

ผลของการใช้น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของปลาเห็ดโคน

Influence of Organic Acid in Ice on Changes in Chemical and Microbial Quality of Sand Whiting Fish

สวามินี ธีระวุฒิ¹ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน²

Savaminee Teerawut^{1*} and Patiyut Kwan-On²

บทคัดย่อ: การประเมินผลของการใช้น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งธรรมดา (IC) น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ กรดแล็กติก 0.05% (LA500), กรดแล็กติก 0.05% และกรดซิตริก 0.075% (LC507), กรดแล็กติก 0.05% และกรดซิตริก 0.125% (LC512) และ กรดแล็กติก 0.05% และกรดซิตริก 0.175% (LC517) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน จากนั้นทุกๆ 2 วัน นำเนื้อปลาไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (TVB-N, TMA-N และ pH) และคุณภาพทางจุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ก่อโรค) พบว่า การแช่ปลาในน้ำแข็งที่ผสมทั้งกรดแล็กติกและกรดซิตริกมีปริมาณ TVB-N, TMA-N, pH และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกเพียงอย่างเดียวและตัวอย่างควบคุม ($P < 0.05$) โดยปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมระหว่างกรดสองชนิดได้แก่ LC517 มีปริมาณ TVB-N, TMA-N, pH และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด ($P < 0.05$) รองลงมาได้แก่ LC512, LC507, LA500 และ IC ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *E.coli*, *Vibrio cholera*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* ในทุกชุดการทดลอง เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/g พบว่าปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง LC517 และ LC512 มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 18 วัน รองลงมาได้แก่ LC507 และ LA500 เก็บรักษาได้ 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ส่วน IC เก็บรักษาได้ 10 วัน

ABSTRACT: The effect of natural organic acid-icing system on chemical and microbiological properties of chilled sand whiting fish by organic acid-icing system as follow; ice without organic acid (IC), ice with 0.05% lactic acid (LA500), 0.05% lactic acid and 0.075% citric acid (LC507), 0.05% lactic acid and 0.125% citric acid (LC512) and 0.05% lactic acid and 0.175% citric acid (LC517). All samples were stored at room temperature for 20 days. The fillet samples were steamed at 100 °C for 5 min before evaluated in chemical properties (TVB-N, TMA-N and pH) and microbiological properties (total variable counts and pathogenic bacteria). The results indicated that the fish packed in ice with lactic acid and citric acid had lower TVB-N, TMA-N and pH than the lactic acid iced and control samples ($P < 0.05$). The fish packed in LC517 had the lowest TVB-N, TMA-N, pH and total variable counts ($P < 0.05$) follow by LC512, LC507, LA500 and IC, respectively. However, no pathogenic microorganisms as coliform bacteria, *E.coli*, *Vibrio cholera*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* were found in all treatments. The shelf life of sample were considered by microorganisms was not exceed than 6 log CFU/g. The fish packed in LC517 and LC512 had a longest shelf life for 18 days while LC507, LA500 and ICC showed 16, 14 and 10 days, respectively

Keyword: organic acid, ice, sand whiting fish, shelf life

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

² สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Department of Argo-Industry Product Development, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok.

* Corresponding author: sawamin@buu.ac.th.

