คำนำ

ปลาน้ำจืดมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่หาง่าย, มีรสชาติดี และมีราคาถูก ปลาที่นิยมเลี้ยงในภูมิภาคนี้ได้แก่ปลานิล (รวมถึงปลาทับทิม) และปลาดุกลูกผสม (*Clarias acrocephalus* × *Clarias gariepinus*) งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้การแข่งขันของจุลินทรีย์ในการรักษาคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากปลาเศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การแปรรูปปลาแล่ (fillet) ตามด้วยการเก็บในน้ำแข็ง (iced) เป็นวิธีเพิ่มมูลค่า (value added) วิธีหนึ่งซึ่งทำได้ง่ายโดยเกษตรกรทั่วไป และผลิตภัณฑ์ปลาแล่นี้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบเบื้องต้นสำหรับผลิตปลาแช่เยือกแข็งเพื่อส่งออก หรือใช้เป็นวัตถุดิบพื้นฐานสำหรับผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มอื่นๆ เช่น ปลาแดดเดียว และปลารมควัน แต่ปัญหาและอุปสรรคสำคัญในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลานิลและปลาดุกลูกผสมคือ การขาดข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาแล่ซึ่งเป็นวัตถุดิบพื้นฐานสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ, การขาดข้อมูลด้านปนเปื้อนจุลินทรีย์ ซึ่งสะท้อนความปลอดภัย, และยังขาดข้อมูลด้านการใช้เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เช่น การใช้การแข่งขันของจุลินทรีย์ (competitive microorganisms)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาเศรษฐกิจ หลังจากทำการเพิ่มมูลค่าโดยการแล่และบรรจุในถุงแบบสูญญากาศ ซึ่งบ่งชี้โดยปริมาณแบคทีเรีย, ค่าทางฟิสิกส์-เคมี, และค่าทางประสาทสัมผัส

การศึกษาจากเอกสาร

ในปี 2549 การเลี้ยงปลานิลมีประมาณ 200,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 7,900 ล้านบาท (กรุงเทพธุรกิจ 2549) ร้อยละ 70 ใช้เพื่อการบริโภคในประเทศ และกรมประมงมีนโยบายเพิ่มการเลี้ยงอีกร้อยละ 10 เพื่อขยายตลาดส่งออกปลานิลแปรรูป (รพีพร 2549) ในปีเดียวกันประเทศไทยมีการส่งออกปลานิลแปรรูปปริมาณ 15 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 788 ล้านบาท ชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีการส่งออกมากที่สุดได้แก่ ปลานิลสดทั้งตัวแช่เยือกแข็ง ปลานิลแล่ชิ้นแบบฟิลเลตแช่เยือกแข็ง และปลานิลแล่ชิ้นแบบฟิลเลตแช่เย็น จากความสำคัญของปลานิลทั้งในแง่เพื่อการบริโภคในประเทศและการส่งออก ปลาชนิดนี้จึงมีความบทบาทต่อเศรษฐกิจของไทย ส่วนปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย มีปริมาณการผลิตและมูลค่าเป็นอันดับสองของปลาที่ผลิตในประเทศไทย รองจากปลานิล ในปี 2549 ปริมาณการผลิตปลาดุกมีมากถึง 149,400 ตันคิดเป็นมูลค่า 4,847.60

ล้านบาท (ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง 2551) ดังนั้นปลาทั้งสองชนิดจึงจัดว่ามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างยิ่ง

หลังจากปลาตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงนี้มีทั้งการเปลี่ยนแปลงด้านจุลชีววิทยา และเคมี-ชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพและสิ้นอายุการเก็บรักษาในที่สุด การยืดอายุการเก็บรักษาของปลาและปลาที่ผ่านการแล่ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้การยืดอายุของปลาและปลาแล่โดยใช้การบรรจุในสภาวะสูญญากาศ (vacuum condition) ก็ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางเช่นกัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ทำได้ง่ายและใช้อุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน Parry (1993) อธิบายว่ากระบวนการบรรจุอาหารในสภาวะสูญญากาศเริ่มจากการเอาอาหารใส่ถุงที่ทำจากฟิล์มที่สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจนหรือมีการผ่านเข้าออกของออกซิเจนต่ำได้ (low oxygen permeability) จากนั้นอากาศในถุงจะถูกดูดออก (evacuated) และถุงจะถูกปิดผนึก การดูดอากาศออกจากถุงทำให้แบคทีเรียที่จำเป็นต้องใช้อากาศในการเจริญ (aerobic bacteria) เจริญช้าลงและยังทำให้ปฏิกิริยา oxidation ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดการหืนมีอัตราลดลง เมื่อออกซิเจนหมดไปจากระบบสูญญากาศ แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (anaerobic bacteria) จะผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา คาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวจะสะสมในเนื้ออาหาร ทำให้สามารถกดการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ (gram-negative bacteria) รวมทั้งยีสต์และราได้ (David 1993) โดยการลดลงของการเจริญของจุลชีพจะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนมีความเข้มข้นต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Broddy 1989) การชะลอการเจริญของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนและการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในกล้ามเนื้อสามารถกดการเจริญของจุลชีพได้ ทำให้อาหารที่เก็บในสภาวะสูญญากาศมีการเน่าเสียช้าลงและมีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น

ถึงแม้การเก็บอาหารในสภาวะสูญญากาศจะสามารถชะลอการเน่าเสียของอาหารได้ แต่สภาพดังกล่าวเอื้อให้เกิดการเน่าเสียโดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรือต้องการออกซิเจนปริมาณน้อย (microaerophilic bacteria) และปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่ต้องการออกซิเจน (non-oxidative reaction) แต่การเน่าเสียเหล่านี้ก็สามารถชะลอได้โดยการเก็บอาหารในสภาพที่เย็น (chilling) (Church and Parson 1995) อุณหภูมิการแช่เย็นของอาหารทะเลที่บรรจุแบบสูญญากาศ ต้องต่ำกว่า 3.3 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างพิษและไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (Broddy 1989) ดังนั้นการแช่อาหารทะเลในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสจึงเป็นทางออกที่เหมาะสม การใช้สภาพสูญญากาศในการยืดอายุการเก็บรักษาปลาอาจไม่ได้ผลหากปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นในปลามีค่าสูง เนื่องจากจุลชีพที่ถูกกดการเจริญมีปริมาณน้อยกว่าพวกที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสภาพสูญญากาศ ทำให้ปลายังเกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้นปลาที่ใช้เพื่อการบรรจุในสภาพสูญญากาศต้องผลิตโดยกระบวนการสุขาภิบาลที่ดีเพื่อให้ปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นมีน้อย (Broddy 1989) ผลดีจากการบรรจุภายใต้สภาวะสูญญากาศในปลา pearl spot (*Etroplus suratensis*) เมื่อประเมินจากคุณภาพด้านฟิสิกส์-เคมี และจุลชีววิทยาได้รับการรายงายโดย Manju and others (2008) ผลของการบรรจุแบบสูญญากาศต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากกิจกรรมของจุลชีพและอายุการเก็บรักษาของปลาคุกแอฟริกันแล่รายงานโดย Anelich and others (2001)

วิธีการทดลอง

การเตรียมและบรรจุตัวอย่าง

1. ซื้อปลานิลสดจากตลาดในจังหวัดขอนแก่นครั้งละ 20 กิโลกรัม และแล่เป็นชิ้น จากนั้นจึงเอาหนังออก ล้างในน้ำผสมน้ำแข็งอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 2 ครั้ง สะเด็ดน้ำเพื่อใช้ทดลอง

