บทความวิจัย

ผลของการหมักและการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของไขมันและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ

Effect of Fermentation and Drying on Changes of Lipid and Protein in Dry Fermented Catfish (Pla-duk-ra) Produced from Farmed Catfish and Wild Catfish

อมรรัตน์ ถนนแก้ว[1*] ถาวร จันทโชติ[1] และ สุทธิรักษ์ เพชรรัตน์[2]
Amonrat Thanonkaew[1*], Thavorn Juntachote[1] and Suttirak Pecharat[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีทั้งในส่วนเนื้อและส่วนหนังของปลาดุกสดและปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ พบว่าปลาดุกร้ามีโปรตีน ไขมัน เถ้า สูงกว่าปลาดุกสด แต่อย่างไรก็ตามปลาดุกเลี้ยงมีไขมันสูงกว่าปลาดุกธรรมชาติทั้งในปลาดุกสดและปลาดุกร้า ($P \leq 0.05$) เมื่อผ่านกระบวนการหมักและการทำแห้งพบว่าปลาดุกทั้งสองชนิดมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ส่วนไตรกลีเซอไรด์และฟอสฟอลิพิดมีปริมาณลดลง ในขณะเดียวกันกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิด EPA และ DHA ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการหมักและการทำแห้งส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไฮโดรลิซิสของไขมัน เมื่อศึกษาการแยกส่วนโปรตีนในกล้ามเนื้อของปลาดุกทั้งสองชนิด พบว่าโปรตีนไมโอไฟบริลเป็นโปรตีนหลักของกล้ามเนื้อปลาดุก ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 50.44-55.04 ตามด้วยโปรตีนซาร์โคพลาสมิกร้อยละ 29.29–29.30 โปรตีนละลายได้ในน้ำร้อยละ 13.64-16.17 และโปรตีนสโตรมาร้อยละ 2.07-3.49 ตามลำดับ จากการศึกษารูปแบบของโปรตีนโดยใช้ SDS- PAGE พบว่ากล้ามเนื้อปลาดุกมีโปรตีนไมโอซินโมเลกุลหนัก (MHC) และโปรตีนแอคตินเป็นองค์ประกอบหลัก แต่หลังจากการแปรรูปโปรตีนทั้งสองชนิดถูกย่อยสลาย ทำให้มีปริมาณลดลง

คำสำคัญ : ปลาดุกร้า การหมัก การทำแห้ง องค์ประกอบทางเคมี ไขมัน โปรตีน

---

[1] อาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ 93110
[2] นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112
[*] Corresponding author: โทรศัพท์/โทรสาร 074-443-967 E-mail tamonrut@hotmail.com

Thaksin.J., Vol.12 (3) October 2009 - January 2010

Abstract

The chemical compositions of wild and farmed catfish in skin and muscle portions were analyzed. Pla-duk-ra had higher lipid, protein and ash contents than raw catfish. However, the farmed catfish had higher lipid content than wild catfish. Both catfish showed marked increases in free fatty acids, with decreases in triglyceride and phospholipid content after drying and fermentation ($P \leq 0.05$). This suggested that hydrolysis was induced by lipases and phospholipases. Decreases in polyunsaturated fatty acids, especially eicosapentaenoic acid (EPA) and lipases and phospholipases. Decreases in polyunsaturated fatty acids, especially eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), were observed. Drying and fermentation caused the changes of chemical composition, lipolysis and lipid oxidation of catfish muscle and skin portions. Both catfish muscle had myofibrillar proteins as the major protein (50.44-55.04%) followed by sarcoplasmic protein (29.23-29.90%), alkali soluble protein (13.64-16.17%) and stroma protein (2.07-3.49%). Sodium dodecylsulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) analysis revealed that myosin heavy chain (MHC) and actin were the major proteins in both species. After drying and fermentation of pla-duk-ra , MHC and actin were decreased. These data indicated that the myofibrila proteins of both catfish were hydrolyzed during processing.

Keywords : Dry Fermented Catfish (Pla-duk-ra), Drying, Fermentation, Chemical Composition, Lipid , Protein

