

ผลของน้ำมันปลาหนังน้ำจืดต่อการเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชัน
และปริมาณกรดไขมันโอเมก้าในปลาหนังลูกผสม

Effect of freshwater fish oil on growth, oxidative stress
and omega-fatty acid content in hybrid catfish

สิทธิกรณ์ อยู่แจ่ม¹ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน¹ ชุตินา ศรีมะเร็ง²และ ดวงพร อมรเลิศพิศาล^{1*}
Sittikorn Yoojam¹, Kriangsak Mengumphan¹, Chutima Srimaroeng² and Dounporn Amornlerdpison^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

²ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

¹Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

²Department of Physiology, Faculty of Medicine, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand, 50200

*doungpornfishtech@gmail.com

บทคัดย่อ

ก้อนไขมันปลาที่เป็นเศษเหลือจากการแปรรูปปลาหนังน้ำจืดถูกนำมาสกัดเป็นน้ำมันปลาเพื่อเสริมในอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลา ผลจากการศึกษาพบว่าก้อนไขมันปลาหนัง 1 กก. สกัดได้ปริมาณน้ำมันปลาเท่ากับ 700 มล. โดยในน้ำมันปลา 100 กรัม มีส่วนประกอบของไขมันไม่อิ่มตัว 52.56 กรัม ซึ่งประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนชนิดโอเมก้า 3, 6 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวชนิดโอเมก้า 9 เท่ากับ 0.92, 12.0 และ 37.0 กรัม ตามลำดับ จากนั้นศึกษาการเสริมน้ำมันปลาน้ำจืดในปลาหนังลูกผสมเป็นเวลา 5 เดือน พบว่าปลาหนังที่เลี้ยงด้วยน้ำมันปลาที่ระดับ 5% มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าทุกหน่วยการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันในทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโดยเฉพาะไขมันชนิดโอเมก้า 3 ในเนื้อปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำมันปลาที่ระดับ 5% มีค่ามากกว่าทุกหน่วยการทดลอง ส่วนการประเมินภาวะเครียดออกซิเดชันในปลาหนังลูกผสม พบว่า ระดับของลิปเปอร์ออกซิเดชันลดลงในเดือนที่ 1 ของการทดลองในปลาหนังที่ได้รับน้ำมันปลาเสริม ดังนั้นน้ำมันปลาที่สกัดได้จากก้อนไขมันปลาน้ำจืดที่เป็นเศษเหลือใช้จากการแปรรูปอุตสาหกรรมประมงจึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ: น้ำมันปลาน้ำจืด เศษเหลือ การเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชัน ปริมาณไขมันโอเมก้า

Abstract

By-products, particularly the adipose tissues from freshwater catfish processing were extracted to fish oil and supplemented in fish feed. Growth performance, oxidative defense and content of omega-fatty acid in fillet were investigated in hybrid catfish (*Pangasius* sp.). The results found that the yield of crude oil was 700 ml from 1 kg of adipose tissues. The fatty acid composition of crude oil were found to be the content of unsaturated fatty acid 52.56 g. Consisting of omega-3, 6 and 9 fatty acid contents were 0.92, 12.0, and 37.0 g per 100 g, respectively. The freshwater fish oil

supplement was studied on growth performances in hybrid catfish for 5 months. Results revealed that catfish treated with 5% fish oil supplemented feed increased body weight significantly ($p < 0.05$). However, the feed conversion rates and average daily gain in all groups were not significantly different. In addition fillet of catfish receiving 5% fish oil, the muscle showed high content of unsaturated fatty acid, especially omega 3-fatty acid. In oxidative defense, it was also found that a significant decrease in lipid peroxidation was observed in catfish supplemented with fish oil in the first month period. In conclusion, the freshwater fish oil from by-product of fishery industry was able to be used as a dietary supplement in aquaculture.

Keywords: freshwater fish oil, by-products, growth, oxidative stress, omega fatty acid

คำนำ

ไขมันเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลา โดยเป็นทั้งแหล่งให้พลังงานและเป็นตัวทำละลายวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายชนิดที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ ดี และอี ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมของไขมันโดยเฉพาะไขมันชนิดโอเมก้า 3, 6 และ 9 ที่มีมากในน้ำมันปลาที่สกัดจากปลาทะเลจึงได้รับความนิยมในการนำไปใช้ผสมในอาหารเพื่อใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากมีรายงานวิจัยจำนวนมากพบว่า การเสริมไขมันปลาจากปลาทะเลช่วยให้ปลามีน้ำหนักตัวดี มีการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้อัตราการรอดสูง เพิ่มภูมิคุ้มกันช่วยให้ปลาทนต่อโรคและยังให้เนื้อที่มีคุณภาพดีอีกด้วย อย่างไรก็ตามอาหารที่เสริมด้วยน้ำมันปลาที่สกัดจากปลาทะเลยังมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นมาก จึงควรหาแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายโดยใช้ไขมันปลาที่สกัดได้จากเศษเหลือใช้จากการแปรรูปในอุตสาหกรรมประมงน้ำจืดแทนการใช้ไขมันปลาจากปลาทะเลซึ่งส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีปริมาณการนำเข้าน้ำมันปลาในปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 7,137 ตัน รวมมูลค่า 270 ล้านบาท (Information Technology Center, 2010) โดยมีแนวโน้มนำเข้าเพิ่มมากขึ้นทุกปี

