ผลของเวลาการให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

Effect of heating time on physical properties of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouch

พฤกษา สวาทสุข[1*]

Prueksa Sawardsuk[1*]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสนาน 30, 40 และ 50 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 7.7, 8.8 และ 12.1 นาที ตามลำดับ ปลาทูต้มเค็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อนานตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป สามารถทำให้ก้างปลานิ่มได้เช่นเดียวกับการผลิตแบบดั้งเดิมซึ่งต้องต้มเคี่ยวนานถึง 7 ชั่วโมง ระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่นานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ค่า L* ของเนื้อปลาทูมีค่าลดลงและค่า a* ของเนื้อปลาและน้ำต้มเค็มมีค่าสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้นทำให้เนื้อปลามีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ระหว่างการให้ความร้อน 30, 40 และ 50 นาที ความแข็งที่สูงขึ้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้องตรวจไม่พบค่าจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ในทุกระดับเวลาฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสทุกระดับการทดลองได้รับการยอมรับความชอบทุกด้านจากผู้ทดสอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากวิธีดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: การฆ่าเชื้อ, รีทอร์ทเพาซ์, ปลาทู, ปลาทูต้มเค็ม

ABSTRACT: The research aimed to study changes in physical properties of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouches that were sterilized at 121°C for 30 , 40 and 50 minutes. F_0 value of the products were 7.7, 8.8 and 12.1, respectively. The sterile boiled mackerel with salt for 30 minutes could soften the bone, as same as traditional process. Sterilization longer period resulting in color of fish meat, L* value of fish meat decreased whereas a* increased. Longer sterilization period increased a* value of soup. Heating time effected on texture of fish meat, longer period increased hardness of fish meat but not statistical differences ($P > 0.05$). After stored products for 30 days, the total plate count of products were not found. All levels of heating time of sterilized products at 121°C shown higher overall acceptability than traditional product and statistical differences ($P < 0.05$).

Keywords: sterilization, retort pouch, mackerel, stewed mackerel in salty soup

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi Pathumthani 12110

* Corresponding author: prueksa_s@rmutt.ac.th

บทนำ

ปลาทูเป็นสัตว์น้ำที่เกิดและอาศัยอยู่ในทะเลไทยเป็นจำนวนมาก สารอาหารในเนื้อปลาทูประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส วิตามินบี1 วิตามินบี2 ไนอะซิน เหล็ก และแคลเซียม เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2544) เนื้อปลามีลักษณะอ่อนนิ่ม เคี้ยวง่ายจึงทำให้ย่อยง่าย ปลาทูต้มเค็มเป็นอาหารไทยโบราณซึ่งในปัจจุบันค่อนข้างหารับประทานได้ยาก เนื่องจากขั้นตอนการปรุงที่ต้องใช้เวลานาน ต้องทำการต้มเคี่ยวจนกระทั่งน้ำปรุงซึมเข้าเนื้อปลาเพื่อให้ได้รสชาติและก้างนิ่ม ดังนั้นปลาทูต้มเค็มนอกจากจะเป็นอาหารที่ให้โปรตีนแล้วยังคงให้แคลเซียมสูงกว่าการรับประทานปลาทูด้วยการปรุงสุกตามปกติ เนื่องจากสามารถรับประทานได้ทั้งก้าง โดยปกติร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์แคลเซียมขึ้นได้เองต้องได้รับจากการรับประทานอาหารเข้าไปเท่านั้น ในวัยผู้ใหญ่ร่างกายต้องการแคลเซียมวันละ 800 - 1000 มิลลิกรัม/วัน (สำนักโภชนาการ, 2546) โดยนมและผลิตภัณฑ์จากนมเป็นแหล่งอาหารที่มีแคลเซียมสูงโดยนมสดมีปริมาณแคลเซียมอยู่ประมาณ 122 - 146 มิลลิกรัม/100 กรัม (สำนักโภชนาการ, 2544) แต่ไม่ใช่ทุกคนที่จะสามารถบริโภคนมได้จึงอาจรับแคลเซียมจากแหล่งอาหารอื่นที่มีแคลเซียมมาก เช่น ปลาตัวเล็กหรือปลากระป๋องที่รับประทานได้ทั้งก้าง จากข้อมูลทางโภชนาการของปลาทูพบว่ามีแคลเซียม 163 มิลลิกรัม/100 กรัม (สำนักโภชนาการ, 2544) ปลาทูต้มเค็มจึงเป็นอาหารที่สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่มีแคลเซียมในปริมาณมากได้ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใหญ่และผู้สูงอายุไม่นิยมรับประทานนม อาจทำให้บุคคลในกลุ่มนี้ได้รับปริมาณแคลเซียมที่ไม่เพียงพอ

บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เริ่มเข้ามาแทนที่กระป๋องเนื่องจากสามารถทนกระบวนการฆ่าเชื้อและความดันสูงได้เช่นเดียวกับกระป๋องแต่มีน้ำหนักเบากว่า ปัจจุบันจึงพบอาหารพร้อมรับประทานในรีทอร์ทเพาช์หลากหลายรูปแบบมากขึ้นซึ่ง เช่น พาสต้า ปลาทูน่า ข้าว อาหารสัตว์ แกง สตูว์เนื้อและผัก อาหารทะเลสุก และซอสต่างๆ โดยในปี 1975 - 1977 กระทรวงเกษตร (USDA) และคณะกรรมการอาหารและยาของอเมริกา (FDA) ได้ทำการตรวจสอบจนเป็นที่แน่ใจแล้วว่ารีทอร์ทเพาช์ไม่เป็นอันตรายต่ออาหาร แม้จะผ่านการแปรรูปที่ใช้อุณหภูมิสูงในระดับปราศจากเชื้อ (sterilization) (สมศักดิ์, 2535) ค่า F_0 หมายถึง เวลาของการฆ่าเชื้อที่เทียบเท่า ณ อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ ของกระบวนการฆ่าเชื้อที่เกิดขึ้น ณ อุณหภูมิอื่นๆ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 335 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทกำหนดให้ค่า F_0 ที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารที่เป็นกรดต่ำจะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 3 นาที เพื่อให้เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์จากปลาควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 5 - 20 นาที (Frott and Lewis, 1994) สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์โดยทั่วไปมีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 5 - 10 นาที(Vazhiyil, 2005) จากการศึกษาพบว่ามีอาหารไทยหลายชนิดที่ใช้กระบวนการฆ่าเชื้อเพื่อยืดอายุการเก็บอาหาร เช่น ห่อหมกพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (flexible packaging) ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ค่า F_0 เท่ากับ 8.71 นาที สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้นานอย่างน้อย 6 สัปดาห์ (ดนุพล, 2549) น้ำข้าวยำบรรจุรีทอร์ทเพาช์ทำการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 8 สัปดาห์ (วรพร, 2554) Herman (2012) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แกงเผ็ดไก่ในรีทอร์ทเพาช์ และพบว่าที่ค่า F_0 เท่ากับ 10 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยปริมาณ C. botulinum > 10^{-9} cfu/g ในปัจจุบันจะพบเห็นผลิตภัณฑ์อาหารไทยพร้อมรับประทานในรีทอร์ทเพาช์ในท้องตลาดมากขึ้นและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนากระบวนการผลิตปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนากระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานความปลอดภัยหรือเพิ่มความหลากหลายของอาหารไทยพร้อมบริโภค

