

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนด
ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์
DEVELOPMENT OF SWEET BOILED MACKEREL
IN SUGAR PALM SOUP IN RETORT POUCH

สุภัทรา กล่ำสกุล^{1*} บัญญัติ ศิริธนาวงศ์¹ และบัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ²
Supatra Klamsakul^{1*}, Bunyat Siritanawong¹, and Bundidpong Sriaumnouy²

¹ Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

² Research Institute and Promote arts and Culture, Phetchaburi Rajabhat University

*corresponding author e-mail: sklamsakul@hotmail.com

(Received: 7 November 2018; Revised: 7 March 2019; Accepted: 26 March 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาทุ้มหวานโดยการใช้น้ำตาลโตนดที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ทดแทนและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์โดยการศึกษาศาสตร์ กระบวนการผลิตปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยนำสูตรมาตรฐานปลาทุ้มหวานที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดมาจำนวน 1 สูตรและนำมาทดแทนด้วยน้ำตาลโตนดสดต่อน้ำในน้ำปรุงในสูตรที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 พบว่าสูตรที่ทดแทนด้วยน้ำตาลโตนดสด ร้อยละ 25 : น้ำ ร้อยละ 75 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในช่วงคะแนน 7.40-8.18 คะแนน และนำสูตรปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ มาผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 30, 45 และ 60 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 4.46, 17.25 และ 29.55 นาที ตามลำดับ ปลาทุ้มหวานที่ผ่านการฆ่าเชื้อนาน 45 นาที ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด โดยให้คะแนน คุณลักษณะปรากฏ สีของน้ำปรุง สีของเนื้อปลา กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของปลา และความชอบโดยรวมสูงที่สุด อยู่ในช่วงคะแนน 6.66-8.26 คะแนน และพบว่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่นานขึ้นส่งผลให้น้ำต้มหวานมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ค่า L^* ของเนื้อปลา และน้ำต้มหวานค่าลดลง และค่า a^* ของเนื้อปลาและน้ำต้มหวานมีค่าสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อเวลาการให้ความร้อนที่สูงขึ้นมีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อปลาที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และทุกเวลาการฆ่าเชื้อตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด คลอสทริเดียม โบทูลินัม จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงและแพลตฟอร์มเทอร์โมไฟล์

คำสำคัญ: ปลาทุ้มหวาน รีทอร์ทเพาซ์ น้ำตาลโตนด

Abstract

This research aimed to develop sweet-boiled mackerel product by using locally available palm sugar to replace and add value to the product by studying the recipes and process of sweet-boiled mackerel in sugar palm juice in retort pouch by replacing the most like standard recipes with fresh sugar palm juice to water into the

sweetened mackerel soup at 0, 25, 50 and 75%. The results showed that the panelists preferred the replacement with 25% sugar palm juice: 75% water, with the highest like in all characteristics and liking score was in the range of 7.40-8.18. Sterilization at 121 °C for 30, 45 and 60 minutes had F_0 values of 4.46, 17.25 and 29.55 minutes, respectively. The 45-minute sterilized sweet mackerel had the highest liking scores, by scoring in every characteristics at 6.66-8.26. As longer sterilization resulted in a darker brown color and a^* value of mackerel and sweetened boiled soup were higher, but the L^* value of both mackerel meat and sweetened boiled soup decreased. It was found that the longer heating increased the hardness of the mackerel meat but there was statistically significant difference ($p \leq 0.05$). All the sterilization condition showed no total microorganism (Aerobic plate count), *Clostridium botulinum*, highly heat-resistant microorganisms (Thermophile anaerobe) and Flat sour thermophiles.

Keywords: mackerel, sweet boiled mackerel, retort pouch, sugar palm

บทนำ

ปลาหูเป็นผลผลิตทางการประมงชนิดที่สำคัญของจังหวัดเพชรบุรี เพชรบุรีเป็นแหล่งจับปลาหูที่สำคัญของอ่าวไทยตอนบน (เขต 2) ซึ่งมีปริมาณการจับปลาหู ร้อยละ 38 ซึ่งได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม จากการสำรวจพบว่าปริมาณการจับปลาหูจะมีปริมาณรองจาก เขต 3 อ่าวไทยซึ่งมีปริมาณการจับร้อยละ 47 (Mekhsamphan, 1998) ปลาหูเป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เป็นทรัพยากรที่ได้จากการจับจากธรรมชาติทั้งหมด ปลาหูเป็นหนึ่งในอาหารที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เพราะมีรสชาติถูกปาก ทั้งในรูปปลาหูสด ปลาหูแห้ง และปลาหูที่ผ่านการแปรรูป สารอาหารในเนื้อปลาหู ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน เหล็ก และแคลเซียม เป็นต้น (Bureau of Nutrition, 2001) เนื้อปลามีลักษณะอ่อนนุ่ม เคี้ยวง่าย จึงทำให้ย่อยง่าย ในเนื้อปลาหู 100 กรัม ให้พลังงาน 140 แคลอรี โปรตีน 20 กรัม และไขมัน 6.7 กรัม แร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกายอีกหลายชนิด เช่น แคลเซียม 170 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 60 มิลลิกรัม และเหล็ก 11.9 มิลลิกรัม (Bureau of Nutrition, 2007)