2. ทำการบรรจุปลานิลแล่ปราศจากหนัง (น้ำหนัก 60-80 กรัม/ชิ้น) และปลาดุกแล่ปราศจากหนัง (40-60 กรัม/ชิ้น) ในถุงไนลอนความหนา 80 ไมครอน สำหรับการบรรจุแบบสูญญากาศ ที่มีการผ่านเข้าออกของก๊าซต่างๆ ได้ต่ำ โดยมีอัตราการผ่านเข้าออกของก๊าซ (gas transmission rate) (cm^3/m^2/24 h ที่ 75% RH และ 23° C) ดังนี้ 25.0-O_2, 61-CO_2, และ 8.8-N_2 ส่วนปลาที่บรรจุในสภาพที่มีอากาศใช้ปลาทั้งสองชนิดบรรจุในถุงที่ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าออกได้ ขนาด 30 * 40 เซนติเมตร ซึ่งซื้อจากร้านค้าทั่วไป

3. เก็บปลาในลังน้ำแข็ง อัตราส่วนของน้ำแข็งต่อน้ำหนักปลาที่ใช้คือ 1:2 น้ำแข็งร้อยละ 50 จะถูกวางไว้ใต้ถุงปลาและร้อยละ 50 ที่เหลือจะถูกวางไว้บนถุงปลา ปลาจะถูกวางในน้ำแข็งในลักษณะแถวเดียว (single layer) เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อปลาถูกกดทับมากเกินไป ปลาแช่น้ำแข็งจะถูกลำเลียงมายังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการประเมินคุณภาพทุก 4 วัน โดยประเมินคุณภาพปลาแช่น้ำแข็งในวันที่ 0, 4, 8, 12, และ 16 วัน น้ำที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งจะถูกปล่อยทิ้ง และเติมน้ำแข็งใหม่ทุกวัน โดยอัตราส่วนของปลาต่อน้ำแข็งจะคงไว้ที่ 1:2 การประเมินคุณภาพทุก 4 วัน เริ่มจากการเก็บตัวอย่างโดยใช้ปากคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ส่วนตัวอย่างที่เหลือใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์-เคมี และประสาทสัมผัส

การวางแผนการทดลอง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้การแช่ในน้ำแข็งใช้ การวางแผนทดลองใช้แบบ factorial arrangement (2*5) ใน แผนการทดลอง Randomized Complete Block (RCB) ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ลักษณะภาชนะบรรจุ มี 2 ปัจจัย คือ air และ vacuum และระยะเวลาในการเก็บปลาในน้ำแข็ง ปัจจัยมี 5 ระดับ คือ 0, 4, 8, 12 และ 16 วัน

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย ทำการวัดปริมาณ psychrotrophic bacteria (PB), mesophilic bacteria (MB), และ anaerobic bacteria (AB) ตามคำแนะนำของ APHA (2001) การวัดปริมาณแบคทีเรียเริ่มจากใช้ปลาที่หั่นหยาบโดยใช้มีดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วหนัก 25 กรัม ผสมในเปปโตนเข้มข้นร้อยละ 0.1 ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ตีผสมโดยใช้ เครื่องตีผสม (stomacher) (Seward 400, Seward, UK) เป็นเวลา 60 วินาที ทำ serial dilution และใช้ dilution ที่เหมาะสมเพื่อวัดปริมาณแบคทีเรียใน plate count agar (BBL Difco, Lawwrence, KS, USA)โดย

ใช้เทคนิค pour plate การบ่ม psychrotrophic bacteria ทำที่ 7± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ส่วน mesophilic bacteria ทำการบ่มที่ 30± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง การวัดปริมาณ anaerobic bacteria ใช้เทคนิค double layer โดยผสม dilution ของตัวอย่างที่เหมาะสมกับ plate count agar รอจนอาหารแข็งและเททับด้วย thioglycolate agar จากนั้นบ่มในสภาพไร้อากาศใน anaerobic jar ที่ 30±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ปริมาณของโคโลนีเมื่อนับต้องอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี ปริมาณโคโลนีที่นับได้จะถูกรายงานเป็น log CFU/g

2. การวิเคราะห์ทางฟิสิกส์และเคมี

การวัด Cooking loss (CL) ตามคำแนะนำของ Anelich and others (2001) โดยห่อปลาด้วยอลูมิเนียมฟอล์ยและอบในตู้อบอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เพื่อให้อุณหภูมิภายในที่ส่วนหนาที่สุดของตัวปลาเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ตามคำแนะนำของ AOAC (1999) (ใช้เวลา 16 นาที) เทของเหลวที่เกิดขึ้นทิ้ง ปล่อยให้ปลาเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องโดยปลายังคงห่ออลูมิเนียมฟอล์ยอยู่ เทของเหลวทิ้งอีกครั้ง และชั่งน้ำหนัก คำนวณเปอร์เซ็นต์ cooking loss โดยใช้สูตร

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ-น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

การวัด pH วัดโดยใช้เนื้อปลาต่อน้ำกลั่นที่ผ่านการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์แล้วในอัตราส่วน 1: 10 (w:v) ตามคำแนะนำของ Chiou and Huang (2004) และ homogenize เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นวัดค่า pH ด้วย pH meter

การวัดสี ในระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี HunterLab Labscan II 0/45 ซึ่งแสดงผลเป็นค่า 'L' (Lightness), 'a' (+a= red, -a=green) และ 'b' (+b=yellow, -b= blue)

การวัดค่าความแข็งของเนื้อปลา (hardness) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (model TA-XT2, Surey, England) ซึ่งประกอบกับ single knife blade ค่าที่ได้รายงานผลเป็น hardness (kg)

การวัดปริมาณ total volatile base (TVB-N) ใช้เทคนิค Conway micro-diffusion ตามคำอธิบายของ MFRD (1992) โดยบดตัวอย่างด้วยโกร่งที่วางบนน้ำแข็ง เพื่อให้ตัวอย่างยังคงสภาพความสดเท่าเดิม ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 5 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร เติม trichloroacetic acid (TCA) เข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้ตัวอย่างกระจายทั่ว ปิดฝาขวด ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที โดยคนเป็นระยะ กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร หรือเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วย TCA เข้มข้นร้อยละ 4 (ถ้ายังไม่วิเคราะห์ต่อทันทีให้เก็บสารละลายตัวอย่างที่กรองได้ไว้ที่ –20° องศาเซลเซียส โดยเทใส่ไว้ในหลอดฝาเกลียว) การวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ใช้สารสกัด 1 มิลลิลิตร ใส่ในวงด้านนอกของจาน Conway ที่เติม boric acid เข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร[เตรียมโดยละลาย boric acid 5 กรัม ใน ethyl alcoho 100 มิลลิลิตร แล้วเติม mixed indicator ปริมาณ 10 มิลลิลิตร โดย mix indicator เตรียมโดยละลาย bromocresol green 0.01 กรัม และ methyl red 0.02 กรัม ปรับจนได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วจึงปรับปริมาตร boric acid หลังเติม mix indicator ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร]

หอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยขอนแก่น
TX
612
.F5
ส286

หลังจากนั้นเติมสารละลาย potassium carbonate อิ่มตัว [เตรียมโดยละลาย potassium carbonate 60 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต้ม 10 นาที ทำให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง] ลงไปผสมกับสารสกัดที่อยู่ในวงนอกของจาน Conway ปิดฝาจาน Conway ทันที บ่มที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง จากนั้นไตรเตรทสารในวงชั้นในจาน Conway ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกแอซิดเข้มข้น 0.01 N จนสีเขียวของ standard acid หายไป หลังจากนั้นทำ blank โดยใช้ TCA เข้มข้นร้อยละ 4 แทนสารละลายตัวอย่าง ปริมาณ TVB-N คำนวณได้จาก

$$\text{TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ตัวอย่าง 100 กรัม)} = [14 \times N \times (VS-VB) \times 25 \times 100] / w$$