คำนำ

ปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารพื้นเมืองที่เป็นที่นิยมบริโภคและมีชื่อเสียงในจังหวัดพัทลุง นอกจากนี้ยังเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่ทำรายได้แก่ประชาชนได้หลายสิบล้านบาทต่อปี แหล่งผลิตปลาดุกร้าที่สำคัญคือ พื้นที่บริเวณรอบ ๆ ทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ชาวทะเลน้อยมีศักยภาพในการผลิตปลาดุกร้าได้สูงกว่าแหล่งผลิตอื่น ๆ เนื่องจากมีถิ่นอาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำจืดซึ่งอุดมไปด้วยปลาน้ำจืดนานาชนิด รวมทั้งบรรพบุรุษของชาวทะเลน้อยได้สั่งสมภูมิปัญญาในการแปรรูปปลาน้ำจืดมาช้านาน ทำให้ชาวทะเลน้อยมีสูตรและการผลิตที่ทำให้ปลาดุกร้ามีรสชาติดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคกันอย่างแพร่หลาย ปลาดุกที่ใช้สำหรับการผลิตปลาดุกร้ามีสองชนิดคือ ปลาดุกอุยจากธรรมชาติ (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกเลี้ยงซึ่งเป็นปลาดุกลูกผสมระหว่างปลาดุกอุยและปลาดุกเทศ (*Clarias gariepinus*) ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่าปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) เนื่องจากปัญหาการเพิ่มจำนวนประชากรและปัญหาสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ ส่งผลให้ปลาดุกอุย จากแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณน้อยลงมาก จึงส่งผลให้ปลาดุกอุยจากธรรมชาติหาได้ยากและมีราคาแพง ในปัจจุบันปลาดุกเลี้ยงจึงมีบทบาทสำคัญในการผลิตปลาดุกร้าเพื่อการค้า แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงยังคงมีคุณภาพทั้งทางด้านเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษา เป็นที่ยอมรับน้อยกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกอุยธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลาดุกทั้งสองชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาผลของการแปรรูปปลาดุกร้าโดยหมักและการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของไขมันและโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการยกระดับคุณภาพของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงให้อยู่ในระดับเดียวกับปลาดุกธรรมชาติ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาของปลาดุกร้าให้ได้นานยิ่งขึ้น จนสามารถส่งไปจำหน่ายทั่วประเทศและต่างประเทศได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างปลาดุกสด : สุ่มตัวอย่างปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยงจากที่บ่อเลี้ยงปลาดุกซึ่งมีขนาด 7-10 ตัวต่อกิโลกรัม จากเกษตรกรหรือชาวประมงในเขตทะเลน้อยในจังหวัดพัทลุง นำปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ มาทำให้ตายโดยใช้น้ำแข็ง ในอัตราส่วนปลาดุกต่อน้ำแข็ง เท่ากับ 1:2 (น้ำหนัก/ น้ำหนัก) เตรียมตัวอย่างปลาดุกโดยการตัดหัวและควักไส้ออก ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด แล่ปลาออกเป็นสองส่วน คือส่วนหนังและส่วนกล้ามเนื้อ เก็บตัวอย่างปลาดุกในถุงพอลิเอธิลีนและเก็บรักษาในน้ำแข็งจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ ภายในเวลา 1-3 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์ต่าง ๆ ดังข้อ 3-5

2. การเตรียมตัวอย่างปลาดุกร้า : เกษตรกรผลิตปลาดุกร้าจากปลาทั้งสองชนิดคือ ปลาดุกธรรมชาติ (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกเลี้ยง (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) จากกลุ่มปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย 28/2 ม.9 ต.ทะเลน้อย อ. ควนขนุน จ. พัทลุง ซึ่งมีการผลิตดังนี้

ปลาดุกที่มีชีวิตขนาด 7 ตัวต่อกิโลกรัม
↓
ทำให้ตายโดยคลุกกับเกลือ ล้างน้ำจนเมือกที่ตัวปลาออกหมด
↓
ตัดหัวดึงเครื่องในออกและล้างให้สะอาด
↓
ตากแดด 2-3 ชั่วโมง (ให้หนังปลาตึง)
↓
คลุกเคล้าน้ำตาลผสมเกลือให้เข้ากันปริมาณเล็กน้อยหมักทิ้งไว้ 1 คืน
↓
ตากแดดประมาณ 3-4 ชั่วโมง
↓
วางปลา เป็นชั้นๆ โรยน้ำตาลทรายผสมเกลือป่นหมักทิ้งไว้นาน 1 คืน
(ปลาดุก : น้ำตาลทราย : เกลือป่น ; 10 : 1 : 0.8)
↓
ตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง
↓
จัดเรียงปลาในกะละมังเป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นโรยน้ำตาลผสมเกลือบาง ๆ หมักทิ้งไว้ 1 คืน
↓
ตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง
↓
นำปลาดุกร้ามาตกแต่งให้สวยงามจัดใส่บรรจุภัณฑ์

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน : นำตัวอย่างปลาดุกทั้งสองชนิดที่ได้จากการเตรียมในข้อ 1 และข้อ 2 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยการแยกวิเคราะห์ทั้งในส่วนเนื้อและหนังด้วยวิธี AOAC [1] ได้แก่ ไขมันโปรตีน ความชื้น และ เถ้า

4. การศึกษาองค์ประกอบของไขมันและกรดไขมัน : นำตัวอย่างปลาดุกทั้งสองชนิดที่ได้จากการเตรียมในข้อ 1 และข้อ 2 ไปสกัดไขมันตามวิธีของ Bligh และ Dyer [2] ตรวจสอบองค์ประกอบของไขมันโดยใช้ Thin Layer Chromatography/Flame Ionization Detection (TLC/FID) ใช้แท่ง Scanned quartz แบบsilica gel powder coated Chromarod S III) และวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในรูปของ Fatty acid methyl ester (FAME) โดยใช้วิธี Gas Chromatography/Flame Ionization Detection (GC-FID) ใช้คอลัมน์ชนิด fused silica capillary column Carbowax -30 M (30 m, 0.25 mm ID) เครื่อง GC รุ่น GC-14A

5. การแยกส่วนโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน : นำเนื้อปลาดุกสดทั้งสองชนิดไปวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (sarcoplasmic protein) โปรตีนไมโอฟิบริล (myofibrilla protein) โปรตีนที่ละลายได้ในด่าง (alkali-soluble protein) และโปรตีนสโตรมา (stroma protein) ตามวิธีของ Hashimoto และคณะ[3] วิเคราะห์รูปแบบของโปรตีนแต่ละชนิดโดยใช้วิธี Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) โดยใช้ running gel ร้อยละ 10 และ stacking gel ร้อยละ 4 ตามวิธีของ Laemmli [4]

