ผลของการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศต่ออายุการเก็บรักษาและปริมาณแบคทีเรียของเนื้อปลานิลและปลาดุกลูกผสมแล่แบบมีหนังแช่น้ำแข็ง

Effect of vacuum packaging on shelf-life and bacteria counts of iced skin-on Tilapia and Hybrid Catfish fillets

สมสมร แก้วบริสุทธิ์[1*] เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว[1] และทสุวัตณ์ ภูกำเนิด[1]

Somsamorn Gawborisut[1*], Penpun Srisakultiew[1] and Tasuwat Pookamnerd[1]

บทคัดย่อ: การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศและแบบมีอากาศ (ชุดควบคุม) ต่ออายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ปลานิลและปลาดุกแล่แบบมีหนัง ได้แก่ psychrotrophic bacteria, mesophilic bacteria, coliforms, *Salmonella* spp., *Vibrio cholerae*, และ *Staphylococcus aureus* ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งนาน 20 วัน ผลการทดลองไม่พบ *Salmonella* spp. และ *V. cholerae* ในทุกตัวอย่าง การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศสามารถชะลอการเจริญของ psychrotrophic bacteria, mesophilic bacteria และ coliforms แต่ไม่มีผลต่อปริมาณ *S. aureus* นอกจากนี้การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มปริมาณ anaerobic bacteria เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อใช้ปริมาณ psychrotrophic bacteria เป็นเกณฑ์ในการตัดสินอายุการเน่าเสียของปลา พบว่าการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศสามารถยืดอายุปลานิลและปลาดุกแล่แบบมีหนัง จาก 10 เป็น 13 วัน (30 เปอร์เซ็นต์) และ 12 เป็น 16 วัน (33 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

คำสำคัญ: การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ, เนื้อปลาแล่, ปลานิล, ปลาดุกลูกผสม, ปริมาณแบคทีเรีย, อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT: The objective of this experiment was to investigate the effect of vacuum packaging and air packaging (control) on shelf-life and quantities of bacteria associated with quality and safety of skin-on tilapia and hybrid catfish fillets including psychrotrophic bacteria, mesophilic bacteria, coliforms, *Salmonella* spp., *Vibrio cholerae*, and *Staphylococcus aureus* during the storage period of 20 days in ice. *Salmonella* spp. and *V. cholerae* were not found in all samples. Vacuum packaging effectively reduced psychrotrophic bacteria, mesophilic bacteria, and coliforms. However, it did not affect *S. aureus*, and did not promote growth of anaerobic bacteria compared to the air packed control sample. Shelf-life of the vacuum packed skin-on tilapia and hybrid catfish fillets determined by the population of psychrotrophic bacteria was extended by 30% (from 10 to 13 days) and 33% (from 12 to 16 days), respectively.

Keywords: vacuum packaging, fillet, tilapia, hybrid catfish, bacterial count, shelf-life

[1] สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: Somsamorn@gmail.com

บทนำ

ปลาเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของคนไทย เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงและมีรสชาติดี ทำให้การเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์และการเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือนเพิ่มขึ้น ปลานิลและปลาดุกเป็นปลาเกล็ดและปลาหนังที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย เนื่องจากเป็นปลาที่มีการเพาะเลี้ยงมากเป็นอันดับหนึ่งและสองของประเทศ ในปี 2548 ผลผลิตปลานิลและปลาดุกสูงถึง 203,737 และ 142,205 ตัน คิดเป็นร้อยละ 37.77 และ 26.36 ของปริมาณการผลิตปลาน้ำจืดทั้งหมดตามลำดับ (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2550) พื้นที่เลี้ยงปลานิลที่สำคัญส่วนมากอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันตก โดยมีกำลังการผลิตร้อยละ 25.25 และ 21.99 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เลี้ยงปลาดุกส่วนมากอยู่ในภาคใต้และภาคเหนือ คิดเป็นปริมาณการผลิตร้อยละ 27.47 และ 24.10 ตามลำดับ ปลานิลและปลาดุกที่ผลิตได้นิยมขายในรูปปลามีชีวิต ปลาสดแช่น้ำแข็ง และปลาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มประเภทต่างๆ เช่น ปลาแล่ (fillet) ซึ่งมีทั้งแบบมีหนัง (skin-on) และไม่มีหนัง (skinless) เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภคในการนำเนื้อปลาแล่ไปประกอบอาหาร นอกจากนี้การผลิตปลาแล่ยังอำนวยความสะดวกแก่ผู้แปรรูปปลาซึ่งต้องการชิ้นเนื้อปลาไปทำเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มประเภทต่างๆ อีกด้วย

สัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำเป็นสินค้าที่เสื่อมคุณภาพง่าย เนื่องจากมีลักษณะหลายประการที่เอื้อต่อการเจริญของแบคทีเรียและการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ (Huss, 1995) การชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำสามารถทำได้ง่ายโดยการลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำลง ซึ่งอาจใช้การแช่น้ำแข็งหรือการแช่ตู้เย็น เมื่ออุณหภูมิลดลง แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (spoilage bacteria) จะเจริญช้าลงด้วย (Reddy et al., 1992) นอกจากนี้หากใช้การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ (vacuum packaging) ร่วมกับการการลดอุณหภูมิสัตว์น้ำจะสามารถชะลอการเสื่อมเสียและยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำให้ยาวนานกว่าการลดอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวได้ (Parry, 1993; Brody, 1994) เพราะการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศจะมีการดูดอากาศออกจากถุง ทำให้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) เจริญช้าลง ส่วนแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) จะเพิ่มจำนวนขึ้นและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา คาร์บอนไดออกไซด์นี้จะสะสมในผลิตภัณฑ์ในรูป carbonic acid ซึ่งสามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Gram-negative spoilage bacteria) (David, 1993) การใช้การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศร่วมกับการแช่น้ำแข็งหรือการแช่ตู้เย็น เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียจำพวก psychrotrophic หรือ mesophilic bacteria ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ มีรายงานการศึกษาอย่างต่อเนื่องในสัตว์น้ำจากเขตอบอุ่นและเขตหนาว เช่น ปลา channel catfish (Zhuang et al., 1996), กุ้ง *Penaeus* spp. (Zhuang et al., 1996), crawfish ที่ผ่านการต้มสุก (Lyon and Reddmann, 2000), ปลาดุกแอฟริกัน (Anelich et al., 2001), ปลา pearlspot (Manju et al., 2007; Manju et al., 2008), ปลา chub mackerel (Stamatis and Arkoudelos, 2007; Mbarki et al., 2009), ปลา sea bream (Mendes and Goncalves, 2008), ปลา sea bass (Mendes and Goncalves, 2008), และ Mediterranean octopus (Atrea et al., 2009) ถึงแม้การใช้การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศร่วมกับการแช่น้ำแข็งหรือแช่ตู้เย็นจะให้ผลดีในสัตว์น้ำหลายชนิด แต่ไม่มีรายงานใดกล่าวถึงผลของวิธีดังกล่าวต่ออายุการเก็บรักษา รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับคุณภาพและแบคทีเรียที่สัมพันธ์ความปลอดภัยของเนื้อปลานิลและปลาดุกซึ่งเป็นปลาจากเขตร้อน ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศต่ออายุการเก็บรักษาของเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกแล่แบบมีหนัง รวมทั้งศึกษาผลของการบรรจุดังกล่าวต่อเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับคุณภาพและแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บในน้ำแข็ง

