

Research Article

คุณภาพปลาทูน่าลดโซเดียมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

Quality of reduced sodium steamed mackerel during chilled storage

เบญจวรรณ ชรรณนารักษ์* และ ธัญลักษณ์ วีระพรกิตติกุล¹

Benjawan Thumthanaruk^{1*} and Thanyalak Teerapornkittikul¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

¹Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

*E-mail benjawan.t@sci.kmutnb.ac.th

Received: 02/05/2018; Accepted: 13/06/2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพปลาทูน่าลดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดที่เก็บรักษาอุณหภูมิแช่เย็น โดยแปรปัจจัยการผลิต ได้แก่ อัตราความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (0%, 10, 15 และ 20%) ร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (20, 15, 10, 5 และ 0%) เวลาต้มปลา (1, 3, 5, 7 และ 9 นาที) ทดสอบการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ บรรจุในถาด (polystyrene) หุ้มด้วย polyvinyl chloride (PS และ PVC), Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) และ Nylon Linear Low Density Polyethylene (NLLDPE) เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4±2°C โดยออกแบบการทดลองด้วยวิธี response surface methodology (RSM) ผลการทดลองพบว่าปลาทูน่าลดโซเดียมสูตรที่ดีที่สุดคือความเข้มข้นของ NaCl และ KCl เท่ากับ 10% ใช้เวลาต้มนาน 3 นาที มีปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมเท่ากับ 5,817 และ 5,997 mg/kg คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 8.40 คะแนน โดยมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (NaCl 30%) ($p>0.05$) การบรรจุปลาทูน่าลดโซเดียมในถาด PS แล้วหุ้มฟิล์ม PVC สามารถเก็บได้เพียง 3 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน แต่การบรรจุปลาทูน่าลดโซเดียมในถาด LLDPE และ NLLDPE ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4±2°C สามารถเก็บรักษาได้ 6 วัน โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่ามีไม่เกินมาตรฐาน ไม่พบ *E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus*, yeast และ mold

คำสำคัญ: ปลาทูนึ่ง, ลดโซเดียม, โปแทสเซียมคลอไรด์

Abstract

The aim of research was to study the factors affecting quality of reduced sodium steamed mackerel during chilled storage. This study varied the concentration of sodium chloride (NaCl) (20, 15, 10, 5 and 0%) combined with the concentration of potassium chloride (KCl) (20, 15, 10, 5 and 0%), cooking time (1, 3, 5, 7 and 9 min). The proper reduced sodium steamed mackerel were tested by using different types of packaging (polystyrene and polyvinyl chloride; PVC and PS), Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) and Nylon Linear Low Density Polyethylene (NLLDPE). All samples were kept refrigerated at $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 7 days. The experimental design was used response surface methodology (RSM). Results showed that the proper reduced sodium steamed mackerel used 10% NaCl combined with 10% KCl and steamed for 3 min had the sodium and potassium values of 5,817 และ 5,997 mg/kg and received highest overall sensory score (8.40). The values of the sensory score were no significant difference from the control (30% NaCl) (8.25) ($p>0.05$). The shelf life of reduced sodium steamed mackerel packed in PS and PVC was only 3 days having total microbial count higher than the standard. While, the reduced sodium steamed mackerel packed in LLDPE and NLLDPE had the shelf life of 6 days at $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. The microbiological result of total plate count was not exceeding the standard. No *E. coli*, *Salmonella* spp. yeast and mold were detected.

Keywords: boiled mackerel, reduced sodium, potassium chloride

บทนำ

ปลาทูนึ่ง (*Rastrelliger brachysoma*) เป็นสัตว์น้ำที่คนไทยนิยมบริโภคถึงร้อยละ 85.1 (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2016) ผลิตภัณฑ์จากปลาทูนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคจะเพิ่มขึ้นตอนการต้ม แต่เป็นที่รู้จักว่าในชื่อปลาทูนึ่งซึ่งจะใช้ชื่อนี้ตลอดงานวิจัย ปลาทูนึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยน้ำหนัก 100 กรัม ให้พลังงาน 140 แคลอรี ไขมัน 6.7 กรัม โปรตีน 20 กรัม มีกรดอะมิโนที่สำคัญคือไลซีน และทรีโอนีน ช่วยในเรื่องการพัฒนาการเจริญเติบโตสำหรับเด็ก ให้แร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก (Nutrition Division, Department of Health, 1990; Nutrition Division, Department of Health, 2001) ในกระบวนการผลิตปลาทูนึ่งจะนิยมใช้เกลือแกงหรือเกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งประกอบด้วยโซเดียมอะตอม ร้อยละ 39.33 และคลอไรด์อะตอมร้อยละ 60.67 (He & MacGregor, 2008) เกลือโซเดียมคลอไรด์ช่วยลดค่าออกซิเจนอิสระ (water activity; a_w) ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เพิ่มอายุการเก็บรักษา (shelf life) และเพิ่มรสชาติ