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ : วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 [5] ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของปลาดุกสดทั้งปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ปลาดุกทั้งสองชนิดมีความชื้นในส่วนหนังและกล้ามเนื้อ ร้อยละ 69.69-73.31 และเถ้าร้อยละ 1.21-1.18 ความชื้นและเถ้าของกล้ามเนื้อและหนังของปลาดุกทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล้ามเนื้อของปลาดุกธรรมชาติมีโปรตีน ร้อยละ 20.26 ส่วนปลาดุกเลี้ยงมีโปรตีน ร้อยละ 18.20 กล้ามเนื้อและหนังของปลาดุกเลี้ยงมีไขมัน ร้อยละ 4.79 และ 17.56 ตามลำดับ ในขณะที่ปลาดุกธรรมชาติมีไขมันในกล้ามเนื้อ ร้อยละ 3.19 และในหนัง ร้อยละ 10.66 จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าส่วนหนังของปลาดุกทั้งสองชนิดมีไขมันสูงกว่าในส่วนกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งในส่วนหนังของปลาดุกมีไขมันสูงกว่าในกล้ามเนื้อประมาณ 3 เท่า เนื่องจากปริมาณไขมันจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะในด้านประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้องกับ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส การที่ปลาดุกทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณไขมันแตกต่างกัน อาจจะมีผลให้ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกทั้งสองชนิดนี้มีคุณภาพแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณไขมันที่สูงนี้อาจจะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการผลิตปลาดุกร้าทั้งในกระบวนการหมักและกระบวนการทำแห้ง นอกจากนี้อาจจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ปลาดุกมีไขมันและโปรตีน เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกันนั้น อาจเนื่องมาจากอาหารที่ปลาดุกทั้งสองชนิดได้รับแตกต่างกัน [6] ปลาดุกที่เลี้ยงในฟาร์มมีการให้อาหารที่มีปริมาณไขมันสูงเพื่อเร่งการเจริญเติบโต ในขณะที่ปลาดุกจากธรรมชาติสามารถหาอาหารที่มีไขมันสูงในธรรมชาติได้ยาก จึงมีผลให้ปลาดุกเลี้ยงมีไขมันสะสมในหนังและกล้ามเนื้อมากกว่าปลาดุกธรรมชาติ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาดุกทั้งสองชนิดมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยอื่น [7-8] ซึ่งปลาดุกสามารถเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 17.8 -

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของปลาดุกสดและปลาดุกร้าที่ได้จากส่วนกล้ามเนื้อและส่วนหนังของปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยง (กรัม/100 กรัม)

องค์ประกอบทางเคมี	ปลาดุกธรรมชาติสด (%)		ปลาดุกเลี้ยงสด (%)		ปลาดุกธรรมชาติร้า (%)		ปลาดุกเลี้ยงร้า (%)	
	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง
ความชื้น	69.69[a]	70.22[a]	73.31[a]	73.30[a]	35.32[b]	31.62[b]	39.64[b]	28.34[b]
โปรตีน	20.62[b]	14.21[b]	18.20[b]	7.23[c]	42.10[a]	31.21[a]	34.26[a]	24.94[b]
ไขมัน	3.19[c]	10.66[b]	4.79[c]	17.56[b]	8.86[c]	23.03[a]	13.66[b]	36.04[a]
เถ้า	1.21[b]	1.33[b]	1.18[b]	1.11[b]	10.58[a]	8.43[a]	10.71[a]	9.44[a]