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างเนื้อปลา

ซื้อปลานิลและปลาดุกลูกผสมมีชีวิตขนาดตัวละ 500-600 และ 250-350 กรัม ตามลำดับ ชนิดละ 45 กิโลกรัม/ซ้ำ จากร้านค้าปลามีชีวิตแห่งหนึ่ง ในตลาดสด เขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ลำเลียงปลามายังห้องปฏิบัติการและทำให้ตายอย่างรวดเร็วโดยแช่ปลาในน้ำประปาผสมน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จากนั้นขอดเกล็ด (เฉพาะปลานิล) ตัดหัว ควักไส้ และล้างให้สะอาดโดยใช้น้ำดื่ม (โคลาริส, ขอนแก่น) ที่เย็นจัดอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการแล่เฉพาะเนื้อที่มีหนังติดอยู่ได้เนื้อปลาแต่ละชนิดประมาณ 12 กิโลกรัม จากนั้นล้างเนื้อปลาในน้ำดื่มเย็นจัดอีก 2 ครั้ง สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 15 นาทีในตู้เย็น ทำการแบ่งเนื้อปลาแต่ละชนิดเป็น 12 ส่วน ส่วนละ 1 กิโลกรัม สุ่มทั้ง 12 ส่วน เพื่อบรรจุหีบห่อ 2 แบบ คือ ก) หีบห่อแบบมีอากาศ (ชุดควบคุม) โดยบรรจุถุงพลาสติกซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ขนาด 20x30 เซนติเมตร จำนวน 6 ถุง วางชิ้นเนื้อปลาแผ่เป็นแผ่นซ้อนกันสองชั้น แล้วจึงรัดปากถุงด้วยหนังยางให้แน่นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก และ ข) หีบห่อแบบสุญญากาศ โดยบรรจุในถุงสุญญากาศซึ่งทำจากพลาสติกชนิด polyamine/LLDPE หนา 15/65 ไมครอน ขนาด 23x33 เซนติเมตร (วรรณประไพ อินเตอร์เนชันเนล จำกัด, สมุทรปราการ) ซึ่งมี oxygen permeability เมื่อวัดที่ความดัน 1 บรรยากาศ (atm), ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ร้อยละ 75, อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการวัด 24 ชั่วโมง เท่ากับ 38.03 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร จำนวน 6 ถุง วางชิ้นเนื้อปลาเช่นเดียวกับชุดควบคุม การดูดอากาศออกจากถุงและปิดผนึกภายใต้สภาพสุญญากาศใช้เครื่อง DZ400/500 vacuum packer (Goldenware Machinery Co., Ltd., China) เก็บถุงเนื้อปลาแต่ละชนิดทั้งหมด 12 ถุง ในกระติกน้ำแข็งใส่น้ำแข็งในอัตราส่วนของน้ำหนักปลา: น้ำแข็ง เท่ากับ 1:2 (Graham and Johnson, 1993) โดยใส่น้ำแข็งร้อยละ 50 ลงที่ก้นกระติก วางถุงปลาในแนวนอน ส่วนน้ำแข็งที่เหลือใส่ไว้บนถุงปลา น้ำที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งจะถูกปล่อยทิ้งและเติมน้ำแข็งใหม่ทุกวันทำการสุ่มเนื้อปลาแต่ละชนิดที่บรรจุหีบห่อสองแบบ (หีบห่อแบบมีอากาศและหีบห่อแบบสุญญากาศอย่างละ 1 ถุง) ในวันที่ 0, 4, 8, 12, 16, และ 20 หลังการเก็บในน้ำแข็ง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียในเนื้อปลา ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อให้ครบ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับคุณภาพผลิตภัณฑ์

psychrotrophic bacteria วิเคราะห์ตามวิธีของ American Public Health Association (2001) โดยชั่งเนื้อปลาที่ตัดด้วยมีดฆ่าเชื้อ 25 กรัม ใส่ใน sterilized peptone water (เข้มข้นร้อยละ 0.1) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง stomacher 3500 Jumbo (Seward Laboratory Systems Inc., Bohemia, NY, USA) 60 วินาที วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียใน plate count agar (BBL, Sparks, MD, USA) โดยใช้เทคนิค pour plate บ่มเชื้อที่ 7$\pm$1 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน ปริมาณแบคทีเรียที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

mesophilic bacteria วิเคราะห์ตามวิธีของ American Public Health Association (2001) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2.1.1 แต่บ่มเชื้อที่ 30$\pm$1 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน ปริมาณแบคทีเรียที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

anaerobic bacteria ใช้วิธีการที่ปรับปรุงจากวิธีของ Mendes and Goncalves (2008) วิเคราะห์ปริมาณ anaerobic bacteria ใน plate count agar (BBL, Sparks, MD, USA) โดยใช้เทคนิค pour plate และเพิ่มการเท thioglycolate agar (BBL, Sparks, MD, USA) ทับ plate count agar ที่แข็งตัวแล้ว จากนั้นบ่มเชื้อที่ 30$\pm$1 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ภายใต้สภาพไม่มีออกซิเจนใน anaerobic jar (BBL, Sparks, MD, USA) และเพิ่มการกำจัดออกซิเจนใน anaerobic jar โดยใช้ BD BBL™ Gaspak™ Anaerobic System Envelopes (BBL, Sparks, MD, USA) อีกทางหนึ่ง ปริมาณแบคทีเรียที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับความปลอดภัยผลิตภัณฑ์

coliforms วิเคราะห์โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด violet red bile (VRB) agar (BBL, Sparks, MD, USA) โดยใช้เทคนิค pour plate บ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นับโคโลนีสีม่วงแดง (purple-red) มีเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร และมีตะกอนของ bile acid รอบโคโลนีตาม American Public Health Association (2001) ปริมาณแบคทีเรียที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