ของผลิตภัณฑ์ได้ (Ruusunen & Puolanne, 2550) โดยปริมาณเกลือสูงสุดที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้รับประทานคือไม่เกิน 5 กรัมต่อวัน จะมีปริมาณโซเดียม 2,000 มิลลิกรัม และเพื่อลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจและความดันโลหิตสูง สำหรับเกลือโพแทสเซียม แนะนำให้บริโภคไม่เกินวันละ 3,510 มิลลิกรัม (World Health Organization, 2012a; World Health Organization, 2012b) โดยรายงานผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทย โดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พบว่าการประเมินการบริโภคโซเดียมโดยการชั่งประวัติการบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง จำนวน 2,969 คน มีการบริโภคโซเดียมสูงกว่าปริมาณที่แนะนำ กล่าวคือค่ามัธยฐานของการบริโภคโซเดียมอยู่ที่ 3,264 มิลลิกรัมต่อวัน (Aekplakorn et al., 2012) และผลการสำรวจการบริโภคอาหาร 10 ลำดับแรก ที่นิยมบริโภคที่มีปริมาณโซเดียมสูง ได้แก่ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปพร้อมเครื่องปรุง ปลากระป๋อง ปลาหนึ่ง น้ำพริกต่างๆ ปลาต้ม ข้าวโพดต้ม ลูกชิ้น แคนหมู มั่นฝรั่งทอดและไข่เค็ม (Kriangsinyot, 2012) ผลเสียจากการรับประทานโซเดียมมากเกินไปมีผลทำให้ระดับความดันโลหิตในร่างกายสูงขึ้นและเสี่ยงต่อโรคหัวใจวายได้ (Cook et al., 2007) วิธีลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปลงร้อยละ 30-50 คือ การใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride, KCl) เพราะมีคุณสมบัติเป็นตัวปรับสมดุลของโซเดียมในร่างกาย (Kriangsinyot, 2012; Ruusunen & Puolanne, 2005) และลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดนี้ มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น แต่ข้อจำกัดการใช้ KCl คือ หากใช้ปริมาณมากจะทำให้เกิดรสขมหลังจากการบริโภคได้ และไม่เหมาะต่อผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 โดยอาจพบปัญหาที่ตับและหัวใจจากระดับโพแทสเซียมสูง (Cook et al., 2007)

รูปแบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ปลาหนึ่งเพื่อจำหน่ายมีหลายแบบ เช่น การบรรจุปลาหนึ่งในช่องที่มีใบรองรองอยู่ ซึ่งที่ไม่เหมาะสมสามารถปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมได้และปลาหนึ่งเมื่อตากลมเป็นเวลานานจะทำให้ผิวหน้าแห้ง การบรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ทำให้มองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในได้ชัดเจน สะดวกในการขนส่ง ลดการปนเปื้อน แต่การซ้อนทับกันทำให้น้ำออกจากตัวปลาได้ หรือการนำปลาหนึ่งแช่แข็งแล้วบรรจุในถุงพลาสติก ในการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคปลาหนึ่งของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคเลือกปลาหนึ่งที่จัดใส่บรรจุภัณฑ์ที่มีพลาสติกหุ้มเรียบร้อย เพราะมั่นใจในคุณภาพและความสะอาดถึงร้อยละ 57.29 และปัญหาที่พบมากที่สุดในการเลือกซื้อปลาหนึ่ง คือ ความไม่มั่นใจในคุณภาพของสินค้าสูงถึงร้อยละ 41.5 (Benjarajoenwong, 2007) การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging: MAP) มีรายงานผลว่าสามารถช่วยยืดอายุคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 50-400% เปรียบเทียบกับการบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ (Rao & Sachindra, 2002) โดยพบว่าปัญหาเชื้อจุลินทรีย์ที่พบบ่อยในกลุ่มของพลาสติก ได้แก่ *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acetobacter*, *Shewanella putrefaciens*, *Vibrio parahemolyticus*, *Flavobacterium* และ *Aeromonas* spp. สำหรับพลาสติกที่อาศัยในแถบเขตร้อนชื้น พบเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Brochotrix thermospacta* และ *Streptococcus* (Masniyom, 2011) โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* type E ทำให้เกิดการเน่าเสียโดยไม่ปรากฏกลิ่นเหม็นหรือเมือกซึ่งเป็นลักษณะของการเน่าเสียของพลาสติกทั่วไป แนวทางการบรรจุปลาในบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพบรรยากาศดัดแปลงจึงสามารถยืดเวลาใน

การเก็บรักษาได้นาน 10-14 °C วันที่อุณหภูมิแช่เย็น และเก็บได้นานถึง 18-20 วันที่อุณหภูมิ 2-0.9°C (Robertson, 2012)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปลาหนึ่ง โดยลดปริมาณเกลือ โซเดียมคลอไรด์จาก 30% (ชุดควบคุม) และทดแทนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ แปรเวลาที่ใช้ในการต้ม คุณภาพของปลาหนึ่งลดโซเดียมที่ทำให้คะแนนความชอบสูงที่สุดนำมาศึกษาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ การบรรจุในถาด polystyrene แล้วยูหุ้มด้วยฟิล์ม polyvinyl chloride (PS และPVC) การบรรจุในถุง Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) และการบรรจุในถุง Nylon Linear Low Density Polyethylene (NLLDPE) เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4±2°C วิเคราะห์คุณภาพคุณภาพของปลาหนึ่งลดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์โดยประเมินผลความชอบของผู้ทดสอบด้วยวิธี 9 point hedonic scale ตรวจสอบทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบปลาหนึ่งแช่แข็งสายพันธุ์ Short-bodied mackerel ซึ่งจากตลาดนนทบุรี ประเทศไทย เลือกขนาดน้ำหนักตัว 45±5 กรัม เก็บรักษาถ่วงโคมที่มีในน้ำแข็ง ขนส่งมาที่ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ โซเดียมคลอไรด์หือเกลือปรุงรันทิพย์