บทนำ

ปลาเห็ดโคน (*Silver sihama* (Forskall)) มีชื่อสามัญว่า sand whiting fish เป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งแถบจังหวัดชลบุรี ระยองและตราด เนื่องจากมีรสชาติอร่อยสามารถปรุงเป็นเมนูต่างๆ ได้หลากหลาย และมีคุณค่าทางโภชนาการกับร่างกายมากมายทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย กรดไขมันโอเมก้า 3 แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ โดยในปี 2554 และ 2555 ผลผลิตรวมทั้งประเทศสร้างมูลค่าสูงถึง 183 - 196 ล้านบาท (กรมประมง, 2555) รูปแบบการบริโภคปลาเห็ดโคนโดยส่วนใหญ่เป็นการนำไปประกอบอาหาร เช่น แกงป่าปลาเห็ดโคน และปลาเห็ดโคนทอดน้ำปลา ดังนั้นคุณภาพของปลาเห็ดโคนที่ดี เช่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสจึงเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ อย่างไรก็ตามปลาเห็ดโคนเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังการตายจากเอนไซม์ในตัวเอง การเน่าเสียจากแบคทีเรีย และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (พิมพ์เพ็ญ, 2553) ซึ่งวิธีการชะลอการเน่าเสียของปลาที่ใช้ทั่วไปคือการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ช่วยชะลอการเน่าเสียของปลาจากสาเหตุดังกล่าวได้ การใช้กรดอินทรีย์เป็นส่วนผสมให้น้ำแข็งนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากหาซื้อง่าย ราคาไม่แพง งานวิจัยหลายชิ้นพบว่ากรดซิตริกและกรดแล็กติกช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของสัตว์น้ำได้หลายชนิด เช่น ปลา chub mackerel (Metin et al., 2001) ปลา hake, ปลา megrim และปลา angler (Sanjuás-Rey et al, 2012a) โดยกรดทั้งสองชนิดละลายได้ในไขมันทำให้เกิดการซึมเข้าไปในผนังเซลล์และไซโทพลาสซึมของจุลินทรีย์จึงไปรบกวนระบบการทำงานต่างๆ ภายในเซลล์ (Arashisar et al., 2005; สวามิณี และคณะ, 2556) ซึ่งเป็นการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของปลาเห็ดโคนได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของปลาเห็ดโคนแช่น้ำแข็งผสมกรดที่มีความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสม

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมน้ำแข็ง

นำกรดแล็กติก (LA) (S. Science Ltd., Thailand) มาละลายในน้ำกลั่นจนได้สารละลายกรดแล็กติก 0.05% (LA500) ละลายกรดซิตริก (CA) (S. Science Ltd., Thailand) ในสารละลายกรดแล็กติก 0.05% จนได้สารละลายผสมระหว่างกรดแล็กติกและกรดซิตริก (LC) ได้แก่ สารละลาย 0.075% CA ใน 0.05% LA (LC507), 0.125% CA ใน 0.05% LA (LC512), 0.175% CA ใน 0.05% LA (LC517) จากนั้นนำสารละลายแต่ละชนิด 1,000 มิลลิลิตร มาใส่ถุงพลาสติก ขนาด 18x28 เซนติเมตร ปิดผนึกด้วยความร้อน นำไปวางแนวราบในตู้แช่แข็ง (SF-PC1497, Panasonic Co. Ltd., Thailand) นาน 48 ชั่วโมง จนสารละลายกลายเป็นน้ำแข็ง แล้วนำไปใส่เครื่องบดน้ำแข็ง (Model CTS-311, Piwat Co. Ltd., Thailand) จนได้เป็นน้ำแข็งเกล็ดที่มีความเข้มข้นของกรดแตกต่างกัน ได้แก่ LA500, LC507, LC512 และ LC517 ขณะที่น้ำแข็งเกล็ดที่ไม่ผสมกรด (IC) นั้นใช้วิธีการเตรียมเช่นเดียวกันโดยเตรียมจากน้ำกลั่นต้ม

2. การแช่ปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์

ชื่อปลาเห็ดโคน (*Silver sihama* (Forskall)) (ขนาด 20-25 ตัว/กิโลกรัม) ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 จากสะพานปลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี โดยการบรรจุในกล่องสไตรโฟมพร้อมน้ำแข็ง (อัตราส่วนน้ำแข็ง : ปลา คือ 1 : 2) แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการภาควิชาวาริชศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา ภายในเวลา 20 นาที จากนั้นนำปลามาบรรจุในกล่องสไตรโฟมพร้อมใส่น้ำแข็งเกล็ดที่ไม่ผสมกรดอินทรีย์ (IC) ที่ใช้เป็นชุดการทดลองควบคุม และบรรจุในกล่องสไตรโฟมพร้อมน้ำแข็งเกล็ดที่มีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แตกต่างกัน จากข้อ 1 (LA500, LC507, LC512 และ LC517) ในอัตราส่วนน้ำแข็ง : ปลา คือ 1 : 2 แล้วปิดฝากล่องก่อนนำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยเปลี่ยนน้ำแข็งทุกวัน ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หามีการละลายแต่เนือมาล้างให้สะอาดแล้วนำมาหนึ่งด้วยไอน้ำร้อน (อุณหภูมิ