[1]อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

18.68 จากการวิเคราะห์รวมทั้งในส่วนเนื้อและหนัง พบว่าปลาดุกมีปริมาณไขมันสูง ถึงร้อยละ 14.7 [7] ในขณะที่ Chumnawang *et al.* [8] รายงานว่า กล้ามเนื้อของปลาดุกบิ๊กอุยที่เลี้ยงจากฟาร์มมีไขมันร้อยละ 3.0 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกอุยธรรมชาติและปลาดุกบิ๊กอุยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแสดงในตารางที่ 1 พบว่า กล้ามเนื้อปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติ ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 35.32 โปรตีนร้อยละ 42.10 และ ไขมันร้อยละ 8.86 และเถ้า ร้อยละ 10.58 ส่วนกล้ามเนื้อปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงมีความชื้น ร้อยละ 39.64 โปรตีนร้อยละ 34.26 ไขมันร้อยละ 13.66 และ เถ้าร้อยละ 10.71 เมื่อวิเคราะห์ในส่วนหนังของปลาดุกร้าทั้งสองชนิด พบว่าหนังปลาดุกธรรมชาติประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 31.62 โปรตีนร้อยละ 31.21 ไขมันร้อยละ 23.03 และเถ้าร้อยละ 8.43 ในขณะที่หนังปลาดุกเลี้ยงประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 28.34 โปรตีนร้อยละ 24.94 ไขมันร้อยละ 36.04 และเถ้าร้อยละ 9.44 จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ปลาดุกร้ามีเถ้าเป็นองค์ประกอบที่สูงโดยมีค่าระหว่าง ร้อยละ 8.43 และ 10.71 เนื่องจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักด้วยเกลือและน้ำตาล ประมาณ ร้อยละ 10 ในระหว่างการหมักโมเลกุลของเกลือสามารถเกิดเข้าไปแทนที่น้ำในกล้ามเนื้อและหนังของปลาดุก ทำให้น้ำในเนื้อและหนังปลาดุกลดลง และเมื่อผ่านการทำแห้งโดยการตากแดดปริมาณน้ำในปลาดุกยิ่งลดลง เมื่อนำปลาดุกร้ามาวิเคราะห์ปริมาณเถ้าพบว่ามีเถ้าในปริมาณที่สูง เนื่องจากปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อปลานั่นเอง ซึ่งให้ผลการศึกษาเป็นไปในทางเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในปลาดุกร้าที่ผลิตจากกลุ่มปลาดุกร้าท่าซักในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีเถ้าอยู่สูงถึงร้อยละ 21.82 [9] ปลาดุกร้ามีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับปลาดุกแดดเดียว แต่ปลาดุกร้ามีความชื้น ค่า a_w น้อยกว่าปลาดุกแดดเดียว ซึ่งปลาดุกแดดเดียวประกอบด้วยปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เกลือ เท่ากับ ร้อยละ 64.71, 20.15, 9.75, 4.54, 2.51 ตามลำดับ และมี pH และ a_w เท่ากับ 6.4 และ 0.97 [10] ปลาดุกร้าสามารถเป็นแหล่งอาหารโปรตีน โดยเฉพาะในส่วนกล้ามเนื้อซึ่งประกอบด้วยโปรตีนในปริมาณสูงกว่าส่วนหนัง ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้พบว่าปลาดุกอุยมีปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อและส่วนหนังสูงกว่าปลาดุกบิ๊กอุย แต่ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกบิ๊กอุยมีไขมันสูงกว่าปลาดุกอุยทั้งในส่วนของกล้ามเนื้อและส่วนหนัง ($P \leq 0.05$) โดยเฉพาะในส่วนหนังของปลาดุกร้าทั้งสองชนิดมีไขมันเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงเช่นเดียวกับปลาดุกสด แต่ปลาดุกร้ามีไขมันในปริมาณสูง

กว่าปลาดุกสดประมาณ 2 เท่า ซึ่งอาจเกิดจากการกระบวนการทำแห้งปลาดุกร้าที่ทำให้น้ำอิสระถูกระเหยออกไปจนมีความชื้นของปลาดุกร้าทั้งสองชนิดทั้งในส่วนหนังและกล้ามเนื้อ เหลือร้อยละ 28.34 -39.64 จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของไขมันในกล้ามเนื้อสูงขึ้น ซึ่งให้ผลในลักษณะเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของโปรตีนเมื่อผ่านกระบวนหมักและการทำแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

2. การเปลี่ยนแปลงของไขมัน

องค์ประกอบของไขมัน (Lipid Composition) และรูปแบบของกรดไขมัน (Fatty Acid Profile) ปลาดุกทั้งสองชนิด แสดงในตารางที่ 2 และ 3 ไขมันจากส่วนเนื้อของปลาดุกธรรมชาติมีไขมันประเภทฟอสฟอลิพิด เป็นองค์ประกอบหลัก ร้อยละ 90.42 และตามด้วยไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 7.98 แต่อย่างไรก็ตามกล้ามเนื้อของปลาดุกเลี้ยงมีไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก ร้อยละ 76.44 ในส่วนหนังของปลาดุกธรรมชาติมีไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 86.14 และในส่วนหนังของปลาดุกเลี้ยง ร้อยละ 96.41 ดังนั้นไขมันส่วนใหญ่ในปลาดุกจึงเป็นไขมันสะสม (Storage Lipid) ซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ในปริมาณที่สูง ในบรรดากรดไขมันทั้งหมด กรดไขมันชนิด C18 : 1 เป็นองค์ประกอบหลักของไขมันประเภทไม่อิ่มตัว และ C16 : 0 เป็นไขมันชนิดหลักในของไขมันชนิดอิ่มตัว นอกจากนี้พบว่าไขมันจากปลาดุกมีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณที่สูง (ร้อยละ 47.68 – 58.15) แต่อย่างไรก็ตามกล้ามเนื้อของปลาดุกธรรมชาติมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated Fatty Acid) ในปริมาณที่สูงกว่าในกล้ามเนื้อของปลาดุกเลี้ยง ไขมันในกล้ามเนื้อปลาดุกธรรมชาติ ประกอบด้วย Docosahexaenoic acid (DHA) ร้อยละ 7.57 และ Eicosapentaenoic acid (EPA) ร้อยละ 12.18 ไขมันในหนังปลาดุกธรรมชาติประกอบด้วย DHA ร้อยละ 3.00 และ EPA ร้อยละ 4.54 เนื้อปลาดุกเลี้ยงมี DHA ร้อยละ 5.43 และ EPA ร้อยละ 0.96 การที่ปลาดุกทั้งสองเกิดนี้มีชนิดของกรดไขมันที่แตกต่างกัน อาจจะเนื่องมาจากอาหารและแหล่งที่อยู่อาศัยของปลาดุกที่แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างของแหล่งน้ำ และชนิดของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของไขมันและชนิดของไขมันแตกต่างกัน [7] เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการหมักและการทำแห้งโดยการตากแดดเป็นผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ส่งผลให้องค์ประกอบของไขมันของปลาดุกร้าเปลี่ยนแปลงลงไปอย่างมาก กล่าวคือ มีผลให้ปลาดุกร้าทั้งสองชนิดมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปลาดุกสด นอกจากนี้ปริมาณกรด

