การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน

The development of Intermediate Moisture Pacific Sardines *(Sardinops Sagax)* by Hot Air Oven

กมลทิพย์ กรรไพเราะ*
Kamontip Kanpairo*

หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
Science and Food Technology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture
Yala Rajabhat University

บทคัดย่อ

ปลาแดดเดียวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและมีชื่อเสียงเนื่องจากมีคุณลักษณะเฉพาะเช่น รสชาติและกลิ่น มีสารอาหารสูงโดยเฉพาะโปรตีน วิตามินและเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ ไอโอดีน เป้าหมายในการวิจัยในครั้งนี้คือ ศึกษากระบวนการผลิตปลาซาร์ดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียสแทนการตากแดด จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวทั้ง 3 สภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่สภาวะการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงสุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวที่ใช้สภาวะในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส มาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า มีค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 51.59, 4.33, 14.95 ค่า a_w เท่ากับ 0.96 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.66 ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติทางเคมีพบว่า มีค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมันและ เกลือ เท่ากับร้อยละ 50.98, 7.08, 34.35, 2.86 และ 4.73 ตามลำดับ ปริมาณกรดแลกติกเท่ากับร้อยละ 12.18 ค่า TMA และค่า TVB เท่ากับ 0.13 และ 0.26 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง

คำสำคัญ : ปลาแดดเดียว ปลาซาร์ดีน การทำแห้ง

*Corresponding author, e-mail: koikamontip.k@gmail.com

Abstract

Intermediate moisture fish products is a local food with popular and famous of products because of special characteristic of product such as odor, test and high nutrition especially, necessary of protein vitamin and mineral such as iodine. The aim of this research was study to drying process with hot air oven condition of 50, 60 and 70 °C replace to sun drying process. The result showed sensory evaluation 3 conditions of Intermediate moisture fish products not significant ($p>0.05$) but the condition of 60 °C for dried product was highest score of color, odor, taste, texture and overall liking. The physical compositions of Intermediate moisture fish products (60 °C for dried) comprised of L*, a* b*, a_w and pH were 51.59, 4.33, 14.95, 0.96 and 6.66 respectively. The chemical compositions of intermediate moisture fish products (60 °C for dried) of moisture, ash, protein, lipid, fiber and salt contents were 50.98, 7.08, 34.35, 2.86 and 4.73 respectively. Lactic acid, TMA and TVB content were 12.18, 0.13 and 0.26 mg.N/100g sample.

Keywords: Intermediate moisture fish, Sardines, Drying

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลตากแห้งเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของชาวไทยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว มีคุณภาพทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน และยังมีเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกายคือ ไอโอดีน อีกทั้งยังมีศักยภาพที่จะส่งไปจำหน่ายยังพื้นที่ที่ห่างไกลจากทะเลได้สะดวกและมีโอกาสในการเน่าเสียน้อยกว่าปลาสด ซึ่งการตากแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยในการถนอมอาหารให้มีอายุนานขึ้น สมัยอดีตมนุษย์ได้ค้นพบวิธีการนี้ขึ้นมาเพื่อเก็บรักษาอาหารไว้รับประทานในยามขาดแคลนได้ตามความต้องการ ปัจจุบันการตากแห้งยังเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของอาหารเพื่อสะดวกในการขนส่ง ช่วยในการยืดระยะเวลาการรักษาผลิตภัณฑ์ (จุฑารัตน์ ทะสะระ และคณะ, 2557) โดยทั่วไปการทำแห้งหรือการทอด ปัจจัยอย่างหนึ่งที่กำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือ ความชื้น ซึ่งปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 14-16 มาตรฐานแห้ง เป็นช่วงที่ทำให้อาหารเก็บรักษาได้นาน (Soponronnarit et al., 2006; Tirawanichakul et al., 2008) ซึ่งขั้นตอนการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเก็บรักษา จึงมีความสำคัญ โดยส่วนใหญ่แล้ว ทำแห้งอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง อาศัยหลักการพาความร้อนและแผ่รังสีความร้อน โดยให้เหลือ