2. ขั้นตอนการเตรียมปลาหนึ่ง

กระบวนการผลิตปลาหนึ่งชุดควบคุมผลิตตามวิธีการของ Teerapornkittkul et al. (2017) โดยนำปลาหนึ่งแช่เยือกแข็งละลายน้ำเย็น (1-2°C) เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำเครื่องในออก และล้างทำความสะอาดปลาหนึ่ง โดยชุดควบคุมแช่ปลาหนึ่งในน้ำเกลือ NaCl เข้มข้น 30% เป็นเวลา 3 นาที ต้มปลาหนึ่งในน้ำเกลือ (30% NaCl) อัตราส่วนน้ำเกลือต่อปลาเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที นำมาตั้งให้สะเด็ดน้ำและผึ่งให้เย็นลงเป็นเวลานาน 3 นาที แล้วราดด้วยน้ำต้มสุกลงบนตัวปลาเพื่อกำจัดคราบเกลือและสิ่งสกปรกออก

3. ศึกษาการแปรปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ ในการผลิตปลาหนึ่งลดโซเดียม

กระบวนการผลิตปลาหนึ่งลดโซเดียมใช้วิธีเดียวกับปลาหนึ่งในข้อ 2 การแปรอัตราส่วนความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM) (Myers et al., 2016) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปลาหนึ่งลดโซเดียม โดยวางแผนการทดลองแบบ CCD มี 3 ปัจจัย 5 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ 20, 15, 10, 5 และ 0) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 20, 15, 10, 5 และ 0) เวลาในการต้ม (1, 3, 5, 7 และ 9 นาที) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1. สัญลักษณ์และระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และเวลาในการต้ม

| Factor | Independent variables | Units | Actual Values | | Coded Values | |
|----------------|---------------------------------|--------|---------------|---------|--------------|---------|
| | | | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum |
| X ₁ | ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ | ร้อยละ | 0 | 20 | -2 | 2 |
| X ₂ | ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ | ร้อยละ | 0 | 20 | -2 | 2 |
| X ₃ | เวลาในการต้ม | นาที | 1 | 9 | -2 | 2 |

4. ศึกษาเปรียบเทียบการบรรจุปลาหนึ่งลดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ต่างกัน

ปลาหนึ่งลดโซเดียมที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุคนำมาบรรจุ 3 แบบคือ การบรรจุปลาหนึ่งในถาดโพลี polystyrene แก้วหุ้มด้วยฟิล์ม polyvinyl chloride (PS และ PVC) การบรรจุปลาหนึ่งในถุง Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) และการบรรจุปลาหนึ่งในถุง Nylon Linear Low Density Polyethylene (NLLDPE) ปลาหนึ่งชุดควบคุม (เกลือ 30%) จะบรรจุถาดโพลีที่มีฟิล์มหุ้มซีด (PS และ PVC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลานาน 7 วัน

5. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ปลาหนึ่งตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด-เบสโดย pH meter ความแน่นเนื้อวัดด้วยเครื่อง Texture analyzer ใช้หัตถทดสอบแบบกดรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร กดลงใช้แรง 75 % ที่ความเร็ว 60 มิลลิเมตรต่อนาที โดยตัดปลาทุบริเวณลำตัว เป็นชิ้นเล็กขนาด $2 \times 2 \times 1.5$ เซนติเมตรตัดแปลงจาก Sun (2009) ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ตัดแปลงตามวิธี Buege & Aust (1978) ปริมาณ Na^+ และ K^+ โดยใช้เครื่อง ICP Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) (ตรวจชุดควบคุมและตัวอย่างที่ให้คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด) (Ploegaerts et al., 2016) และตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, yeast และ mold ด้วยวิธี BAM (2001) การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการทดสอบความชอบ (9 point hedonic scale) ตามวิธี Mailgaard et al. (1999) มีระดับคะแนน 1-9 โดยแบ่งระดับความชอบได้ดังนี้ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด

และ 9 คือ ชอบมากที่สุดโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ตรวจสอบ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เฉพาะการทดสอบการบรรจุ (ข้อ 4) จะไม่ทดสอบชิมรสชาติ

คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ถุงฟิล์ม LLDPE และ NLLDPE ตรวจสอบวัดความหนา (thickness) ด้วยเครื่องวัดความหนา (digimatic thickness gauge) วัดอัตราการแพร่ผ่านของไอน้ำ (WVTR) ด้วยเครื่อง vapor permeation analyzer วัดอัตราการแพร่ผ่านก๊าซออกซิเจนด้วยเครื่อง oxygen permeation analyzer วัดอัตราการแพร่ผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่อง carbon dioxide permeation analyzer (Fuongfuchat et al., 2006)

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างพรีดิเมนต์ด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS Version 17.0, USA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของปัจจัยการผลิต (ปริมาณ NaCl, KCl และระยะเวลาต้ม) ต่อคุณภาพปลาแห้งแช่เย็น