VS = ปริมาณ HCl ที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง

VB = ปริมาณ HCl ที่ใช้ไตรเตรทกับ Blank

N = ความเข้มข้นของ HCl

w = น้ำหนักตัวอย่าง

การหา TMA-N ทำเช่นเดียวกับการหา TVB-N แต่เติมสารฟอร์มาลินเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ในตัวอย่างก่อนเติมสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว ค่า TMA-N คำนวณได้โดยใช้สูตรเช่นเดียวกับ TVB-N

การวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสในปลาดิบใช้ 9-point verbal hedonic scale ตามที่ปรากฏใน Meilgaard and others (1999) โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คนที่ผ่านการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อปลาตั้งแต่สดจนเน่า ในปลาดิบและปลาสุกวัดลักษณะปรากฏที่เห็น (appearance), เนื้อสัมผัสของเนื้อปลาโดยใช้มือ (texture), กลิ่นของเนื้อปลา (odor), และการยอมรับรวม (overall acceptability) โดยคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely), 2 = ไม่ชอบมาก (dislike very much), 3 = ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately), 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly), 5 = เฉยๆ (neither like or dislike), 6 = ชอบเล็กน้อย (like slightly), 7 = ชอบปานกลาง (like moderately), 8 = ชอบมาก (like very much), และ 9 = ชอบมากที่สุด (like extremely)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

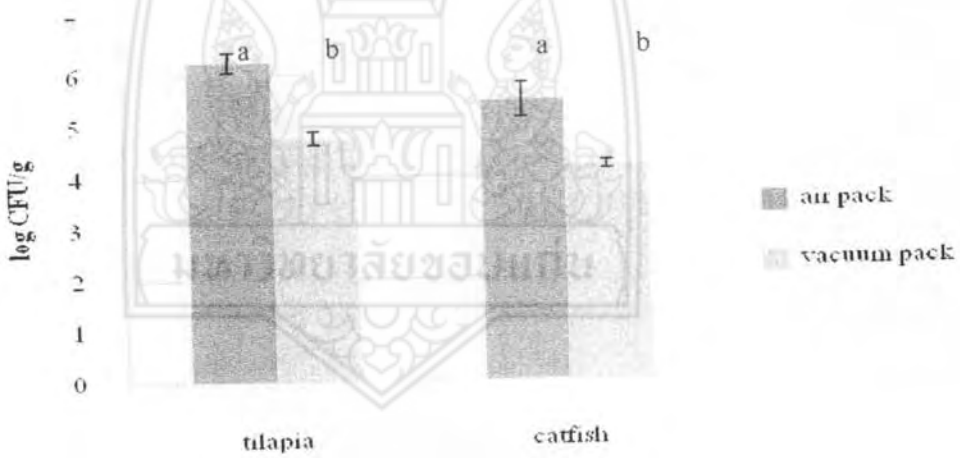
ค่าที่วัดได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SAS version 9 ที่ probability 0.05% (SAS 1999) การจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้วิธี least significant level (LSD) ตามคำแนะนำของ (Milliken and Johnson 1997)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

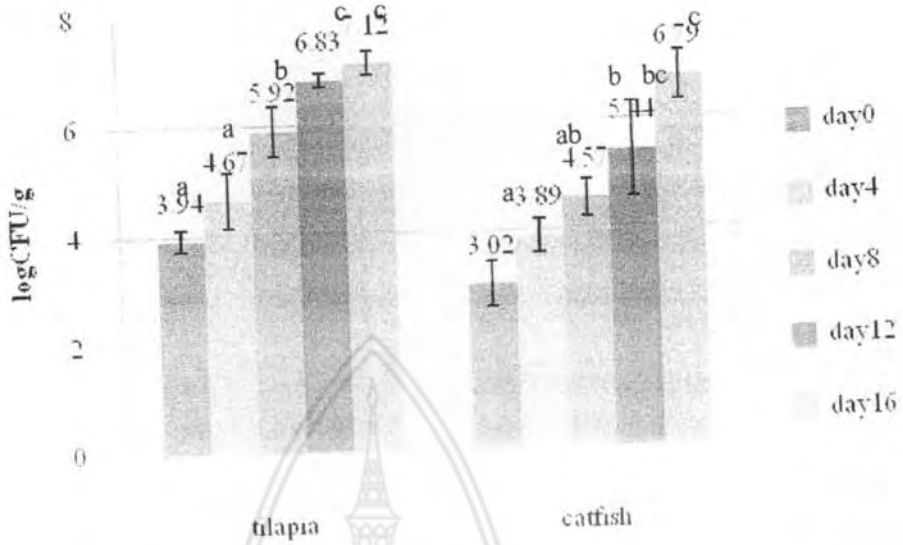
การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย

psychrotrophic bacteria (PB) การทดลองพบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) แต่ลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บมีผลต่อปริมาณ PB อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณ PB ในปลานิลและปลาดุกซึ่งบรรจุในระบบสูญญากาศต่ำกว่าการบรรจุในสภาพมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ภาพที่ 1) การบรรจุในถุงสูญญากาศสามารถลด PB ในเนื้อปลานิลและปลาดุกได้ 1.49 และ 1.27 logCFU/g ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในปลาทั้งสองชนิด ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บมีผลต่อปริมาณ PB อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณ PB เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 2)

หากใช้เกณฑ์ปริมาณ PB ที่แสดงการเน่าเสียของ channel catfish ซึ่งอยู่ระหว่าง 6-7 logCFU/g (Cai and others 1997) ปริมาณ PB ในปลานิลและปลาดุกที่บรรจุในในถุงที่มีอากาศถึงระดับที่แสดงการเน่าเสียในวันที่ 8 (6.55 logCFU/g) และ 12 (6.12 logCFU/g) ตามลำดับ แต่หากปลาชนิดเดียวกันบรรจุในถุงสูญญากาศปลาจะเน่าเสียในวันที่ 12 (6.12 logCFU/g) และวันที่ 16 (6.33 logCFU/g) แสดงว่าปลานิลและปลาดุกที่เก็บในระบบสูญญากาศมีอายุยาวนานขึ้นกว่าร้อยละ 50 และ 30 ตามลำดับ



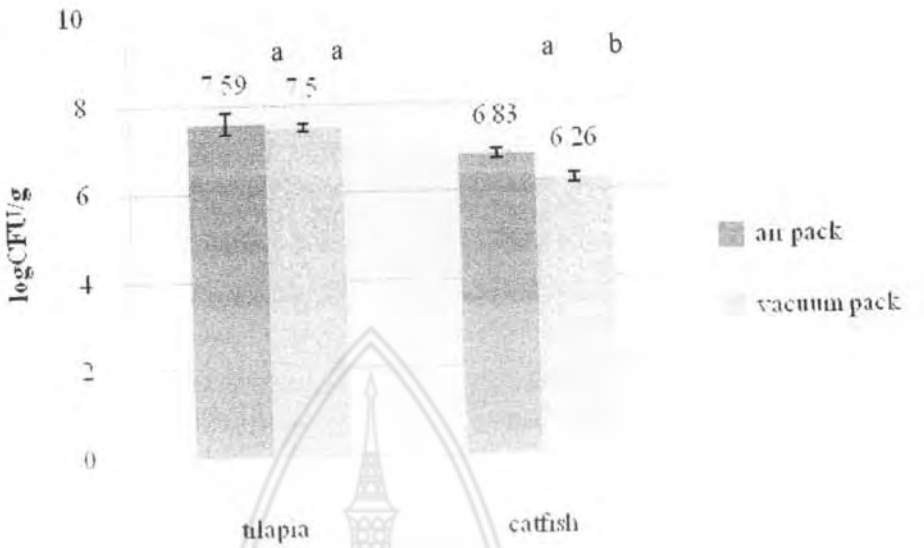
ภาพที่ 1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณ psychrotrophic bacteria (PB)