ความชื้นประมาณร้อยละ 20-25 มาตรฐานแห้ง (Nathakaranakule et al., 2010) แต่จากลักษณะของภูมิประเทศทางภาคใต้ทำให้เสียเปรียบในด้านสภาพภูมิอากาศเนื่องจากเป็นสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีผลกระทบจากลมมรสุมทำให้มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์อาหารทะเลตากแห้ง (ธีรเดช ใหญ่บก และคณะ, 2553) วิธีการหลักที่ใช้คือตากแดดตามธรรมชาติที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาแห้งและปลาแดดเดียว 2 ประการ คือ 1) การปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรกเนื่องจากกรรมวิธีและสถานที่รวมทั้งการรบกวนจากแมลงวัน 2) ระยะเวลาในการตากแห้ง อาจต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากปริมาณแสงแดดในแต่ละวันไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ เกิดการเน่าเสีย และเสื่อมสภาพเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี เอ็นไซม์ และเชื้อจุลินทรีย์ เกิดกลิ่นเหม็นหืน ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ (จุฑารัตน์ ทะสะระ และคณะ, 2557) ซึ่งการพัฒนากระบวนการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาเหล่านี้ได้ ดังนั้นการพัฒนากระบวนการผลิตปลาตากแห้งและปลาแดดเดียวจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ เพื่อทำคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนากระบวนการอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อนเพื่อลดปัญหาจากการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ เพื่อส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บที่นานขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสูตรพื้นฐานการผลิตปลาซาร์ดีนแดดเดียว
2. ศึกษาอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของปลาซาร์ดีนแดดเดียว
3. ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของปลาซาร์ดีนแดดเดียว

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ปลาซาร์ดีน ซื้อจากพื้นที่ตำบลบางปู อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี โดยใช้ปลาสดขนาด 22-25 ตัว ต่อกิโลกรัม นำมาล้าง ขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ จากนั้น บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนขนาด 30.5x45.7 เซนติเมตร โดยบรรจุปลา 2 กิโลกรัมต่อ 1 ถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส
2. เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด ประเทศไทย
3. น้ำมันปาล์ม ตราลีลา บริษัทชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ประเทศไทย

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาสูตรพื้นฐานการผลิตปลาซาร์ดีนแดดเดียว

โดยลงพื้นที่สัมภาษณ์และสังเกตการณ์การผลิตปลาเค็มจากพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบางปู อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี โดยนำปลาที่ผ่านการตัดหัว ขอดเกล็ด ควักไส้ มาทำละลาย (น้ำ 2 ลิตรต่อปลา 1 กิโลกรัม) พักให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำเนื้อปลามาปรุงรสในสูตรประกอบด้วย ปลาซาร์ดีนร้อยละ 66.48 เกลือป่นร้อยละ 3.98 น้ำสะอาดร้อยละ 29.52 โดยน้ำหนักทั้งหมด เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตากแดดเป็นเวลา 1 วัน นำปลาซาร์ดีนแดดเดียวมาทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (ดัดแปลงจากธีรเดช ใหญ่บก และคณะ, 2553) นำมาทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale (1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด) ทดสอบทางด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม ใช้ทดสอบผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน

2. ศึกษาอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของปลาซาร์ดีนแดดเดียว

นำสูตรปลาแดดเดียวจากข้อ 1. มาดัดแปลงวิธีการทำแห้งโดยเปลี่ยนจากอบแห้งแบบใช้แสงอาทิตย์เป็นวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดย

2.1 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที (ดัดแปลงจากปัทมกร พรหมจรรย์, 2546) วัดค่าความชื้นในปลาซาร์ดีนเค็มทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด จนปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547)

2.2 นำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชุดการทดลองมาทอด โดยทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ทดสอบประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เพื่อหาสูตรที่ผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุด วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Dancans New Multiple Range Test (DMRT) คัดเลือกอัตราส่วนที่ได้รับคะแนนด้านความชอบรวมสูงสุดไปใช้ในข้อต่อไป

3. ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี

นำปลาซาร์ดีนแดดเดียวที่ได้รับคะแนนด้านความชอบรวมสูงสุดในข้อ 2.2 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีดังนี้

3.1 ทางด้านกายภาพ ได้แก่

- ปริมาณน้ำอิสระ (a_w), วัดค่าสี (L*, a*, b*)

3.2 ทางด้านเคมี ได้แก่

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง
- กรดแลกติก
- ค่า TMA และค่า TVB
- ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และปริมาณเกลือ โดยวิธี A.O.A.C. (2000)

ผล

1. กรรมวิธีการผลิตปลาซาร์ดีนแดดเดียว

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว พบว่า คะแนน ทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก (7 คะแนนขึ้นไป) คือ ด้านสีได้ 7.16±1.09 คะแนน ด้านกลิ่นได้ 7.58±1.02 คะแนน ด้านรสชาติได้ 7.45±1.50 คะแนน และความชอบรวมได้ 7.77±1.08 คะแนน (ตารางที่ 1) จึงนำสูตรดังกล่าวไปศึกษาวิธีการอบแห้งในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของปลาซาร์ดีนแดดเดียวตำบลบางปู อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี

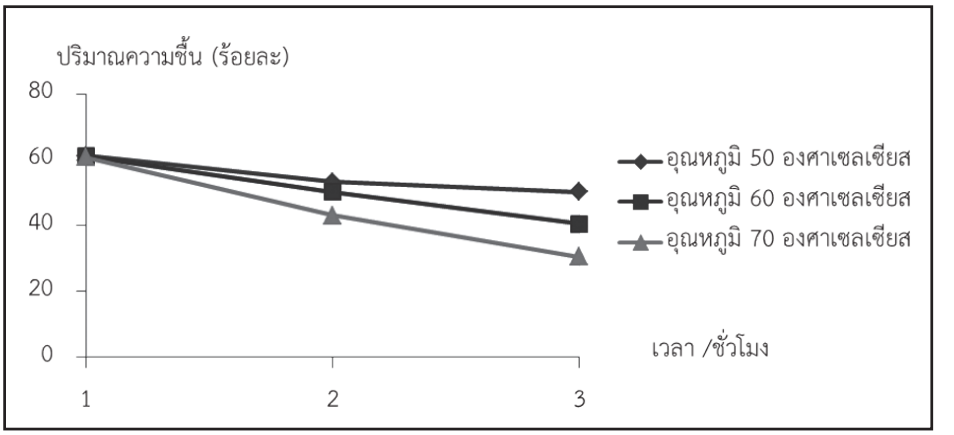
ลักษณะทางประสาทสัมผัส			
สี	**กลิ่น**	**รสชาติ**	**ความชอบรวม**
7.16 ± 1.09	7.51 ± 1.02	7.45 ± 1.50	7.77 ± 1.08

หมายเหตุ : ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

2. ศึกษาอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของปลาซาร์ดีนแดดเดียว

2.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

จากการศึกษาหาสภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสม โดยนำปลาซาร์ดีนที่ผ่านการปรุงรส มาอบในตู้อบลมร้อนแทนการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ อุณหภูมิที่ใช้คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที วัดปริมาณความชื้นในปลาซาร์ดีนแดดเดียวทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด ซึ่งในปลาซาร์ดีนสดมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 60 กำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งคือ 3 ชั่วโมง จากสภาวะในการอบแห้งดังกล่าวพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ที่สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 50 ที่สภาวะอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 40 และที่สภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 30 ตามลำดับ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การลดลงของปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวที่ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