Salmonella spp. ใช้วิธีตาม American Public Health Association (2001) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด bismuth sulfite agar (BBL, Sparks, MD, USA) ใช้เทคนิค spread plate และบ่มที่ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนับ typical colony ที่มีลักษณะสีดำหรือเขียวที่มีลักษณะมันเงา (metallic sheen) และอาหารเลี้ยงเชื้อรอบโคโลนีมีสีดำหรือน้ำตาล จากนั้นเขี่ย typical colony และ streak บน plate count agar บ่มที่ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน และทำ Gram stain เพื่อดูการย้อมติดสีและลักษณะของเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ จากนั้นยืนยันว่า typical colony เป็น *Salmonella* spp. ด้วยปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยใช้ชุดตรวจสอบ API 20E (bioMerieux Vitek, Inc., Hazewood, MO, USA) ปริมาณแบคทีเรียที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

Vibrio cholerae ใช้วิธีตาม American Public Health Association (2001) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด thiosulfate citrate bile sucrose (TCBS) agar (BBL, Sparks, MD, USA) ใช้เทคนิค spread plate และบ่มที่ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนับและเขี่ย typical colony ที่มีลักษณะค่อนข้างแบน ผิวเรียบ สีเหลือง และ streak บน plate count agar บ่มที่ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน และทำ Gram stain เพื่อดูการย้อมติดสีและลักษณะของเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ตามด้วยการบ่งชี้ว่า typical colony เป็น *V. cholerae* หรือไม่ ด้วยปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยใช้ชุดตรวจสอบ API 20E (bioMerieux Vitek, Inc., Hazewood, MO, USA) ปริมาณโคโลนีที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

Staphylococcus aureus ใช้วิธีตาม American Public Health Association (2001) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Baird-Parker base agar (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Mumbai, India) ที่เติม egg yolk tellurite emulsion (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Mumbai, India) ใช้เทคนิค spread plate บ่มที่ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนับและเขี่ย typical colony ที่มีลักษณะกลมนูน ผิวเรียบ สีดำหรือเทาดำ มีวงขุ่นรอบโคโลนี และ streak บน plate count agar บ่มที่ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน และทำ Gram stain เพื่อดูการย้อมติดสีและลักษณะของเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ตามด้วยการบ่งชี้ว่า typical colony เป็น *S. aureus* หรือไม่ ด้วยปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยใช้ชุดตรวจสอบ API Stap (bioMerieux Vitek, Inc., Hazewood, MO, USA) ปริมาณโคโลนีที่นับได้รายงานผลเป็น log cfu/g

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ 2x6 factorial arrangement ใน Randomized Complete Block (RCB) รวมทั้งหมด 12 ทรีตเมนต์ โดยมีวิธีการบรรจุหีบห่อ 2 แบบ (มีอากาศและสุญญากาศ) และมีระยะเวลาในการเก็บ 6 ระดับ (0, 4, 8, 12, 16, และ 20 วัน) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SAS version 9 ที่ความน่าจะเป็นร้อยละ 95 การจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้วิธี least significant level (LSD) ตามคำแนะนำของ Milliken and Johnson (1997)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาในเนื้อปลาทั้งสองชนิดพบว่า วิธีการบรรจุหีบห่อและระยะเวลาในการเก็บรักษา ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) ($P>0.05$) ในทุกค่าที่ทำการวิเคราะห์ แต่วิธีการบรรจุหีบห่อและระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียในเนื้อปลานิลและปลาดุก ยกเว้น *Salmonella* spp. และ *V. cholerae* ซึ่งตรวจไม่พบในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา

ผลของวิธีการบรรจุหีบห่อต่อปริมาณแบคทีเรีย

psychrotrophic bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำ โดยเจริญได้ดีที่อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 องศาเซลเซียส แบคทีเรียนี้มีความสำคัญต่อการเน่าเสียของอาหารที่เก็บในสภาพลดอุณหภูมิโดยการแช่น้ำแข็งหรือการแช่ตู้เย็น (Jay, 2000) ผลการศึกษาพบว่าเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศมีปริมาณ psychrotrophic bacteria ต่ำกว่าเนื้อปลาที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$; **Figure 1a-b**) การลดลงของ psychrotrophic bacteria เมื่อบรรจุเนื้อปลาในหีบห่อแบบสุญญากาศ อาจมีสาเหตุจากสภาพไม่มีอากาศและ carbonic acid ซึ่งสร้างโดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศระหว่างการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ (David, 1993) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Zhuang et al. (1996), Manju et al. (2007), และ Stamatis and Arkoudelos (2007) ซึ่งพบว่าการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศทำให้ปริมาณ psychrotrophic bacteria ในกุ้ง *Penaeus* spp., เนื้อปลา pearlspot, และเนื้อปลา chub mackerel ต่ำกว่าการบรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ ถึงแม้การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศจะลดปริมาณ psychrotrophic bacteria ได้ ผู้แปรรูปปลาแล่ไม่ควรหวังพึ่งการบรรจุหีบห่อแบบนี้จนละเลยการเลือกซื้อปลาจากแหล่งผลิตที่สะอาดและการใช้วิธีแปรรูปที่ถูกสุขลักษณะ

mesophilic bacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางระหว่าง 20-45 องศาเซลเซียส (Jay, 2000) แบคทีเรียนี้ไม่สัมพันธ์กับการเน่าเสียของเนื้อปลานิลและปลาดุก เมื่อประเมินทางประสาทสัมผัส (organoleptic test) โดยใช้กลิ่น (odor) ของเนื้อปลาดิบและกลิ่นรส (flavor) ของเนื้อปลาสุก (สมสมร และคณะ, 2550) ในการทดลองนี้พบว่า mesophilic bacteria ในเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศมีปริมาณต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$; **Figure 1a-b**) การลดลงของ mesophillic bacteria ในปลาที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ อาจมีสาเหตุจากสภาวะไร้อากาศในหีบห่อและการสะสมของ carbonic acid (David, 1993) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองใน crawfish ต้มสุก (Lyon and Reddmann, 2000), ปลาดุกแอฟริกัน (Anelich et al., 2001), ปลา sardine (Ozogul et al., 2004), ปลาไหล (*Anguilla anguilla*; Arkoudelos et al., 2007), ปลา pearlspot (Manju et al., 2007; Manju et al., 2008), ปลา chub mackerel (Stamantis and Arkoudelos, 2007; Mbarki et al., 2009), ปลา sea bass (Mendes and Goncalves, 2008), ปลา Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*; Pantazi et al., 2008), และ Mediterranean octopus (Atrea et al., 2009)

