ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*)

Effects of Vacuum Packaging and Low Temperature Storage on the Quality of Cooked Blue Swimming Crab Meat (*Porunus pelagicus*)

จันทิรา วงศ์วิเชียร [1*] จุรีภรณ์ นวนมุสิก [2] และ จีราภรณ์ สังข์ผุด [3]

Chantira Wongwichian [1*], Jureeporn Nounmusig [2] and Jeeraporn Sungpud [3]

Received: 7 March 2018, Revised: 22 October 2018, Accepted: 23 November 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบผลของสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยเลือกทำการศึกษาเฉพาะเนื้อปูส่วนเนื้อก้อน พบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE) ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติก ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก และปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการบรรจุเนื้อปูม้าในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างปูม้า พบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุแบบสุญญากาศมีคะแนนคุณลักษณะปรากฏ และกลิ่นสูงกว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ดังนั้นสภาวะการ

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

[1] Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 1 Moo 4, Tha Ngio, Mueang, Nakhon Si Thammarat 80280, Thailand.

[2] สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

[2] Department of Public Health, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 1 Moo 4, Tha Ngio, Mueang, Nakhon Si Thammarat 80280, Thailand.

[3] ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

[3] of Science Center, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 1 Moo 4, Tha Ngio, Mueang, Nakhon Si Thammarat 80280, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): wchantira@hotmail.com Tel: 0 7537 7443

เก็บรักษาปูม้าที่เหมาะสมที่สุดคือ การบรรจุแบบสุญญากาศโดยสามารถเก็บรักษาปูม้าได้นาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ปูม้า, เนื้อปูก้อน, ยืดอายุการเก็บรักษา, การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ABSTRACT

This research study aimed to compare packaging conditions between vacuum packaging and normal packaging on quality change regardingthe physical, chemical and microbiological properties of cooked blue swimming crab meat (*Porunus pelagicus*) stored at 4 ^{o}C during 15 days of storage. The only lump meat part of the crab was focused in this study. The result showed that lump meat packed under vacuum packaging had lower total color difference (ΔE), ammonia content, TCA-soluble peptide, peroxide value, thiobarbituric acid-reactive substances and total variable count than those stored in normal packaging ($p\leq0.05$). It indicated that crab meat package in vacuum packaging showed the effect on the retardation of bacterial growth and lipid oxidation. The evaluation of sensory quality of the crab meat under vacuum packaging showed higher score of appearance and smell than those of crab meat stored in normal packaging. Therefore, the optimum condition for storage of crab meat was vacuum packaging, which kept for 9 days at 4 °C.

Key words: Blue Swimming Crab, lump meat, extended shelf life, chemical changes

บทนำ

ปัจจุบัน ปูม้า จัดได้ว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีศักยภาพทางด้านตลาดสูง ในปี 2559 ประเทศไทยมีปริมาณปูม้าที่จับได้ 31.2 พันตัน คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 5,453.1 ล้านบาท และสูงกว่าปูชนิดอื่นๆ (กรมประมง, 2561) ปูม้าเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งตลาดในประเทศประกอบด้วยตลาดท้องที่และตลาดท้องถิ่น โดยตลาดท้องที่จะรวบรวมปูจากสะพานปลาและฟาร์มต่างๆ ในท้องที่เพื่อนำไปส่งขายให้แก่ตลาดท้องถิ่นหรือคนกลาง เพื่อส่งไปขายยังตลาดปลายทางอีกทอดหนึ่ง ส่วนตลาดท้องถิ่นจะเป็นตลาดที่อยู่ในเขตการค้าของจังหวัดต่างๆ ที่นำปูจากท้องที่จำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคในท้องถิ่นในรูปของปูเป็น ปูสดแช่น้ำแข็ง ปูสดแช่เย็น ปูนึ่มเป็น ปูนึ่มแช่น้ำแข็ง ปูนึ่มแช่เย็น ปูนึ่มแช่แข็ง ปูดอง และเนื้อปูแกะ สำหรับปูม้าไทยที่ส่งไปจำหน่ายต่างประเทศนั้น นอกจากจะเป็น เนื้อปูบรรจุกระป๋องแล้ว ยังมีเนื้อปูแช่เย็นที่บรรจุในภาชนะปรุงแต่ง เช่น เนื้อปูแช่น้ำเกลือ เนื้อปูสุก เนื้อปูที่บรรจุในภาชนะสุญญากาศ (บรรจง, 2551)

สำหรับปูม้าในประเทศไทยสามารถพบได้แทบทุกจังหวัดทั้งฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย โดยอาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำและแถบชายฝั่งทะเล ปูม้าจัดได้ว่าเป็นสัตว์น้ำที่สร้างรายได้ให้คนในชุมชนเป็นจำนวนมาก การบริโภคปูม้าของผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปแบบของปูสด ปูต้ม และเนื้อปูแกะ และยังเป็นวัตถุดิบที่ต้องการของโรงงานผลิตอาหารกระป๋องเพื่อการส่งออก สำหรับเนื้อปูม้าแกะที่

จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าเนื้อปูม้าจะมีราคาแตกต่างกันไปตามคุณภาพของเนื้อและฤดูกาล เช่น เนื้อก้อนจะขายได้ถึงกิโลกรัมละ 1,200 - 1,000 บาท เนื้อขาวกิโลกรัมละ 800 - 600 บาท เนื้อขากิโลกรัมละ 600 - 500 บาท และเนื้อก้ามกิโลกรัมละ 600 - 500 บาท โดยบรรจุเนื้อปูแบบปกติในถุงพลาสติกและมัดปากถุง น้ำหนักบรรจุถุงละ 1 กิโลกรัม หรือบรรจุตามน้ำหนักที่มีการสั่งซื้อ อายุการเก็บรักษาของเนื้อปูขึ้นกับพื้นฐานการผลิตที่สะอาด ปราศจากการปนเปื้อนจากปัจจัยแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงการไม่ฉีกขาดของภาชนะบรรจุระหว่างการขนส่ง หากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมในระหว่างการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษา และการขนส่งจะส่งผลทำให้คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการเนื้อปูม้าด้อยลง และความไม่ปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ (บรรจง, 2551) ในปัจจุบันการบรรจุแบบสุญญากาศในสัตว์น้ำเป็นวิธีที่นิยมใช้ในทางการค้ามากที่สุด เนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำได้นานขึ้น การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นวิธีการบรรจุที่มีการกำจัดก๊าซออกซิเจนซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย นอกจากนี้ยังสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสีของสัตว์น้ำ สุทธวัฒน์ (2554) และ Zhang *et al*. (2015) รายงานว่าการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาไน (*Cyprinus carpio*) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้นานถึง 12 วัน Kachele *et al*. (2017) กล่าวว่าการเก็บรักษาปลาเกล็ดเงิน (*Hypophthalmichthys molitrix*) ในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ นอกจากนี้ Dang *et al*. (2018) พบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการเกิดออกซิเดชันของไขมันของปลาสวาย (*Pangasius hypophthalmus*) ได้ จากรายงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาได้หลายชนิด แต่ยังไม่เคยมีรายงานเกี่ยวกับการใช้การบรรจุแบบสุญญากาศกับเนื้อปูม้าต้ม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา โดยเลือกทำการศึกษาเฉพาะเนื้อปูส่วนเนื้อก้อน เนื่องจากเป็นเนื้อส่วนที่นิยมบริโภคและมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งข้อมูลที่ได้งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างปูม้าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นปูม้าสายพันธุ์ *Portunus pelagicus* ที่จับได้จากทะเลฝั่งอ่าวไทย อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 140-160 กรัม วิธีการเตรียมตัวอย่างทำได้โดยนำตัวอย่างปูม้าล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำตัวอย่างปูม้าต้มในหม้อต้มเป็นเวลา 20 นาที (หลังจากน้ำเดือด) ทำให้เย็นลงทันทีในน้ำผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นจึงแกะเนื้อปูออกมาโดยแยกเอาเฉพาะส่วนเนื้อปูก้อน (jumbo lump meat or lump meat) มาทำการศึกษา นำเนื้อปูก้อนที่แกะได้ไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที พักตัวอย่างเนื้อปูก้อนจนกระทั่งตัวอย่างเย็นตัวลง นำมาเรียงบนถาดสไตโรโฟม ถาดละ 100 กรัม และบรรจุในถุงลามิเนต (Nylon/LLDPE) ในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติด้วยเครื่อง Vacuum packaging (ขั้นตอนตั้งแต่การแกะ

เนื้อปูจนถึงการบรรจุในถุงพลาสติกใช้เวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง)

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำการสุ่มตัวอย่างในระหว่างการเก็บรักษาในวันที่ 0 3 6 9 12 และ 15 เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 ค่าสี

โดยการสุ่มตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มมาวัดค่าสีด้วยระบบ L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น ColorFlex จากนั้น คำนวณค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE) โดยใช้สมการที่ (1)

$$\Delta E = \sqrt{L^*_2-L^*_1)^2+(a^*_2-a^*_1)^2+(b^*_2-b^*_1)^2} \quad (1)$$

เมื่อ L^*_1 และ L^*_2 คือ ค่าความสว่างของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในวันที่ 0 และตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มหลังจากเก็บรักษาตามลำดับ

a^*_1 และ a^*_2 คือ ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในวันที่ 0 และตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มหลังจากเก็บรักษาตามลำดับ

b^*_1 และ b^*_2 คือ ค่าความเป็นสีเหลืองตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในวันที่ 0 และตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มหลังจากเก็บรักษาตามลำดับ

2.1.2 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (%Weight loss)

โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มเริ่มต้น (วันที่ 0) และน้ำหนักตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มหลังจากเก็บรักษาวันที่ 3 6 9 12 และ 15 (ชั่งน้ำหนักเฉพาะชิ้นเนื้อตัวอย่างไม่รวมบรรจุภัณฑ์) คำนวณการสูญเสียน้ำหนักโดยใช้สมการที่ (2)

Weight loss (%) = [(น้ำหนักตัวอย่างเนื้อปูม้าเริ่มต้น – น้ำหนักตัวอย่างเนื้อปูม้าหลังจากเก็บรักษา) /น้ำหนักตัวอย่างเนื้อปูม้าเริ่มต้น] x 100 (2)

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และจุลินทรีย์ โดยการสุ่มตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีต่างๆ ดังนี้ ค่าความเป็นกรดด่าง (AOAC, 2000) ปริมาณแอมโมเนีย (AOAC, 2000) ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติก (Morrissey *et al*., 1993) ค่าเพอร์ออกไซด์ (Low and Ng, 1978) ค่า Thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) (Buege and Aust, 1978) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน มกอช. ปูม้า 7004-2548 (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) และทำการประเมินคุณภาพเนื้อปูม้าโดยผู้เชี่ยวชาญ (เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ ด้านการชิมอาหาร และรู้จักกลิ่นรสที่ดีของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ) จำนวน 8 คน โดยมีหลักเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ลักษณะปรากฏ

4 = เนื้อแน่น แข็ง ไม่ยุ่ยเละ (mushy meat) มีสีตามธรรมชาติของเนื้อปูในแต่ละส่วน ไม่มีการปะปนของเศษเนื้อปูส่วนอื่นๆ สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอม