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างปลาทูต้มเค็ม

ปลาทูสดขนาดโดยเฉลี่ย 100 - 120 กรัม/ตัว นำมาล้างทำความสะอาดควักเหงือกและไส้ออกและตัดแบ่งครึ่งตามแนวขวางกลางลำตัว การเตรียมน้ำต้มเค็มซึ่งมีส่วนผสม คือ กระเทียม 50 กรัม พริกไทยเม็ด 10 กรัม รากผักชี 25 กรัม ขิงแก่ 25 กรัม น้ำตาล 60 กรัม น้ำปลา 75 กรัม น้ำมะขามเปียก 60 กรัม ซีอิ๊วดำ 50 กรัม เกลือป่น 25 กรัม และน้ำสะอาด 1,000 กรัม โดยตำกระเทียม พริกไทย รากผักชีจึงปรุงรสด้วยเครื่องปรุงเติมน้ำและต้มกับขิงแก่ได้เป็นน้ำต้มเค็ม จากนั้นจึงนำปลาทูสดประมาณ 500 กรัม ต้มในน้ำต้มเค็มเดือดจนสุกและให้เดือดอีกครั้ง แยกส่วนเนื้อปลาออกจากน้ำต้มเค็มเพื่อเตรียมบรรจุในรีทอร์ทเพาช์ สำหรับตัวอย่างควบคุมมีการเตรียมปลาทูต้มเค็มด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม (Traditional) ใช้เปรียบเทียบคุณลักษณะทางด้านกายภาพ โดยใช้สูตรการผลิตเดียวกันและนำไปต้มเคี่ยวด้วยไฟอ่อนบนเตาแก๊สเป็นเวลา 7 ชั่วโมง

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการฆ่าเชื้อเพื่อหาค่า F_0

รีทอร์ทเพาช์แบบถุงตั้ง (Stand-up pouch) ขนาด 10 x 16 เซนติเมตร (บริษัท ปทุมเฟล็กซ์ แพ็คเกจจิ้ง จำกัด) บรรจุเนื้อปลาทูทั้งส่วนครึ่งหัวและครึ่งหางอย่างละ 1 ชิ้น มีน้ำหนักเนื้อรวมประมาณ 100 กรัม เติมน้ำต้มเค็มจนได้น้ำหนักรวม 250 กรัม ทำการไล่อากาศและปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน สำหรับตัวอย่างที่ใช้หาค่า F_0 ทำการเจาะรูที่ 1/3 ของความสูงจากก้นถุงรีทอร์ทเพาช์เพื่อใส่สายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type T) ปลายสายวัดอุณหภูมิด้านในถุงเจาะทะลุเนื้อปลาส่วนท่อนหางบริเวณกลางลำตัวซึ่งเป็นส่วนที่หนาที่สุด จากนั้นเติมน้ำต้มเค็มแล้วทำการไล่อากาศและปิดผนึก

การฆ่าเชื้อ

เนื่องจากลักษณะสำคัญของปลาต้มเค็ม คือ ก้างต้องนิ่มทำให้ปลาสามารถทานได้ทั้งตัว ในการศึกษาขั้นต้นพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เริ่มทำให้ก้างปลาทูนิ่ม ดังนั้นจึงศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ที่ 3 ระดับเวลา คือ 30 , 40 และ 50 นาที โดยนำรีทอร์ทเพาช์ที่เสียบสายวัดอุณหภูมิวางที่ตำแหน่งตรงกลางของรีทอร์ทแรงดันสูงแบบ Water spray retort (National direct network Co., Ltd, Thailand) ส่วนถุงอื่นๆจะถูกวางในชั้นกลางเช่นเดียวกัน นำสายวัดอุณหภูมิต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสบันทึกอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์และรีทอร์ททุกๆ 2 นาที ตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการ หาค่า F_0 ของแต่ละช่วงเวลาการฆ่าเชื้อ โดยวิธี Patashnik's method (Shri et al., 2000) คำนวณค่า Lethal rate ของแต่ละช่วงเวลา ตามสมการ (1) และคำนวณค่า Lethal rate สะสม (Running total) เพื่อนำมาใช้คำนวณหาค่า F_0 ตามสมการ (2) ทำการทดลองฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 30, 40 และ 50 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดผลิตภัณฑ์จะถูกลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วด้วยการสเปรย์น้ำและควบคุมแรงดันภายในรีทอร์ทเพื่อป้องกันรีทอร์ทเพาช์ฉีกขาด โดยผลิตภัณฑ์จะถูกลดอุณหภูมิลงภายในรีทอร์ทจนถึง 40 องศาเซลเซียส จึงนำออกจากรีทอร์ทเพื่อนำไปวัดคุณลักษณะอื่นต่อไป

$$L = 10^{[(T-250)/18]} \quad (1)$$

$$F_0 = (\textit{Previous running total} + \frac{\textit{Current lethal rate}}{2}) \times \textit{Time interval} \text{ (2 minutes)} \quad (2)$$