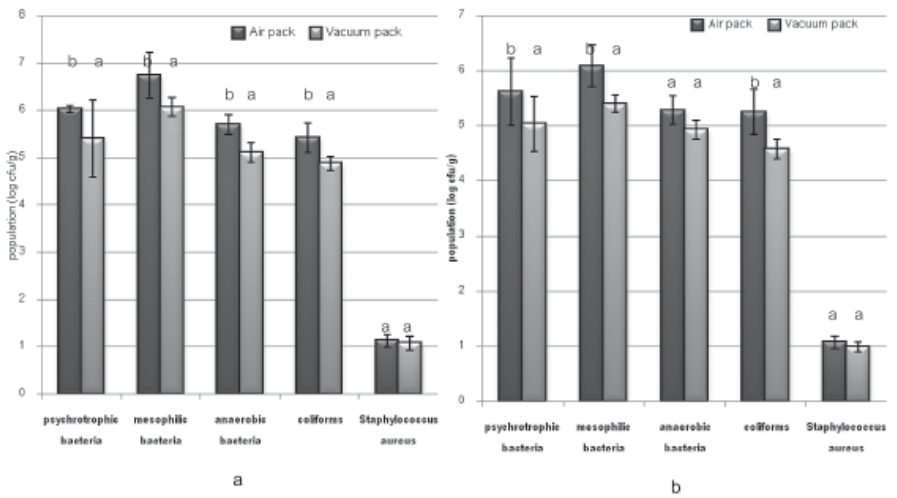

Figure 1 Comparison of the effect of air and vacuum packs on quality and safety related bacteria of (a) tilapia and (b) catfish fillets. Graphs within each bacterial group with different letters are significantly ($P<0.05$) different according to LSD. All storage times are pooled.

anaerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ในสภาวะไม่มีออกซิเจน นักวิจัยบางกลุ่มเชื่อว่าการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศเอื้อต่อการเจริญของ anaerobic bacteria โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* ที่ทำให้เกิดโรค botulism ซึ่งมีอันตรายถึงชีวิต (Reddy et al., 1999) แต่การทดลองนี้พบว่าเนื้อปลานิลที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศมี anaerobic bacteria ต่ำกว่าเนื้อปลานิลที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$; **Figure 1a**) ส่วนการทดลองในเนื้อปลาดุกพบว่า การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศและแบบมีอากาศให้ปริมาณ anaerobic bacteria ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$; **Figure 1b**) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการบรรจุหีบห่อแบบมีอากาศไม่ได้ชะลอการเจริญของ anaerobic bacteria แต่อาจทำให้ปริมาณ anaerobic bacteria สูงขึ้น สำหรับการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศก็ไม่ได้เอื้อต่อการเจริญของ anaerobic bacteria แต่อย่างใด ถึงแม้จะบรรจุเนื้อปลาในหีบห่อที่มีอากาศแต่เมื่อเนื้อปลาซ้อนทับกัน อาจเกิด anaerobiosis ตรงกลางหรือด้านล่างของชิ้นปลา ทำให้ปริมาณ anaerobic bacteria สูงได้ (Woyewoda et al., 1984) ผลการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับรายงานของ David (1993) ที่ว่าการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศสร้างสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของ anaerobic bacteria แต่ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Zhuang et al. (1996) ซึ่งพบว่า กุ้ง *Penaeus* spp. และเนื้อปลา channel catfish ที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ มีปริมาณ anaerobic bacteria สูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Lyon and Reddmann (2000) ที่พบว่า ตัวอย่าง crawfish ซึ่งผ่านการต้มสุกและบรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ มีปริมาณ anaerobic bacteria สูงกว่าพวกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ

coliforms เป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่แสดงการปนเปื้อนของอุจจาระและแสดงการปรากฏของแบคทีเรียก่อโรคที่ส่งผ่านทางอุจจาระในผลิตภัณฑ์ (Banwart, 1987) การทดลองพบว่าเนื้อปลานิลและปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศมีปริมาณ coliforms ต่ำกว่าเนื้อปลาที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$; **Figure 1a-b**) แสดงให้เห็นว่าการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศสามารถลดการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม coliforms ได้ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองในปลา chub mackerel ที่ศึกษาโดย Mbarki et al. (2009)

S. aureus เป็นแบคทีเรียก่อโรคซึ่งมีแหล่งที่มาจากผิวหนังและทางเดินหายใจของมนุษย์ ใช้เป็นดัชนีการปนเปื้อนที่เกิดจากลมหายใจและการสัมผัสของบุคลากรในสายการผลิต (Jay, 2000) การทดลองนี้พบว่าปริมาณ *S. aureus* ในเนื้อปลานิลและปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ ($P>0.05$; **Figure 1a-b**) แสดงให้เห็นว่าหีบห่อแบบสุญญากาศไม่สามารถลดปริมาณแบคทีเรียดังกล่าวได้ ดังนั้นผู้ผลิตปลาแปรรูปซึ่งบรรจุเนื้อปลาในหีบห่อแบบสุญญากาศ ต้องระวังการปนเปื้อนของแบคทีเรียดังกล่าวเป็นพิเศษ โดยให้คนงานแปรรูปปลาอย่างถูกสุขลักษณะ และต้องใช้ถุงมือรวมทั้งผ้าปิดปาก/จมูกทุกครั้งที่แล่ปลา ผลการทดลองสอดคล้องกับ Manju et al. (2007) ซึ่งพบว่าปริมาณ *S. aureus* ในเนื้อปลา pearlspot ที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ และแบบสุญญากาศ มีปริมาณไม่แตกต่างกัน

ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณแบคทีเรีย

psychrotrophic bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำ แบคทีเรียนี้สัมพันธ์กับการเน่าเสียของเนื้อปลา โดยระดับ 6-7 log cfu/g แสดงการเน่าเสียเมื่อประเมินโดยใช้วิธีทางประสาทสัมผัส ของเนื้อปลา channel catfish (Cai et al., 1997), เนื้อปลานิล (สมสมร และคณะ, 2550), และเนื้อปลาดุก (สมสมร และคณะ, 2550) ผลการทดลองพบว่าเนื้อปลานิลที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีปริมาณ psychrotrophic bacteria เริ่มต้นเท่ากับ 4.45 และ 3.42 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 2a-b**) ปริมาณนี้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการทดลอง ปริมาณ psychrotrophic bacteria ในเนื้อปลานิลที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีค่า 7.81 และ 7.52 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 2a-b**) ส่วนการศึกษาในเนื้อปลาดุกพบว่าการบรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบ

สุญญากาศ มีปริมาณ psychrotrophic bacteria เมื่อเริ่มการทดลองในวันที่ 0 เท่ากับ 4.06 และ 3.53 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 3a-b**) ปริมาณนี้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกับเนื้อปลานิล และในวันสุดท้ายของการทดลอง ปริมาณ psychrotrophic bacteria ในเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีค่า 7.47 และ 7.14 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 3a-b**) ปริมาณ psychrotrophic bacteria ในเนื้อปลาทั้งสองชนิดที่บรรจุหีบห่อทั้งสองแบบเมื่อเริ่มการทดลอง จัดว่ามีคุณภาพเหมาะสมต่อการบริโภคตามเกณฑ์ที่รายงานโดย Erken et al. (2007) ซึ่งกล่าวว่าเนื้อปลาที่เหมาะต่อการบริโภคต้องมีปริมาณ psychrotrophic bacteria ต่ำกว่า 5 log cfu/g