น้ำ 100 องศาเซลเซียส) นาน 5 นาที (ตลอดเวลาที่เตรียมตัวอย่างมีการใส่ถุงมือ ล้างเครื่องมือที่ใช้ให้สะอาดและเช็ดแอลกอฮอล์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์) แล้วจึงนำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี ประกอบด้วยปริมาณค่าที่ระบุได้ทั้งหมด (TVB-N) และปริมาณไนโตรเจนอะมิโน (TMA-N) ด้วยวิธี Conway microdiffusion method ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ค่า pH ตามวิธีของ AOAC (1995) การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาประกอบด้วยจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) ตามวิธีของ AOAC (1995) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E.coli* ตามวิธีของ AOAC (1994) *Vibrio cholera* และ *Salmonella* spp. ตามวิธีของกรมประมง (2549) และ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ AOAC (2003) ทุก 2 วัน เป็นเวลา 20 วัน และทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (การกำหนดอายุการเก็บรักษาของปลาเห็ดโคนพิจารณาจากการพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน 6 log CFU/g ตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) คุณภาพทุกด้านออกแบบการทดลองแบบ CRD และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เมื่อพบว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลของการแช่ปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพทางเคมี

1.1 ปริมาณ TVB-N และ TMA-N ดัชนีชี้วัดคุณภาพของสัตว์น้ำที่มีความสัมพันธ์กับการเน่าเสียที่มีสาเหตุจากการเจริญของจุลินทรีย์ได้แก่การวัดปริมาณ TVB-N และ TMA-N ในสัตว์น้ำ โดยจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic bacteria ที่มีในปลาหรือจากสิ่งแวดล้อมสร้างเอนไซม์ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจน ชนิดต่างๆ ในตัวปลาให้เป็น TVB-N และสร้างเอนไซม์ trimethylamine oxidase ที่ทำให้ TMAO เปลี่ยนไปเป็น TMA-N (Bono et al., 2012) ดังนั้นการมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N เพิ่มขึ้นจึงแสดงถึงการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ ในการทดลองนี้ผลการ

ทดลองพบว่า วันที่ 0 ของการเก็บรักษาในน้ำแข็งนั้น ปลาเห็ดโคนมีปริมาณ TVB-N 6.78 ± 0.03 mg/100g และ TMA-N 0.33 ± 0.01 mg/100g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N แตกต่างกัน ($P < 0.05$, Figure. 1 (a, b)) โดยในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ LC517 มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยที่สุด ($P < 0.05$) คือ 31.20 ± 0.02 mg/100g และ 8.03 ± 0.02 mg/100g ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ LC512, LC507, LA500 และในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับชุดการทดลองที่แช่น้ำแข็งธรรมดา IC ที่มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N มากที่สุด คือ 36.41 ± 0.01 mg/100g และ 8.97 ± 0.01 mg/100g ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของกรดที่มากขึ้นทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์มีความเป็นกรดสูงกว่าส่งผลให้การนำเข้ากรดอะมิโน (amino acid uptake) สูญเสียไปและเกิดการสะสม H^+ สูงทำให้เกิดความเป็นพิษในเซลล์ของจุลินทรีย์ (Arashisar et al., 2005; สวามิณี และคณะ, 2556) จุลินทรีย์จึงลดการสร้างเอนไซม์ที่ไปย่อยสลายสารประกอบต่างๆ ในเนื้อปลา การเกิด TVB-N และ TMA-N จึงน้อยลงตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanjuás-Rey et al. (2012b) ปลา mackerel (*Scomber scombrus*) ที่แช่ในน้ำแข็งและน้ำแข็งผสมระหว่างกรดแล็กติกและกรดซิตริกมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ García-Soto et al. (2014) ที่พบว่า การแช่ปลา European hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริกมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยกว่าการแช่น้ำแข็งเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ปริมาณ TVB-N และ TMA-N ที่บ่งบอกถึงความสดของสัตว์น้ำนั้นควรมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N ไม่เกิน 30 mg/100g และ 5 mg/100g ตามลำดับ (Bono et al., 2014) ทำให้ปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็ง LC517 และ LC512 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 18 วัน ส่วน LC507 และ LA500 เก็บได้ 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ขณะที่ IC เก็บได้ 10 วัน