2.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวทั้ง 3 สภาวะ (50 60 และ 70 องศาเซลเซียส) โดยใช้การทดสอบแบบ 9 Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทั้ง 3 สภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาความชอบรวมเฉลี่ย พบว่า ปลาซาร์ดีนที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนทุกคุณลักษณะสูงสุดคือ ให้คะแนนด้านสี 7.2 คะแนน กลิ่น 7.68 คะแนน รสชาติ 7.65 คะแนน และความชอบรวม 7.77 คะแนน ดังนั้นจึงใช้สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวที่ใช้สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	คุณลักษณะ			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
50	$7.28^{ns} \pm 1.27$	$7.48^{ns} \pm 0.81$	$7.40^{ns} \pm 0.92$	$7.65^{ns} \pm 0.87$
60	$7.20^{ns} \pm 0.99$	$7.68^{ns} \pm 0.96$	$7.65^{ns} \pm 1.03$	$7.77^{ns} \pm 0.87$
70	$7.14^{ns} \pm 1.19$	$7.37^{ns} \pm 1.16$	$7.45^{ns} \pm 1.19$	$7.68^{ns} \pm 1.05$

หมายเหตุ : ^{ns} แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิติ ($p>0.05$)
$\pm$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

3. ผลการศึกษาทางกายภาพ และทางเคมีในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว

จากข้อ 2 สภาวะที่ได้รับการยอมรับสำหรับการทำแห้งปลาซาร์ดีนแดดเดียวคือ สภาวะการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงนำปลาซาร์ดีนแดดเดียวในสภาวะดังกล่าวมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ได้แก่ ค่าสี และค่าวอเตอร์-แอกติวิตี้ เพื่อใช้บ่งชี้ถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว

องค์ประกอบทางกายภาพ	ปลาซาร์ดีนแดดเดียว
ค่าสี L*	51.59± 1.62
a*	4.33± 2.76
b*	14.95± 1.57
ค่าวอเตอร์แอกติวีตี้ (a_w)	0.92± 0.001

หมายเหตุ : ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

3.1.1 ค่าสี (L* a* b*) สีเป็นปัจจัยคุณภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและมีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a* (เป็นบวก) หมายถึง ความเป็นสีแดง a* (เป็นลบ) หมายถึง ความเป็นสีเขียว และค่า b* (เป็นบวก) หมายถึง ความเป็นสีเหลือง b* (เป็นลบ) หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน จากตารางที่ 3 ข้างต้น ได้แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของปลาซาร์ดีนแดดเดียว ซึ่งได้ค่า L* เท่ากับ 51.59±1.62 a* เท่ากับ 4.33±2.76 และ b* เท่ากับ 14.95±1.57 ตามลำดับ จากการทดลองค่า a* เท่ากับ 4.33±2.76

3.1.2 ค่าวอเตอร์แอกติวีตี้ (a_w) พบว่าปลาซาร์ดีนแดดเดียวที่ได้โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.92±0.001 ซึ่งมีแนวโน้มเกิดการเน่าเสียได้ง่าย

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลการการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กรดแลกติก ค่า TMA ค่า TVB ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเกลือ ผลการศึกษาดังตารางที่ 4 และ 5

3.2.1 ปริมาณกรดแลกติก

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวพบว่า ปริมาณกรดแลกติกโดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.18 ± 0.71 (ตารางที่ 4) ซึ่งส่งผลทำให้เกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว

3.2.2 ค่า TVB

จากการวิเคราะห์ ค่า TVB ในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวพบว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.13±0.05 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง

3.2.3 ค่า TMA

จากการวิเคราะห์ค่า TMA ในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.26±0.05 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว

องค์ประกอบทางเคมี	ปลาซาร์ดีนแดดเดียว[1]	ปลากะตักต้มตากแห้ง[2]
กรดแลกติก (ร้อยละ)	12.18±0.7	-
TVB-N มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง	0.26±0.05	17.71
TMA มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง	0.13±0.05	16.27

หมายเหตุ : ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

[1]หมายถึง งานวิจัยปลาซาร์ดีนแดดเดียว

[2]หมายถึง งานวิจัยของซูลีนี ดอโละมะ และนูรฮีลาล สาและ (2550)

3.2.4 ปริมาณความชื้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวพบว่า ค่าความชื้นที่ได้ในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวร้อยละ 50.98±2.22 (ตารางที่ 5) ซึ่งได้นั้นอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ที่กำหนดไว้ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก

3.2.5 ปริมาณเถ้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวพบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 7.08±0.08 (ตารางที่ 5) ซึ่งปริมาณเถ้ามาจากก้างปลาและเกลือที่เติมลงไป

3.2.6 ปริมาณโปรตีน

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้งพบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวมีค่าโปรตีนร้อยละ 34.35±0.54 ส่วนผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้งมีค่าร้อยละ 36.95±0.36 (ตารางที่ 5)

3.2.7 ปริมาณไขมัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวพบว่าค่าที่ได้มีร้อยละ 2.86 (ตารางที่ 5) ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการทอด

3.2.8 ปริมาณเกลือ

จากการวิเคราะห์ปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 4.35±0.20 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง ค่าที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 8.71 (ตารางที่ 5)

3.2.9 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ค่าที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 6.66±0.01 และเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้ง ค่าที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 6.42±0.03 ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) ซึ่งอาหารประเภทนี้เสื่อมเสียได้ง่าย จึงต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ปลาซาร์ดีนแดดเดียว[1]	ปลากะตักต้มตากแห้ง[2]	ปลาริ้วกึ่งแห้ง[3]
ความชื้น (ร้อยละ)	50.98±2.22	39.94	40.71±2.13
เถ้า (ร้อยละ)	7.08±0.08	14.71	4.43±0.20
โปรตีน (ร้อยละ)	34.35±0.54	-	36.95±0.36
ไขมัน (ร้อยละ)	2.86±1.08	-	-
ปริมาณเกลือ	4.35±0.20	8.71	3.49±0.06
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.66±0.01	-	6.42±0.03

หมายเหตุ : ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

[1]หมายถึง งานวิจัยปลาซาร์ดีนแดดเดียว

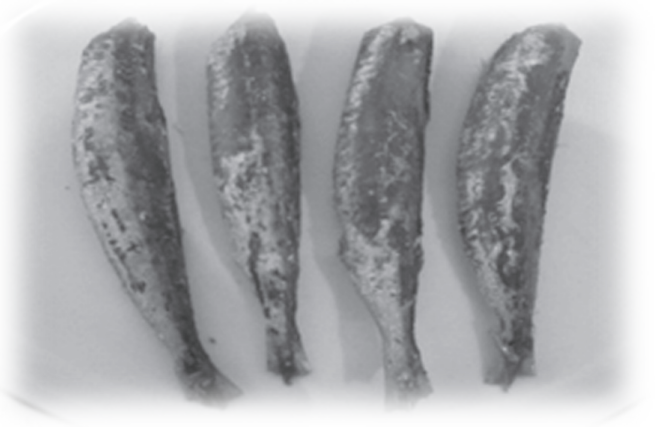
[2]หมายถึง งานวิจัยของซูลีนี ดอโละมะ และนูรฮีลาล สาและ (2550)

[3]หมายถึง งานวิจัยของจิตรา วราอัศวปติ (2540)