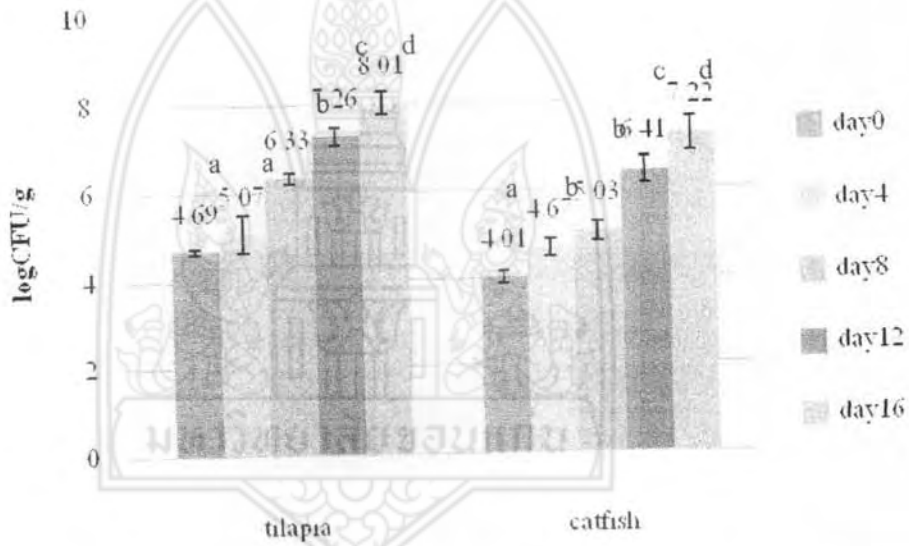
ภาพที่ 2 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณ psychrotrophic bacteria (PB)

mesophilic bacteria (MB) การทดลองพบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) แต่ลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บมีผลต่อปริมาณ MB ($p\leq0.05$) ในปลานิลพบว่าปริมาณ MB จากการบรรจุทั้งระบบสูญญากาศและระบบที่มีอากาศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปลาดุกพบว่าระบบสูญญากาศทำให้ปริมาณ MB ต่ำกว่าการบรรจุแบบมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ภาพที่ 3) โดยต่ำกว่า 0.57 logCFU/g ส่วนผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณ MB พบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ปริมาณ MB เพิ่มอย่างช้าๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4)

เมื่อเทียบกับค่า MB ที่ยอมรับได้ในอุตสาหกรรมแปรรูปปลา ซึ่งเท่ากับ 6 logCFU/g (Zeng and others 2005) พบว่าปลานิลและปลาดุกที่บรรจุแบบมีอากาศถึงเกณฑ์คุณภาพไม่ยอมรับในวันที่ 8 (6.24 logCFU/g) และ 12 (6.35 logCFU/g) ตามลำดับ แต่การใช้ระบบสูญญากาศทำให้อายุของปลาทั้งสองขยายไปเป็น 12 (6.31 logCFU/g) และ 16 (6.28 logCFU/g) วัน แสดงว่าปลานิลและปลาดุกที่เก็บในระบบสูญญากาศมีอายุยาวนานขึ้นกว่าร้อยละ 50 และ 30 ตามลำดับ



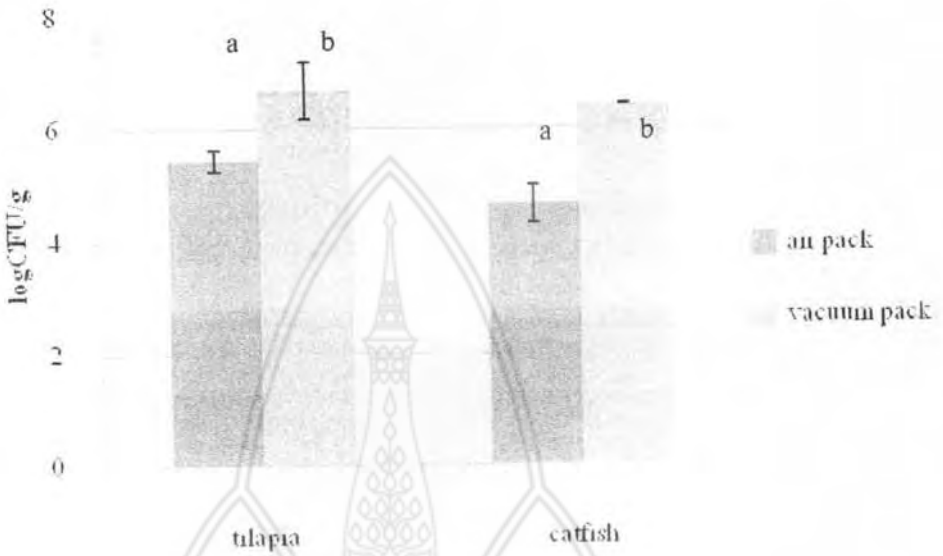
ภาพที่ 3 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณ mesophilic bacteria (PB)



ภาพที่ 4 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณ mesophilic bacteria (PB)

anaerobic bacteria (AB) การทดลองพบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) และลักษณะบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปริมาณ AB ในปลาทั้งสองชนิด ($p\leq0.05$) (ภาพที่ 5) การบรรจุในระบบสูญญากาศอาจเอื้อต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ ส่งผลให้ปริมาณ AB สูงกว่าการบรรจุที่มีอากาศ ส่วนผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณ AB พบว่า ปริมาณ AB ในปลาทั้งสองชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการเก็บ ($p>0.05$) โดยประมาณ AB ในปลานิลในวันแรกของ

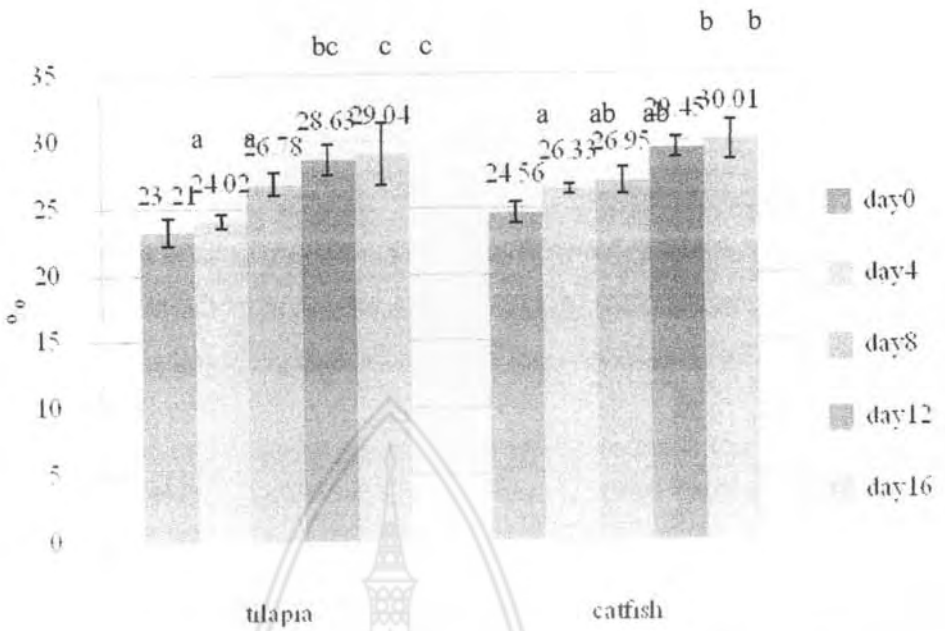
การทดลองอยู่ที่ 5.43 log CFU/g ส่วนในวันสุดท้ายของการทดลองอยู่ที่ 5.54 log CFU/g สำหรับปลาดุก AB ในวันแรกของการทดลองอยู่ที่ 5.38 log CFU/g ส่วนในวันสุดท้ายของการทดลองอยู่ที่ 5.37 log CFU/g