3 = เนื้อแน่น แข็ง ไม่ยุ่ยเละ มีสีผิดปกติจากธรรมชาติของเนื้อปูเล็กน้อย ไม่มีการปะปนของเศษเนื้อปูส่วนอื่นๆ

2 = เนื้อไม่เป็นก้อน ยุ่ยเละเล็กน้อย มีสีผิดปกติจากธรรมชาติของเนื้อปู มีการปะปนของเศษเนื้อปูส่วนอื่นๆ

1 = เนื้อไม่เป็นก้อน นิ่มและยุ่ยเละมาก

กลิ่น

4 = มีกลิ่นปกติตามธรรมชาติของปูสุก ไม่มีกลิ่นผิดปกติใดๆ

3 = มีกลิ่นปกติตามธรรมชาติของปูสุก อาจมีกลิ่นจางหรือมีกลิ่นผิดปกติอย่างอื่นเล็กน้อย แต่ต้องไม่ใช่กลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นน้ำมะพร้าว (fruity smell)

2 = มีกลิ่นแอมโมเนียเล็กน้อย

1 = มีกลิ่นผิดปกติ หรือมีกลิ่นแอมโมเนีย/กลิ่นน้ำมะพร้าวรุนแรงจนถึงเหม็นเน่า

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการศึกษา 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศจำนวน 15 ถาดๆ ละ 100 กรัม และตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติจำนวน 15 ถาดๆ ละ 100 กรัม ออกแบบการทดลองแบบ CRD นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Steel and Torrie, 1980)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา

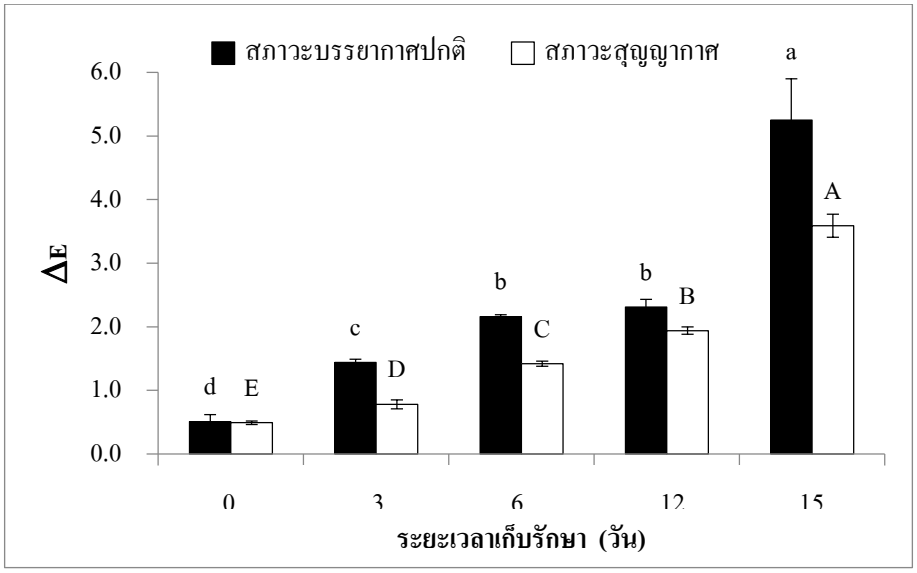
จากการวัดค่าสีของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าในระหว่างเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง (ตารางที่ 1) ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE) ของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้ม ภายหลังจากเก็บรักษาในวันที่ 0 3 6 9 12 และ 15 เทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา พบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่สภาวะการบรรจุทั้ง 2 แบบ มีค่า ΔE เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 1) ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่า ΔE จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* และ b* ที่มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และจากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่า ΔE น้อยกว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) นั่นคือการบรรจุแบบสุญญากาศจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีน้อยกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากในระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศมี การดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในตัวอย่างออกไป การที่ไม่มีออกซิเจนจะช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างโปรตีนและไขมันซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลให้สีของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป (สุทธวัฒน์, 2554) จากผลการทดลอง พบว่าค่า L* ของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lorentzen *et al.* (2014) ที่รายงานว่าเนื้อปู (*Paralithodes camtschaticus*) ที่ผ่านการให้ความร้อนมีค่า L* ลดลงภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน โดยมีค่า L* ลดลงจาก 92.7 เป็น 90.1 การลดลงของค่า L* เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลรีดิวซิ่ง และกรดอะมิโน ผลิตภัณฑ์อะมาโดริซึ่งเกิดจาก Schiff's base มีการสูญเสียน้ำและจัดเรียงตัวใหม่ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล และสามารถเชื่อมประสานกับโปรตีน (สุทธวัฒน์, 2554) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า a* และ b* ของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาจากการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเกิดสีน้ำเงิน (blue discoloration) ซึ่งมักพบในปูที่

ผ่านการให้ความร้อน การเกิดสีน้ำเงินเกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโปรตีนและทองแดง เกิดเป็นสารประกอบไบยูเรตที่มีสีน้ำเงิน (สุทธวัฒน์, 2554) นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีมีความสัมพันธ์กับระดับคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) โดยพบว่าค่า ΔE ที่เพิ่มมากขึ้นจะสอดคล้องกับระดับคะแนนด้านลักษณะปรากฏที่ลดลง โดยเฉพาะการบรรจุตัวอย่างปูม้าในสภาวะบรรยากาศปกติ ดังนั้นการบรรจุเนื้อปูม้าต้มในสภาวะสุญญากาศส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าสีน้อยกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ

ตารางที่ 1 ค่าสีของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

ระยะเวลา	สภาวะบรรยากาศปกติ			สภาวะสุญญากาศ		
(วัน)	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	78.11 ± 0.65^{a}	-0.63 ± 0.65^{a}	11.55 ± 0.13^{a}	78.09 ± 0.10^{a}	-1.83 ± 0.03^{a}	11.43 ± 0.81^{a}
3	77.96 ± 0.07^{ab}	-0.95 ± 0.42^{a}	11.14 ± 0.46^{b}	78.44 ± 0.08^{b}	-1.91 ± 0.17^{a}	11.42 ± 0.04^{a}
6	77.76 ± 0.17^{ab}	-1.68 ± 0.00^{b}	10.64 ± 0.07^{c}	78.15 ± 0.07^{b}	-1.92 ± 0.07^{a}	11.37 ± 0.21^{a}
9	77.61 ± 0.22^{ab}	-2.05 ± 0.10^{c}	10.01 ± 0.16^{d}	77.50 ± 0.05^{c}	-1.94 ± 0.20^{a}	11.31 ± 0.13^{a}
12	77.14 ± 0.03^{b}	-2.06 ± 0.05^{c}	10.01 ± 0.16^{d}	77.40 ± 0.18^{c}	-1.99 ± 0.40^{a}	10.27 ± 0.12^{b}
15	73.77 ± 0.76^{c}	-2.08 ± 0.09^{c}	8.99 ± 0.05^{e}	77.24 ± 0.34^{c}	-2.70 ± 0.03^{b}	8.38 ± 0.06^{c}

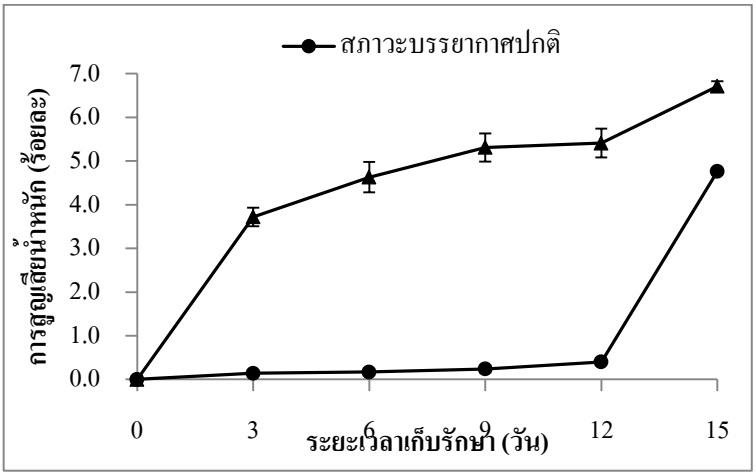
หมายเหตุ: a, b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 1 ค่า ΔE ของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

2. การเปลี่ยนแปลงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา

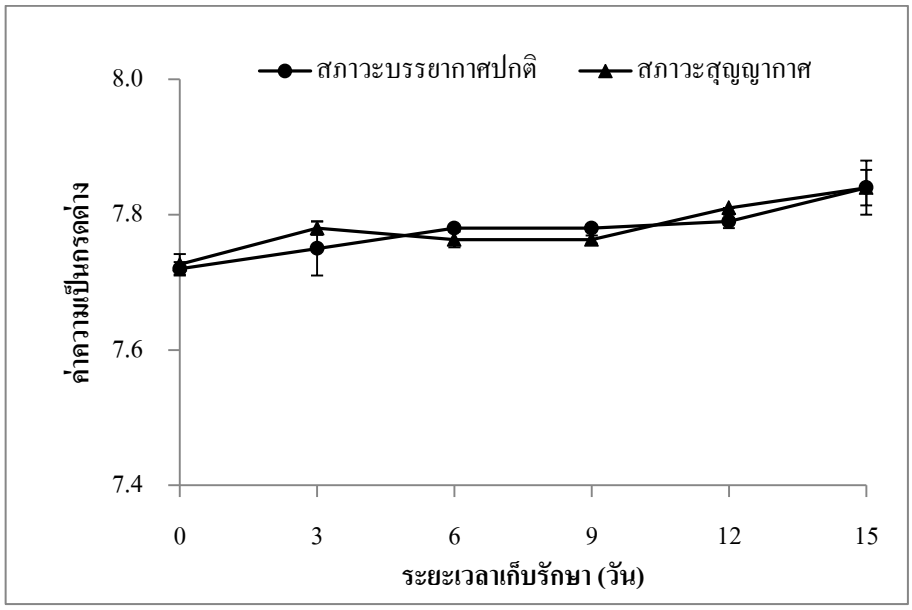
การเปลี่ยนแปลงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลา การเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 2) ($p \leq 0.05$) แต่ตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันแรกจนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่จะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุทั้ง 2 วิธี พบว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากวิธีการบรรจุตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มให้อยู่ภายใต้สุญญากาศทำโดยการดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไปและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก ส่งผลให้ระดับออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุปิดสนิทมีปริมาณลดลงกว่าปกติ และเกิดการหดงอตัวของภาชนะที่บรรจุแนบชิดกับตัวผลิตภัณฑ์ (งามทิพย์, 2537) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดแรงกดทับตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มจึงอาจเป็นสาเหตุเร่งการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติที่ไม่มีแรงกดทับตัวอย่าง กนกอร (2538) กล่าวว่า การสูญเสียน้ำหนักของสัตว์น้ำเกิดเนื่องจากการเยิ้มน้ำซึ่งเป็นผลจากการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมทั้งการย่อยสลายองค์ประกอบในส่วนที่เป็นโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ Masniyom *et al*. (2013) รายงานว่าปลานิล*(Oreochromisniloticus)* ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณภาพด้านอื่นๆ พบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ดังนั้นการใช้ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเป็นดัชนีบ่งชี้การเสื่อมเสียของตัวอย่างอาจไม่เหมาะสม เนื่องจากร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศเกิดจากแรงที่มากระทำกับตัวอย่างจากการการดึงเอาอากาศภายในภาชนะบรรจุออกไปจนภาชนะบรรจุแนบชิดกับตัวอย่าง



