbiological quality but causing protein degradation, which affected physical and sensory qualities. Besides, washing squid with 0.0035 % H_2O_2 was effective on preserving of physical and sensory qualities.

Keywords: squid; hydrogen peroxide; washing; microbiological quality; sensorial quality

1. บทนำ

หมึกกล้วย (*Loligo* spp.) เป็นสัตว์น้ำที่มีปริมาณการจับและมูลค่าการส่งออกในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก โดยปริมาณการจับในปี พ.ศ. 2561 มีมากกว่า 50 ล้านตัน มูลค่าการส่งออกมากกว่า 14 ล้านบาท [1] อีกทั้งหมึกกล้วยยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ เช่น กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย แร่ธาตุต่าง ๆ อีกทั้งมีรสชาติและเนื้อสัมผัสเฉพาะตัว ทำให้หมึกกล้วยเป็นที่นิยมของผู้บริโภค แต่หมึกกล้วยเกิดการเน่าเสียได้ง่ายหากเก็บรักษาด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม โดยเกิดการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ภายในตัวหมึกกล้วยเอง (autolysis) เกิดการย่อยสลายจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ปนเปื้อน (bacterial spoilage) รวมถึงการเน่าเสียที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับออกซิเจน (oxidation) ส่งผลให้คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของหมึกกล้วยลดลง รวมทั้งลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับ ทำให้มูลค่าทางเศรษฐกิจลดลงด้วย จึงมีการเลือกใช้สารเคมีในขั้นตอนก่อนการแปรรูปเพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาการเน่าเสีย ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ คลอรีน โอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นต้น แต่เนื่องจากคลอรีนและโอโซนมีฤทธิ์การกัดกร่อนสูง [2] เป็นตัวออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ขณะที่ H_2O_2 เมื่อแตกตัวแล้วให้ออกซิเจนและไฮโดรเจนที่ไม่เป็นพิษและสลายตัวได้ง่ายตามธรรมชาติ อีกทั้งมีสมบัติในการฆ่าเชื้อ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเป็นของเหลวที่ไม่มีสีและกลิ่น จึงไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วย และช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาการเน่าเสียได้ [3] ทำให้มีการนำ H_2O_2 มาประยุกต์ใช้ในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำก่อนการแปรรูป เช่น การใช้ H_2O_2 ในการล้างปลาคอด (*Gadus morhua*) ก่อน

การทำเค็ม [4] การใช้ H_2O_2 เพื่อฟอกสีผิวหมึกกล้วย (*Loligo formosana*) ก่อนการสกัดเจลาติน [5] อย่างไรก็ตาม การใช้ H_2O_2 ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปสำหรับสัตว์น้ำแต่ละชนิดและวิธีการแปรรูปที่ต่างกันทำให้ความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 ต่างกันไป งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 เพื่อการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมสารละลายสำหรับล้างหมึกกล้วย

นำสารละลาย H_2O_2 ชนิด food grade (S. Science Ltd., Thailand) มาผสมด้วยน้ำประปาจนได้ความเข้มข้นที่ 0.0035, 0.0055 และ 0.0075 % H_2O_2 (v/v)