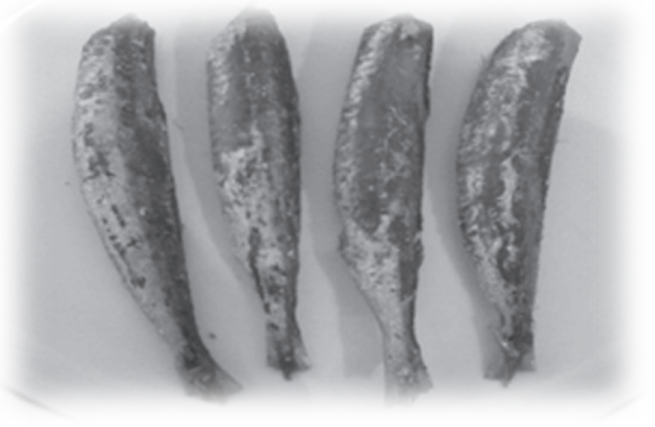
อภิปรายผล

จากการศึกษาหาสภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสม โดยนำปลาซาร์ดีนที่ผ่านการปรุงรส มาอบในตู้อบลมร้อนแทนการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ อุณหภูมิที่ใช้คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที กำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งคือ 3 ชั่วโมง จากสภาวะในการอบแห้งที่ดังกล่าวพบว่า อุณหภูมิยิ่งสูงความชื้นจะยิ่งลดลง ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Idah & Nwankwo (2013) ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ส่งผลต่อปลานิลแห้งรมควัน โดยศึกษาอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 ระดับคือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ คือ 5 10 และ 15 ชั่วโมง ทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ พบว่า ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณความชื้นลดลงและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งก็ลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น และผลการทดลองหาสภาวะอบแห้งของปลาซาร์ดีนแดดเดียวสอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแดดเดียว (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ที่กำหนดว่า ผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทั้ง 3 สภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2) แต่ปลาซาร์ดีนที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนทุกคุณลักษณะสูงสุดเนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ไม่แห้งกระด้างจนเกินไป (ภาพที่ 2)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ได้แก่ ค่าสี และค่าวอเตอร์-แอกติวิตี้ เพื่อใช้บ่งชี้ถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ดังตารางที่ 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีแดง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ในขั้นตอนการอบซึ่งมีสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาล และกลิ่นรสต่างๆ ที่พึงประสงค์ ส่งผลให้เกิดสีและกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ที่ใช้ในการทอด การอบ และการปิ้งย่าง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551) ปริมาณ a_w ในผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.92 ซึ่งสภาวะดังกล่าว เป็นสภาวะที่จุลินทรีย์หลายชนิดเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งค่าที่ได้นั้นใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์จากงานวิจัยของวารุณี สุวรรณจงสถิต และคณะ (2546) ที่รายงานว่าในผลิตภัณฑ์ปลาสลิดเค็ม วัดค่า a_w ได้ 0.96 ซึ่งเป็นค่าที่สูง จัดได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสด ในทางจุลินทรีย์ ค่า a_w เป็นปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ แต่ทางผู้วิจัยได้เก็บรักษาปลาซาร์ดีนแดดเดียวในสภาวะอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ก่อนนำมาทอด ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมเสียและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้



A. อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



B. อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

C. อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2 ปลาซาร์ดีนแดดเดียวอบแห้งหลังทอด

ผลการการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กรดแลกติก ค่า TMA ค่า TVB ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเกลือ ผลการศึกษาดังตารางที่ 4 และ 5 พบว่า ปริมาณกรดแลกติกมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 12.18±0.71 (ตารางที่ 4) ซึ่งปริมาณกรดแลกติกส่งผลทำให้เกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ซึ่งกรดแลกติกเป็นกรดอินทรีย์ที่เกิดตามธรรมชาติ มีการนำมาใช้ในอาหารทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองและอาหารต่างๆ เนื่องจากสามารถผลิตกรดและสารที่ให้กลิ่นและรสที่ดี จึงนิยมใช้ในการถนอมอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสารได้หลายชนิดเช่น เอทานอล กรดอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทโปรตีนที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยทำให้แบคทีเรียหยุดการเจริญของเซลล์ จึงนำมาใช้ในการถนอมอาหารเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (Galvez et al., 2007; ณัฏฐา หะทะยัง, 2552) ส่วนปริมาณ TVB พบว่า ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.13±0.05 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 16.27 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ค่า TVB สามารถใช้เป็นดัชนีบอกความสดของปลาได้ โดยปลาที่มีค่า TVB ต่ำกว่า 20 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง จะเริ่มไม่สด ถ้ามีค่าถึง 40 มล. ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง จัดเป็นคุณภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) สำหรับปริมาณ TMA ซึ่งใช้เป็นเปรียบเทียบดัชนีความสดของปลา พบว่า ในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวมีค่าอยู่ในช่วงอาหารสด เนื่องจากค่า TMA ประมาณ 5 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่างก็เริ่มเน่าเสีย เพราะหลังการตายของปลาจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางชีวเคมี โดยสาเหตุมาจากแบคทีเรีย โดยเฉพาะกลุ่ม *pseudomonas spp.* ซึ่งจะสร้างเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลาก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนเช่นกัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น Trimethylamine (TMA) Dimethyiamine (DMA) Ammonia และ Volatile acids การเกิด TMA มีสาเหตุจากการสลายตัวของ Trimephylanine oxide ซึ่งเป็นสารประกอบที่มี Ammonia เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ส่วน Total Volatile Bases (TVB) จะรวมไปถึง Volatile amines ทั้งหมดได้แก่ TMA, DMA และ Ammonia ที่เกิดจากการแตกตัวของ AMP เป็น IMP (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) อย่างไรก็ตาม ค่า TVB ในสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่ต่างกันจะมีระดับแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับความสด เช่น ปลา Halibut, Cod, Haddock และ Herring ค่า TMA-N ประมาณ 5 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ก็เริ่มเสีย ในปลาจาระเม็ดและปลาเก๋า ค่า TMA-N ประมาณ 2-3 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ก็เริ่มปรากฏกลิ่นคาว จัดในขณะที่ค่า TVB-N ประมาณ 15 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง จะปรากฏกลิ่นคาวปลา (Fishy smell) (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) ดังนั้นค่า TMA และ TVB ของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จึงสามารถนำมาบริโภคได้