ภาพที่ 2 การสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

3. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา

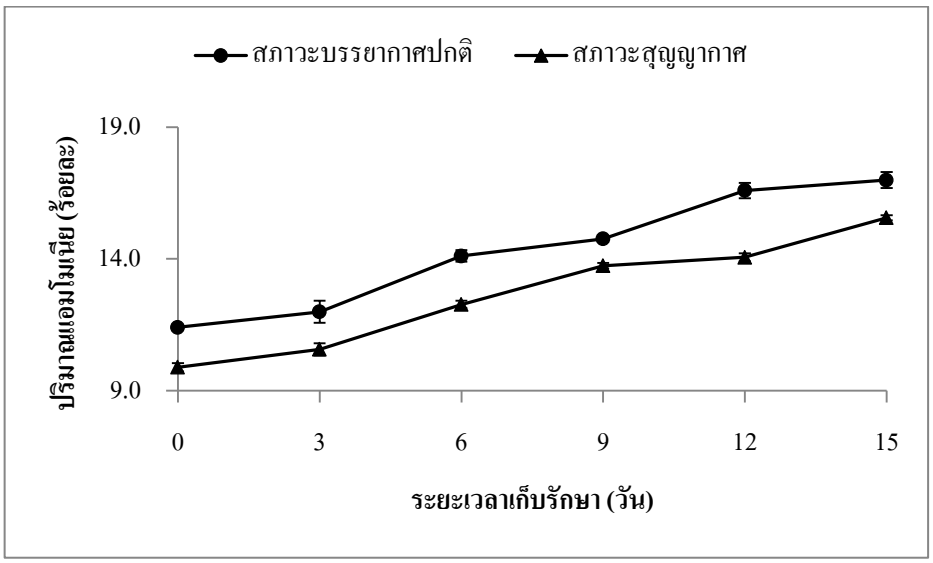
การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าค่าความเป็นกรดด่างมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 3) ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างที่เพิ่มขึ้นมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 4) การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณแอมโมเนียของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติในระหว่างการเก็บรักษาอาจมีสาเหตุมาจากในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำเกิดการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์จากกล้ามเนื้อสัตว์น้ำและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (Chaijan *et al*., 2005) ทำให้โปรตีนเสียสภาพหรือเกิดการ แตกตัวของโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนและสารประเภทเอมีน เช่น แอมโมเนีย และไตรเมทิลเอมีนซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างออกมาส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างในสัตว์น้ำมีค่าสูงขึ้น (Sarnoski *et al*., 2010) เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุทั้ง 2 แบบ พบว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ($p \geq 0.05$) Lorentzen *et al*. (2014) รายงานว่าเนื้อปู (*Paralithodes camtschaticus*) มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นจาก 7.6 เป็น 7.9 ในระหว่างการเก็บรักษานาน 14 วัน เช่นเดียวกับรายงานของ Anacleto *et al*. (2011) พบว่าเนื้อปูต้มสุก (*Cancer pagurus*) มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 13 วันโดยปกติในกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำจำพวกครัสเตเชียมักมีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่าในปลาและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเนื่องจากสัตว์น้ำชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในปริมาณที่สูง (Shahidi and Botta, 1994)



ภาพที่ 3 ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเนื้อปูม้าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียของเนื้อปูม้าในระหว่างการเก็บรักษา

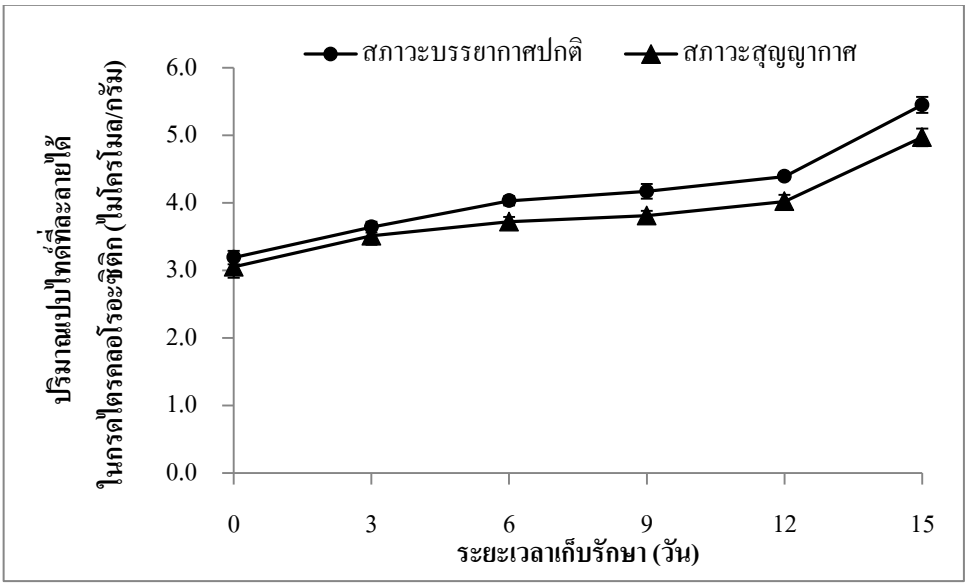
การติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าปริมาณแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4) ($p \leq 0.05$) แอมโมเนียเป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์และปริมาณแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัตว์น้ำนานขึ้น ดังนั้นแอมโมเนียจึงจัดเป็นสารระเหยที่สามารถบ่งชี้คุณภาพของสัตว์น้ำได้ (สุทธวัฒน์, 2554) เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุทั้ง 2 แบบ พบว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณแอมโมเนียน้อยกว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากระหว่างการปิดผนึกแบบสุญญากาศจำทำให้ก๊าซออกซิเจนจะถูกกำจัดออก ส่งผลให้ชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลิตสารประกอบที่ก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ (สุทธวัฒน์, 2554; Rahmatipoor *et al*., 2017) การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติในระหว่างการเก็บรักษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarnoski *et al*. (2010) ที่พบว่าเนื้อปูสุก (*Callinectes sapidus*) มีปริมาณแอมมโมเนียเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยมีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 5.33 ± 0.83 ถึง 20.5 ± 1.88 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษามีสาเหตุมาจากการสลายตัวหรือกระบวนการ deamination ของโปรตีน เพปไทด์ และกรดอะมิโน ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในสัตว์น้ำมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์กับระดับคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปูม้าต้มระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) โดยพบว่าปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ระดับคะแนนในด้านกลิ่นลดลง เนื่องจากแอมโมเนียเป็นสารระเหยที่มีผลทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติและไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ (สุทธวัฒน์, 2554)