2.2 การล้างเนื้อหมึกกล้วยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ซื้อหมึกกล้วย (*Loligo* spp.) ที่ไม่มีไข่ขนาด 5-6 ตัว/กิโลกรัม (ตลาดสะพานปลาอ่างศิลา ตำบลอ่างศิลา อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี) มาดึงหัวและเอาเครื่องในออก แล้วนำไปล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035, 0.0055, และ 0.0075 % ร่วมกับน้ำแข็ง [อัตราส่วนสารละลายต่อน้ำแข็ง คือ 1 : 1 (v/w)] และอัตราส่วนหมึกต่อสารละลาย H_2O_2 ผสมน้ำแข็ง คือ 1 : 3 (w/w) ล้างด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบต่ำ (Paul Tiger, AW-850, Thailand) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิน้ำ ไม่เกิน 14 องศาเซลเซียส จากนั้นนำหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ในแต่ละชุดการทดลองไปลอกหนังและหั่นชิ้นขนาดประมาณ 1.5 x 1.5 นิ้ว แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 บรรจุลงถุง polypropylene เพื่อเก็บรักษาแบบดิบ (สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา) ได้เป็นชุดการทดลอง RH35 (0.0035 % H_2O_2) RH55 (0.0055 % H_2O_2) และ RH75 (0.0075 % H_2O_2) และส่วนที่ 2 นำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 3 นาที แล้วจุ่มในน้ำ (น้ำประปาที่ผ่านการต้ม) ผสมน้ำแข็ง (เนื้อหมึก 150 กรัม : น้ำผสมน้ำแข็ง 1 ลิตร) ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 10 วินาที แล้วบรรจุลงถุง polypropylene จำนวน 15 ชิ้น/ถุง ปิดปากถุงด้วยความร้อน ได้เป็นชุดการทดลอง CH35 (0.0035 % H_2O_2) CH55 (0.0055 % H_2O_2) และ CH75 (0.0075 % H_2O_2) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส โดยเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาผสมน้ำแข็งเป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับ RH00 (หมึกกล้วยดิบ) และ CH00 (หมึกกล้วยต้มสุก) และชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการล้าง RN00 (หมึกกล้วยดิบ) นำตัวอย่างเนื้อหมึกกล้วยดิบและเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ โดยเนื้อหมึกกล้วยดิบวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาทุก 2 วัน เป็นเวลา 12 วัน และเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาทุก 2 วัน เป็นเวลา 16 วัน เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 วัน เป็นเวลา 20 วัน โดยทดลอง 3 ซ้ำ (น้ำแข็งที่ใช้ในการทดลองผลิตจากโรงงานที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GMP)

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

คุณภาพทางจุลชีววิทยาที่ตรวจวัด ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) [6] โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* [7] (อายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกพิจารณาจากการตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน 6 log CFU/g) [8] วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าแรงเฉือนและค่าการสูญเสียน้ำหนัก โดยค่าแรงเฉือนใช้ใบมีดชนิด HDP/WBV Warner Bratzler blade set ที่ความเร็ว pre-test speed 2.00 มิลลิเมตร/วินาที post-test speed 2.50 มิลลิเมตร/วินาที และ

test speed 2.00 มิลลิเมตร/วินาที การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการนำตัวอย่างไปนึ่งที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำไปให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว 20 คน ทดสอบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้การทดสอบความชอบ 9-point hedonic scale (9 คะแนน = ชอบมากที่สุด และ 1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด) [9]

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีของ Tukey (Tukey's test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ใช้โปรแกรมทางสถิติและรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±SEM

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการล้างหมึกกล้วยต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.1.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count, TPC)

พบว่าน้ำประปาที่ใช้ล้างเนื้อหมึกกล้วยดิบมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.70±0.06 log CFU/mL ส่วนสารละลาย 0.0035, 0.0055, 0.0075 % H_2O_2 ที่ใช้ล้างเนื้อหมึกกล้วยดิบตรวจไม่พบจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำประปาที่กำหนดไว้ คือ 2.70 log CFU/mL [10] วันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ไม่ผ่านการล้างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.87 log CFU/g และเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.42-3.21 log CFU/g (รูปที่ 1) เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยดิบทุกชุดการทดลอง มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ในเนื้อหมึกเองย่อยสลายโปรตีนให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนอีกครั้งหนึ่ง และนำผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนไปใช้ในการเจริญมากขึ้น จำนวนจุลินทรีย์จึงมากขึ้น [11] โดยชุดการทดลอง RH75 ให้ผลการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุด รองลงมา คือ RH55, RH35 และ RH00 ตามลำดับ และในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.82-2.89 log CFU/g (รูปที่ 2) ซึ่งมีค่ามากกว่าหมึกกล้วยดิบ อาจเกิดจากน้ำผสมน้ำแข็งที่ใช้ในการจุ่มหลังการต้มสุกหรือภาชนะที่ใช้ อย่างไรก็ตาม แบ่งการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 ของการเก็บรักษา (วันที่ 0-2) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดคงที่ รวมทั้งเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง ($p > 0.05$) เนื่องจากเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อนจากการต้มหรือรอดจากประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของ H_2O_2 ที่ใช้ในการล้างก่อนต้ม มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่จึงใช้เวลาในการปรับตัวและยังไม่มีการแบ่งเซลล์ จำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจพบจึงมีค่าคงที่ [3] ส่วนช่วงที่ 2 ของการเก็บรักษา (วันที่ 4-8) เป็นช่วงระยะเวลาที่มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง เนื่องจากมีการตายของจุลินทรีย์มากกว่าการเพิ่มจำนวนขึ้น โดย H_2O_2 มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ต่อการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์อีกทั้งเกิดการเสียสภาพของโครงสร้างโมเลกุลโปรตีนในเซลล์ จุลินทรีย์ไม่สามารถนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจึงลดลง [12] และช่วงที่ 3 ของการเก็บรักษา (วันที่ 8-16) เนื่องจากประสิทธิภาพของ H_2O_2 เริ่มลดน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น จุลินทรีย์กลับมาเจริญอีกครั้ง จึงส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นในช่วงที่ 3 (รูปที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ให้ผลในการยับยั้งการ

เพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด คือ CH75 รองลงมา คือ CH55, CH35 และ CH00 ตามลำดับ สอดคล้องกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหมึกกล้วยดิบ โดยเนื้อหมึกกล้วยในชุดการทดลองที่ล้างด้วย H_2O_2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าเกิดจาก H_2O_2 ที่แตกตัวได้เป็น OH^- แล้วไปรบกวนสมดุลการนำเข้าสารอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญ [12] และเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้นจะส่งผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากขึ้น สอดคล้องกับการใช้ H_2O_2 ในการล้างปลา cod (*G. morhua*) ก่อนการทำเค็ม ซึ่งพบว่าชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ [4]

3.1.2 จุลินทรีย์ก่อโรค

จุลินทรีย์ก่อโรคที่ตรวจวัด คือ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ผลการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 และตัวอย่างควบคุมทั้งเนื้อหมึกกล้วยดิบและเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการต้มเนื้อหมึกกล้วยให้สุกมีอุณหภูมิมากกว่า 95 องศาเซลเซียส สามารถทำลาย *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย [13] อย่างไรก็ตาม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคได้มีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับการบริโภคอาหารทะเลสุกและดิบ โดยกำหนดให้ตรวจพบ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ไม่เกิน 3 log CFU/g [8] เนื่องจากจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ก่อให้เกิดโรคในทางเดินอาหาร เช่น อาหารเป็นพิษอาเจียน ท้องเสีย ท้องร่วง และเป็นจุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนอยู่ในอุจจาระจึงใช้เป็นกลุ่มที่บ่งบอกถึงสุขอนามัยในขั้นตอนการผลิต ขนส่ง หรือการเก็บรักษาได้ [13] การที่ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการทดลองมีความสะอาดถูกสุขอนามัย