ภาพที่ 5 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณ anaerobic bacteria (PB)

การวิเคราะห์ทางฟิสิกส์-เคมี

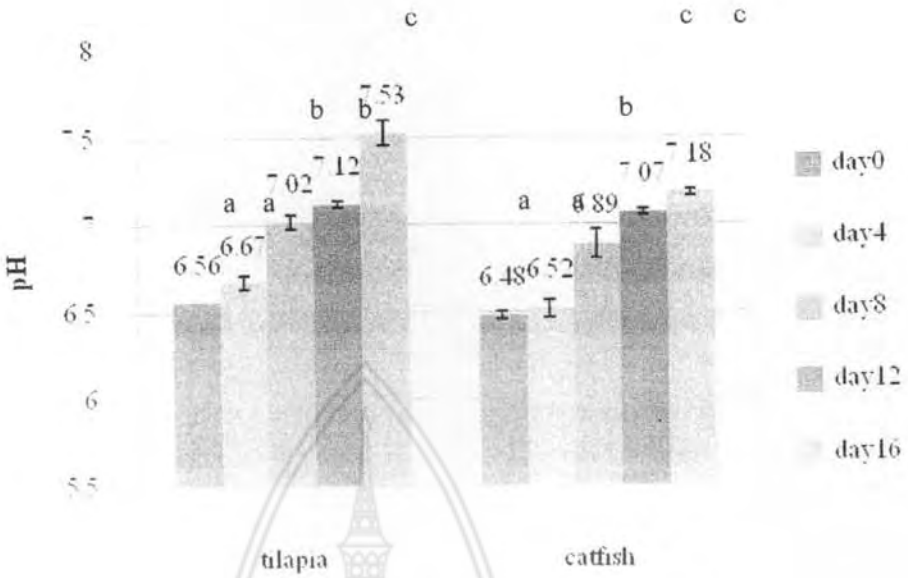
ปริมาณ Cooking loss (CL) พบว่าในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) สำหรับลักษณะบรรจุภัณฑ์พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณ CL ในปลาทั้งสองชนิด ($p>0.05$) ปริมาณ CL ในปลานิลและปลาดุกอยู่ระหว่างร้อยละ 26.35-28.70 และ 27.23-29.11 ตามลำดับ ปริมาณ CL ในปลานิลและปลาดุกเพิ่มตามระยะเวลาในการเก็บ (ภาพที่ 6) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Vidyasagar-Reddy and Srikar (1991) ซึ่งพบว่า CL ในปลาเนื้อปลา pink perch เพิ่มขึ้นระหว่างระยะเวลาเก็บในน้ำแข็ง 14 วัน การเพิ่มขึ้นของ CL อาจมาจากการลดลงของ water binding capacity ของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลา ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนสภาพ (denaturation) และการลดลงของการจับน้ำ (hydration) ของกล้ามเนื้อปลาระหว่างการเก็บรักษา (Sarma and others 1999)



ภาพที่ 6 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณ cooking loss (CL)

ค่า pH การทดลองพบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) และพบว่าลักษณะบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ($p>0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อ pH อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 7) Huss (1995) อธิบายการเพิ่มขึ้นของ pH ในกล้ามเนื้อปลาหลังตายว่า อาจเกิดจากการสะสมของแอมโมเนียและด่างระเหยได้ (volatile bases) ชนิดต่างๆ ที่ผลิตโดยแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (spoilage bacteria) การเพิ่มขึ้นของ pH ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาสอดคล้องกับ Manju and others (2008)

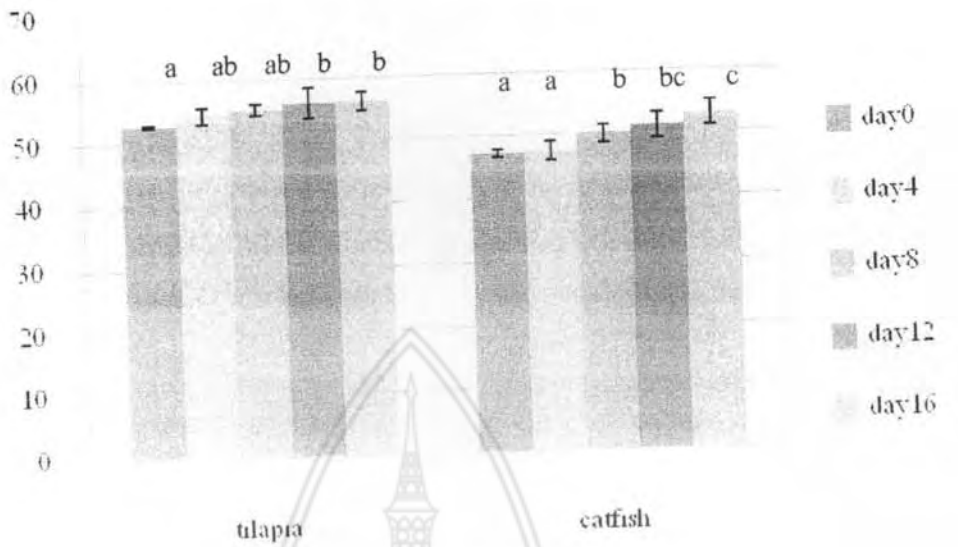
มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาพที่ 7 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อค่า pH

ค่าสี แสดงโดยค่า 'L', 'a', และ 'b' การทดลองพบว่าลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) สำหรับลักษณะบรรจุภัณฑ์พบว่าไม่มีผลต่อค่า 'L' ของปลานิลและปลาดุก ($p>0.05$) โดยค่า 'L' ของเนื้อปลานิลและปลาดุกที่ได้จากการทดลองอยู่ระหว่าง 58.23-61.12 และ 49.56-53.11 ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า 'L' ของปลานิลและปลาดุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยค่า 'L' จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ (ภาพที่ 8) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Nuñez (1997) ซึ่งพบว่าค่า 'L' ของ channel catfish แล่จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ นอกจากนี้ Erikson and Misimi (2008) พบว่าค่า 'L'ของปลาแซลมอลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังการเก็บ 20 ชั่วโมง