1.2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) วันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อปลาเห็ดโคนสุกในชุดการทดลอง IC (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีค่า pH 7.01 แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P < 0.05$, Figure. 2(a)) โดยในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับชุดการทดลองที่ใช้น้ำแข็งธรรมดา IC มีค่า pH 7.84 เนื่องจากการสลายตัวของโปรตีนรวมทั้งสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนจากเอนไซม์ในตัวปลาเอง (autolysis) และเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (bacterial spoilage) เกิดเป็นสารชนิดต่างๆ เช่น amine, trimethylamine และ ammonia ที่ทำให้มีความเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้น (Zhou et al., 2011) โดยค่า pH ที่เพิ่มขึ้นในสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ (Mahmoud et al., 2006) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2015) ที่แสดงให้เห็นว่าค่า pH ของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่นานขึ้น เช่นเดียวกับเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในทุก

ชุดการทดลอง (LA500, LC507, LC512 และ LC517) มีค่า pH สูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ค่า pH ของเนื้อปลาที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดมีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม ($P < 0.05$) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 20) ของชุดการทดลอง LC517, LC512 และ LC507 มีค่า pH 7.71, 7.73 และ 7.88 ตามลำดับ วันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18) สำหรับชุดการทดลอง LA500 มีค่า pH 7.82

เกิดจากกรดทั้ง 2 ชนิดช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์และยังยับยั้งกลไก endogenous alkalinizing (Sanjuás-Rey et al, 2012b) ทำให้เนื้อปลาเห็ดโคนเน่าเสียช้าลง โดย LC517 มีค่า pH น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P < 0.05$) เพราะมีความเข้มข้นของกรดซิตริกสูงที่สุดการยับยั้งจุลินทรีย์จึงมีมากขึ้น ส่งผลให้เกิดสารประกอบในกลุ่มด่างที่ระเหยได้มีน้อยลง เช่นเดียวกับ García-Soto et al. (2013) พบว่าปลา European hake (*M. merluccius*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งผสมกรดมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่าน้ำแข็งไม่ผสมกรด

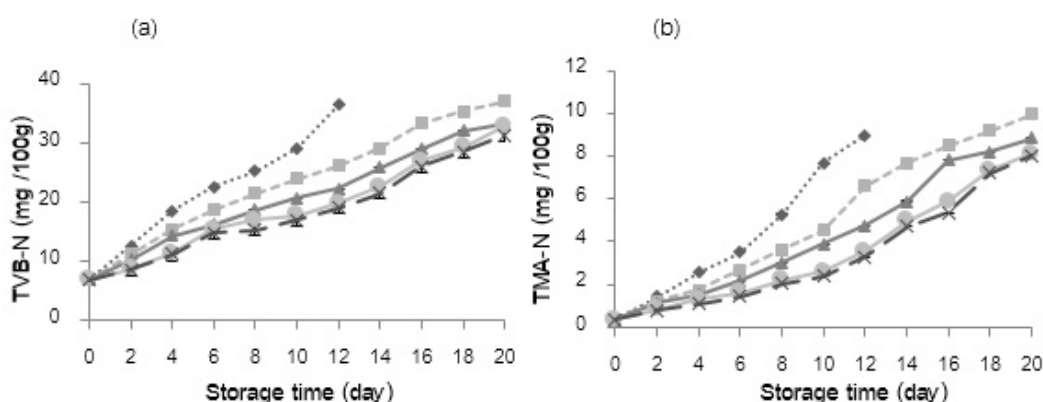


Figure 1 TVB-N (a) and TMA-N (b) of sand whiting fish stored under different icing condition: no acid present in ice (IC; ◆), 0.05% lactic acid present in ice (LA 500; ■), 0.05% lactic acid and 0.075% citric acid present in ice (LC 507; ▲), 0.05% lactic acid and 0.125% citric acid present in ice (LC 512; ●) and 0.05% lactic acid and 0.175% citric acid present in ice (LC 517; ×).

Bars representing the standard deviation ($n=3$) are generally smaller than the symbols.