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของไขมันของปลาดุกสดและปลาดุกร้าที่ได้จากส่วนกล้ามเนื้อและส่วนหนังของปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยง (กรัม/100 กรัมไขมัน)

องค์ประกอบไขมัน	ปลาดุกธรรมชาติสด (%)		ปลาดุกเลี้ยงสด (%)		ปลาดุกธรรมชาติร้า (%)		ปลาดุกเลี้ยงร้า (%)	
	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง
ไตรกลีเซอร์ไรด์	7.98^{f}	86.14^{d}	76.44^{c}	96.41^{a}	47.51^{d}	91.67^{b}	41.49^{e}	92.58^{b}
กรดไขมันอิสระ	ND^{f}	ND^{f}	ND^{f}	0.67^{e}	14.74^{b}	5.43^{c}	44.86^{a}	4.87^{c}
ไดกลีเซอร์ไรด์	0.71^{c}	1.49^{b}	1.16^{b}	0.35^{d}	4.03^{a}	0.93^{b}	1.21^{b}	0.86^{b}
ฟอสโฟลิปิด	90.42^{a}	12.37^{d}	22.39^{c}	2.56^{e}	33.42^{b}	1.65^{f}	12.45^{d}	1.15^{f}

[1]อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ND = ตรวจไม่พบ (Non Detectable)

ตารางที่ 3 ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันปลาดุกสดที่ได้จากส่วนกล้ามเนื้อและส่วนหนังจากปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยง (กรัม/100 กรัมไขมัน)

กรดไขมัน	ปลาดุกธรรมชาติสด (%)		ปลาดุกเลี้ยงสด (%)		ปลาดุกธรรมชาติร้า (%)		ปลาดุกเลี้ยงร้า (%)	
	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง	กล้ามเนื้อ	หนัง
C12:0	0.00[a]	0.60[a]	0.69[a]	0.52[a]	0.98[a]	1.55[a]	0.14[a]	0.15[a]
C14:0	0.88[a]	1.84[a]	1.66[a]	1.44[a]	3.23[a]	4.77[a]	1.28[a]	1.34[a]
C15:0	0.68[a]	1.47[a]	0.38[a]	0.33[a]	1.37[a]	1.67[a]	0.13[a]	0.15[a]
C16:0	24.11[a]	24.17[a]	25.60[a]	25.11[a]	22.11[a]	22.72[a]	23.45[a]	24.70[a]
C16:1 n-7	2.13[a]	5.93[a]	1.25[a]	2.06[a]	3.30[a]	4.28[a]	1.46[a]	1.55[a]
C18:0	9.62[a]	9.82[a]	10.38[a]	9.93[a]	9.36[a]	9.12[a]	9.77[a]	10.52[a]
C18:1 n-9	18.31[b]	20.50[b]	32.70[a]	32.03[a]	21.79[a]	24.51[a]	36.99[a]	36.78[a]
C18:1 n-7	5.29[a]	4.44[a]	1.51[a]	1.57[a]	4.65[a]	4.09[a]	2.26[a]	2.08[a]
C18:2 n-6	8.49[b]	7.08[b]	14.29[a]	14.00[a]	8.34[b]	8.72[b]	16.57[a]	16.21[a]
C20:0	ND	0.44[a]	0.23[a]	0.19[a]	0.30[a]	0.47[a]	0.11[a]	0.15[a]
C20:2 n-6	ND	0.63[a]	1.09[a]	1.20[a]	0.96[a]	1.77[a]	0.93[a]	0.91[a]
C20:4 n-6	2.86[a]	1.58[a]	0.86[a]	0.93[a]	1.24[a]	1.03[a]	0.21[a]	0.22[a]
C20:5 n-3(EPA)	12.18[a]	4.54[b]	0.73[b]	0.96[b]	6.54[b]	3.26[b]	1.27[b]	0.94[b]
C22:6 n:3(DHA)	7.57[a]	3.00[b]	4.27[b]	5.43[a]	3.90[b]	1.26[b]	1.04[b]	0.46[b]
Unidentified peak	7.90[b]	14.00[a]	4.42[b]	4.34[b]	11.97[a]	10.83[a]	4.42[b]	3.88[b]
Total Saturated	35.29[a]	38.32[a]	38.92[a]	3.51[b]	37.34[a]	40.28[a]	34.87[a]	37.00[a]
Total Monounsaturated	25.73[b]	30.87[a]	35.45[a]	35.65[a]	29.74[a]	32.88[a]	40.71[a]	40.40[a]
Total Polyunsaturated	31.08[a]	16.82[b]	21.22[a]	22.51[a]	20.97[a]	16.03[b]	20.01[a]	18.73[b]

[1]อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
ND = ตรวจไม่พบ (Non Detectable)