โดยที่ L คือ Lethal rate เวลาเทียบเท่าของประสิทธิผลการฆ่าเชื้อ ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง กับอุณหภูมิอ้างอิง (250 องศาฟาเรนไฮต์)

Previous running total คือ lethal rate สะสมของช่วงเวลาก่อนหน้า

T คือ อุณหภูมิของเนื้อปลาที่เวลาใดๆ (องศาฟาเรนไฮต์)

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

วัดค่าสีของเนื้อปลาและน้ำต้มเค็มด้วย Colorimeter รุ่น Minolta CR-10 (Konica Minolta sensing, Inc., Japan) ในหน่วย L*a*b* โดย L*หมายถึง ค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 (สว่างน้อยหรือมืด) จนถึง 100 (สว่างมากหรือขาว) a* หมายถึงค่าความเป็นสีแดง (+) และค่าความเป็นสีเขียว (-) b*หมายถึงค่าความเป็นสีเหลือง (+) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-) รวมทั้งพิจารณาค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE) ตามสมการ (3) โดยเปรียบเทียบกับสีของปลาทูต้มเค็มที่ผลิตด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม การวัดค่าสีส่วนของเนื้อปลาใช้ส่วนท่อนหาง แกะก้างกลางออก และวัดสีของเนื้อปลาด้านในเพื่อพิจารณาการดูดซึมสีน้ำต้มเค็มในเนื้อปลา ส่วนน้ำต้มเค็มถูกกรองด้วยกระดาษกรองแยกเนื้อปลาขนาดเล็กออกก่อน นำน้ำที่กรองแล้วมาวัดค่าสี

$$\Delta E=(L^*_{ref}- L^*)^2+(a^*_{ref}- a^*)^2+(b^*_{ref}- b^*)^2 \quad (3)$$

โดยที่ L^*_{ref}, a^*_{ref} และ b^*_{ref} คือ ค่าความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองของปลาทูต้มเค็มด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม

L*, a* และ b* คือ ค่าความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์เพาซ์

การวัดค่าความแข็งของเนื้อปลา ทำโดยนำเนื้อปลาส่วนท่อนหางทั้งชิ้นมาวัดความแข็งด้านหนังปลา (skin side) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (TA.XT plus Texture Analyser, Stable Micro Systems Ltd., UK) ใช้หัวกดแบบทรงกลมขนาด 5 มิลลิเมตร (Spherical probe) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตร/วินาที ระยะกด 10 มิลลิเมตร

การทดสอบทางจุลชีววิทยา

ผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในรีทอร์ทเพาซ์จะถูกนำตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ด้วยแผ่นอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปแบบแห้ง (Compact dry TC, Nissui pharmaceutical Co., Ltd, Japan) ทันทีหลังจากการผ่านการฆ่าเชื้อและทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดอีกครั้งหลังจากถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 วัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับปลาทูต้มเค็มที่ผลิตด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม โดยการให้คะแนนความชอบแบบ 9 - point Hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด (ไพโรจน์, 2545) ในคุณสมบัติด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบทั้งหมดจำนวน 20 คน เป็นผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนมาก่อน สุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวกหรือเจตนาสุ่ม (ไพโรจน์, 2545) ตัวอย่างปลาทูต้มเค็มที่ผลิตแบบดั้งเดิมถูกจัดให้ผู้ทดสอบชิมพร้อมกับตัวอย่างปลาทูต้มเค็มในรีทอร์ทเพาซ์ในคราวเดียวกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ปลาทูต้มเค็มในรีทอร์ทเพาซ์จำนวน 5 ถุง นำมาฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสนาน 30 นาทีเมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำออกจากรีทอร์ท จากนั้นนำอีก 5 ถุง เข้ารีทอร์ทฆ่าเชื้อนาน 40 นาที และนำอีก 5 ถุงเข้ารีทอร์ทฆ่าเชื้อนาน 50 นาที โดยทำการทดลองดังกล่าว 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS Version 19 ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ เมื่อพบความแตกต่างโดยรวมที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New's Multiple Range Test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อและค่า F_0

ปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ถูกฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30, 40 และ50

นาที มีระยะเวลาการให้ความร้อนตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนอุณหภูมิขึ้นถึง 121 องศาเซลเซียสมีค่า 44 , 34 และ 52 นาทีตามลำดับ (**Figure 1**) ระยะเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้สูงถึง 121 องศาเซลเซียสในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน เนื่องจากเครื่องฆ่าเชื้อใช้น้ำจากระบบประปาและถูกต้มในห้องฆ่าเชื้อเพื่อให้เกิดไอน้ำอุณหภูมิของน้ำประปาที่เข้าระบบจึงส่งผลต่อระยะเวลาเพิ่มอุณหภูมิของรีทอร์ทระยะเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (121 องศาเซลเซียส) จนสิ้นสุดกระบวนการเท่ากับ 60, 54 และ 80 นาทีตามลำดับ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิของชิ้นปลาต่ำกว่าอุณหภูมิของรีทอร์ทประมาณ 6 องศาเซลเซียส ที่เวลาฆ่าเชื้อ 30, 40 และ 50 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 7.7, 8.8 และ 12.1 นาทีตามลำดับ (**Figure 1**) ค่า F_0 ที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดให้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทและมีความเป็นกรดต่ำต้องผ่านการฆ่าเชื้อที่ค่า F_0 ไม่ต่ำกว่า 3 นาที นอกจากนี้ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์นี้อยู่ในช่วงของค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์จากปลาควรมีค่าอยู่ระหว่าง 5 - 20 นาที(Frott and Lewis, 1994) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น เช่น Traditional Kerala style fish curry มีค่า F_0 เท่ากับ 6.56 และ 8.43 นาที (Gopal et al., 2001) Seer fish curry ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์มีค่า F_0 เท่ากับ 11.5 นาที ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 24 เดือน (Ravishankar et al., 2002) กระบวนการผลิตปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ทั้ง 3 ระดับเวลาก็มีค่า F_0 อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

เวลาในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นทำให้เนื้อปลาทูและน้ำต้มเค็มมีสีเข้มขึ้น และมีสีเข้มกว่ากับปลาทูต้มเค็มที่ผลิตด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม ค่าความสว่าง (L*) ทั้งส่วนเนื้อปลาและน้ำต้มเค็มลดลงตามเวลาฆ่าเชื้อที่เพิ่มมากขึ้น ที่เวลาการฆ่าเชื้อ 50 นาทีค่าความสว่างของเนื้อปลาและค่าความเป็นสีแดง (a*) มีความแตกต่างจากที่ระดับเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากในน้ำต้มเค็มมีส่วนผสมของน้ำตาลซึ่งเมื่อได้รับความร้อนในเวลาที่นานขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล สีจึงมีความเข้มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Bindu et al. (2007) ที่แสดงความเห็นว่าค่าสีของเนื้อหอย (black clam) พร้อมรับประทานที่ฆ่าเชื้อในรีทอร์ทเพาช์มีค่าลดลงหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน ส่วนของเนื้อปลาทูในระหว่างการให้ความร้อนเนื้อปลามีการดูดซึมน้ำต้มเค็มเข้าไปในชิ้นเนื้อเมื่อน้ำต้มเค็มมีสีเข้มขึ้นจึงทำให้เนื้อมีสีเข้มขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มที่ทำด้วยวิธีการดั้งเดิมกับการผลิตในรีทอร์ทเพาช์ที่ระดับเวลาการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับโดยพิจารณาค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE) ปลาทูต้มเค็มในรีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 50 นาที มีค่า ΔE สูงสุด เมื่อพิจารณาด้วยสายตาสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 50 นาทีมีความเข้มแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยวิธีแบบดั้งเดิมอย่างชัดเจน แต่สีที่แตกต่างกันนี้ไม่ได้ส่งผลต่อคะแนนความชอบต่อสีของผู้บริโภค