รีทอร์ตเพาซ์ เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (flexible packaging) ประกอบด้วยวัสดุ เช่น พลาสติก อลูมิเนียม และวัสดุเชื่อมประสานตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ใช้สำหรับบรรจุอาหาร ทนต่อความร้อนและความดันที่ใช้ในการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋องและขวดแก้ว สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานตั้งแต่ 6 เดือน ถึง 2 ปี มีน้ำหนักเบากว่า สะดวกในการใช้งาน นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการฆ่าเชื้อจึงรักษาคุณภาพอาหารและคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่า (Lowitoo, 2004) จากการรายงานของ Chia et al. (1983) พบว่าเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ปลา Rainbow trout ปลา Pollock และกุ้งบรรจุรีทอร์ตเพาซ์สั้นกว่าผลิตภัณฑ์กระป๋องร้อยละ 34, 32 และ 37 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์บรรจุรีทอร์ตเพาซ์สามารถเก็บรักษาวิตามินบี 1 ไว้ได้สูงกว่า มีคุณภาพเนื้อสัมผัสและสีดีกว่า และได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง

ตาลโตนดเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดเพชรบุรีและปัจจุบันได้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากตาลโตนดและที่มีการจำหน่ายในท้องตลาด เช่น น้ำตาลสด ลูกตาลลอยแก้ว ลูกตาลเชื่อม น้ำตาลโตนดปึก

อื่น ๆ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด และปลาทุที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีมากในท้องถิ่น ด้วยการนำมาเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และยืดอายุการเก็บรักษา โดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่พร้อมบริโภค ด้วยการนำมาแปรรูปเป็นปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งปลาทุต้มหวานที่มีขายในปัจจุบันจะใช้น้ำตาลจากมะพร้าวในการผลิต และเก็บรักษาได้ไม่นาน เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงต้องการที่จะศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำตาลโตนดที่ผู้บริโภคยอมรับในสูตรปลาทุต้มหวาน และระยะเวลาการฆ่าเชื้อของปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้ ในสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ เพื่อที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและนำไปสู่แนวทางการจัดการการผลิตในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลโตนดในระดับต่าง ๆ ของน้ำต้มหวาน

ปลาทุสด 1 กิโลกรัม ประมาณ 12-13 ตัว นำมาตัดหัวและหาง ควักไส้ ล้าง ให้สะอาด น้ำซึ่งมีน้ำหนักเหลือ 40-45 กรัม นำมาต้มกับน้ำเกลือร้อยละ 3 เวลา 30 นาที ทำให้สะอาดและนำมาต้มกับสูตรของน้ำต้มหวาน โดยมีน้ำตาลปี๊บร้อยละ 16.9 เกลือร้อยละ 0.8 หอมแดงร้อยละ 16.9 น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 33.6 ชিংร้อยละ 16.9 ตะไคร้ร้อยละ 8.4 และพริกไทยร้อยละ 6.7 ต่อน้ำเปล่า 2,000 กรัม (ต่อปลา 1 กก.) (Isolateboy, 2014)

หมายเหตุ น้ำตาลโตนดสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส โดยทำการกรองหาสิ่งแปลกปลอมภายในน้ำตาลสด กำหนดค่าความหวานเท่ากับ 18 °Brix จากกรทดลองวัดความหวานของน้ำตาลสด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 16-18 °Brix นำน้ำตาลสดมาปรับความหวานด้วยวิธีการให้ความร้อนจนน้ำระเหยออกไปบางส่วนจนมีค่าความหวานเท่ากับ 18 °Brix (ควบคุมความหวานที่ 16-18 บริกซ์) และนำมาใช้โดยการทดแทนน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 (สูตร1-สูตร4) และนำมาเคี่ยวเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง และนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน โดยให้คะแนนความชอบแบบ 9 –point Hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด (Chamber & Wolf, 1996) การทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Steel & Torrie, 1980) โดยเลือกจากสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด จำนวน 1 สูตรมาศึกษาต่อในตอนที่ 2

2. ศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อในน้ำตาลโตนด

เมื่อได้สูตรน้ำต้มหวานจากตอนที่ 1 เตรียมตัวอย่างปลาทุและน้ำปรุง (น้ำต้มหวาน) ชั่งน้ำหนักปลาทุ 80-90 กรัม (ปลาทุ 2 ตัว) และน้ำปรุง 100 กรัม บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง (PET12/NY15/AI9/ CPP80) แบบช่องตั้งขนาด 120 x 170 x 35 มม. ปิดผนึกด้วยเครื่องซีลแบบสายพาน จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อระบบน้ำร้อนสเปรย์ Hot Water Spray Retort (Model: RCS-60SPXTG; HISAKA, Japan) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 0.2 MPa นาน 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ ระยะเวลา Come-up-time 14 นาที และระยะเวลาทำให้เย็นนาน

25 นาที ทดสอบการแทรกผ่านความร้อน โดยวัดอุณหภูมิตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางถ่วงจำนวน 3 ซ้ำ ด้วยเทอร์โมคอปเปิลชนิด Type T เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ และโปรแกรม E-Val Pro นำข้อมูลที่ได้คำนวณค่า F_0 ตามวิธีของ Ball's method (Ricardo et al., 1995) กำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวอย่าง (IT) ที่ 26 องศาเซลเซียส และนำมาศึกษาคุณภาพทางกายภาพดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที

โดยการวัดค่าคุณภาพดังนี้

2.1.1 เนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT Plus (ประเทศอังกฤษ) วัดค่าความแข็ง (Hardness) ใช้หัว (P/2N) หัวรูปทรงกระบอกปลายแหลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดตัวอย่างเป็นระยะทางร้อยละ 60 ความเร็วในการเจาะทะลุ 10 มิลลิเมตร/วินาที วัด 3 จุดต่อตัว จำนวน 3 ตัว

2.1.2 วัดค่าสีของน้ำต้มหวานและสีของเนื้อปลาทุต้ม โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter Hunter color lab) ระบบ CIE วัดค่าในรูปแบบ L^* , a^* , b^* รุ่น Color Flex (ประเทศสหรัฐอเมริกา)

หมายเหตุ: การทดสอบทางกายภาพวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Desing (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดที่ฆ่าเชื้อที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที มาทำการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ตามมาตรฐาน (BAM Online, 2012) โดยทำการวิเคราะห์ดังนี้

2.2.1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic plate count)

2.2.2) ปริมาณ *Clostridium botulinum*

2.2.3) ปริมาณ Thermophilic anaerobe

2.2.4) ปริมาณ Flat sour Thermophilic

2.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดที่ฆ่าเชื้อที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค จำนวน 50 คนที่ไม่ผ่านการฝึกฝน เสรีปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ตแพช จำนวนปลาทุต้ม 1 ตัวพร้อมกับข้าวสวยหุงสุก 1 ถ้วย โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สีของน้ำปรุง สีของเนื้อปลาทุต้ม กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของปลาทุต้มและความชอบโดยรวม โดยเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุดมา 1 สูตร (วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติเหมือนตอนที่ 1)

ผลการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลโตนดที่ผู้บริโภคยอมรับในสูตรปลาทุต้มหวาน

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลโตนดที่เติมในสูตรของน้ำต้มหวานในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 (สูตร 1 - สูตร 4) และนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด จำนวน 1 สูตร

คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาทุ้มหวานที่ทดแทนด้วยน้ำตาลโตนดที่ระดับต่าง ๆ ทั้ง 4 สูตร พบว่าผู้บริโภครู้สึกว่าคะแนนความชอบในสูตรที่ 2 (น้ำตาลโตนดสตร้อยละ 25 : น้ำร้อยละ 75) มากที่สุด เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ให้กลิ่นหอมและรสชาติที่พอดี ดังตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Sensory scores of sweet boiled mackerel soup with sugar palm substitute water