การวางแผนการทดลองโดยใช้ RSM แปรปัจจัยปริมาณ NaCl, KCl และระยะเวลาต้มของปลาแห้งแช่เย็นจำนวน 16 สภาวะ (รวมชุดควบคุม) พบว่า การใช้ระยะเวลาในการต้มนานขึ้นจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของปลาแห้งทำให้มีเนื้อปลาแข็งขึ้น ปลาจะมีลักษณะสุก โดยความร้อนจะทำให้โปรตีนในเนื้อปลาเสียสภาพ เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานาน ก็จะทำให้เนื้อระเหยออกมาจากเนื้อปลามากขึ้น ทดสอบโดยการวัดความแน่นเนื้อพบว่าค่าความแน่นเนื้อของปลาแห้งในการทดลองนี้มีค่าระหว่าง 3,505 – 5,885 g สภาวะที่ใช้เกลือ NaCl 5% และเกลือ KCl 5% ต้มนานเป็นเวลา 1, 7 และ 9 นาที มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 3,505±332, 5,387±310 และ 5,885±634 g ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของเกลือ NaCl และ KCl มีผลต่อความแน่นเนื้อของปลาแห้ง ผลการทดลองของ Desmond (2006) พบว่าเกลือมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือ NaCl ในเนื้อปลาทำให้ค่า WHC สูงกว่าการเพิ่ม KCl เล็กน้อย เพราะ NaCl สามารถอุ้มน้ำในกล้ามเนื้อของปลามากกว่าเกลือ KCl

ค่าความเป็นกรด-เบสของปลาแห้ง อยู่ระหว่าง 6.34-6.78 ปลาแห้งจัดเป็น low acid food มีโอกาสที่เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาสามารถเติบโตได้ง่ายก่อให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์และไม่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค (ตารางที่ 2)

ผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมทางด้านเนื้อสัมผัส รสชาติความเค็ม และความขมที่เกิดจากเกลือ NaCl เกลือ KCl และเวลาที่ใช้ในการต้มของปลาแห้งมีค่าระหว่าง 5.80±0.95 (ใช้ปริมาณ NaCl 5% , KCl 5% ระยะเวลาต้ม 1 นาที) ถึง 8.40±0.50 (ใช้ปริมาณ NaCl 10% , KCl 10% ระยะเวลาต้ม 3 นาที) อยู่ในช่วงรู้สึกเฉย ๆ ถึงชอบมาก สภาวะการผลิตปลาแห้งแช่เย็นที่มีคะแนนความชอบสูงสุดคือสภาวะที่มีสัดส่วนของเกลือ NaCl เข้มข้น 10% (w/w) เกลือ KCl เข้มข้น 10% (w/w) และเวลาในการต้ม 3 นาที ได้รับคะแนนเท่ากับ 8.40±0.50 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (คะแนนเท่ากับ 8.25±0.72) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3 และรูปที่ 1)

ตารางที่ 2. ผลทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของปลาหนึ่งในสภาวะต่าง ๆ

| Treatment | X ₁ %NaCl (w/w) | X ₂ %KCl (w/w) | X ₃ cooking time (min) | ความแน่น เนื้อ(g) | pH | คะแนน ความชอบ โดยรวม |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1 | 30 | 0 | 5 | 5,498±981 ^a | 6.34±0.06 ^c | 8.25±0.72 ^a |
| 2 | 0 | 10 | 5 | 5,108±563 ^{ab} | 6.50±0.02 ^b | 6.55±1.00 ^a |
| 3 | 5 | 5 | 1 | 3,505±332 ^d | 6.49±0.03 ^b | 5.80±0.95 ^b |
| 4 | 5 | 5 | 7 | 5,387±310 ^a | 6.47±0.04 ^b | 7.60±0.68 ^a |
| 5 | 5 | 5 | 9 | 5,885±634 ^a | 6.51±0.05 ^b | 6.30±0.47 ^b |
| 6 | 5 | 15 | 3 | 4,457±218 ^c | 6.49±0.02 ^b | 6.85±0.75 ^{ab} |
| 7 | 5 | 15 | 7 | 5,679±279 ^a | 6.66±0.07 ^b | 6.80±0.89 ^{ab} |
| 8 | 10 | 0 | 5 | 5,281±57.7 ^b | 6.69±0.01 ^b | 8.25±0.64 ^a |
| 9 | 10 | 10 | 3 | 4,746±231 ^c | 6.68±0.06 ^{ab} | 8.40±0.50 ^a |
| 10 | 10 | 10 | 5 | 5,873±717 ^a | 6.47±0.09 ^b | 7.55±0.51 ^a |
| 11 | 10 | 20 | 5 | 5,130±544 ^{ab} | 6.70±0.02 ^b | 7.30±0.66 ^a |
| 12 | 15 | 5 | 3 | 4,411±162 ^c | 6.30±0.03 ^c | 8.15±0.49 ^a |
| 13 | 15 | 5 | 7 | 5,329±221 ^a | 6.53±0.05 ^b | 7.25±0.64 ^a |
| 14 | 15 | 15 | 3 | 4,550±259 ^c | 6.45±0.05 ^b | 7.50±0.51 ^a |
| 15 | 15 | 15 | 7 | 5,516±83 ^a | 6.78±0.05 ^a | 7.60±0.50 ^a |
| 16 | 20 | 10 | 5 | 5,464±148 ^a | 6.61±0.09 ^b | 7.75±0.44 ^a |