ถึงแม้เนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกจะมีคุณภาพเหมาะสมต่อการบริโภคเมื่อเริ่มการทดลอง แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณ psychrotrophic bacteriaจะเพิ่มขึ้นจนทำให้เนื้อปลามีคุณภาพต่ำไม่เหมาะต่อการบริโภคในที่สุด การเพิ่มขึ้นของ psychrotrophic bacteria ในเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ เป็นปรากฏการณ์ที่พบได้ทั่วไปในเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำประเภทอื่นที่เก็บในสภาพลดอุณหภูมิโดยการแช่น้ำแข็งหรือแช่ตู้เย็น เนื่องจากการลดอุณหภูมิสามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียได้เท่านั้น แต่ไม่สามารถหยุดการเจริญของแบคทีเรียได้อย่างสิ้นเชิง (Pedrosa-Menabrito and Regenstein, 1990) ส่วนการเพิ่มขึ้นของ psychrotrophic bacteria ในปลาทั้งสองชนิดที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานในเนื้อปลา channel catfish (Zhuang et al., 1996), กุ้ง *Penaeus* spp. (Zhuang et al., 1996), ปลา cod (Reddy et al., 1999), ปลา rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*; Arashisar et al., 2004), ปลา pearlspot (Manju et al., 2007) และปลา chub mackerel (Erkan et al., 2007; Stamatis and Arkoudelos, 2007)

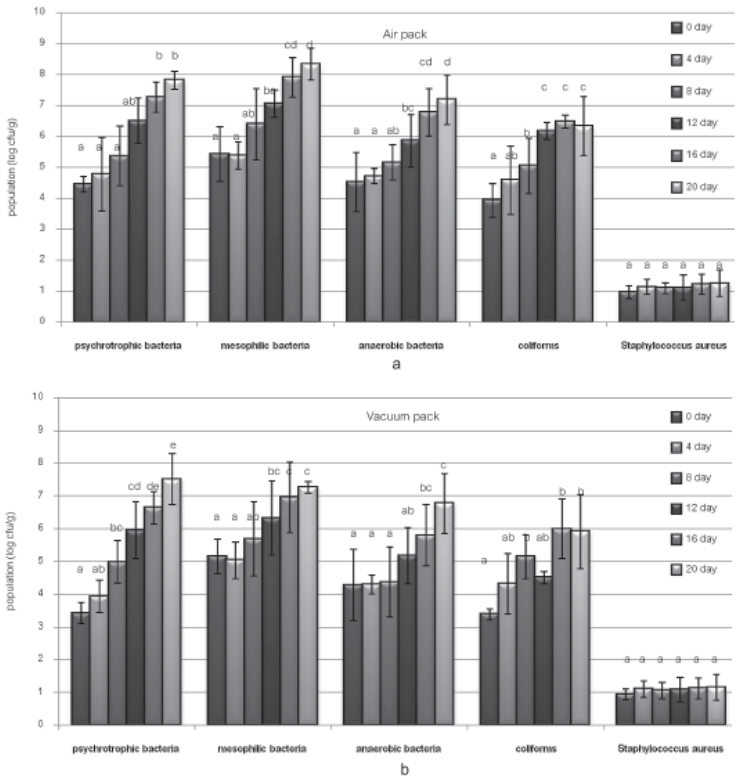

Figure 2 Populations of quality and safety related bacteria of (a) air and (b) vacuum packed tilapia fillets as affected by storage times. Graphs within each bacterial group with different letters are significantly ($P<0.05$) different according to LSD.

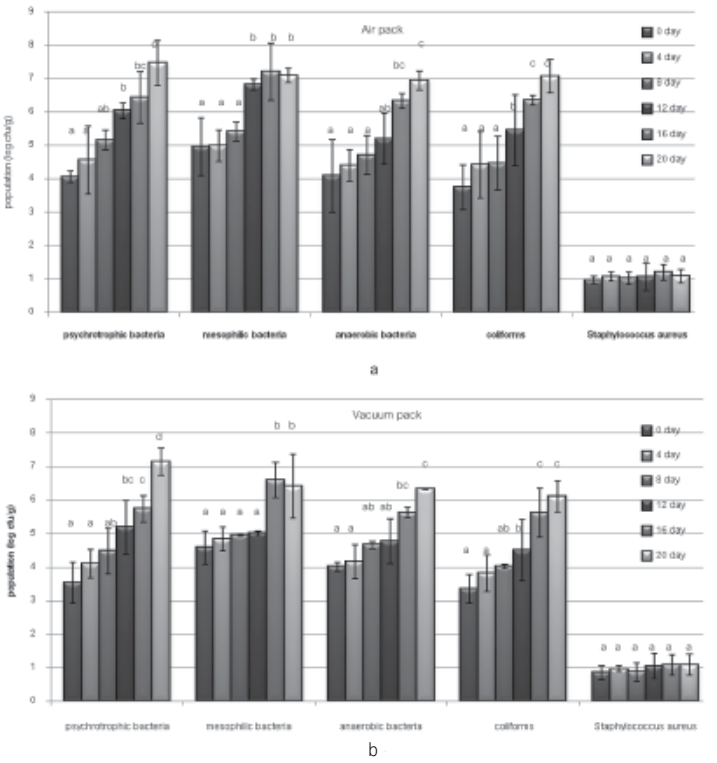

Figure 3 Populations of quality and safety related bacteria of (a) air and (b) vacuum packed hybrid catfish fillets as affected by storage times. Graphs within each bacterial group with different letters are significantly ($P<0.05$) different according to LSD.