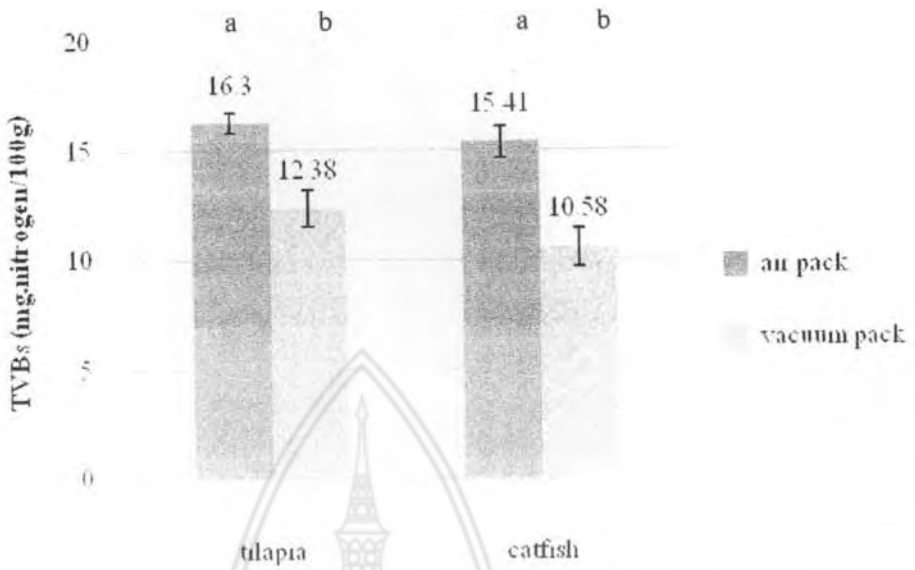
สำหรับค่า 'a' และ 'b' ของปลาทั้งสองชนิดพบว่า ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) นอกจากนี้ลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาในการเก็บยังไม่มีผลต่อค่า 'a' และ 'b' ของปลานิลและดุกแล่ โดยค่า 'a' ของปลานิลและปลาดุกอยู่ระหว่าง (-2.2)-0.5 และ 9.87-11.55 ตามลำดับ สำหรับค่า 'b' ของปลานิลและดุกอยู่ระหว่าง 12.7-17.8 และ 24.87-26.52 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อค่า 'L'

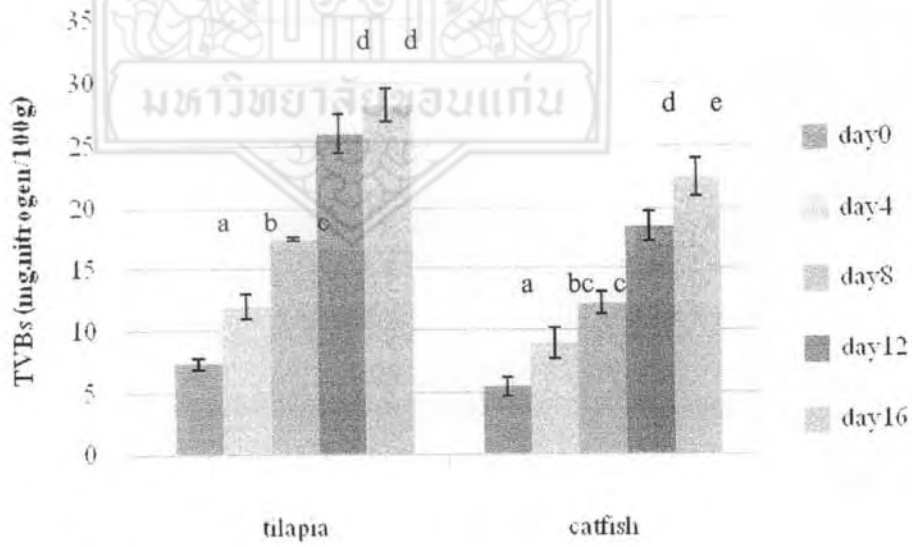
ปริมาณ total volatile bases (TVBs) การทดลองพบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) แต่ลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บมีผลต่อปริมาณ TVBs ($p\leq0.05$) ปลาทั้งสองชนิดซึ่งบรรจุในระบบสูญญากาศ มีปริมาณ TVBs ต่ำกว่าการบรรจุในสภาพมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ภาพที่ 9) ปริมาณ TVBs ส่วนมากเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (Huss 1995) ดังนั้นการลดปริมาณของ psychrotrophic และ mesophilic bacteria โดยการบรรจุแบบสูญญากาศอาจทำให้ปริมาณ TVBs ลดลงเช่นกัน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น



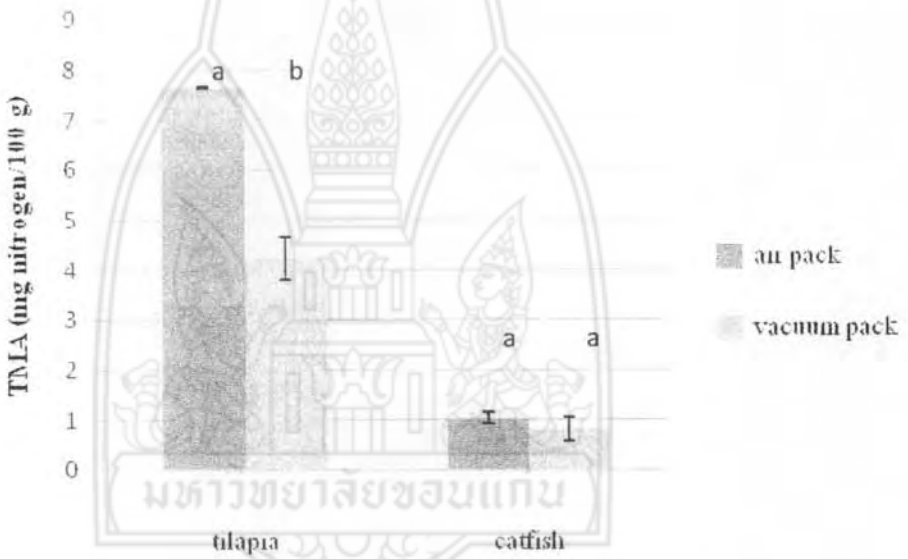
ภาพที่ 9 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณ total volatile bases (TVBs)

สำหรับผลของระยะเวลาต่อปริมาณ TVBs พบว่าในปลาทั้งสองชนิดปริมาณ TVBs เพิ่มอย่างช้าๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 10) เมื่อเทียบกับค่า TVBs ที่แสดงคุณภาพปลาที่ 30 มิลลิกรัม ไนโตรเจน/100 กรัม (Huss 1995) หรือ 30-35 มิลลิกรัม ไนโตรเจน/100 กรัม (Manju and others 2008) พบว่าปริมาณ TVBs ของปลานิลในวันที่ 16 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 28.26 มิลลิกรัม ไนโตรเจน/100 กรัม แสดงว่าคุณภาพใกล้เคียงการไม่ยอมรับ ส่วนปลาดุกค่า TVBs ในวันที่ 16 เท่ากับ 22.44 มิลลิกรัม ไนโตรเจน/100 กรัม แสดงว่าปลาดุกยังเป็นที่ยอมรับจนสิ้นการทดลอง