| Attributes | Sugar palm | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Formula 1 | Formula 2 | Formula 3 | Formula 4 |
| Appearance ^{ns} | 7.62 ± 1.13 | 7.64 ± 0.74 | 7.60 ± 0.84 | 7.60 ± 0.86 |
| Color of soup ^{ns} | 7.20 ± 1.21 | 7.40 ± 0.92 | 7.38 ± 0.88 | 7.24 ± 0.80 |
| Odor ^{ns} | 7.32 ± 1.41 | 7.54 ± 0.95 | 7.38 ± 0.99 | 7.38 ± 1.02 |
| Taste | 7.50 ± 1.47 ^b | 8.18 ± 0.38 ^a | 7.42 ± 0.95 ^b | 7.50 ± 1.16 ^b |
| Texture ^{ns} | 7.64 ± 0.95 | 7.69 ± 0.86 | 7.67 ± 0.86 | 7.64 ± 0.94 |
| Overall liking | 7.66 ± 1.14 ^b | 8.16 ± 0.42 ^a | 7.56 ± 0.91 ^b | 7.46 ± 1.01 ^b |

Remark * a,b Means with different letters in the same row represents the difference with significance ($p \leq 0.05$).

**^{ns} There is no statistically significant difference ($p > 0.05$).

*** Formula 1 (sugar palm juice 0 : water 100) Formula 2 (sugar palm 25 : water 75)

Formula 3 (sugar palm 50 : water 50) Formula 4 (sugar palm 75 : water 25)

2. ศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อของปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนด

เมื่อได้สูตรปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดในตอนที่ 1 ในสูตรที่ 2 นำมาศึกษาเวลาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาเท่ากับ 30, 45 และ 60 นาที และหาค่า F_0 ในทุกเวลาของการฆ่าเชื้อ

Table 2 The different time of sterilized 121 °C of sweet boiled mackerel in sugar palm soup in retort pouch

| IT(°C) | Temperature of sterilized (°C) | Time of sterilized 121°C (minute) | F_0 (minute) |
|--------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 26 | 121 | 30 | 4.46 |
| 26 | 121 | 45 | 17.25 |
| 26 | 121 | 60 | 29.55 |

จากตารางที่ 2 (Table 2) ผลการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดโดยการบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน คือ 30, 45 และ 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30, 45 และ 60 นาที ได้ค่า $F_0 = 4.46, 17.25$ และ 29.55 นาที ตามลำดับ

2.1 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ

คุณภาพทางกายภาพของปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาเท่ากับ 30, 45 และ 60 นาที มีค่าความแข็งของเนื้อปลาทุ้ม

(Hardness) 194.30, 242.84, 257.86 นิวตัน ตามลำดับ พบว่าค่าความแข็งและค่าสีของเนื้อปลาทูมี้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าสีของน้ำต้มหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 3 (Table 3)

Table 3 Physical qualities of sweet boiled mackerel in sugar palm soup sterilized 121°C in retort pouch

| Physical quality | Sterilization time (Minutes) | | |
|------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 30 | 45 | 60 |
| (Hardness) (N) | 194.30 ± 0.30 ^c | 242.84 ± 1.00 ^b | 257.86 ± 0.99 ^a |
| Color of soup | | | |
| L* ^{ns} | 25.14 ± 1.10 | 25.05 ± 0.95 | 25.02 ± 1.00 |
| a* ^{ns} | 15.66 ± 0.96 | 16.56 ± 0.98 | 16.80 ± 1.04 |
| b* ^{ns} | 10.50 ± 0.81 | 10.48 ± 0.92 | 10.43 ± 1.06 |
| Color of texture | | | |
| L* | 27.64 ± 0.04 ^a | 26.68 ± 1.00 ^{ab} | 25.34 ± 0.67 ^b |
| a* | 14.96 ± 0.03 ^c | 15.20 ± 0.20 ^b | 15.94 ± 0.04 ^a |
| b* | 9.12 ± 0.01 ^a | 9.06 ± 0.30 ^a | 8.96 ± 0.04 ^b |

Remark ^{ns} There is no statistically significant difference ($p > 0.05$).

2.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic plate count) ปริมาณคลอสตริเดียม โบทูลินัม (*Clostridium butulinum*) ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง (thermophile anaerobe) และเทอร์โมฟิลิกแฟลตซาวร์ (flat sour thermophilic) ของปลาต้มหวานในน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาเท่ากับ 30, 45 และ 60 นาที ไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จุลินทรีย์ทั้งหมด (ทั้ง 5 ชนิด) ดังตารางที่ 4 (Table 4)