ในตารางที่ 5 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวเท่ากับร้อยละ 50.98±2.22 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้งมีค่าร้อยละ 39.94 และผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้งมีค่าร้อยละ 40.71 ซึ่งค่าความชื้นที่ได้ในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวมีค่าความชื้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสองผลิตภัณฑ์ เนื่องจากวัตถุดิบต่างชนิดจึงมีความชื้นที่ต่างกันและพบว่า ในผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวมีการใส่เกลือน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด จึงทำให้ความสามารถในการดูดความชื้นได้น้อยกว่า แต่ค่าความชื้นที่ได้นั้นอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ที่กำหนดไว้คือ ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก สำหรับปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยเมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวมาเมื่อ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลากะตักต้มตากแห้ง พบว่า มีค่าร้อยละ 14.71 และผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้งมีค่าร้อยละ 4.43±0.20 ทั้งนี้ปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสจากกระดูกปลา และมีสาเหตุมาจากปริมาณเกลือที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ (วรรณวิภา สุวรรณรักษ์, 2546) ปริมาณโปรตีน พบว่า โปรตีนในผลิตภัณฑ์นั้นเป็นโปรตีนพวก Sarcoplasmic protein ซึ่งเป็นโปรตีนละลายได้ในน้ำและสารละลายเกลืออ่อนๆ (Ionic strength) (กรรณิการ์ รอดเข็ม และชุลีพร ประมวลพิมพ์, 2540) และเมื่อพิจารณาส่วนประกอบในสูตรก็พบว่า มีส่วนประกอบส่วนใหญ่คือเนื้อปลาซึ่งทำให้ปริมาณโปรตีนที่ได้มากตามไปด้วย สำหรับปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดว่า ปริมาณเกลือจะต้องไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก พบว่า อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตามปริมาณเกลือที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภคทั้งแง่บวกและแง่ลบ เนื่องจากปริมาณเกลือสูงจะช่วยดึงความชื้นออกจากอาหาร เป็นความควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ชมพู่ ยิ้มโต, 2550) ทำให้สามารถเก็บไว้ได้นาน แต่ถ้าปริมาณเกลือมากเกินไป อาจก่อให้เกิดโทษต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับไตหรือความดัน (ดุษฎี น้อยใจบุญ, 2555)

สรุป

การผลิตผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน และศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และวัดปริมาณความชื้นด้วยเครื่องวัดแบบอินฟาเรด พบว่า สภาวะที่ดีที่สุดของการอบแห้งปลาซาร์ดีนแดดเดียวคือใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้น มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มไม่แห้งกระด้างจนเกินไป สีที่ปรากฏเป็นสีน้ำตาลแดง และมีรสชาติเค็มปานกลาง จึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยการให้คะแนนทุกคุณลักษณะสูงสุด คือ ให้ด้านสี 7.2 คะแนน กลิ่น 7.68 คะแนน