2. เห็ดโคนในน้ำแข็งผสมกรดต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.1 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ผลการทดลองพบว่าในทุกชุดการทดลอง (IC, LA500, LC507, LC512 และ LC517) ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $2.94 \log \text{CFU/g}$. ขณะที่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 20) ของชุดการทดลอง LC517, LC512 และ LC507 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.68, 6.94 และ $7.77 \log \text{CFU/g}$. ตามลำดับ วันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 18) สำหรับชุดการทดลอง LA500 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $8.44 \log \text{CFU/g}$. วันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 12) สำหรับชุดการทดลอง IC มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $8.44 \log \text{CFU/g}$. โดยพบว่าในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้น ($P < 0.05$, Figure. 2(b)) เกิดจากจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนจากแหล่งที่อยู่อาศัย ระหว่างการจับหรือการขนส่ง และระหว่างที่เก็บรักษาในน้ำแข็งหรือน้ำแข็งผสมกรด จุลินทรีย์มีการสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในปลาเพื่อนำสารอาหารมาใช้ในการเจริญและการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนมากขึ้นทำให้ปลาเกิดการเน่าเสียมากขึ้น โดยจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียในสัตว์น้ำคือกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (Gram & Huss, 1996) ให้ผลการวิจัยเช่นเดียวกับ Bahmani et al (2011) ที่พบว่าปลา golden grey mullet (*Liza aurata*) และ Li et al. (2012b) พบว่าปลา crucian carp (*Carassius auratus*) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นเช่นกัน หากเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการแช่น้ำแข็งธรรมดากับการแช่ในน้ำแข็งผสมกรด พบว่า ปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรด (LA500, LC507, LC512 และ LC517) มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าการแช่ในน้ำแข็งธรรมดา อีกทั้งชุดการทดลอง LC517 มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุด ($P < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่มีมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของกรดนั่นเอง โดยความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นั้นเกิดจากสมบัติความเป็นกรดของน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์มีผลต่อการรักษาสมดุลภายในและ

ภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ลดการนำเข้ากรดอะมิโนเพื่อการเจริญ จึงยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลากหลายกลุ่ม ได้แก่ aerobes, anaerobes, psychrotrophs, proteolytic bacteria และ Enterobacteriaceae (García-Soto et al., 2013) รวมทั้งกรดซิตริกยังเป็น chelating agent ไปจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้น lipopolysaccharide ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียจึงเกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาภายนอกทำให้จุลินทรีย์ตาย (Badii & Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) และการละลายของน้ำแข็งยังช่วยลดการเกิดเมือกที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ได้อีกทางหนึ่ง สอดคล้องกับ García-Soto et al. (2013) พบว่าปลา hake (*M. merluccius*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดซิตริกผสมกรดแล็กติก และ Sanjuás-Rey et al. (2012a) พบว่าปลา hake (*M. merluccius*) ปลา megrim (*L. whiffiagonis*) และ ปลา angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดซิตริก กรดแล็กติกและกรดแอสคอร์บิกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าและมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกับตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรด ผลการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และ TMA-N ตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานด้านจุลินทรีย์สำหรับสัตว์น้ำสุกที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ควรเกิน $6 \log \text{CFU/g}$ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) พบว่า LC517 และ LC512 เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 18 วัน รองลงมาได้แก่ LC507 และ LA500 เก็บได้นาน 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ IC เก็บได้เพียง 10 วัน

2.2 จุลินทรีย์ก่อโรค โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E.coli* เป็นแบคทีเรียที่บ่งบอกสุขภาพของปลาเห็ดโคนสูงที่สุดมีการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต เช่น การขนส่ง การเก็บรักษา ก่อนการต้ม การต้ม การบรรจุ การเก็บรักษา โดยขาดการควบคุมอุณหภูมิที่เพียงพอและไม่ถูกสุขลักษณะได้ โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งธรรมดาและน้ำแข็งผสมกรดไม่พบการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E.coli* ส่วนจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น ได้แก่ *V.cholera*, *Salmonella* spp. และ *S.aureus* ผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบจุลินทรีย์