ไขมันอิสระในกล้ามเนื้อปลาดุกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนไตรกรีเซอไรด์และฟอสฟอลิพิดมีค่าลดลง รวมทั้งมีการลดลงของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงได้แก่ EPA และ DHA ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจจะเกิดจากการย่อยสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์และฟอสฟอลิพิด อันเนื่องมาจาก การทำงานของเอนไซม์ลิเพส (Lipase) และฟอสโฟลิเพส (Phospholipase) นอกจากนี้ยังพบว่าการทำแห้งและการหมักปลาดุกร้ามีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันในปลาดุกร้า [11]

3. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน

โปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non – Protein Nitrogen: NPN) ของปลาทั้งสองชนิดแสดงในตารางที่ 4 โปรตีนไมโอไฟบริล จัดเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาดุกเลี้ยงและ

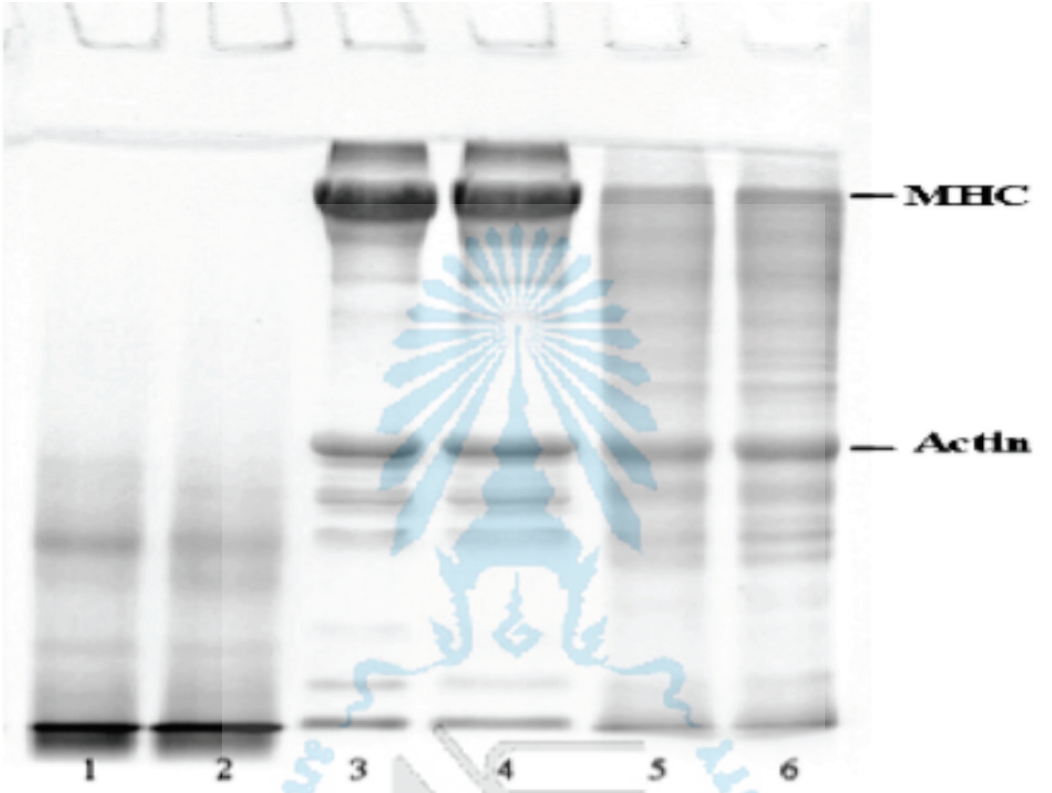
ตารางที่ 4 การแยกส่วนโปรตีนกล้ามเนื้อปลาดุกสดจากปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยง

การแยกส่วนโปรตีน	ปลาดุกธรรมชาติ (%)	ปลาดุกเลี้ยง (%)
สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน	4.93	4.12
โปรตีนซาร์โคพลาสมิก	8.20[a](29.23) [2]	8.23[a] (29.90) [2]
โปรตีนไมโอไฟบริล	15.44[a] (55.04) [2]	13.88[a] (50.44) [2]
โปรตีนที่ละลายในด่าง	3.83[a] (13.64) [2]	4.45[a] (16.17) [2]
โปรตีนสโตมา	0.58[a] (2.07) [2]	0.96[a] (3.49) [2]

[1] อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)
[2] ค่าร้อยละของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อปลาดุกอุยและปลาดุกบิ๊กอุย