รสชาติ 7.65 คะแนน และความชอบรวม 7.77 คะแนน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียว พบว่ามีค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 51.59, 4.33 และ 14.95 ตามลำดับ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีแนวโน้มเป็นสีแดง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดในขั้นตอนการอบ ค่า a_w เท่ากับ 0.96 ค่ากรดแลกติก เท่ากับร้อยละ 12.18 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.66 ส่วนปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเกลือ เท่ากับร้อยละ 50.98, 7.08, 34.35, 2.86 และ 4.35 ตามลำดับ ถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ที่กำหนดไว้ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อเทียบกับดัชนีความสด พบว่า ค่า TMA อยู่ในช่วง 0.13 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ค่า TVB อยู่ในช่วง 0.26 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สดและบริโภคได้

เอกสารอ้างอิง/References

กรรณิการ์ รอดเข็ม และชุลีพร ประมวลพิมพ์. (2540). *ก้างปลาปรุงรส.* สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จิตรา วราอัศวปติ. (2540). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาริ้วกึ่งแห้ง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฑารัตน์ ทะสะระ สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. (2557). แนวทางการพัฒนาปลาข้าวสารกรอบด้วยการอบแห้งลมร้อนและรังสีอินฟราเรด. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19*(1), 1-10.

ชมพู่ ยิ้มโต. (2550). *จุลชีววิทยาทางอาหาร.* กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ณัฏฐา หะทะยัง. (2552). *ผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ดุษฎี น้อยใจบุญ. (2555). *ผลการใช้เกลือไอโอดีนต่อคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียว.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธีรเดช ใหญ่บก สุวิทย์ เพชรห้วยลึก จอมภพ แววศักดิ์ มารีนา มะหนิ และภรพนา บัวเพชร. (2552). การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 12*(3), 109-118.

นูรฮีลาล สาและ และซูลีนี ดอโละมะ. (2550). *การพัฒนากระบวนการผลิตปลากะตักต้มตากแห้ง.* ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2551). *เคมีอาหาร.* กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ปัทมกร พรหมจรรย์. (2546). *การลดค่าเวอร์เตอแอกติวีตี้และคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบันฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ.* กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วรรณวิภา สุวรรณรักษ์. (2546). *ดัชนีวัดคุณภาพปลากะตักต้มตากแห้ง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบันฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารุณี สุวรรณจงสถิต จินตรา อุปดิสสกุล จิราวรรณ แย้มประยูร และกมลวรรณ แจ้งชัด. (2546). การปรับปรุงกรรมวิธีการทอดและอายุการเก็บรักษาของปลาสลิดเค็มทอดกรอบ. *การประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 42 สาขาประมงและอุตสาหกรรมเกษตร,* 3-6 กุมภาพันธ์ 2547. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว.* กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.

A. O. A. C. (2000). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists.* (17th ed). Washinton DC.: The Association of Official Analytical Chemists Inc,.

Galvez, A., Abriouel, H., Lopez, R. L., & Ben Omar, N. (2007). Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International journal of food microbiology*, *120*(1-2), 51-70.

Idah, P. A. & Nwankwo, I. (2013). Effects of smoke-drying temperatures and time on physical and nutritional quality parameters of Tilapia *(oreochromisnibticus)*.I nternational. *International Journal of Fisheries and Agriculture*, *5*(3), 29-34.

Nathakaranakule, A., Jaiboon, P. & Soponronnarit, S. (2010). Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. *Journal of Food Engineering*, *100*(4), 662-668.

Soponronnarit, S., Nathakaranakule, A., Jirajindalert, A. & Taechapairoj, C. (2006). Parboiling brown rice using superheated steam fluidization technique. *Journal of Food Engineering*, *75,* 423-432.

Tirawanichakul, S., Na Phatthalung, W. & Tirawanichakul, Y. (2008). Drying strategy of shrimp using hot air convection and hybrid infrared radiation and hot air convection. *Walailak Journal of Science and Technology*, *55,* 77-100.