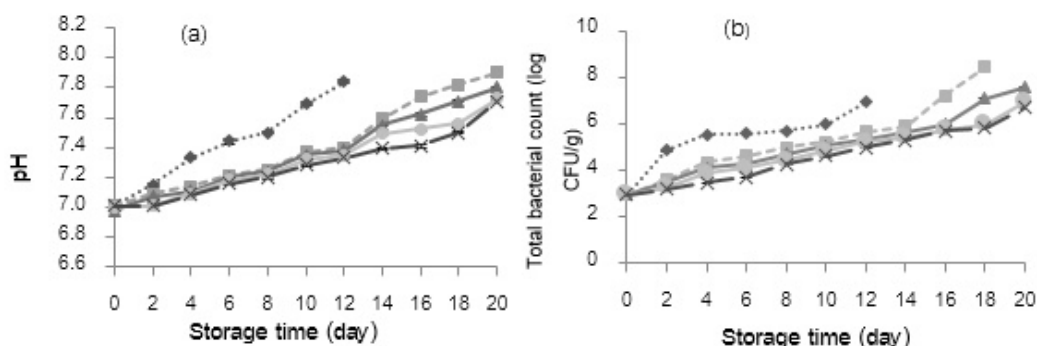


Figure 2 pH (a) and total bacterial count (b) of sand whiting fish stored under different icing condition: no acid present in ice (IC; ◆), 0.05% lactic acid present in ice (LA 500; ■), 0.05% lactic acid and 0.075% citric acid present in ice (LC 507; ▲), 0.05% lactic acid and 0.125% citric acid present in ice (LC 512; ●) and 0.05% lactic acid and 0.175% citric acid present in ice (LC 517; X).

Bars representing the standard deviation (n=3) are generally smaller than the symbols.

ทุกชนิดที่กล่าวข้างต้นในเนื้อปลาเห็ดโคนสุกทุกชุด การทดลอง ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา 20 วัน เช่นกัน เนื่องจากความร้อนในการนึ่งเนื้อปลา ทำให้องค์ประกอบต่างๆ รวมทั้งเอนไซม์ต่างในตัว จุลินทรีย์ถูกทำลายลงอีกทั้งความสามารถในการ ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของกรดตั้งนั้น จุลินทรีย์จึงไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และเมื่อ คำนึงถึงความปลอดภัยจากอันตรายของโคลิฟอร์ม แบคทีเรียและ *E.coli* ที่สำนักงานคณะกรรมการ อาหารและยา (2552) ได้กำหนดให้ตรวจพบจุลินทรีย์ ดังกล่าวในอาหารทะเลแปรรูปได้ไม่เกิน 3 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าเนื้อปลาเห็ดโคนสุกในทุกชุด การทดลองมีความปลอดภัยจากอันตรายของโคลิ ฟอรั่มแบคทีเรีย และ *E.coli* ที่เป็นสาเหตุให้เกิด อาการท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ และเป็นไปตาม มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2560) ที่ ในอาหาร ทะเลสดต้องตรวจไม่พบ *V.cholera* และ *Salmonella* spp. ส่วน *S.aureus* พบได้น้อยกว่า 100 CFU/g ผลการทดลองในครั้งนี้ให้ผลไปในทิศทาง เดียวกับงานวิจัยของ Ferreira et al. (2007) พบว่า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส ในการปรุงสุกเนื้อสัตว์น้ำส่งผลให้โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* และถูกทำลายจนกระทั่งตรวจไม่พบ

สรุป

ปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.05% และกรดซิตริก 0.175% (LC517) มีการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาน้อย ที่สุด ($P<0.05$) โดยมีค่า TVB-N, TMA-N, pH และ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าการแช่ในน้ำแข็ง ผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นอื่น (LC512, LC507 และ LA500) และน้ำแข็งที่ไม่ผสมกรด (IC) โดย ความเข้มข้นของกรดแล็กติกและกรดซิตริกที่มาก ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีจึงช่วยชะลอ การเสื่อมคุณภาพของปลาเห็ดโคนได้ การแช่ในน้ำ แข็งผสมกรดในชุดการทดลอง LC517 และ LC512 ทำให้สามารถเก็บรักษาปลาเห็ดโคนได้ 18 วัน ส่วน การแช่ในชุดการทดลอง LC507และ LA500 และ IC เก็บรักษาได้ 16, 14 และ 10 วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงระดับความเข้มข้น ของกรดที่เหมาะสมในการผลิตน้ำแข็งที่ช่วยชะลอการ เน่าเสียและไม่ส่งผลกระทบต่อกรยอมรับทางประสาท สัมผัสของผู้บริโภค และอัตราส่วนของปลาต่อน้ำแข็ง ที่เหมาะสม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณพ.ศ.2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 88/2560