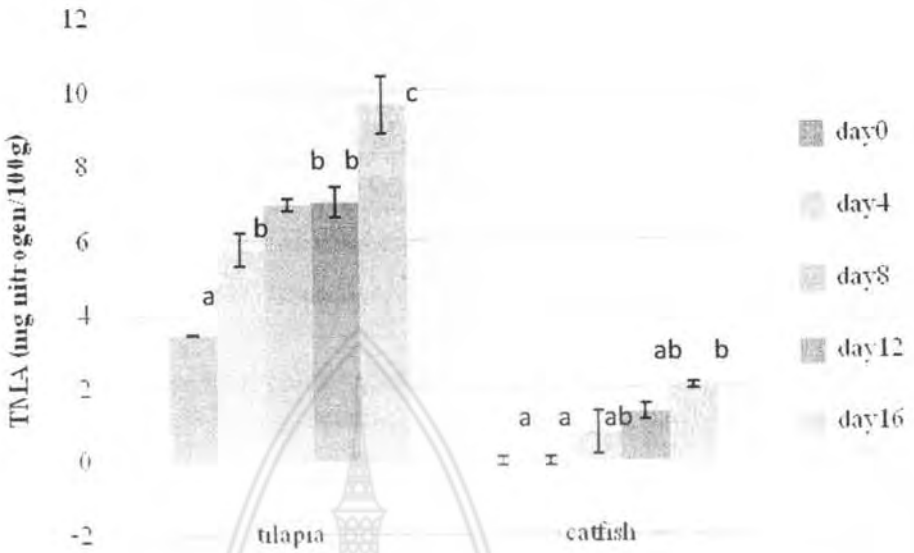


ภาพที่ 10 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณ total volatile bases (TVBs)

ปริมาณ trimethylamine (TMA) การทดลองพบว่า ในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) ในปลานิลที่บรรจุในถุงสูญญากาศพบว่าปริมาณ TMA ในตัวอย่างต่ำกว่าการบรรจุในสภาพมีอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ส่วนในปลาดุกพบว่าระบบการบรรจุทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (ภาพที่ 11) ผลการทดลองที่ได้แตกต่างจาก Hunsen and others (2007) ที่พบว่าปลา cod ที่เก็บในถุงสูญญากาศมีค่า TMA สูงกว่าปลาที่เก็บในสภาพที่มีออกซิเจนสูง ส่วนการทดลองของ Manju and others (2008 2005??) พบว่าการใช้ถุงสูญญากาศทำให้อัตราการเพิ่มของ TMA ในปลา pearl spot ช้ากว่าปลาที่เก็บในอากาศ สำหรับผลของระยะเวลาต่อปริมาณ TMA พบว่า ปลานิลและปลาดุกจากการทดลองมีปริมาณ TMA เพิ่มตามระยะเวลา (ภาพที่ 12) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Manju and others (2008) และ Atrea and others (2009)



ภาพที่ 11 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณ trimethylamine (TMA)



ภาพที่ 12 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณ trimethylamine (TMA)

ค่าความแข็งของเนื้อปลา การทดลองพบว่าลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) สำหรับลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าไม่มีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อปลานิลและปลาดุก ($p>0.05$) โดยค่าความแข็งของเนื้อปลานิลและปลาดุกอยู่ระหว่าง 2.01-4.25 และ 3.12-4.06 kg ตามลำดับ

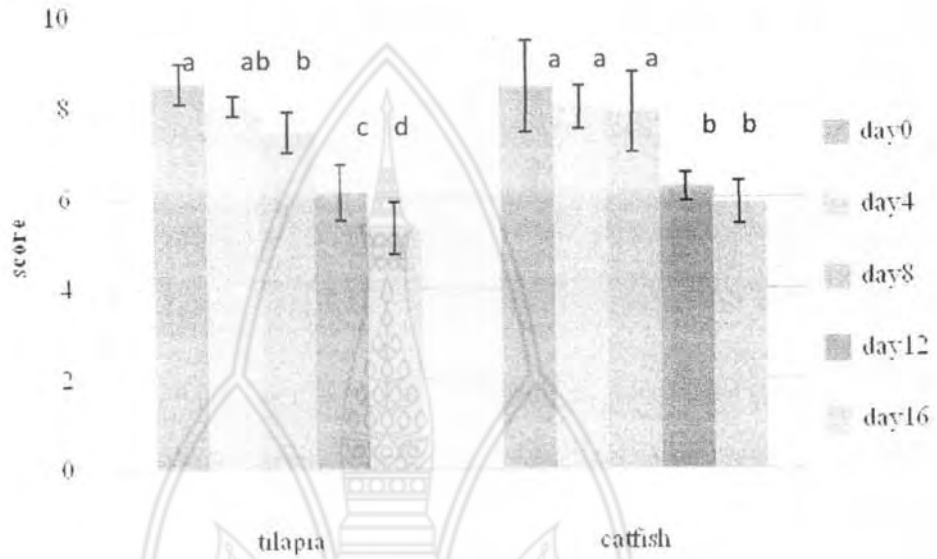
การวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาดิบ

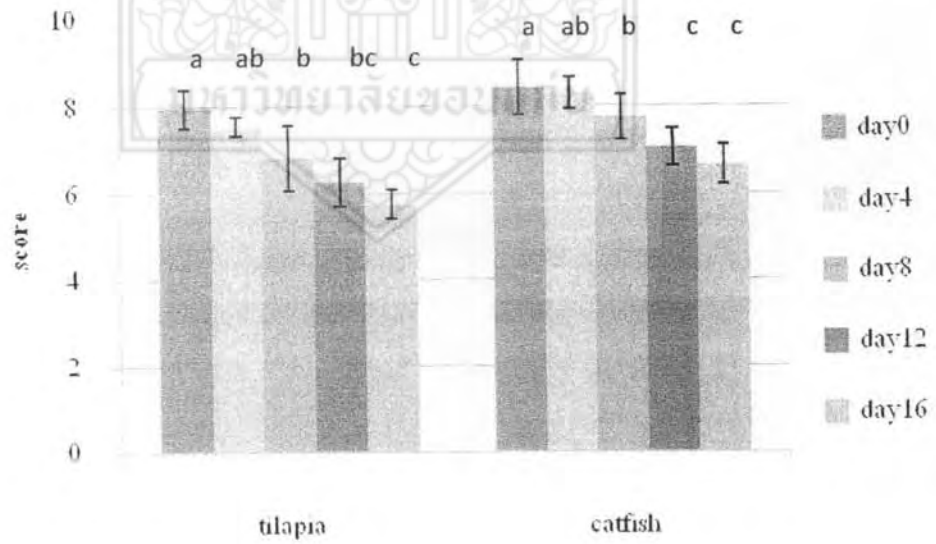
คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม การทดลองพบว่าในปลาทั้งสองชนิดลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) ลักษณะบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม ($p>0.05$) แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บมีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวมของปลาทั้งสองชนิด ($p\leq0.05$) โดยคะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวมลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (ภาพที่ 13, 14, และ 15) การลดลงของคะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาชนิดต่างๆ ที่เก็บในน้ำแข็งหรือแช่เย็น ตามระยะเวลาการเก็บรักษาได้รับการรายงานโดย Kyrana and Lougvois (2002) และ Karl and Meyer (2007)

คะแนนการยอมรับรวมของปลานิลและปลาดุกที่บรรจุในถุงมีอากาศใกล้เคียง cut-off score ในวันที่ 8 (5.23 คะแนน) และ 12 (5.34 คะแนน) ตามลำดับ วันที่คุณภาพปลาไม่เป็นที่ยอมรับดังกล่าว เป็นวันเดียวกับวันที่ค่า psychrotrophic bacteria ถึงระดับที่ทำให้ปลาเน่าเสีย แต่สำหรับปลาที่เก็บในถุงสูญญากาศ พบว่าทั้งปลานิลและปลา