หากใช้ปริมาณ psychrotrophic bacteria ที่ระดับ 6-7 log cfu/g แสดงการเน่าเสียเมื่อประเมินโดยใช้วิธีทางประสาทสัมผัส ของเนื้อปลานิล (สมสมร และคณะ, 2550) เมื่อนำปริมาณ psychrotrophic bacteria (x) มาหาความสัมพันธ์กับระยะเวลาต่างๆ ในการเก็บรักษา (y) พบว่าได้สมการเส้นตรง คือ $y = 4.74x - 15.59$ ($P<0.05$; $r^2 = 0.963$) ที่สามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษา (y) ของเนื้อปลานิลแล่ได้นาน 13 วันในหีบห่อแบบสุญญากาศ ในขณะที่ชุดควบคุมซึ่งบรรจุในหีบห่อแบบมีอากาศ ได้สมการเส้นตรงอายุการเก็บรักษาเป็น $y = 5.52x - 23.25$ ($P<0.05$; $r^2 = 0.963$) ทำให้เนื้อปลานิลนี้มีอายุ 10 วัน ดังนั้นการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศจะยืดอายุเนื้อปลานิลแล่ได้นาน 3 วัน จาก 10 วัน เป็น 13 วัน หรือขยายอายุการเก็บรักษาออกไปอีกร้อยละ 30 สำหรับการประเมินอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาดุกซึ่งใช้ปริมาณ psychrotrophic bacteria ที่ระดับ 6-7 log cfu/g แสดงการเน่าเสียเมื่อประเมินโดยใช้วิธีทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลานี้ (สมสมร และคณะ, 2550) เมื่อนำปริมาณ psychrotrophic bacteria (x) มาหาความสัมพันธ์กับระยะเวลาต่างๆ ในการเก็บรักษา (y) พบว่าได้สมการเส้นตรง คือ $y = 5.92x-19.74$ ($P<0.05$; $r^2 = 0.903$) ที่สามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษา (y) ของเนื้อปลาดุกแล่ได้นาน 16 วันในหีบห่อแบบสุญญากาศ ในขณะที่ชุดควบคุมซึ่งเก็บในหีบห่อแบบมีอากาศ ได้สมการเส้นตรงอายุการเก็บรักษาเป็น $y = 5.95x-23.43$ ($P<0.05$; $r^2 = 0.916$) ทำให้เนื้อปลามีอายุ 12 วัน ดังนั้นการเก็บในหีบห่อแบบสุญญากาศจะยืดอายุเนื้อปลาดุกได้นาน 4 วัน จาก 12 วัน เป็น 16 วัน หรือขยายอายุการเก็บรักษาออกไปอีกร้อยละ 33 อายุการเก็บรักษาที่ขยายออกไปได้นี้ ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองในเนื้อปลานิล (ร้อยละ 30) แสดงว่าการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศสามารถขยายอายุการเก็บรักษาของปลาเกล็ดและปลาหนังได้ใกล้เคียงกัน Silva and White (1994) กล่าวว่าประสิทธิภาพของการ

บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศในการยืดอายุผลิตภัณฑ์ปลาแล่ แปรผกผันกับปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นในปลานั้นๆ ดังนั้นหากต้องการให้อายุเนื้อปลานิลและปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศยืนยาวขึ้นกว่าเดิม ควรลดปริมาณเริ่มต้นของแบคทีเรียในเนื้อปลา โดยการซื้อปลาจากแหล่งผลิตที่ใช้น้ำสะอาดในการเพาะเลี้ยง ใช้วิธีแปรรูปที่ถูกสุขลักษณะ และใช้น้ำคลอรีนล้างเนื้อปลาก่อนบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ นอกจากนี้ยังอาจจุ่มเนื้อปลาในสารยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial agent) เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งต้องมีการทดลองกันต่อไป

mesophilic bacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญที่อุณหภูมิปานกลาง ปริมาณแบคทีเรียนี้ไม่สัมพันธ์กับการเน่าเสียเมื่อประเมินโดยใช้วิธีทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลานิลและปลาดุก (สมสมร และคณะ, 2550) แต่ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับมาตรฐานคุณภาพของปลานิลสดทั้งตัว (มกอช. 7001-2547) และเนื้อปลาแล่แช่เยือกแข็ง (มกอช. 7014-2548) โดยทั้งสองมาตรฐานกำหนดให้มี mesophilic bacteria ในเนื้อปลาไม่เกิน 5.70 log cfu/g (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547; สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) ผลการทดลองพบว่าเนื้อปลานิลแล่ที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีปริมาณ mesophilic bacteria เริ่มต้นในวันแรกของการทดลอง (วันที่ 0) เท่ากับ 5.42 และ 5.15 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 2a-b**) ปริมาณนี้ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วง 0-4 วัน จากนั้นมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 16 หลังจากนั้นปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดการทดลอง (**Figure 2a-b**) ปริมาณเริ่มต้นนี้สูงกว่าปริมาณที่พบในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมี mesophilic bacteria เท่ากับ 4.9 log cfu/g (Khalil and Hussein, 1997) ปริมาณเริ่มต้นของ mesophilic bacteria ในเนื้อปลานิลจากการทดลอง ต่ำกว่าระดับ 5.70 log cfu/g แสดงว่าเนื้อปลานิลนี้มีคุณภาพดีตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของปลานิลสดทั้งตัว (มกอช. 7001-2547) และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของเนื้อปลาแล่แช่เยือกแข็ง (มกอช. 7014-2548)

สำหรับปริมาณ mesophilic bacteria ในเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ เมื่อเริ่มการทดลองในวันที่ 0 มีปริมาณ4.96 และ 4.58 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 3a-b**) ปริมาณนี้ไม่เกินค่ามาตรฐานของเนื้อปลาแล่แช่เยือกแข็งที่ 5.70 log cfu/g (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) และมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ 4.5-5 log cfu/g ที่พบในปลาดุกแอฟริกัน (Anelich et al., 2001), ปลา pearlspot (Manju et al., 2007), ปลา Mediterranean swordfish (Pantazi et al., 2008), และ ปลา sole (Zambuchini et al., 2008(ปริมาณเริ่มต้นนี้ต่ำกว่าปริมาณที่พบในเนื้อปลานิล (5.42 และ 5.15 log cfu/g) Mendes and Goncalves (2008) กล่าวว่าปริมาณแบคทีเรียในปลาแปรรูปแปรผันตามระดับการปนเปื้อนของน้ำเลี้ยงปลา วิธีการจับ การขนส่ง และความสดของปลา การทดลองนี้ใช้ปลามีชีวิตในการแปรรูป จึงตัดปัญหาเรื่องความสดของปลาได้ ดังนั้นความแตกต่างของปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นในเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกอาจเกิดจากสภาวะการปนเปื้อนของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา วิธีการจับ และการขนส่ง ปริมาณ mesophilic bacteria ในเนื้อปลาดุกจากการทดลอง เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศมีปริมาณ mesophilic bacteria ไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างวันที่ 0-8 หลังจากนั้น mesophilic bacteria เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 แต่ระหว่างวันที่ 12-20 ปริมาณแบคทีเรียนี้ไม่เปลี่ยนแปลง (**Figure 3a**) ส่วนเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศมีปริมาณ mesophilic bacteria ไม่เปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-12 วัน หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 16 ส่วนหลังวันที่ 16 พบว่าปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดการทดลอง (**Figure 3b**)