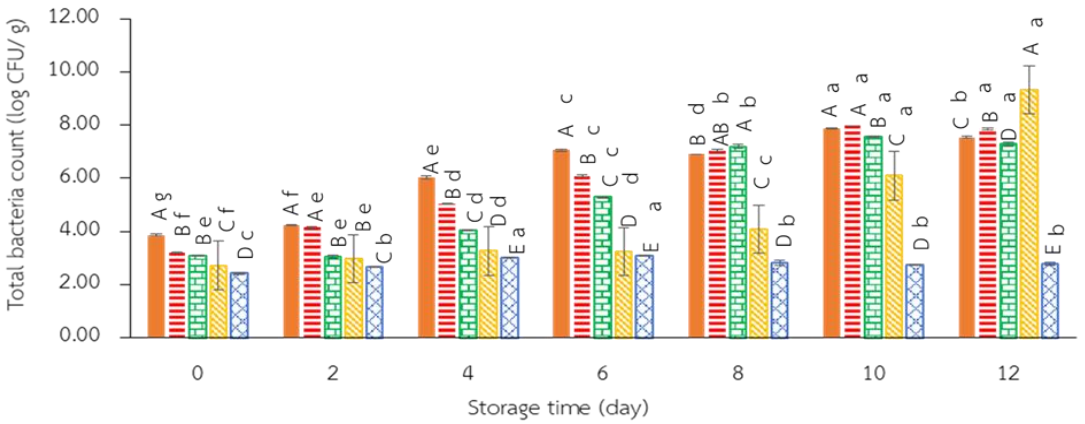

Figure 1 Total bacterial count of raw squid under washing with different H_2O_2 solution condition before cooked: no washing (RN00;), washing with tap water (RH00;), 0.0035 % H_2O_2 present in washing solution (RH35;), 0.0055 % H_2O_2 present in washing solution (RH55;), 0.0075 % H_2O_2 present in washing solution (RH75;). Bars representing the standard deviation (n = 3) are generally smaller than the symbols and a - f are the most valuable storage time set to lowest value storage time set. A - E are the most valuable experiment set to lowest value experiment set.

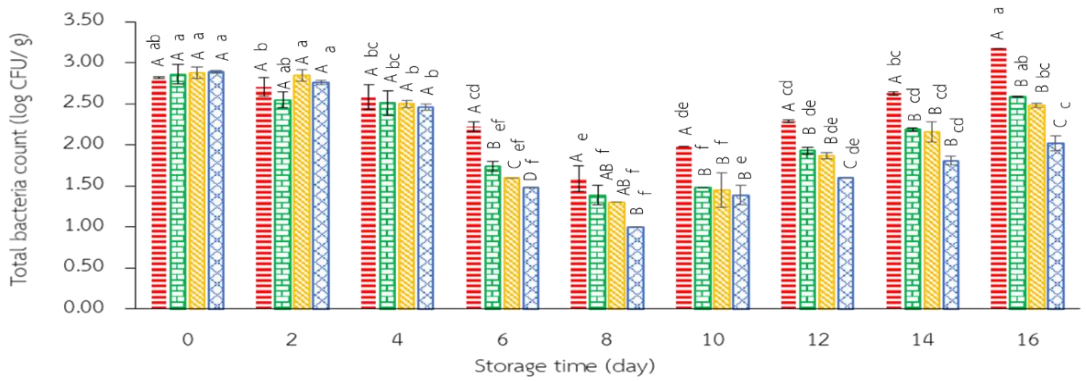

Figure 2 Total bacterial count of cooked squid under washing with different H_2O_2 solution condition before cooked: washing with tap water (CH00;), 0.0035 % H_2O_2 present in washing solution (CH35;), 0.0055 % H_2O_2 present in washing solution (CH55;), 0.0075 % H_2O_2 present in washing solution (CH75;). Bars representing the standard deviation (n = 3) are generally smaller than the symbols and a - f are the most valuable storage time set to lowest value storage time set. A - D are the most valuable experiment set to lowest value experiment set.