ภาพที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

5. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกของเนื้อปูม้าในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 5) ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุทั้ง 2 แบบ พบว่าวันแรกจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษาตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ($p \geq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งบ่งชี้ถึงกิจกรรมของเอนไซม์ที่พบอยู่ในสัตว์น้ำและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นเปปไทด์ สายสั้นๆ การเปลี่ยนแปลงปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกจะบ่งบอกถึงการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ (Benjakul *et al*., 1997) ภายหลังจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษาพบว่า ตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกน้อยกว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศมีการกำจัดก๊าซออกซิเจนซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีน (Masniyom *et al*., 2013) ส่งผลให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกน้อยกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มพบว่ามีความสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Masniyom *et al*. (2013) ซึ่งรายงานว่าปลานิลที่บรรจุแบบสุญญากาศมีปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



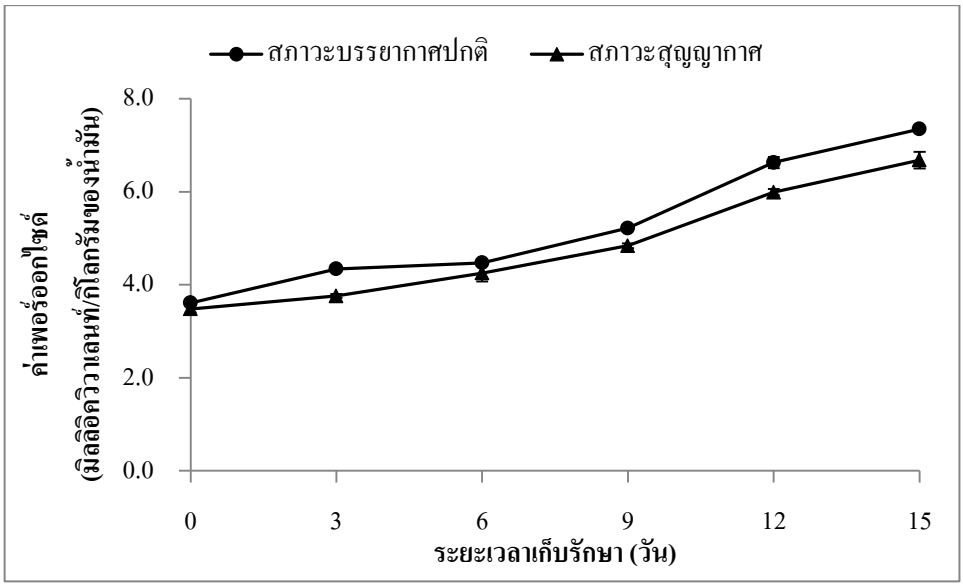
ภาพที่ 5 ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

6. การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา

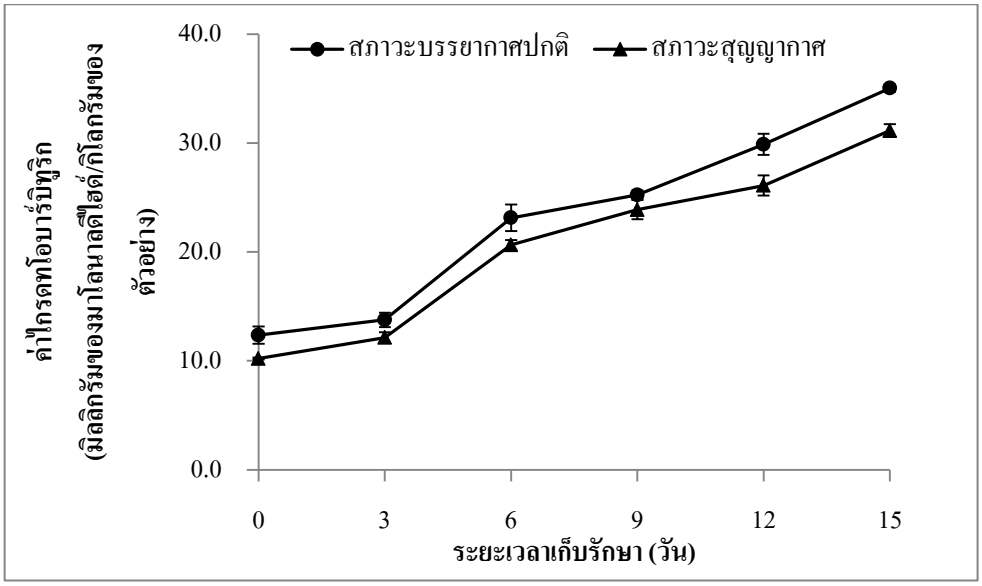
การติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าทั้งค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 6 และ 7) ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุทั้ง 2 แบบ พบว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าเพอร์ออกไซด์น้อยกว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติโดยเฉพาะในวันที่ 9 ถึงวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของเนื้อปูม้าในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติพบว่า ตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกน้อยกว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ($p \leq 0.05$)