การเพิ่มขึ้นของ mesophilic bacteria ในเนื้อปลานิลและปลาดุกบรรจุหีบห่อแบบมีอากาศ สอดคล้องกับการศึกษาในเนื้อปลา chub mackerel (Metin et al., 2002), ปลา rainbow trout (Arashisar et al., 2004; Chytiri et al., 2004), ปลา sardine (Ozogul et al., 2004), ปลา Atlantic pomfret (Perez-Alonso et al., 2004), ปลา

pearlspot (Manju et al., 2007), ปลา Pacific saury (Sallam, 2008), ปลา Mediterranean swordfish (Pantazi et al., 2008), และ ปลา meager (Hernandez et al., 2009) ส่วนการเพิ่มปริมาณของ mesophilic bacteria ในปลาทั้งสองชนิดที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ สอดคล้องกับการศึกษาในเนื้อปลา cod (Reddy et al., 1999), ปลา rainbow trout (Arashisar et al., 2004), ปลา chub mackerel (Erkan et al., 2007), ปลา sardine (Mendes et al., 2008), และปลา Mediterranean swordfish (Pantazi et al., 2008)

anaerobic bacteria ในเนื้อปลานิลแล่ที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีปริมาณเริ่มต้นเฉลี่ยในวันแรกของการทดลอง (วันที่ 0) เท่ากับ 4.52 และ 4.28 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 2a-b**) ส่วนในเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีปริมาณ anaerobic bacteria เริ่มต้นเท่ากับ 4.09 และ 4.02 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 3a-b**) ปริมาณ anaerobic bacteria เริ่มต้นของปลาทั้งสองชนิดใกล้เคียงกับรายงานของ Reddy et al. (1999) และ Zhuang et al. (1996) ซึ่งพบ anaerobic bacteria ในปลา cod และ channel catfish ปริมาณ 4.3 และ 4.0 log cfu/g ตามลำดับ แต่ค่าเริ่มต้นนี้สูงกว่ารายงานของ Mendes and Goncalves (2008) ซึ่งกล่าวว่าปลาคุณภาพดีจะมี anaerobic bacteria น้อยกว่า 2 log cfu/g ปริมาณ anaerobic bacteria ในเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกทั้งที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ (**Figure 2a-b and Figure 3a-b**) การเพิ่มขึ้นของ anaerobic bacteria ตามระยะเวลาในการทดลองนี้ สอดคล้องกับ Zhuang et al. (1996), Reddy et al. (1999), และ Lyon and Reddmann (2000) ที่ใช้การบรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศบรรจุเนื้อปลา channel catfish, เนื้อปลา cod, และ crawfish ที่ผ่านการต้มสุก ตามลำดับ

coliforms ในเนื้อปลานิลที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ มีปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 3.93 และ 3.39 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 2a-b**) ส่วนเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณ coliforms เมื่อเริ่มการทดลองเท่ากับ 3.75 และ 3.36 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 3a-b**) ปริมาณเริ่มต้นนี้สูงกว่ารายงานของ Eves et al. (1995) และ Lyon and Reddmann (2000) ซึ่งพบว่าเนื้อปลานิล และ crawfish ที่ต้มสุกแล้ว มี coliforms เท่ากับ 2.2 และระหว่าง 2.11-2.15 log cfu/g ตามลำดับ แต่ปริมาณ coliforms ที่ได้จากการทดลองนี้ใกล้เคียงกับ Mbarki et al. (2009) ที่พบว่าปลา chub mackerel มี coliforms เท่ากับ 3.62 log cfu/ ปริมาณ coliforms ในเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกทั้งที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ เพิ่มตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (**Figure 2a-b and Figure 3a-b**) การเพิ่มปริมาณของ coliforms ในการทดลองนี้สอดคล้องกับ Anelich et al. (2001) และ Perez-Alonso et al. (2004) ที่พบว่าปริมาณ coliforms ของเนื้อปลาดุกแอฟริกัน และปลา Atlantic pomfret ทั้งที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา

S. aureus ที่พบปนเปื้อนในปลาแล่ มาจากลมหายใจและการสัมผัสของบุคลากรในสายการผลิตระหว่างการแปรรูป หากปริมาณ *S. aureus* มากกว่า 4 log cfu/g จัดว่าเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Sallam, 2008) แต่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2548) กำหนดมาตรฐานปลาแล่แช่เยือกแข็ง (มอกช. 7014-2548) ให้มี *S. aureus* ได้ไม่เกิน 2 log cfu/g เท่านั้น การทดลองพบว่าปริมาณ *S. aureus* ของเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ ไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา (P>0.05) โดยปริมาณ *S. aureus* ในเนื้อปลานิลที่บรรจุหีบห่อแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศเมื่อเริ่มการทดลองในวันที่ 0 เท่ากับ 0.96 และ 0.94 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 2a-b**) ส่วนเนื้อปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบเดียวกัน มี S. aureus เท่ากับ 0.97 และ 0.85 log cfu/g ตามลำดับ (**Figure 3a-b**) ปริมาณเริ่มต้นในเนื้อปลานิลและเนื้อปลาดุกต่ำกว่าค่า 2.30-2.36 log cfu/g ที่พบใน crawfish ซึ่งผ่านการต้มสุกแล้ว (Lyon and Reddmann, 2000) ถึงแม้ปริมาณ *S. aureus* ในเนื้อปลาทั้งสองชนิดที่บรรจุหีบห่อทั้งสองแบบ จะไม่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา แต่ปริมาณนี้ยังไม่เกิน 2 log cfu/g ทำให้ผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐานปลาแล่แช่

เยือกแข็ง รายงานของ Jay (2000) กล่าวว่า การเจริญของ *S. aureus* จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอยู่ระหว่าง 7-47.8 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเก็บเนื้อปลาทั้งสองชนิดในน้ำแข็ง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส อาจทำให้แบคทีเรียนี้ไม่เจริญปริมาณจึงไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง แต่ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า *S. aureus* ไม่ตายหรือลดปริมาณลงระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง ดังนั้นหากนำเนื้อปลาออกจากน้ำแข็งและเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 7 องศาเซลเซียส *S. aureus* อาจเจริญขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้เกิดอันตรายได้

สรุป

การบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศสามารถชะลอการเพิ่มปริมาณของ physchotrophic bacteria, mesophilic bacteria, และ coliforms ในเนื้อปลานิลและปลาดุกแล่แบบมีหนัง การบรรจุดังกล่าวไม่ได้เอื้อต่อการเจริญของ anaerobic bacteria และไม่มีผลต่อปริมาณ *S. aureus* เมื่อใช้ปริมาณ psychrotrophic bacteria เป็นเกณฑ์ในการตัดสินอายุการเก็บรักษา เนื้อปลานิลและปลาดุกที่บรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มจาก 10 เป็น 13 วัน (เพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์) และเพิ่มจาก 12 เป็น 16 วัน (เพิ่มขึ้น 33 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2550. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2548. เอกสารฉบับที่ 8/2550. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. ปลานิล มอกช. 7001-2547. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. ปลาแช่เยือกแข็ง มอกช. 7014-2548. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

สมสมร แก้วบริสุทธิ์, นิลุบล กิจอันเจริญ และสินีนาฏ ศิริ. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการใช้การแข่งขันของจุลินทรีย์เพื่อรักษาคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

American Public Health Association. 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. American Public Health Association, Washington, D.C.