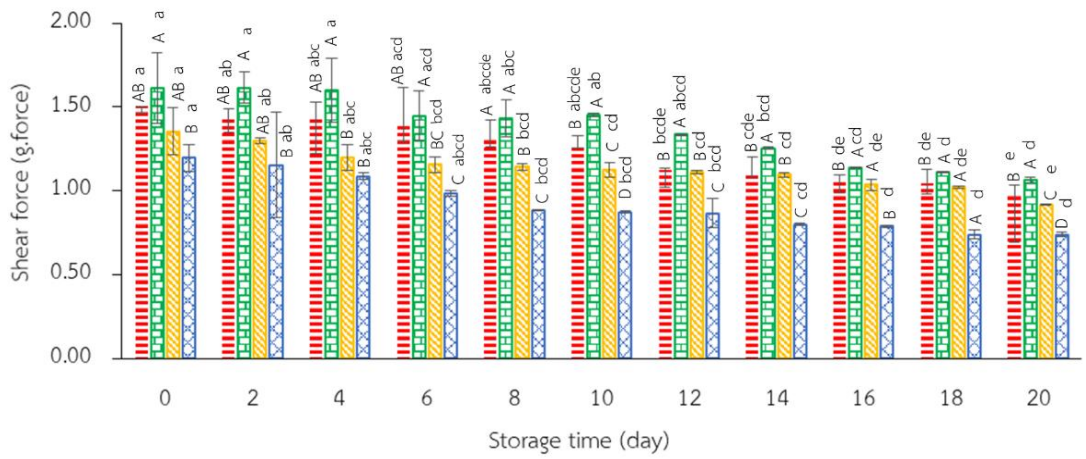

Figure 3 Shear force of cooked squid under washing with different H_2O_2 solution condition before cooked: no washing with tap water (CH00;), 0.0035 % H_2O_2 present in washing solution (CH35;), 0.0055 % H_2O_2 present in washing solution (CH55;), 0.0075 % H_2O_2 present in washing solution (CH75;). Bars representing the standard deviation (n = 3) are generally smaller than the symbols and a - e are the most valuable storage time set to lowest value storage time set. A - D are the most valuable experiment set to lowest value experiment set.

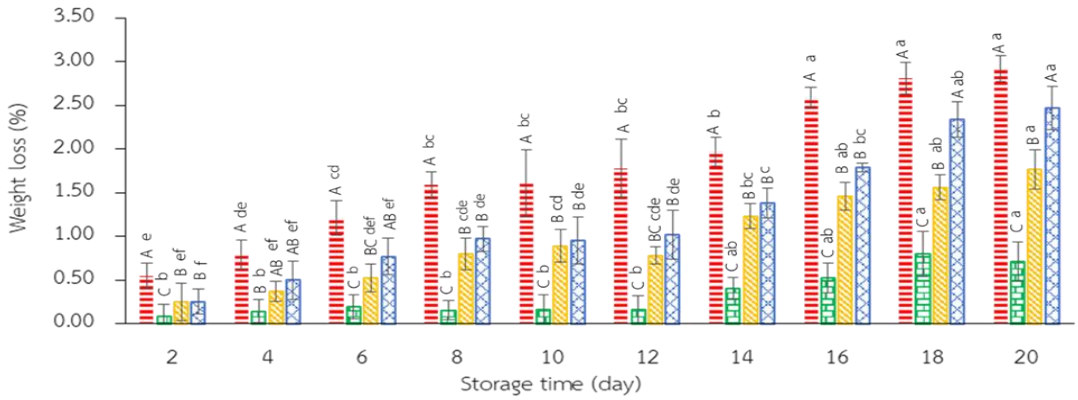

Figure 4 Weight loss of cooked squid under washing with different H_2O_2 solution condition before cooked: washing with tap water (CH00; ▤), 0.0035 % H_2O_2 present in washing solution (CH35; ▦), 0.0055 % H_2O_2 present in washing solution (CH55; ▨), 0.0075 % H_2O_2 present in washing solution (CH75; ▩). Bars representing the standard deviation (n = 3) are generally smaller than the symbols and a - f are the most valuable storage time set to lowest value storage time set. A - C are the most valuable experiment set to lowest value experiment set.

3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

วันที่ 2 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลอง มีการสูญเสียน้ำหนัก0.08-0.55 % และการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 4) ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยสุกชุดการทดลอง CH35 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.71 % รองลงมา ได้แก่ CH55, CH75 และ CH00 มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.76, 2.47 และ 2.92 % ตามลำดับ โดยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนให้คลายตัว โปรตีนเกิดการสูญเสีย ความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีน (water holding capacity) ลดลง [14] ทำให้โมเลกุลของน้ำถูกปลดปล่อยออกมา การสูญเสียน้ำหนึกของเนื้อหมึกกล้วยจึงมีมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าแรงเฉือนในผลการวิจัยครั้งนี้ที่โปรตีนเกิดการย่อยสลายทำให้ความยืดหยุ่นลดลงค่าแรงเฉือนจึงลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม การใช้ H_2O_2 ในการล้างหมึกกล้วยช่วยชะลอการปลดปล่อยน้ำออกจากโครงสร้างเนื้อหมึกได้ โดย H_2O_2 ส่งผลให้จุลินทรีย์เสียสมดุลในการนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญจึงยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ [18] ทำให้เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในทุกชุดการทดลอง พบว่าเนื้อหมึกกล้วยสุกชุดการทดลองที่มีการล้างด้วย H_2O_2 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า CH00 ทั้งนี้ชุดการทดลอง CH35 มีการสญเสียน้ำหนักที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมา คือ CH00, CH55 และ CH75 ตามลำดับ เกิดจากชุดการทดลอง CH55 และ CH75 มีการใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 มากเกินไปจึงมีผลต่อโครงสร้างของโปรตีนและ