ค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกที่เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นการบ่งชี้ถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Mendes *et al*., 2008) เพอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและสารชนิดนี้จะไม่คงตัว สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปโดยการสลายตัวหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นทำให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมิจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2557; สุทธวัฒน์, 2554) ซึ่งสามารถติดตามการเกิดผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมินี้ได้จากการตรวจสอบหาค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกที่เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาบ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมิจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Kolakowska, 2002) โดยเฉพาะแอลดีไฮด์ (Nawar, 1996) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดสี กลิ่น และรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ (สุทธวัฒน์, 2554) นอกจากนี้กลิ่นเหม็นหืนอาจเกิดจากสารคาร์บอนิลที่ได้จากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน เพปไทด์ หรือโปรตีน แล้วเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดต่อไปทำให้ได้สารแอลดีไฮด์ที่ให้กลิ่นไม่พึงประสงค์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของอาหาร มีสีเข้มจนถึงคล้ำ รวมทั้งทำให้เกิดรสเฝื่อนขึ้น (นิธิยา, 2557) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาในครั้งนี้พบว่ามีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสี (ตารางที่ 1) และระดับคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3) โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกสอดคล้องกับค่า L* และระดับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกน้อยกว่าตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ เนื่องการบรรจุภายใต้สุญญากาศเป็น การดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในตัวอย่างออกไปและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีกส่งผลให้ระดับออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุปิดสนิทมีปริมาณลดลงกว่าปกติปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเกิดขึ้นได้ช้ากว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง การเก็บรักษาสอดคล้องกับรายงานของ Anacleto *et al.* (2011) ซึ่งรายงานว่าเนื้อปูต้มสุก (*Cancer pagurus*) มีค่าเพอร์ออกไซด์ และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 13 วัน Kachele *et al.* (2017) และ Rahmatipoor *et al.* (2017) พบว่าการเก็บรักษาปลาเกล็ดเงินที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกน้อยกว่าปลาเกล็ดเงินที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Ježek and Buchtová (2014) รายงานว่าการบรรจุปลาเรนโบว์เทราท์แบบสุญญากาศ

สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าเพอร์ออกไซด์และ ออกซิเดชันของไขมันได้ ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา



ภาพที่ 6 ค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 7 ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

7. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน (ตารางที่ 2) พบว่าตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ แต่ตรวจพบจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาซึ่งตรวจพบในปริมาณ 2.54×10^{2} CFU/g สำหรับตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดระหว่างวันแรกจนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา แต่เริ่มตรวจพบจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในวันที่ 12 และ 15 ของการเก็บรักษา โดยตรวจพบในปริมาณ 2.61×10^{2} CFU/g และ 3.76×10^{2} CFU/g ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ตามมาตรฐาน มกอช. ปูม้า 7004-2548 (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) คือต้องไม่เกิน 10^{6} โคโลนีต่อตัวอย่างเนื้อปู 1 กรัม จากรายงานของ Anacleto *et al.* (2011) พบว่าเนื้อปูต้ม (*Cancer pagurus*) มีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดมากกว่า 10^{6} CFU/g ในวันที่ 13 (วันสุดท้าย) ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและสุญญากาศพบว่า ตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่า เนื่องจากการบรรจุตัวอย่างในสภาวะสุญญากาศมีการดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในตัวอย่างออกไปและ ผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก การที่ไม่มีออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร และการใช้อุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษาสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน หรือใช้ออกซิเจนเล็กน้อยในการเจริญเติบโต (Shahidi and Botta, 1994) ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาตัวอย่างได้นานขึ้น ผลการศึกษามีความสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Rahmatipoor *et al.* (2017) โดยพบว่าปลาเกล็ดเงินที่บรรจุแบบสุญญากาศมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าปลาเกล็ดเงินที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ เช่นเดียวกับรายงานของ Kung *et al.* (2017) พบว่าการบรรจุปลานวลจันทร์ (*Chanos chanos*) ในสภาวะสุญญากาศสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศได้ดีกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ จากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปูม้าในระหว่างการเก็บรักษาบ่งชี้ว่า การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในช่วงแรกของการเก็บรักษาอาจมีสาเหตุสำคัญมาจากปฏิกิริยาทางเคมี และชีวเคมีที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในเนื้อปูม้าต้มระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	
	สภาวะบรรยากาศปกติ	สภาวะสุญญากาศ
0	<30	<30
3	<30	<30
6	<30	<30
9	<30	<30
12	2.61×10^2	<30
15	3.76×10^2	2.54×10^2

8. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินตามเกณฑ์มาตรฐาน มกอช. ปูม้า 7004-2548 (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน ได้ผลดังตารางที่ 3 จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส 2 คุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป และกลิ่น ของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าตัวอย่างปูม้าที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติมีระดับคะแนนคุณลักษณะทั่วไป และกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาผลระดับคะแนนจากตารางที่ 3 พบว่าตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษามีระดับคะแนนไม่แตกต่างกันทั้งคุณลักษณะทั่วไป และกลิ่นของทุกตัวอย่าง