Anelich, L.E., L.C. Hoffman, and M.J. Swanepoel. 2001. The influence of packaging methodology on the microbiological and fatty acid profiles of refrigerated African catfish fillets. J. Appl. Microbiol. 91: 22-28.

Arashisar, S., O. Hisar, M. Kaya, and T. Yanik. 2004. Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. Int. J. Food Microbiol. 97: 209-214.

Arkoudelos, J., N. Stamatis, and F. Samaras. 2007. Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0° C. Food Microbiol. 24: 728-735.

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

Banwart, G.J. 1987. Basic Food Microbiology. CBS Publishing and Distribution, Delhi.

Brody, A.L. 1994. Modified Atmosphere Food Packaging. Institute of Packaging Professionals, Herndon.

Cai, P., M.A. Harrison, Y. Huang, and J.L. Silva. 1997. Toxin production by *Clostridium botulinum* type E in packaged channel catfish. J. Food Prot. 60: 1358 - 1363.

Chytiri, S., I.N. Chouliara, I.N. Savvaidis, and M.G. Kontominas. 2004. Microbiological, chemical, and sensory assessment of iced whole and filleted aquaculture rainbow trout. Food Microbiol. 21: 157-165.

David, H.K. 1993. Fish. P. 189-220. In: R.T. Parry. Principle and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food. Blackies Academic and Professional, London.

Erken, N., O. Ozden, and M. Inugur. 2007. The effect of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackerel. Int. J. Food Technol. 42: 1297-1304.

Eves, A., C. Turner, A. Yakupitiyage, N. Tongdee, and S. Ponza. 1995. The microbiological and sensory quality of septage-raised Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 132: 261-272.

Graham, J. and W.A. Johnson. 1993. Ice in Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No. 331. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.

Hernandez, M.D., M.B. Lopez, A. Alvarez, E. Ferrandini, B. Garcia-Garcia, and M.D. Garrido. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meager (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. Food Chem. 114: 237-245.

Huss, H.H. 1995. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Jay, M.J. 2000. Modern Food Microbiology. 6th Edition. Aspen Publisher Inc., Gaithersburg.

Khalil, M.T. and H.A. Hussein. 1997. Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. Aqua. Res. 28: 859-865.

Lyon, W.J. and C.S. Reddmann. 2000. Bacteria associated with processed crawfish and potential toxin production by *Clostridium botulinum* type E in vacuum packaged and aerobically packaged crawfish tails. J. Food Prot. 63: 1687-1696.

Manju, S., L. Jose, T.K. Srinivasa Gopal, C.N. Ravishankar, and K.V. Lalitha. 2007. Effect of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. Food Chem. 102: 27-35.

Manju, S., C.O. Mohan, A.K. Mallick, C.N. Ravishankar, and T.K. Srinivasa Gopal. 2008. Influence of vacuum packaging and organic acid treatment on the chilled shelf-life of pearlspot (*Etroplus suratensis*). J. Food Qual. 31: 347-365.

Mbarki, R., N.B. Miloud, S. Selmi, S. Dhib, and S. Sadok. 2009. Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial, chemical, and sensory characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*). Food Chem. 185: 1-6.

Mendes, R. and A. Goncalves. 2008. Effect of soluble CO_2 stabilization and vacuum packaging on shelf-life of farmed sea bream and bass fillet. Int. J. Food Sci. Technol. 43: 1678-1687.

Mendes, R., C. Pestana, and A. Goncalves. 2008. The effects of soluble gas stabilization on the quality of packed sardine fillets (*Sardina pilchardus*) stored in air, VP, and MAP. Int. J. Food Sci. Technol. 43: 2000-2009.

Metin, S., N. Erkan, C. Varlikand, and O. Ozden. 2002. Effect of potassium lactate on quality and shelf-life of chub mackerel, *Scomber japonicus*. Fish. Sci. 68: 210-214.

Milliken, G. and D.E. Johnson. 1997. Analysis of Messy Data: Designed Experiments. Volume 1. CRC Press, NY.

Ozogul, F., A. Polat, and Y. Ozogul. 2004. The effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardine (*Sardina pilchardus*). Food Chem. 85: 49-57.

Pantazi, D., A. Papavergou, N. Pournis, M.G. Kontominas, and I.N. Savvaidis. 2008. Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: microbiological, biochemical and sensory attributes. Food Microbiol. 25: 136-143.

Parry, R.T. 1993. Application of Modified Atmosphere in Foods. Blackies Academic and Professional, London.

Pedrosa-Menabrito, A. and J.M. Regenstein. 1990. Shelf-life extension of raw fish - a review; part II -preservation of fish. J. Food Qual. 13: 129-146.

Perez-Alonso, F., S. P. Aubourg, O. Rodriguez, and J. Borros-Velazquez. 2004. Shelf-life extension of Atlantic pomfret (*Brama brama*) fillets by packaging under a vacuum-skin system. Eur. Food Res. Technol. 218: 313-317.

Reddy, N.R., D.J. Armstrong, E.J. Thodehamel, and D.A. Kautter. 1992. Shelf-life extension and safety concerns about raw fishery products packed under modified atmospheres: a review. J. Food Safe. 12: 87-118.

Reddy, N.R., H.M. Solomon, and E.J. Rhodehamel. 1999. Comparison of margin of safety between sensory spoilage and onset of *Clostridium botulinum* toxin development during storage of modified atmosphere (MA)-packed fresh marine cod fillets with MA-packed aquacultured fish fillets. J. Food Safe. 19: 171-183.

Sallam, K. 2008. Effect of marinating process on microbiological quality of Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged syorage at 4° C. Int. J. Food Sci. Technol. 43: 220-228.

Stamatis, N. and J. Arkoudelos. 2007. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. Food Control. 18: 292-300.

Silva, J.L. and T.D. White. 1994. Bacteriological and color changes in modified atmosphere-packaged refrigerated channel catfish. J. Food Prot. 57: 715-719.

Woyewoda, A.D., E.G. Bligh, and S.J. Shaw. 1984. Controlled and modified atmosphere storage of cod fillets. Can. Inst. Food Sci. Technol. 17: 24-27.

Zambuchini, B., D. Fiorini, M.C. Verdenelli, C. Orpianesi, and R. Ballini. 2008. Inhibition of microbiological activity during sole (*Solea solea* L.) chilled storage by applying ellagic and ascorbic acids. LWT- Food Sci. Technol. 41: 1733-1738.

Zhuang, R., Y. Huang, and L.R. Beuchat. 1996. Quality changes during refrigerated storage of packaged shrimp and catfish fillets treated with sodium acetate, sodium lactate or propyl gallate. J. Food Sci. 61: 241-244.