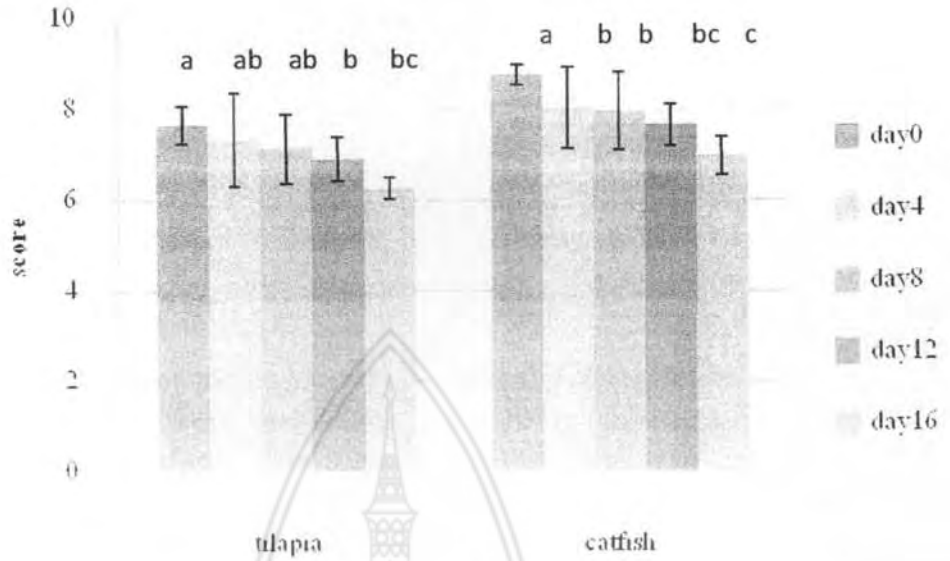
ดุกไม่มีการเน่าเสียทางประสาทสัมผัสเนื่องจากคะแนนสูงกว่า cut off score ผลนี้ค้านกับค่า psychrotrophic bacteria ที่แสดงการเน่าเสียในวันที่ 12 และ 16 ตามลำดับ ลักษณะการเน่าเสียของปลาที่เก็บในถุงสูญญากาศ อาจแตกต่างจากการเน่าเสียของปลาที่เก็บในถุงมีอากาศ ทำให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาที่เก็บไว้ในถุงมีอากาศ ไม่สามารถบ่งชี้การเน่าเสียได้ ดังนั้นในการทดลองต่อไป ควรมีการนำตัวอย่างปลาที่เก็บในถุงสูญญากาศมาให้ผู้ทดสอบฝึกสังเกตการเปลี่ยนแปลงควบคู่ไปกับปลาที่เก็บในถุงมีอากาศ



ภาพที่ 13 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อลักษณะปรากฏของปลาดิบ



ภาพที่ 14 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อกลิ่นของปลาดิบ



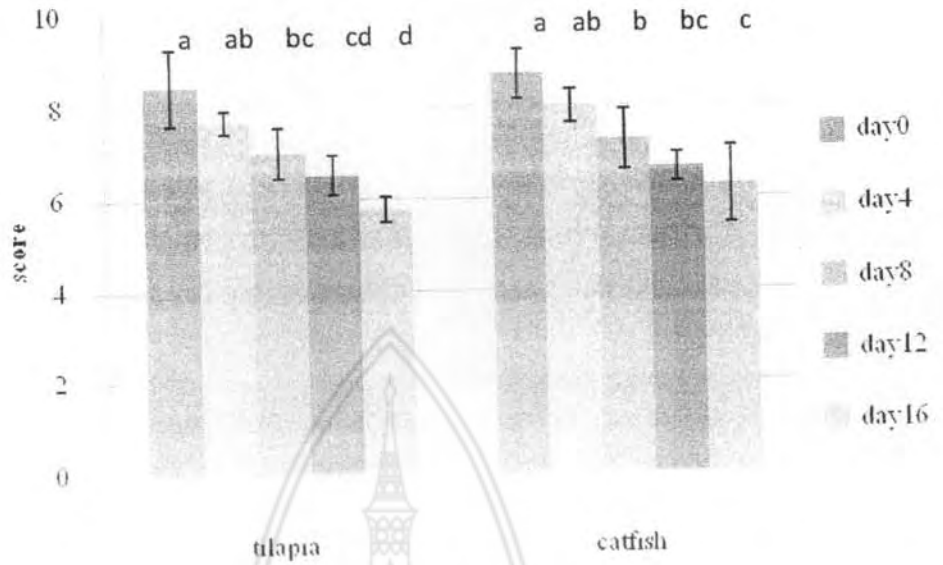
ภาพที่ 15 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อการยอมรับโดยรวมของปลาดิบ

เนื้อสัมผัส การทดลองพบว่าในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) นอกจากนี้ลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของปลาทั้งสองชนิด ($p\leq0.05$) ผลคะแนนทางประสาทสัมผัสนี้สอดคล้องกับการวัดค่าความแข็งของเนื้อปลา ซึ่งพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพการบรรจุหรือระยะเวลาในการเก็บรักษา

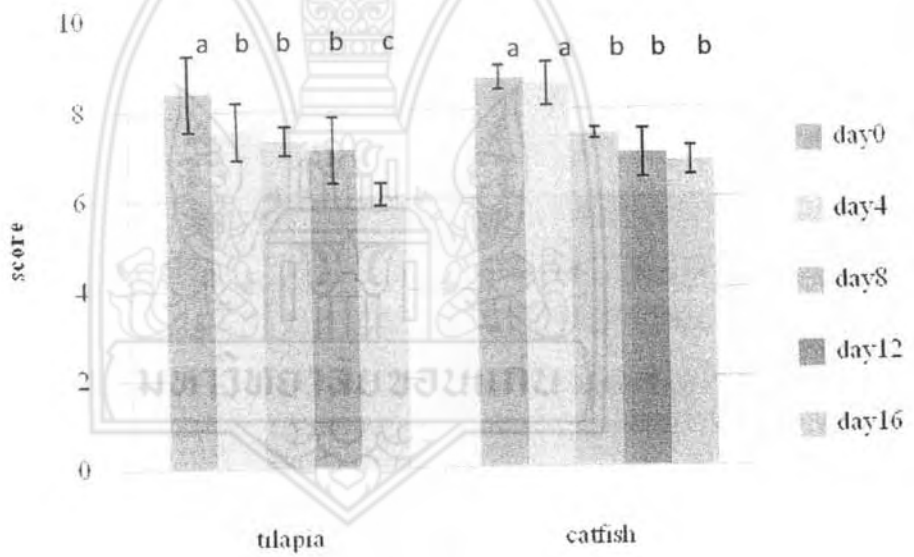
คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสุก

ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส การทดลองพบว่าในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะบรรจุภัณฑ์และระยะวลาในการเก็บไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส ($p>0.05$)

กลิ่นและการยอมรับรวม การทดลองพบว่าในปลาทั้งสองชนิด ลักษณะบรรจุภัณฑ์ (air และ vacuum) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ ($p>0.05$) และลักษณะบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อกลิ่นและการยอมรับรวม ($p>0.05$) สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บมีผลต่อคะแนนกลิ่นและการยอมรับรวมของปลาทั้งสองชนิด ($p\leq0.05$) โดยกลิ่นและการยอมรับโดยรวมลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อกลิ่นของปลาสุก



ภาพที่ 17 ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อการยอมรับโดยรวมของปลาสุก

สรุป

การใช้ระบบสูญญากาศให้ผลดีในการเพิ่มอายุการเก็บรักษาเนื้อปลานิลและปลาดุกแล่ โดยสามารถยืดอายุได้ร้อยละ 50 และ 30 ตามลำดับ