หมายเหตุ : ผลการทดลองแสดงค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กในคอลัมน์เดียวกันต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ผลจากวิเคราะห์ปริมาณเกลือ NaCl และ KCl พบว่าในผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีปริมาณเกลือ NaCl และ KCl เท่ากับ 18,130 และ 124 mg/kg แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีความเคยชินกับการบริโภคอาหารที่มีรสชาติเค็ม การลดปริมาณ NaCl ลดลงเหลือ 10% แล้วทดแทนด้วยเกลือ KCl 10% พบว่าในตัวอย่างมีปริมาณเกลือ Na⁺ และ K⁺ อยู่ในช่วง 5,817 และ 5,997 mg/kg ซึ่งสภาวะดังกล่าวได้รับคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมสูงที่สุด ปริมาณค่าเกลือ Na⁺ และ K⁺ สูงมากกว่าปริมาณการบริโภคโซเดียมคลอไรด์ของประชากรไทยที่สำรวจในปี 2550 มี

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,351.70 มิลลิกรัมต่อคนต่อวัน (Kriangsinyot, 2012) ดังนั้นจึงใช้สภาวะที่มีเกลือ NaCl 10% เกลือ KCl 10% ต้มเป็นเวลา 3 นาทีเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ต่อไป

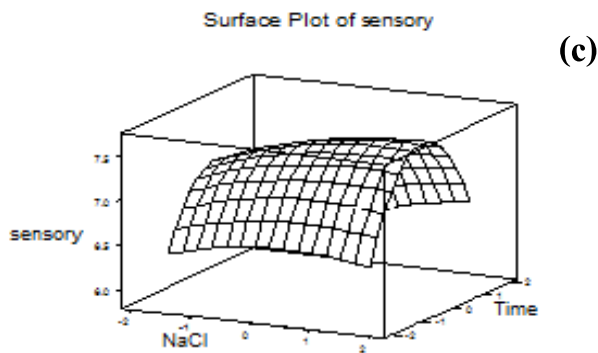
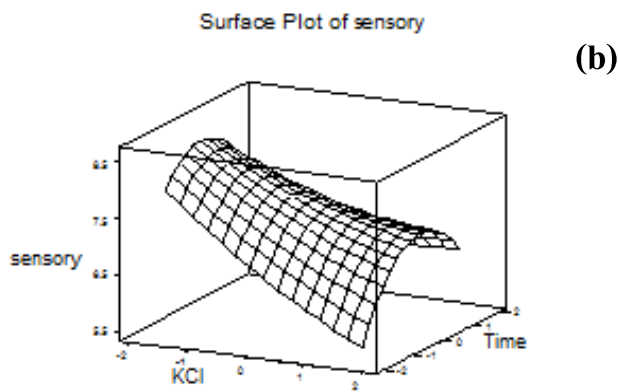
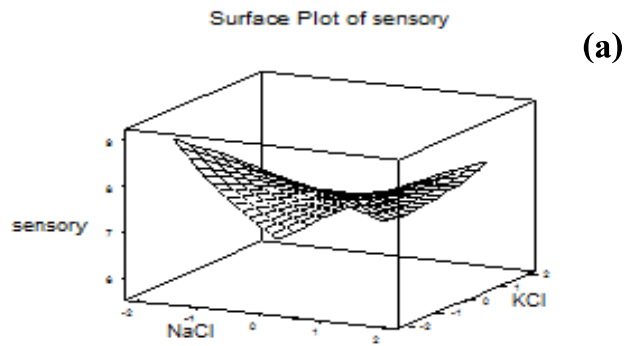
ตารางที่ 3. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปลาหมึกโขลนโซเดียม

| Dependent variable | Parameters | Optimum values |
|---------------------------|--------------------|----------------|
| Y (overall sensory score) | NaCl (%(w/w)) | 10 |
| | KCl (%(w/w)) | 10 |
| | cooking time (min) | 3 |

2. ผลของการบรรจุต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของปลาหมึกโขลนโซเดียมระหว่างการเก็บรักษา

ผลการตรวจสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพบว่าฟิล์ม PVC, LLDPE และ NLLDPE มีความหนา ค่า WVTR และ OTR แตกต่างกัน (ตารางที่ 4)