ไขมันที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างกล้ามเนื้อ [19, 20] โดยทำให้เกิดการเสียสภาพของโครงสร้างโปรตีนที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันในกล้ามเนื้อแล้วเกิดช่องว่างระหว่างโครงสร้างขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำจึงลดลง เกิดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกมากกว่าชุดการทดลอง CH35 เช่นเดียวกับในเนื้อหมึก (*Loligo formosana*) ที่ผ่านการแช่ด้วย H_2O_2 ให้ผลการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น [21]

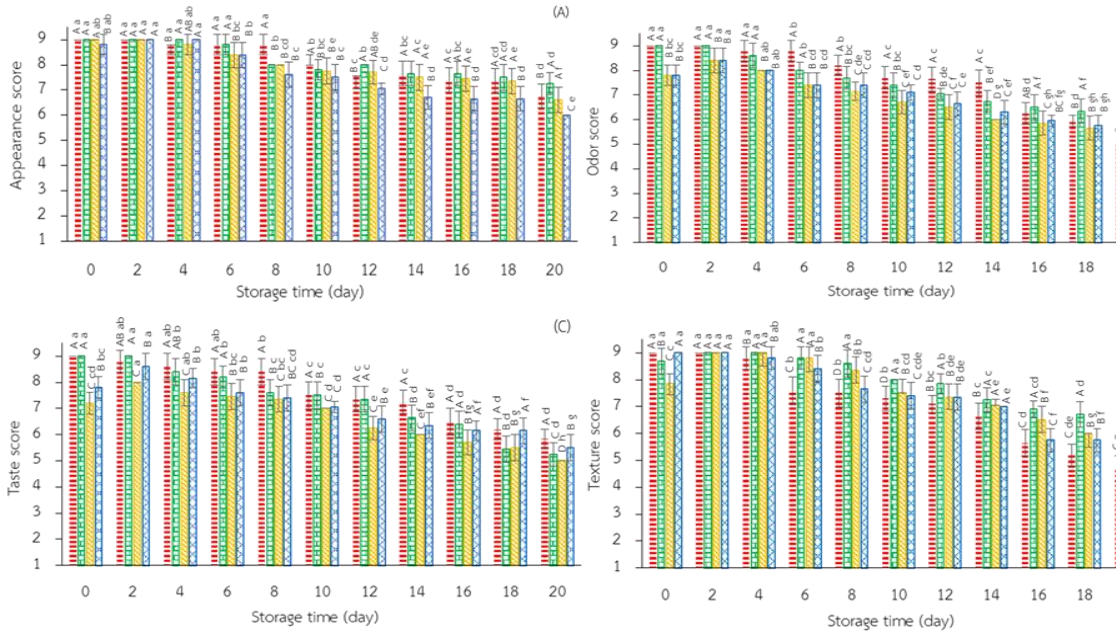

Figure 5 Sensory score (appearance (A), odor (B), taste (C) and texture (D) of cooked squid under washing with different H_2O_2 solution condition before cooked: washing with tap water (CH00;), 0.0035 % H_2O_2 present in washing solution (CH35;), 0.0055 % H_2O_2 present in washing solution (CH55;), 0.0075 % H_2O_2 present in washing solution (CH75;). Bars representing the standard deviation (n = 3) are generally smaller than the symbols and a - h are the most valuable storage time set to lowest value storage time set. A - D are the most valuable experiment set to lowest value experiment set.