Table 4 Microbiological properties of sweet boiled mackerel in sugar palm soup sterilized 121 °C in Retort Pouch

| Microbiological properties | Sterilization time (Minutes) | | |
|---------------------------------------|------------------------------|----------|----------|
| | 30 | 45 | 60 |
| Aerobic plate count (cfu/g) ที่ 35 °C | n/a | n/a | n/a |
| Aerobic plate count (cfu/g) ที่ 55 °C | n/a | n/a | n/a |
| <i>Clostridium botulinum</i> (cfu/g) | Negative | Negative | Negative |
| Thermophile anaerobe (cfu/2g) | Negative | Negative | Negative |
| Flat sour thermophilic (cfu/2g) | Negative | Negative | Negative |

2.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 5 (Table 5) พบว่าที่เวลาการฆ่าเชื้อที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที มีคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในคุณลักษณะ

ด้านลักษณะปรากฏ สีของน้ำปรุงรส สีของเนื้อปลาทุ กลิ่น และเนื้อสัมผัสของปลาทุ แต่ในด้านรสชาติและความชอบโดยรวม พบว่า สูตรที่ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 45 นาที ผู้ทดสอบให้คะแนนสูงที่สุดด้านรสชาติ เท่ากับ 7.74 และ ความชอบโดยรวม เท่ากับ 8.26 คะแนน ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ เท่ากับ 30 และ 60 นาที

Table 5 Sensory scores of different times of sweet boiled mackerel in sugar Palm soup in Retort Pouch

| Attributes | Sterilization time (Minutes) | | |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 30 | 45 | 60 |
| Appearance ^{ns} | 7.02± 1.33 | 7.16± 1.25 | 7.18 ±1.17 |
| Color of soup ^{ns} | 6.62± 1.68 | 6.66± 1.53 | 7.06± 1.16 |
| Color of texture ^{ns} | 7.10± 1.44 | 6.90± 1.72 | 7.06± 1.16 |
| Odor ^{ns} | 7.00± 1.54 | 6.84± 1.72 | 7.02± 1.40 |
| Taste | 7.02± 1.53 ^b | 7.74± 1.60 ^a | 6.54± 1.69 ^b |
| Texture ^{ns} | 6.82± 1.84 | 7.10± 1.40 | 7.00± 1.69 |
| Overall liking | 7.42± 1.42 ^b | 8.26± 1.02 ^a | 7.12± 1.34 ^b |

Remark * a, b Means with different letters in the same row represents the difference with significance ($p < 0.05$).

** ns There is no statistically significant difference ($p > 0.05$).

อภิปรายผล

การศึกษาปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดโดยทดแทนอัตราส่วนของน้ำตาลโตนดต่อน้ำที่ระดับร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 (Table 1) พบว่าผู้บริโภคชอบสูตรของปลาทุต้มหวานที่มีการใช้น้ำตาลโตนดที่ระดับร้อยละ 25 ต่อน้ำร้อยละ 75 มากที่สุดในทุกคุณลักษณะ และนำสูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด มาทำการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน โดยนำปลาทุต้มหวานในน้ำตาลโตนดมาบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน คือ 30, 45 และ 60 นาที ดังตารางที่ 2 (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน ได้ค่า $F_0 = 4.46, 17.25$ และ 29.55 นาที สอดคล้องตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 335 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทกำหนดให้ ค่า F_0 ที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารที่เป็นกรดต่ำจะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 3 นาที เพื่อให้เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์จากปลาควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 5 - 20 นาที (Frott & Lewis, 1994) สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยทั่วไปมีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 5 - 10 นาที (Vazhiyil, 2005) และเมื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนื้อปลาทุ (Hardness) ดังตารางที่ 3 (Table 3) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อุณหภูมิและเวลาการฆ่าเชื้อที่สูงขึ้นมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาทุ อาจเป็นเพราะเมื่อเนื้อปลาถูกความร้อนจะมีผลต่อโครงสร้างของโปรตีนไมโอซิน (myosin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibrill) เกิดการคลายตัวและตกตะกอนส่งผลต่อเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นและสีเปลี่ยนไปแบบผันกลับไม่ได้ (Pornchaloepong & Rattanapanon, 2014) ค่าสีของน้ำต้มหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