เนื้อสัมผัสของเนื้อปลาทูต้มเค็มพิจารณาจากค่าความแข็งของเนื้อส่วนท่อนหาง เนื้อปลาทูต้มเค็มก่อนการฆ่าเชื้อวัดค่าความแข็งได้เท่ากับ 155.5 gram force (gf) ปลาทูต้มเค็มที่ผลิตแบบดั้งเดิมมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 156.53 gf เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสที่เวลา 30 และ 50 นาที มีค่าความแข็งของเนื้อปลาสูงกว่าค่าความแข็งที่เวลาฆ่าเชื้อ 40 นาที อาจเกิดจากระยะเวลาในการได้รับความร้อนตลอดทั้งกระบวนการของการฆ่าเชื้อที่ 30 และ 50 นาที (104 และ 132 นาที) นั้นใช้เวลานานกว่าการฆ่าเชื้อที่ 40 นาที (88 นาที) ทำให้เนื้อปลาได้รับความร้อนสูงเป็นเวลานาน น้ำต้มเค็มซึ่งซึ่งมีส่วนผสมของน้ำตาลถูกดูดซึมเข้าเนื้อปลามากขึ้นอาจส่งผลให้เนื้อสัมผัสแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสปลาทูต้มเค็มที่ผลิตด้วยวิธีการดั้งเดิมพบว่าการผลิตปลาทูต้มเค็มในรีทอร์ทเพาช์ทุกระดับเวลาและผลิตโดยวิธีดั้งเดิมไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ผลทดสอบทางด้านจุลชีววิทยา

ผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับเวลาถูกนำไปทดสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดภายหลังการฆ่าเชื้อเสร็จสิ้นและหลังจากการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน ผลปรากฏว่าไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์บนแผ่นอาหารเลี้ยงเชื้อ ทุกค่าระดับ F_0 ที่ทำการทดลอง (7.7, 8.8 และ 12.1 นาที) ซึ่งผลการทดสอบทางจุลินทรีย์ที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (2556) อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่มีความเป็นกรดต่ำ ซึ่งต้องไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์เมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิปกติ

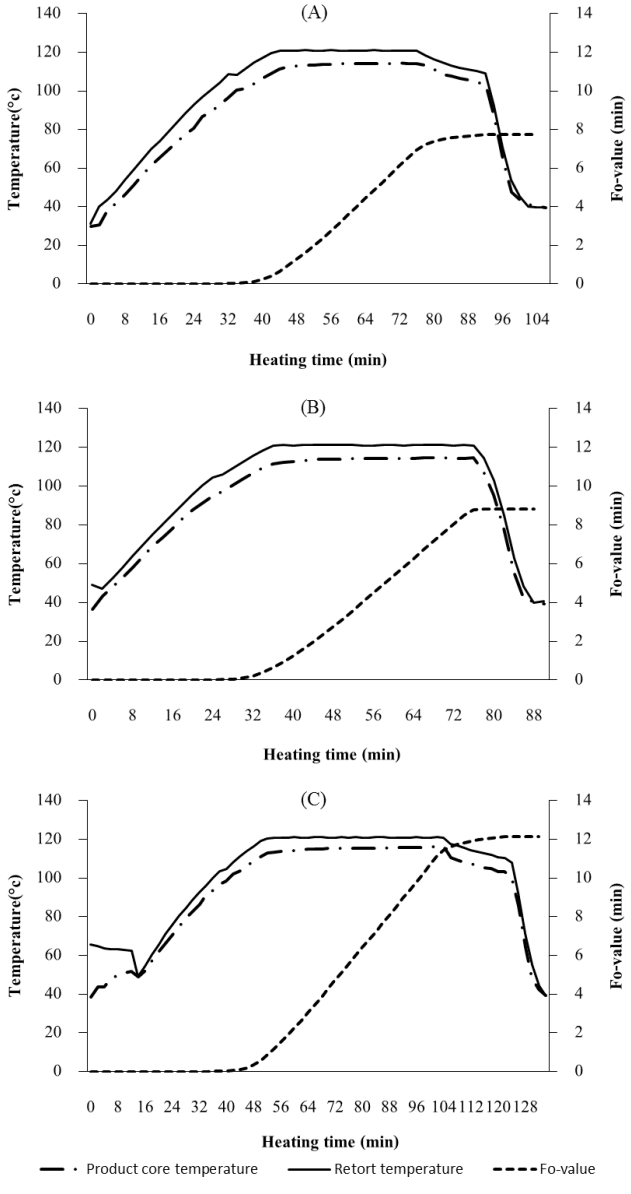

Figure 1 Heat penetration characteristics and F_0-value of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouches and maintained sterilization time at 121°C for 30 min (A), 40 min (B) and 50 min (C).

Table 1 Physical characteristics of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouches and maintained sterilization time at 121°C for 30, 40 and 50 min.

Parameters		Process treatment			
		Traditional	30 mins	40 mins	50 mins
Meat portion	L*	16.73 ± 0.21^{b}	16.40 ± 0.22^{b}	16.03 ± 0.54^{b}	14.73 ± 0.05^{a}
	a*	2.87 ± 0.05^{d}	1.33 ± 0.12^{a}	1.77 ± 0.05^{b}	2.13 ± 0.05^{c}
	b*	7.50 ± 0.08^{ab}	8.20 ± 0.08^{bc}	8.97 ± 0.71^{c}	7.00 ± 0.14^{a}
	ΔE		1.72	1.96	2.19
Hardness(gf)		156.53 ± 24.85^{a}	202.99 ± 8.15^{a}	151.07 ± 27.67^{a}	203.27 ± 28.50^{a}
Soup portion	L*	32.47 ± 2.89^{a}	31.13 ± 6.09^{a}	30.13 ± 2.19^{a}	29.90 ± 2.82 ^{a}
	a*	6.33 ± 0.33^{a}	6.53 ± 0.88^{a}	6.47 ± 1.94^{a}	11.43 ± 0.65^{b}
	b*	14.63 ± 1.83^{a}	12.30 ± 2.56^{a}	12.47 ± 1.62^{a}	16.40 ± 1.76^{a}
	ΔE		2.69	3.19	5.98

Remark: Values followed by the same letter in the same row are not significantly different (P > 0.05)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาทูต้มเค็มทั้งแบบที่ผลิตด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมและแบบที่ผ่านการฆ่าเชื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์แสดงดังใน **Table 2** ค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ในช่วงระดับความชอบ 5 “เฉยๆ” ถึง 8 “ชอบมาก” ปลาทูต้มเค็มที่ผลิตด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมได้ระดับคะแนนความชอบที่ต่ำกว่าและแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ในรีทอร์ทเพาช์อย่างมีนัยสำคัญในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส สำหรับปลาทูต้มเค็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสที่เวลา 30 นาที, 40 นาที และ 50 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P > 0.05) เมื่อสีของน้ำต้มเค็มเข้มขึ้นและเวลาการให้ความร้อนนานขึ้นมีแนวโน้มที่ผู้ทดสอบให้ระดับความชอบด้านสีและด้านรสชาติเพิ่มขึ้น (**Table 2**) อย่างไรก็ตาม ยังไม่อาจสรุปได้แน่ชัดว่าระยะเวลาการให้ความร้อนมีผลต่อคะแนนความชอบซึ่งขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคล เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากขึ้นควรต้องทำการทดสอบกับผู้บริโภคในจำนวนมาก ปลาทูต้มเค็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 50 นาที ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุดที่ 7.7 คะแนน หมายถึงกลุ่มผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ในเกณฑ์ชอบถึงชอบมาก

Table 2 Sensory score of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouches and maintained sterilization time at 121°C for 30, 40 and 50 min.