3.3 ผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการล้างหมึกกล้วยต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส พบว่าวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในชุดการทดลองควบคุม (CH00) มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสในระดับชอบมากที่สุด (9 คะแนน) ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 (CH35, CH55 และ CH75) มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้นมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มคะแนนความชอบลดลงในทุกด้าน ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 5)

เนื่องจากเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเพื่อนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในการเจริญได้มากขึ้น ทำให้ลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีลักษณะเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเนื้อมีสีเปลี่ยนไปจากสีขาวเป็นสีเหลืองและเกิดเมือกสีเขียวอ่อน กลิ่นหอมหวานลดลง และมีกลิ่นเหม็นเน่ามากขึ้น จากการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีน [22] เกิดเป็นสารระเหยที่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก [23] นอกจากนี้ยังทำให้เกิดเนื้อสัมผัสนิ่มเละ สอดคล้องกับผลการทดลองด้านค่าเนื้อสัมผัสที่ลดลง ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คะแนนความชอบจึงลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบในทุกชุดการทดลอง พบว่าเนื้อหมึกกล้วยที่ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้นมาก ได้แก่ CH55 และ CH75 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสลดลง เกิดจากด้านลักษณะปรากฏผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าเนื้อหมึกมีสีขาวแบบด้าน ไม่มันเงา เนื่องจาก H_2O_2 มีสมบัติในการฟอกสีจากการแตกตัวของ H_2O_2 แล้วทำให้เกิดการออกซิไดซ์ของโปรตีนเม็ดสีทำให้เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีสีด้านมากขึ้น [24] สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้ H_2O_2 ในการฟอกสีผิวหมึกกล้วย (*Loligo formosana*) ก่อนการสกัดเจลาติน [24] และความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มากขึ้นยังส่งผลให้กลิ่นหอมหวาน รสหวาน และความยืดหยุ่น ความฉ่ำน้ำของเนื้อหมึกต้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าแรงเฉือนและการสูญเสียน้ำหนักในการทดลองนี้ เนื่องจากการเสียสภาพของโครงสร้างโปรตีน [19,20]

4. สรุป

การล้างหมึกกล้วยดิบด้วยสารละลาย H_2O_2 ก่อนการต้มสุก สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา กายภาพ และประสาทสัมผัส ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้นมีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ได้มาก แต่ส่งผลต่อการเสียสภาพของโปรตีน เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภค จึงใช้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เกิน 6 log CFU/g) ในการกำหนดอายุการเก็บรักษา ดังนั้นเนื้อหมึกกล้วยที่ล้างด้วย 0.0075 % H_2O_2 ก่อนนำมาต้มสุกทำให้สามารถเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้มากที่สุด คือ มากกว่า 20 วัน รองลงมา ได้แก่ 0.0055 % H_2O_2 และ 0.0035 % H_2O_2 เก็บรักษาได้ 20 วัน เท่ากัน ส่วนตัวอย่างที่ล้างด้วยน้ำประปามีอายุการเก็บรักษา 16 วัน และเนื้อหมึกกล้วยที่ล้างด้วย 0.0075 % H_2O_2 ที่เก็บรักษาแบบเนื้อหมึกดิบมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 วัน รองลงมา ได้แก่ 0.0055 %, 0.0035 % H_2O_2 การล้างด้วยน้ำประปา และไม่มีการล้าง มีอายุการเก็บรักษา 8, 6, 4 และ 2 วัน ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับอุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

6. References

[1] Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2018, Squid Export Statistics and Products Included, Available Source: http://www.oae.go.th, July 14, 2019. (in Thai)

[2] Ministry of Public Health, 2019, Chemicals Used to Inhibit Microorganisms in the Aquatic Industry, Available Source: http://www.fda.moph.go.th/sites/food/law1/sum_law.pdf, July 14, 2019. (in Thai)

[3] Naruemon, M., 2007, Natural preserva tives: Aromatherapy, Food 37(2): 127-132. (in Thai)

[4] Alvarez, O.M., Borderías, J. and Guillén, M.C.G., 2005, Use of hydrogen peroxide and carbonate/ bicarbonate buffer for soaking of bacalao (salted cod), Eur. Food Res. Technol. 221: 226-231.

[5] Nagarajan, M., Benjakul, S., Prodpran, T., Songtipya, P. and Nuthong, P., 2013, Film forming ability of gelatins from splendid squid *(Loligo formosana*) skin bleached with hydrogen peroxide, Food Chem. 138: 1101-1108.