โดยมีค่าความสว่าง (L^*) ตารางที่ 3 (Table 3) มีแนวโน้มลดลง ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่า b^* มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากในน้ำต้มหวานมีส่วนผสมของน้ำตาลโตนดอยู่ ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไมใช่เอนไซม์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sawatsuk (2016) พบว่าปลาทุ้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีโอร์ทเพาซ์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 30, 40 และ 50 นาที มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นโดยค่า L^* ของเนื้อปลาทุ้มมีค่าลดลงและค่า a^* ของเนื้อปลาและน้ำต้มเค็มมีค่าสูงขึ้น ค่าความสว่าง L^* ของเนื้อปลาทุ้มเท่ากับ 27.64, 26.68 และ 25.34 ตามลำดับ ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง เนื้อปลามีสีเข้มขึ้นสอดคล้องกับ Bindu & Srinivasa (2007) ที่แสดงความเห็นว่าค่าสี L^* ของเนื้อหอย (black clam) พร้อมรับประทานที่ฆ่าเชื้อในรีโอร์ทเพาซ์ จะมีค่าลดลงหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อ เนื่องจากเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาล และกรดอะมิโนที่มีอยู่ในตัว และเมื่อนำปลาทุ้มหวานมาตรวจปริมาณจุลินทรีย์ พบว่าตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ (ทั้ง 5 ชนิด) ตารางที่ 4 (Table 4) เนื่องจากอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาเท่ากับ 30, 45 และ 60 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sawatsuk (2016) ศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนในปลาทุ้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีโอร์ทเพาซ์ ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30, 40 และ 50 มีค่า F_0 เท่ากับ 7.7, 8.8 และ 12.1 นาที ตามลำดับ ผลการทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ และนำปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนสูตรที่ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 45 นาที มากที่สุด ในคุณลักษณะเรื่องรสชาติและความชอบโดยรวม เท่ากับ 8.26 คะแนน

สรุปผลการวิจัย

1. อัตราส่วนของน้ำตาลโตนดต่อน้ำที่เติมลงในสูตรน้ำต้มหวานที่ผู้บริโภคชอบเท่ากับ อัตราส่วน 25 : 75 มีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากที่สุด มีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 7.40-8.16 คะแนน
2. ระยะเวลาการฆ่าเชื้อปลาทุ้มหวานในน้ำตาลโตนดที่เหมาะสม เท่ากับ 121 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที F_0 เท่ากับ 17.25 นาที มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในช่วง 6.66-8.26 คะแนน และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ต่าง ๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2561 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และผู้ให้การสนับสนุนทุกท่านที่ทำงานวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- BAM Online. *Bacteriological Analytical Manual*. 2012. Available at: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods>. Accessed January 10, 2016.
- Bindu R, Srinivasa G. Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches, *Journal Food Eng.* 2007; 78: 995-1000.
- Bureau of Nutrition, Department of Health. *Nutrition Table of Thai Food*. 2001. Available at: <http://nutrition.anamai.moph.go.th>. Accessed September 5, 2018.
- Bureau of Nutrition, Department of Health. *Nutrition Table of Thai Food*. 2007. Available at: <http://nutrition.anamai.moph.go.th>. Accessed *Table of Thai Food* September 5, 2018.

- Chamber IVE, Wolf MB. *Sensory Testing Methods*. 2nd ed. American Society for testing and Materials. USA ; Philadelphia; 1996.
- Chia SS, Baker RC. & Hotchkiss JH. Quality comparison of thermo processed fishery products in cans and retortable pouches. *Journal of Food Science*. 1983; 48: 1521-1525-1531.
- Frott, R. & Lewis, AS. *Canning of Meat and Fish Products*. Boston: Chapman and Hall; 1994.
- Isolateboy. *Sweet Boiled Mackerel of Thai Food is Delicious*. 2014. Available at: <http://cooking.kapook.com/view80195.html>. Accessed September 14, 2017.
- lowitoo, N. Ready-to-eat food packaging in Retort pouch. *Food Journal (Thailand)*. 2004; 34: 284-286.
- Mekhsamphan, J. *Gross Production Capacity of Water Resources*. Department of Fisheries Biology, Faculty of Fisheries. Kasetsart University; 1998.
- Pornchaloempong P. & Rattanapanon N. *Protein Denaturation*. 2014. Available at: <http://www.foodnetworksolution.com/proteindenature>. Accessed February 28, 2019.
- Ricardo JS, Sergio FA, Marisol MS. et al. *Ball's Formula Method Revisited*. 1995. Available at: <http://www.icef11.org/content/papers/mcf/MCF256>. Accessed January 10, 2016.
- Sawatsuk, P. Effect of heating time on physical properties of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouch. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2016; 44: 257-264.
- Steel RGD. & Torrie JH. *Principles and Procedures of Statistics*. Second Edition, New York: Mc Graw-Hill; 1980.
- Vazhiyil, V. *Seafood Processing: Adding Value through Quick Freezing, Retortable Packaging, cook chilling, and other method*. Florida : CRC Press; 2005.