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2560. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.
- กรมประมง. 2549. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, แหล่งข้อมูล: <http://www.fisheries.go.th/quality/analyse/Trational.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560.
- กรมประมง. 2555. แผนแม่บทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยปี พ.ศ. 2555 – 2559. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศประมง, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2553. การเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำในการแปรรูปอุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สวามิณี วีระวุฒิ อัครพล นางแล และราตรี คำหอม. 2556. การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมปากจืบ (*Saccostrea cucullata*) สดและเปลือกด้วยการแช่สารละลายผสมร่วมกับการแช่เย็น. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19(1): 119-130.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2552. คู่มือปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. เข้าถึงได้จาก http://newsser.fda.moph.go.th/food/file/BenefitTrader/BenefitLaw/Manual_Of_Law03P313%28Update_Oct9_2009%29.pdf
- AOAC. 1994. AOAC Official Method 991.14 Coliforms and *Escherichia coli* counts in foods. dry rehydratable film (Petrifilm™ *E. coli* Coliform Count Plate™ and Petrifilm™ Coliform Count Plate™) Methods. J. AOAC, 74: 635.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis (16th ed.). Association of official analytical chemist, Arlington Virginia.
- AOAC. 2003. AOAC official method 2003.11 enumeration of *Staphylococcus aureus* in selected meat, seafood, and poultry. J. AOAC Int., 86: 947.
- Arashisar, S., Hisar, O., and Yanik, T. 2005. The effect of lactic acid on chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. J. Food Tech., 3(4): 495-497.
- Badii, F. and N. Howell. 2002. Effect of antioxidants, citrate, and cryoprotectants on protein denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). J. Agri. and Food Chem., 50(7): 2053-2061.
- Bahmani, Z.A., M. Rezai, S.V. Hosseini, J.M. Regenstein, K. Böhme, A. Alishahi, and F. Yadollahi. 2011. Chilled storage of golden grey mullet (*Liza aurata*). LWT Food Sci. and Tech., 44(9): 1894-1900.
- Ferreira, S., M. Landeiro, A. Rogeria, and N. Ana. 2007. Hazards and critical control points in Brazilian seafood dish preparation. Food Control, 18: 513-520.
- García-Soto, B., S.P. Aubourg, P. Calo-Mata, and J. Barros-Velázquez. 2013. Extension of the shelf life of chilled hake (*Merluccius merluccius*) by a novel icing medium containing natural organic acids. Food Control, 34(2): 356-363.
- García-Soto, B., I.C. Fernández-No, J. Barros-Velázquez, and S.P. Aubourg. 2014. Use of citric and lactic acids in ice to enhance quality of two fish species during on-board chilled storage. Int. J. Refri., 40: 390-397.

- Gram, L. and H. Huss. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Micro.*, 33: 121-137.
- 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.
- Kilinc, B., S. Cakli, T.Dincer, and S. Tolasa. 2009. Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. *J. Aquatic Food Product Tech.*, 18(1-2): 3-17.
- Li, T., J. Li, W. Hu, X. Zhang, X. Li, and J. Zhao. 2012. Shelf-life extension of crucian carp (*Carassius auratus*) using natural preservatives during chilled storage. *Food Chem.*, 135(1): 140-145.
- Mahmoud, B. S. M., K. Yamazaki, K. Miyashita, Y. Kawai, I. Shin, and T. Suzuki. 2006. Preservative effect of combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds on carp fillets during convectional air drying. *Int. J. Food Micro.*, 106(3): 331-337.
- Metin, S, N, Erkan, C. Varlik, and N. Aran. 2001. Extension of shelf life of chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn 1780) treated with lactic acid. *Eur. Food Res. Tech.* 213:174-177.
- Sanjuás-Rey, M., B. García-Soto, R. Fuertes-Gamundi, S. Aubourg, and J. Barros-Velázquez. 2012a. Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. *LWT – Food Sci. and Tech.*, 46(1): 217-223.
- Sanjuás-Rey, M., J.M. Gallardo, J. Barros-Velázquez, and S. Aubourg. 2012b. Microbiological activity inhibition in chilled mackerel (*Scomber scombrus*) by employment of an organic acid-icing system. *J.Food Sci.*, 77(5): M264-M269.
- Wang, M., J.J. Wang, X.H. Sun, Y.J. Pan, and Y. Zhao. 2015. Preliminary mechanism of acidic electrolyzed water ice on improving the quality and safety of shrimp. *Food Chem.*, 176: 333-341.
- Zhou, R., Y. Liu, J. Xie and X. Wang. 2011. Effects of combined treatment of electrolysed water and chitosan on the quality attributes and myofibril degradation in farmed obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) during refrigerated storage. *Food Chem.*, 129(4): 1660-1666.