เมื่อนำปลาหมึกโขลนโซเดียมที่มีเกลือ NaCl 10% เกลือ KCl 10% ต้มเป็นเวลา 3 นาทีบรรจุแตกต่างกัน 3 แบบ ผลการตรวจสอบคุณภาพของปลาหมึกโขลนโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด คือปลาหมึกโขลนโซเดียมบรรจุในถาดโพลี PS แล้วหุ้มด้วย PVC บรรจุในถุง LLDPE และบรรจุในถุง NLLDPE พบว่าระหว่างเก็บรักษาค่า pH เฉลี่ยของปลาหมึกโขลนโซเดียมเริ่มต้นเท่ากับ 6.30 ใกล้เคียงกับปลาหมึกที่ผ่านกระบวนการความดันสูงมีค่า pH สูงที่สุด 6.34 (Aubourg et al., 2013) โดยปลาหมึกโขลนโซเดียมบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันและระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีค่า pH เพิ่มขึ้น โดยปลาหมึกโขลนโซเดียมใน PVC และ PS มีค่า pH เพิ่มขึ้นสูงสุด (8.26) ใน LLDPE และ NLLDPE มีค่า pH แตกต่างกันเล็กน้อยโดยมี (รูปที่ 2a) แสดงให้เห็นว่าปลาหมึกโขลนโซเดียมเป็นผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียได้หากมีสภาวะที่ไม่เหมาะสมผลของค่า pH ที่สูงขึ้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากการย่อยสลายของเนื้อปลาในกลุ่มของ biogenic amines (agmatine, cadaverine, dopamine, histamine, noradrenaline, putrescine, serotonin, spermidine, spermine, tryptamine และ tyramine) โดยปริมาณสาร biogenic amines เพิ่มขึ้นเกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโนในระหว่างการเก็บรักษา (Masniyom, 2011) ผลการทดลองสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อพบว่าอายุการเก็บรักษานานขึ้นปลาหมึกโขลนโซเดียมทั้งสามหุ้มน้ำความแน่นเนื้อมีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของปลาหมึกโขลนโซเดียมอาจสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์เช่น Cathepsins, Ca^{2+} -ATPase หรือ Mg^{2+} -EGTA-ATPase ที่มีผลต่อความแข็งแรงของโปรตีนโครงสร้างของเนื้อปลาเช่น myosin, troponin-troponin complex (Masniyom, 2011; Benjakul et al., 1997)



รูปที่ 1. กราฟพื้นผิวการตอบสนองสามมิติ พารามิเตอร์ของปลาหมึกแห้งโขลกโซเดียมต่อคะแนนประสาทสัมผัสโดยรวม:

- (a) NaCl concentration (X1) and KCl concentration (X2);
- (b) NaCl concentration (X1) and cooking time (X3);
- (c) KCl concentration (X2) and cooking time (X3)

ตารางที่ 4. คุณสมบัติของฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง

| สมบัติ | หน่วย | PVC | LLDPE | NLLDPE |
|--------------------------------------|---|-------|-------|--------|
| ความหนา | µm | 0.030 | 0.075 | 0.099 |
| Water Vapor Transmission Rate (WVTR) | g/cm ² .d.(×10 ⁻³) | 6.318 | 0.970 | 0.124 |
| Oxygen Transmission Rate (OTR) | Cc/m ² .d | nd | 3.907 | 7.125 |

ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริกแอซิด (Thiobarbituric acid, TBARS) เป็นค่าที่แสดงความหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปริมาณ TBARS ของปลาหนึ่งชนิดโซเดียม พบว่าวันแรกของการเก็บรักษาพบว่ามีค่า TBARS เท่ากับ 0.057–0.060 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมซึ่งใกล้เคียงกับปลาสด (0.045 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณ TBARS ของปลาหนึ่งชนิดโซเดียมในทุกชุดของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) วันสุดท้าย (วันที่ 7) ของการเก็บรักษาปริมาณ TBARS ของปลาหนึ่งชนิดโซเดียมบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC, LLDPE และ NLLDPE เท่ากับ 0.45, 0.26 และ 0.35 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 2b) โดยค่า TBARS ของปลาหนึ่งชนิดโซเดียมบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC มีค่ามากกว่าในบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE เนื่องจากในการบรรจุปลาหนึ่งในถาด PS และ PVC ไม่สามารถบรรจุได้เต็มพื้นที่เนื่องจากลักษณะรูปร่างของตัวปลาและไม่สามารถกำจัดออกซิเจนออกได้จึงเกิดมีช่องว่างภายในหลังจากปิดด้วยฟิล์ม PVC ผลของปริมาณ TBARS จากการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของ Tone & Maria (2016) พบว่าปริมาณ TBARS ของปลาน่าจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันนี้เองจากปลาน่าเป็นปลาที่มีไขมันสูง 3.53% รูปแบบการบรรจุมีผลต่อค่า TBARS โดยผลการทดลองปลา Chub mackerel บรรจุแบบ MAP มีปริมาณ TBARS มากกว่าปลา Chub mackerel บรรจุแบบสุญญากาศ โดยการบรรจุที่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์น้อยก็สามารถชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ (Erkan et al., 2011)

ผลการทดลองวัดปริมาณก๊าซ O₂ และ CO₂ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงก๊าซในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C ปลาหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC มีค่าก๊าซ O₂ เพิ่มขึ้นมากที่สุด ปลาหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE มีค่าก๊าซ O₂ ลดลงเท่ากับ 11.56% และ 11.47% เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE มีค่าการซึมผ่านออกซิเจน (OTR) เท่ากับ 3.907 และ 7.125 CC/m².d ก๊าซออกซิเจนจึงสามารถแพร่ผ่านเข้าและออกภายในบรรจุภัณฑ์ปลาหนึ่งชนิดโซเดียมไว้ได้ สำหรับปริมาณก๊าซ CO₂ ของปลาหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ PS&PVC, บรรจุภัณฑ์ LLDPE และบรรจุภัณฑ์ NLLDPE มีปริมาณที่ต่ำมากเฉลี่ย 0.36% เมื่อติดตามการ