Attribute	Process treatment			
	Traditional	30 mins	40 mins	50 mins
Color	5.60 ± 1.56^{a}	7.10 ± 1.30^{b}	6.55 ± 1.36^{b}	7.35 ± 0.96^{b}
Taste	5.60 ± 2.01^{a}	6.65 ± 1.80^{b}	6.90 ± 1.37^{b}	7.75 ± 1.18^{b}
Texture	5.20 ± 1.75^{a}	7.00 ± 1.73^{b}	7.65 ± 1.15^{b}	7.60 ± 1.16^{b}
Overall acceptability	5.50 ± 1.86^{a}	6.98 ± 1.58^{b}	7.13 ± 1.22^{b}	7.70 ± 0.84^{b}

Remark: Values followed by the same letter in the same row are not significantly different (P > 0.05)

สรุป

การผลิตปลาทูต้มเค็มสามารถผลิตด้วยการวิธีการใช้อุณหภูมิและความดันสูงเพื่อช่วยลดระยะเวลาในผลิต จากการทดลองนี้สามารถย่นระยะเวลาจากการต้มเคี่ยวลงจาก 7 ชั่วโมง เหลือเพียง 30 นาที โดยบรรจุในรีทอร์ทเพาช์ เมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ให้มีความเข้มขึ้น ปลาทูต้มเค็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ค่า F_0 เท่ากับ 7.7 นาที สามารถทำให้ก้างปลานิ่มได้เช่นเดียวกับวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 30 วัน ผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในรีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 30, 40 และ 50 นาที ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบความชอบรวมในระดับชอบมาก

เอกสารอ้างอิง

ดนุพล จิรวรรณพันธุ์. 2549. ห่อหมกปลาช่อนพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คหกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) พ.ศ.2556 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) พิมพ์ครั้งที่1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

วรพร คำแป้น. 2554. การผลิตน้ำข้าวยำสเตอริไลส์บรรจุรีทอร์ตเพาช์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ศิลปศาสตร์บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. แหล่งข้อมูล: http://goo.gl/Pb2bKQ. ค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2557.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. 2546. งานพัฒนา RDA ของไทย พ.ศ.2546. แหล่งข้อมูล: http://goo.gl/MLEWJ. ค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2557.

สมศักดิ์ ชาญเกียรติก้อง. 2535. อาหารไม่บรรจุกระป๋อง. อุตสาหกรรมสาร. 3: 33-41.

Bindu J., Ravishankar, C. N., and Gopal, T. K. S. 2007. Shelf-life evaluation of ready-to-eat black clam (Villorita cyprinoides) product in indigenous retort pouch. J. Food Eng. 78: 995-1000.

Frott, R., and Lewis, and A.S. 1994. In R. Frott and A.S. Lewis (Eds.). Canning of meat and fish products. Chapman and hall.

Gopal, T. K. S., Vijayan, P. K., Balachandran, K. K., Madhavan, P., and Iyer, T. S. G. 2001. Traditional Kerala style fish curry in indigenous retort pouch. Food Control. 12: 523-527.

Herman, D. 2012. Development of thermal process for Gaeng Phed Gai in retort pouches. Available: http://stud.epsilon.slu.se. Accessed Apr. 30, 2014

Ravishanker, C. N., Gopal, T. K. S. and Vijayan, P. K. 2002. Studies on heat processing and storage of Seer fish curry in retort pouches. Packaging Technology and Science. 15: 3-7.

Shri K. S., Steven J. M., and Syed S. H. Rizvi. 2000. Food process engineering: theory and laboratory experiments. John Wiley & Sons, US.

Vazhiyil V. 2005. Seafood processing: adding value through quick freezing, retortable packaging, cook-chilling, and other method, CRC Press.