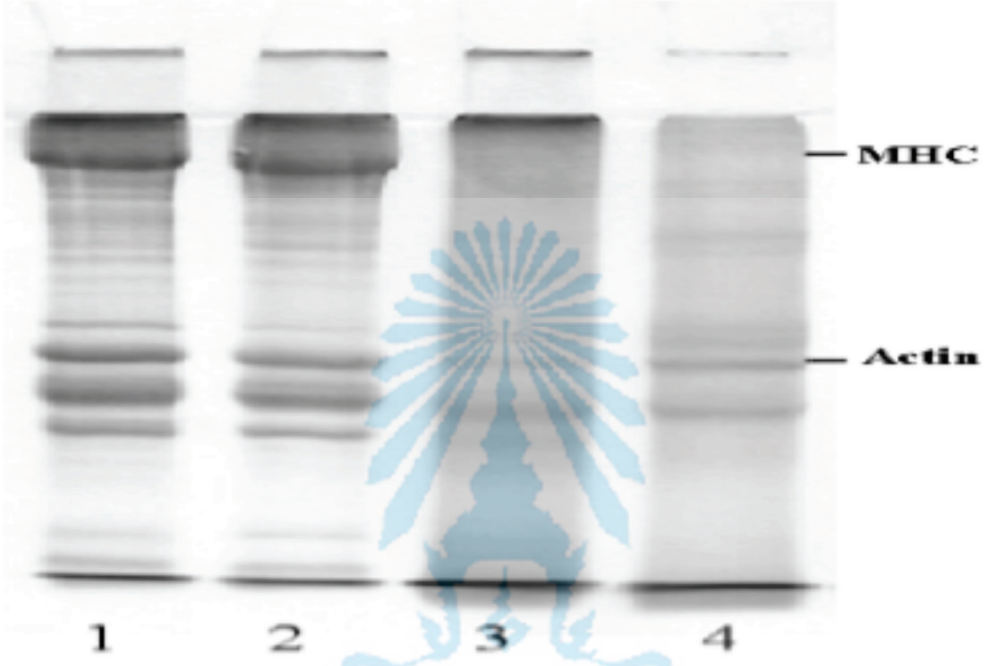
ปลาดุกธรรมชาติ ซึ่งประกอบอยู่ร้อยละ 50.44 – 55.04 ปลาดุกธรรมชาติมีโปรตีนไมโอไฟบริลสูงกว่าปลาดุกเลี้ยง (P≤0.05) โดยทั่วไปกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำมีโปรตีนไมโอไฟบริล ในช่วงร้อยละ 40-60 ของโปรตีนทั้งหมด ซึ่งปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริล นั้นจะมีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic Protein) เป็นโปรตีนที่มีปริมาณอันดับสอง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 29.23 – 29.90 โปรตีนซาร์โคพลาสมิกเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในซาร์โคพลาซึม ซึ่งมีโปรตีนชนิดต่าง ๆ ดังนี้ ไมโอโกลบิน เอนไซม์และแอลบูมิน ปลาดุกเลี้ยงมีโปรตีนสโตมาสูงกว่าปลาดุกธรรมชาติ โปรตีนชนิดนี้เป็นโปรตีนที่เหลือจากการสกัดโปรตีนไมโอไฟบริลและโปรตีนซาร์โคพลาสมิก โปรตีนสโตมา ประกอบด้วย คอลลาเจนและอีลาสติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยทั่วไปแล้วกล้ามเนื้อปลาประกอบด้วยคอลลาเจนประมาณร้อยละ 0.2-2.2 ซึ่งปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อปลาขึ้นอยู่กับชนิดของโครงสร้างอาหารของปลา และช่วงชีวิตของสัตว์น้ำ การที่ปริมาณคอลลาเจนสูงมักบ่งบอกถึงความเหนียวของกล้ามเนื้อ ดังนั้น การที่ปลาดุกเลี้ยงมีปริมาณโปรตีนสโตมาสูงกว่าปลาดุกธรรมชาติ จึงส่งผลให้ปลาดุกเลี้ยงชนิดนี้มีความเหนียวสูงกว่า ปลาดุกธรรมชาติ ปลาดุกมีสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน 4.93 และ 4.13 มิลิกรัมไนโตรเจนต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ปลาน้ำจืดในประเทศไทยมี NPN ร้อยละ 7-14 และปลาดุกไทยมี NPN ร้อยละ 10 [8] ค่า NPN มักจะใช้ในการประเมินคุณภาพสัตว์น้ำ ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเฉพาะในด้านกลิ่นและรสชาติ สารที่มี NPN เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ กรดอะมิโนอิสระ เพปไทด์ เอมีน เอมีนออกไซด์ ควอนีดีน สารประกอบแอมโมเนีย ฟอลิเอมีน นิวคลีโอไทด์ [12] ซึ่งสารประกอบต่างๆ เหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งใช้ในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหาร เนื่องจากองค์ประกอบของโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสัตว์น้ำ ดังนั้น การที่โปรตีนของปลาดุกทั้งสองชนิดมีค่าแตกต่างกัน มีผลกระทบโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากปลาดุกร้า เมื่อศึกษารูปแบบโปรตีนของกล้ามเนื้อของปลาดุกทั้งสองชนิด โดยใช้ SDS – PAGE (รูปที่ 1)

พบว่า โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยจะอยู่ในส่วนของโปรตีนซาร์โคพลาสมิก สำหรับโปรตีนไมโอไฟบริล พบโปรตีนหลัก อยู่ 2 ชนิด คือ ไมโอซิน (Myosin)



รูปที่ 1 รูปแบบ SDS-PAGE ของโปรตีนกล้ามเนื้อปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยง
แถวที่ 1 โปรตีนซาร์โคพลาสมิกของปลาดุกธรรมชาติ
แถวที่ 2 โปรตีนซาร์โคพลาสมิกของปลาดุกเลี้ยง
แถวที่ 3 โปรตีนไมโอไฟบริลของปลาดุกธรรมชาติ
แถวที่ 4 โปรตีนไมโอไฟบริลของปลาดุกเลี้ยง
แถวที่ 5 โปรตีนที่ละลายในด่างของปลาดุกธรรมชาติ
แถวที่ 6 โปรตีนที่ละลายในด่างของปลาดุกเลี้ยง