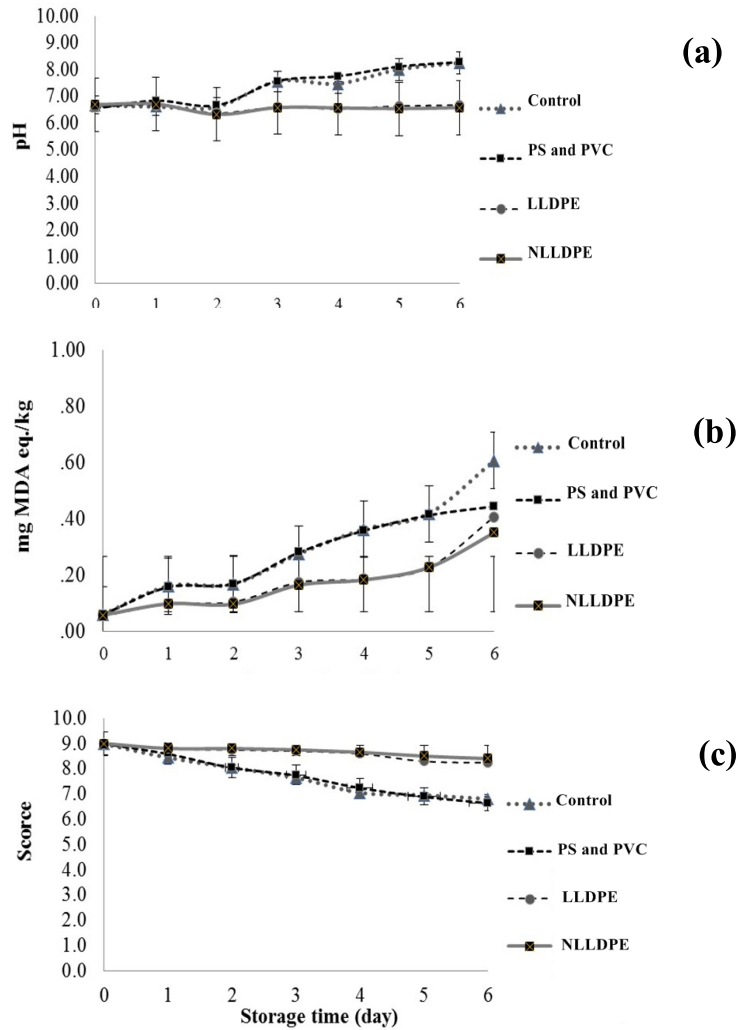
เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ที่บรรจุภัณฑ์แตกต่างกันพบว่ามีความโน้มเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกชุดของการศึกษา ($p < 0.05$) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 7) ปลายทางหนึ่งในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC, LLDPE, NLLDPE มีค่าก๊าซ CO₂ เท่ากับ 3.56, 2.13 และ 2.47% เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าค่า CO₂ ในบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO₂ ในบรรจุภัณฑ์ปลายทางเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์และสร้างก๊าซ CO₂ (Gram & Huss, 1996)

คุณภาพทางจุลชีววิทยาตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (Department of Medical Health, 2017) กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log cfu/g ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์ในปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) การเก็บรักษาปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมเป็นเวลา 7 วัน พบว่าวันแรกของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.85-3.14 log CFU/g ปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC มีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานในวันที่ 4 คือ 6.48 log CFU/g ส่วนปลายทางหนึ่งในบรรจุภัณฑ์ LLDPE เท่ากับ 3.47 log cfu/g และปลายทางหนึ่งในบรรจุภัณฑ์ NLLDPE มีค่าเท่ากับ 3.32 log cfu/g แสดงว่าปลายทางหนึ่งในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC มีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 4 วันแต่เมื่อบรรจุใน LLDPE และ NLLDPE มีอายุการเก็บรักษานานจนถึง 6 วัน (เนื่องจากมีกลิ่นผิดปกติในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐาน (6 log CFU) ไม่พบทั้ง *E. coli*, *Salmonella* spp, *S. aureus*, yeast และ mold โดย Gram & Huss (1996) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ปลาเค็มอาจเกิดจากเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนเค็มได้ หรือกลุ่มของแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนและยีสต์ ซึ่งในกรณีนี้ปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมสามารถนำเสียได้จากเชื้อดังกล่าวจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมอีก

ผลการทดสอบความชอบโดยรวม (ไม่ได้ทดสอบชิม) พบว่าปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE ระหว่างวันแรก และเมื่อเก็บรักษาไว้ 6 วัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมบรรจุใน NLLDPE มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด แต่เริ่มมีกลิ่นผิดปกติในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ PS และ PVC และ ชุดควบคุม มีค่าลดลงแตกต่างจากการบรรจุใน LLDPE และ NLLDPE ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE เก็บที่ 4°C มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน (รูปที่ 2c)

สรุปผลการทดลอง

ผลของการศึกษานี้คือสภาวะการผลิตปลายทางหนึ่งชนิดโซเดียมสูตรที่ดีที่สุด คือความเข้มข้นของ NaCl และ KCl เท่ากับ 10 % เวลาที่ใช้ต้ม 3 นาที เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ LLDPE และ NLLDPE สามารถเก็บได้นานเป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4±2°C



รูปที่ 2. ผลทดสอบคุณภาพของปลาทูน่าสดโซเดียมในบรรจุภัณฑ์แบบต่าง ๆ
(a) pH (b) TBARS (mg MDA eq/kg) (c) Sensory score