[6] AOAC, 1994, Official method 991.14, Coliform and *Escherichia coli* count in foods, J. AOAC 74: 1-635.

[7] AOAC, 1995, Official Methods of Analysis, 16th Ed., Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA.

[8] Ministry of Public Health, 2013, Food Standards for Pathogenic Microorganisms, Available Source: http://elib.fda.moph.go.th/fulltext2/กฎหมาย/กองควบคุมอาหาร/ประกาศกระทรวงสาธารณสุข/56/364.pdf, July 14, 2019. (in Thai)

[9] Teerawut, S., Sangsriraung, K. and Kwan-On, P., 2016, Effect of modified atmosphere packaging on the physical and sensory properties of smoked oyster (*Saccostrea cucullata*) during refrigerated storage, NU. Int. J. Sc. 13(1): 26-36.

[10] Metropolitan Waterworks Authority, 2018, Water Quality Standard, Available Source: https: / / www. mwa. co. th/ ewt_dl_ link. php?nid= 33082, March 1, 2020. (in Thai)

[11] Fraser, O. and Sumar, S., 1998, Compositio nal changes and spoilage in fish- an introduction, Nutr. Food Sci. 98: 275-279.

[12] Krishnan, J., Berry. J., Fey, G. and Wagener, S., 2006, Vaporized hydrogen peroxide-based biocontamination of a high-containment laboratory under negative pressure, Appl. Biosaf. 11: 74-80.

[13] Ferreira, S., Landeiro, M., Rogeria, A. and Ana, N., 2007, Hazards and critical control points in Brazilian seafood dish preparation, Food Control 18: 513-520.

[14] Benjakul, S., 2013, Chemistry and Aquatic Quality, Odean Store, Bangkok. (in Thai)

[15] Leungsakul, S., 1998, Food Microbiology, Chai Charoen, Bangkok. (in Thai)

[16] Srinivasan, S. and Hultin, H.O., 1995, Hydroxyl radical modification of fish muscle proteins, J. Food Biochem. 18: 405-425.

[17] Young, J.W., Chandler, R.F., Snow, C.C., Robinette, K.M., Zehner, G.F. and Lofberg, M. S., 1983, Anthropometric and Mass Distribution Characteristics of the Adults Female, Technical Report FA-AM-83-16, FAA Civil Aeromedical Institute, Oklaoma.

[18] Krishnan, J., Berry, J., Fey, G. and Wagener, S., 2006, Vaporized hydrogen peroxide-based biocontamination of a high-

containment laboratory under negative pressure, Appl. Biosaf. 11: 74-80.

[19] Kong, S. and Davison, A.J., 1980, The role of interactions between O_2, H_2O_2, OH, e- and O_2- in free radical damage to biological systems, Arch. Biochem. Biophys. 204: 18-29.

[20] Pedchoo, S., Chaikittipor, C., Pruktharathikul, V., Luksamijarulkul, P., Singhakajen, V. and Kolladarungkri, T., 2014, Evaluation of the efficacy of Hydrogen peroxide vapour for operating room air microbial decontamination, Available Source: http://www.vali-tech.net/home/article-read.php?ArticleId=7, August 18, 2019

[21] Sungsri-in, R., 2010, Development of Pink Color of Squid and the Effect of Chemical Treatment on Physico-chemical Changes of Squid During Frozen Storage, Master Thesis, Prince of Songkla University, Songkla, 116 p.

[22] Khunsungnoen, N., 2003, Quality Change of Tilapia Fillets Stored under Modified Atmosphere, Songkla, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 85 p. (in Thai)

[23] Teerawut, S. and Kwan-On, 2014, Shelf-life Extension of Cooked Green Mussel Using Sodium Alginate- based Edible Coating Containing Different Antioxidants and Modified Atmosphere Packaging: Effect of Sodium Alginate Based Edible Coating Containing Different Antioxidants, Annual Report 2014, National Research Council of Thailand, Burapha University, Chonburi. (in Thai)

[24] Nagarajan, M., Benjakul, S., Prodpran, T. and Songtipya, P., 2013, Effects of bleaching on characteristics and gelling property of gelatin from splendid squid (*Loligo formosana*) skin, Food Hydrocoll. 32: 447-452.