แอคติน (Actin) โปรตีนที่ละลายได้ในด่างมีแถบโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก กล้ามเนื้อของปลาดุกสดทั้งสองชนิดไม่ต่างกันเมื่อศึกษารูปแบบ SDS–PAGE ของปลาดุกสดและปลาดุกร้าทั้งสองชนิด (รูปที่ 2) พบว่า เมื่อผ่านกระบวนการหมักและการทำแห้ง โปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ โดยเฉพาะ Myosin heavy chain (MHC) และ Actin ได้ถูกย่อยสลายไปทำให้ไม่สามารถเห็นแถบโปรตีนดังกล่าวจาก SDS–PAGE ได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงมีการลงของแถบโปรตีนมากกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติ ซึ่งอาจจะเกิดจากการย่อยโปรตีนโดยเอนไซม์และจุลินทรีย์ จากการทดลองทำให้ผลการศึกษาเป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาของ Thanonkaew และ คณะ [13] ซึ่งพบว่า ปลาดุกร้าที่ผ่านการหมักและการทำแห้งมีการเพิ่มขึ้นของค่า Total volatile base (TVB) และ Trichloroacetic acid (TCA) – Soluble peptide ซึ่งบ่งบอกถึงการย่อยสลายโปรตีน อาจจะเกิดมาจากการทำงานของเอนไซน์ในกล้ามเนื้อและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น



รูปที่ 2 รูปแบบ SDS-PAGE ของกล้ามเนื้อปลาดุกสดและปลาดุกร้า
แถวที่ 1 โปรตีนกล้ามเนื้อปลาดุกธรรมชาติสด
แถวที่ 2 โปรตีนกล้ามเนื้อปลาดุกเลี้ยงสด
แถวที่ 3 โปรตีนกล้ามเนื้อปลาดุกร้าที่ผลิตจากธรรมชาติ
แถวที่ 4 โปรตีนกล้ามเนื้อปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง

สรุปผลการวิจัย

การแปรรูปปลาดุกร้าโดยการหมักและการทำแห้งมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและโปรตีนในกล้ามเนื้อและหนังของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ จากการทดลองพบว่าปลาดุกธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงของไขมันและโปรตีนมากกว่าปลาดุกเลี้ยง

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้หากไม่ได้รับโอกาสและทุนสนับสนุน จากงบประมาณสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2550 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา สนับสนุนสารเคมีและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า และขอบคุณหน่วยวิจัยอาหารท้องถิ่นภาคใต้ในการทำหน้าที่ประสานงานกับทุกฝ่ายจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] AOAC. (1999). **Official Method of Analysis.** 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

[2] Bligh, E.G. and Dyer, W.J. (1959). Lipid extraction from fish muscle. **Can. J. Biochem. Physiol. 37**: 911- 931.

[3] Hashimoto, K., Watabe, S., Kono, M. and Skiro, K. (1979). Muscle protein composition of sardine and mackerel. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 45**: 1435-1441.

[4] Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during a assembly of head of bacteriophage T4. **Nature. 227**: 680-685.

[5] Steel, R.G.D. and Torrie, J. H. (1980). **Principles and procedures of statistics: A biometrical Approach.** McGraw-Hill. New York.

[6] Shirai, N., Suzuki, H., Tokairin, S. Ehara, H. and Wada, S. (2002). Dietary and seasonal effect on the dorsal meat lipid composition of Japannese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus* and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias galipinus*). **Food Chem. 132**: 609-619.

[7] Puwastein, P., Judprosong, K., Kettwan, E., Vasanachitt, K., Nakngamanong, Y. and Bhattacharjee, L. (1999). Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. **Food Comp. Anal.12**, 9-12.

[8] Chomnawang, C., Nantachai, K. Yongsawatdigul, J. Thawornchinsombut, S. and Tungkawacgara. S. (2007). Chemical and biochemical changes of hydride catfish fillet stored at 4 °C and it gel properties. **Food Chem. 103**, 420-427.

[9] เพ็ญศรี บุญเรือง. (2549). **การแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำและการควบคุมคุณภาพ.** กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กรุงเทพ ฯ.

[10] วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ, สินีนาฏ อรรถโชติศักดา, จณิสตา ภัทรวัฒน์, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง.(2549). **การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2549.** กองพัฒนาคุณภาพสัตว์น้ำ กรมประมง.

[11] Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, Ranungrat, W., Auksornnieum, A. (2008). **Effect of drying and fermentation on changes of catfish lipid.** The 99th AOCS Annual Meeting and Expo. May 18-21. 2008. Seattle. Washington. USA.

[12] Sikorski, Z.E.(1994). **The myofibrillar proteins in seafoods. In Seafood Proteuns.** Chapman & Hall. New York.

[13] Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, P. Pecharat, S., Benjakuk, S. (2007). **Influence of sugar and salt on physical, chemical and sensor properties of dry fermented catfish (Pla-duk-ra).** 10th ASEAN Food Conference, 21-23, August 2007. Kuala Lumpur, Malaysia.