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยเลขที่ 5944102 ประจำปี 2559 คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- Aekplakorn, W., Sangthong, R., Kessomboon, P., Putwatana, P., Inthawong, R., Taneepanichskul, S., Sritara, P., Sangwatanaroj, S. & Chariyalertsak, S. (2012). National Health Examination Survey IV study group. Changes in prevalence, awareness, treatment and control of hypertension in Thai population, 2004-2009: Thai National Health Examination Survey III-IV. *Journal of Hypertension*, 30(9), 1734-1742. doi: 10.1097/HJH.0b013e3283568158
- Aubourg, S. P., Torres, J. A., Saraiva, J. A., Guerra-Rodríguez, E. & Vazquez, M. (2013). Effect of high-pressure treatments applied before freezing and frozen storage on the functional and sensory properties of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *LWT-Food Science and Technology*, 53(1), 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.028>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001). *Microbiological methods & Bacteriological analytical manual*. Retrieved September 11, 2016, from <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm>
- Benjakul, S., Seymour, T. A., Morrissey, M. T. & An, H. 1997. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. *Journal of Food Science*. 62, 729-733.
- Benjarajoenwong, T. (2007). *Consumer buying behavior towards purchasing steamed mackerel in Mueang district, Chiang Mai Province* (Master Thesis) Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Buege, J. A. & Aust, S. D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, 52, 302-310. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(78)52032-6)
- Cook, N. R., Cutler, J. A., Obarzanek, E., Buring, J. E., Rexrode, K. M., Kumanyika, S. K., Appel, L. J. & Whelton, P. K. (2007). Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP). *British Medical Journal*, 334 (7599), 885-888. doi: 10.1136/bmj.39147.604896.55
- Department of Medical Health. (2017). *Guidelines for the Assessment of Microbiological Quality of Foods and Containers, Issue 3*. Retrieved August 14, 2016, from <http://dmsc-library.moph.go.th/ebooks/files/micro-ISBN60.pdf>
- Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for meat industry. *Meat Science*, 74(1), 188-196. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>

- Erkan, N., Tosun, S.Y., Safak, U. & Uretener, G. (2011). The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) during storage in ice. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 6(1), 39-48. doi: 10.1007/s00003-010-0587-x
- Fuongfuchat, A., Chinsirikul, W., Kerddonfag, N., Trongsatitkul, T., Phiboonkulsumrit, S., Chaiwong, S. & Chonhenchob, V. (2006). The Utilization of Simple Mathematical Model in Developing Equilibrium Modified Atmosphere inside The package of Fresh Produce *Agricultural Science Journal*, 37(5) (Supplement), 62-65.
- Gram, L. & Huss, H. H. (1996). Microbiology of fish and fish product. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 121-137. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01134-8](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8)
- He, F. J. & MacGregor, G. A. (2009). A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programs. *Journal of Human Hypertension*, 23, 363-384. doi: 10.1038/jhh.2008.144
- Kriangsinyot, W. (2012). *Reduced Sodium Extended Life* (1 st ed.). *The War Veterans Organization of Thailand under Royal Patronage of His Majesty the King: Bangkok*. Retrieved August 14, 2016, from http://tnfc.fda.moph.go.th/file/fileDoc/2015-04-29_6645.pdf
- Mailgaard, M. L., Civille, G. V. & Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3 rd ed.). New York: CRC Press.
- Masniyom, P. (2011). Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(2), 181-192.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C. & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization using Designed Experiments*. New York: Wiley.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2016). *Food Consumption Data of Thailand*. Retrieved August 14, 2016, from http://www.acfs.go.th/document/download_document/FCDT.pdf
- Nutrition Division, Department of Health. (1990). Amino Acids Content of Thai Foods. Retrieved August 14, 2016, from <http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/design2016.pdf>
- Nutrition Division, Department of Health. (2001). Nutritive Values of Thai Foods. Retrieved August 14, 2016, from http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files/nutritive_values_of_thai_foods.pdf.
- Ploegaerts, G., Desmet, C. & Van Krieken, M. (2016). Assay of sodium in food: Comparison of different preparation methods and assay techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 45, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.09.017>

- Rao, D. N. & Sachindra, N. M. (2002). Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products. *Food Reviews International*, 18, 263-293. <https://doi.org/10.1081/FRI-120016206>
- Robertson, G. L. (2012). *Food Packaging: Principles and Practices* (3rd ed). New York: CRC Press.
- Ruusunen, M. & Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70(3), 531-541. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.07.016
- Sun, X. D. (2009). Utilization of restructuring technology in the production of meat products: A review. *CyTA-Journal of Food*, 7(2), 153-162. <https://doi.org/10.1080/19476330903010193>
- Teerapornkittkul, T., Wongsangasri, P. & Thumthanaruk, B. (2017). *Effect of packaging on quality of boiled mackerel*. pp 349-355. In Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2017): Green Convergence on Chemical Frontiers. Session: Sustainable Food and Agricultural Chemistry, 2-3 February 2017, Centra Government Complex Hotel & Convention Centre, Bangkok, Thailand.
- Tone, M. R. & Maria, B. H. (2016). High pressure processing extend the shelf life of fresh salmon, cod and mackerel. *Food Control*, 70, 242-248. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.05.045
- World Health Organization. (2012a). *Guideline: Sodium Intake for Adults and Children*. Retrieved August 14, 2016, from http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf
- World Health Organization. (2012b). *Guideline: Potassium Intake for Adults and Children*. Retrieved August 14, 2016, from http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium_intake/en/