ตารางที่ 3 ระดับคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

ระยะเวลา (วัน)	สภาวะบรรยากาศปกติ		สภาวะสุญญากาศ	
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น
0	4.00 ± 0.00^{a}	4.00 ± 0.00^{a}	4.00 ± 0.00^{a}	4.00 ± 0.00^{a}
3	3.63 ± 0.52^{ab}	3.63 ± 0.58^{ab}	3.75 ± 0.46^{ab}	3.75 ± 0.46^{ab}
6	3.38 ± 0.74^{abc}	3.50 ± 0.53^{ab}	3.50 ± 0.53^{abc}	3.63 ± 0.52^{ab}
9	3.38 ± 0.52^{abc}	3.38 ± 0.52^{ab}	3.50 ± 0.53^{abc}	3.50 ± 0.53^{ab}
12	3.13 ± 0.83^{bc}	3.13 ± 0.89^{bc}	3.25 ± 0.71^{bc}	3.38 ± 0.58^{b}
15	2.75 ± 0.46^{c}	2.75 ± 0.71^{c}	3.13 ± 0.35^{c}	2.88 ± 0.64^{c}

หมายเหตุ: a, b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สรุป

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและสุญญากาศระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้ามีคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่การบรรจุตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ชีวเคมี และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มได้ดีกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มคือ การบรรจุในสภาวะสุญญากาศซึ่งสามารถเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อปูม้าต้มได้นาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ให้งบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กนกอร อินทราพิเชฐ. 2538. **การเปลี่ยนแปลงของวัสดุชีวภาพหลังการเก็บเกี่ยว.** เอกสารประกอบคำสอนวิชา 305271. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กรมประมง. 2561. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2559.** กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร.** สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2551. **ถอดรหัสปูม้า: "จากวิกฤตสู่ระบบการผลิตที่ยั่งยืนเพื่อความอยู่ดีมีสุขของชุมชนประมง"บนฐานความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากร.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ปูม้า BLUE SWIMMING CRAB (มกอช. 7004-2548).**

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2554. **เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

Anacleto, P., Teixeira, B., Marques, P., Pedro, S., Nunes, M.L. and Marques, A. 2011. Shelf-life of cooked edible crab (*Cancer pagurus*) stored under refrigerated conditions. **LWT - Food Science and Technology** 44: 1376-1382.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International, (17th ed.).** The Association of official analytical chemists, Washington DC, USA.

Benjakul, S., Seymour, T.S., Morrissey, M.T. and An, H. 1997. Physico-chemical changes in Pacific whiting muscle proteins during

iced storage. **Journal of Food Science** 62: 729-733.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. **Methods in Enzymology** 52: 32-34.

Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Faustman, C. 2005. Changes of pigments and colour in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. **Food Chemistry** 83: 607-617.

Dang, H.T.T., Gudjónsdóttir, M., Tómasson, T., Nguyen, M.V., Karlsdóttir, M.G. and Arason, S. 2018. Influence of processing additives, packaging and storage conditions on the physicochemical stability of frozen Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. **Journal of Food Engineering** 238: 148-155.

Fernández, K., Aspe, E. and Roeckel, M. 2009. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging. **Food Control** 20: 1036-1042.

Ježek, F. and Buchtová, H. 2014. The effect of vacuum packaging on physicochemical changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during cold storage.**Acta Veterinaria Brno** 83: S51-S58.

Kachele, R., Zhang, M., Gao, Z. and Adhikari, B. 2017. Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 °C. **LWT Food Science and Technology** 80: 163-168.

Kolakowska, A. 2002. Lipid oxidation in food systems, pp. 133-160. *In* Sikorski, Z.E. and Kolakowska, A., eds. **Chemical and functional properties of food lipids.** CRC Press. FL, USA.

Kung, H.F., Lee, Y.C., Lin, C.W., Huang, Y.R., Cheng, C.A., Lin, C.M. and Tsai, Y.H. 2017. The effect of vacuum packaging on histamine changes of milkfish sticks at various storage temperatures. **Journal of food and drug analysis** 25: 812-818.

Lorentzen, G., Skuland, A.V., Sone, I., Johansen, J.O. and Rotabakk, B.T. 2014. Determination of the shelf life of cluster of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) during chilled storage. **Food Control** 42: 207-213.

Low, L.K. and Ng, L.K. 1978. Determination of peroxide value, pp. C7.1-C7.3. *In* Hasegawa, H., ed. **Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products.** Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.

Masniyom, P., Benjama, O. and Maneesri, J. 2013. Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on quality changes of refrigerated tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. **International Food Research Journal** 20(3): 1401-1408.

Mendes, R., Pestana, C. and Gonçalves, A. 2008. The effects of soluble gas stabilization on the quality of packed sardine fillets (*Sardina pilchardus*) stored in air, VP and MAP. **International Journal of Food Science and Technology** 43(11): 2000-2009.

Morrissey, M.T., Wu, J., W., Lin, D.D. and An, H. 1993. Effect of food grade proteinase inhibitor on autolysis and gel strength of

surimi. **Journal of Food Science** 58: 1051-1054.

Nawar, W.W. 1996. Lipids, pp. 225-314. *In* Fennema, O.R., ed. **Food chemistry.** Marcel Dekker, Inc., New York.

Rahmatipoor, R., Roomiani, L. and Sary, A.A. 2017. Effect of different packaging on the shelf life of silver carp(*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 ºC. **Iranian Journal of Aquatic Animal Health** 3(2): 22-35.

Sarnoski, P.J., O'Keefe, S.F., Jahncke, M.L., Mallikarjunan, P. and Flick, G.J. 2010. Analysis of crab meat volatiles as possible spoilage indicators for blue crab (*Callinectes sapidus*) meat by gas chromatography–mass spectrometry. **Food Chemistry** 122: 930-935.

Shahidi, F. and Botta, J.R. 1994. **Seafoods Chemistry, Processing Technology and Quality.** Chapman and Hall, London.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. **Principle and procedure of statistics: A biometrical approach (2nd ed).** MacGraw-Hill, New York.

Zhang, Y., Li, Q., Li, D., Liu, X. and Luo, Y. 2015. Changes in the microbial communities of air-packaged and vacuum-packaged common carp (*Cyprinus carpio*) stored at 4 °C. **Food Microbiology** 52: 197-204.