ปัจจุบันปลาน้ำจืดกลุ่มปลาสวายกำลังเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเนื้อปลามีสีขาวรสชาติดี สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย โดยมีภาคเอกชนในระดับอุตสาหกรรมได้ทำการแปรรูปส่งขายในรูปแบบของเนื้อปลาแล่เป็นชิ้น (fillet) และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในรูปแบบพร้อมรับประทาน ไปยังตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะตลาดสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา รัสเซีย และอีกหลายประเทศในแถบเอเชีย อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าว ส่วนใหญ่นำเอาเฉพาะเนื้อปลามาแปรรูปเท่านั้น จึงทำให้มีก้อนไขมันที่เป็นของเหลือจากการแล่เนื้ออยู่จำนวนมากและไม่ถูกใช้ประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าเท่าที่ควร จากการศึกษาของ Doungporn *et al.*, (2010) พบว่า มีน้ำมันปลาที่สกัดจากก้อนไขมันปลาน้ำจืดลูกผสม (พ่อปลาเทโพ x แม่ปลาสวาย) น้ำหนัก 100 กรัม มีส่วนประกอบของไขมันไม่อิ่มตัวเท่ากับ 51.09 กรัม ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เช่น กรดไขมันชนิดโอเมก้า 9 (Oleic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนชนิดกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ได้แก่ ALA (alpha-linolenic acid), EPA (Eicosapentaenoic acid) และ DHA (Docosahexaenoic acid) และกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ได้แก่ กรดไลโนเลนิก (Gamma-Linolenic acid) นอกจากนี้น้ำมันปลาที่สกัดได้ยังมีฤทธิ์ชีวภาพ

ในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยควบคุมระดับของกลูโคสและไขมันชนิดต่างๆ ในเลือดที่สูงให้กลับเข้าสู่ค่าปกติ โดยมีประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างไปจากน้ำมันปลาที่สกัดจากปลาทะเล (marine fish oil) ที่มีวางขายในท้องตลาดที่มีราคาแพง

สาเหตุที่ทำให้ปลาเกิดความเครียด ได้แก่ อาหาร คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำ ความหนาแน่น สารพิษและมลภาวะสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งความเครียดดังกล่าวมีผลทำให้ปลาเกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่เป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) หรือต่อ membrane phospholipids ที่มีหัวตัวปลา เกิดการออกซิเดชันของไขมัน หรือภาวะ lipid peroxidation ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของทั้งไขมันและโปรตีนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในเซลล์และที่อยู่พื้นผิวของเซลล์ได้ ในภาวะที่ร่างกายมีสารอนุมูลอิสระมากเกินไปทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ทำให้เกิดการอักเสบ และทำลายเนื้อเยื่อขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการป่วยและตายของปลาต่อไปได้ (Van der Oost *et al.*, 2003) การประเมินภาวะเครียดออกซิเดชันในปลานิยมใช้การวัดปริมาณ lipid peroxide ออกซิเดชันที่เกิดขึ้น ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงภาวะถูกออกซิไดส์ที่มากเกินไปจนเกินสมดุล (Avci *et al.*, 2005; Solé *et al.*, 2008).

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงนำน้ำมันปลาที่สกัดจากก้อนไขมันปลาหนึ่งน้ำจืดซึ่งเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาหนึ่งน้ำจืดมาเพิ่มมูลค่าเป็นอาหารปลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อการเจริญเติบโต ปริมาณไขมันโอเมก้าในเนื้อปลาและภาวะเครียดออกซิเดชัน ซึ่งผลจากการศึกษาจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มของเศษเหลือทางอุตสาหกรรมประมงน้ำจืดให้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในสัตว์น้ำที่สามารถใช้ทดแทนการนำเข้าน้ำมันปลาจากปลาทะเลได้อย่างเป็นรูปธรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมน้ำมันปลา

นำก้อนไขมันปลาหนึ่งน้ำจืดลูกผสม (พ่อปลาเทโพ x แม่สวาย) ที่เหลือจากการแล่เนื้อจาก บริษัทไทย บังก้าฟาร์ม อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ โดยนำส่วนของก้อนไขมันปลาไปนึ่งด้วยไอน้ำที่ 90-100 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่องบีบอัด (hydraulic press) เพื่อแยกส่วนที่เป็นของเหลวออกจากกาก กรองต่อด้วยผ้าขาวบาง แล้วทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้น้ำมันปลา (freshwater fish oil) ที่เป็นส่วนผสมอยู่ในส่วนบน

2. การเตรียมสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลา

นำน้ำมันปลาที่สกัดได้จากข้อ 1. มาใช้ผสมอาหารปลาชนิดเม็ดแบบจมที่มีระดับโปรตีน 30% โดยทุกสูตรมีพลังงานในระดับมาตรฐานประมาณ 450 (kcal/g) วัตถุดิบหลักประกอบด้วยปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว รำข้าว น้ำมันพืชและ/หรือน้ำมันปลา และวิตามินรวม (พรีมิกซ์) อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลองเท่ากับ 3% ของน้ำหนักตัว/วัน ให้วันละ 3 ครั้ง สูตรอาหารแสดงใน Table 1 โดยการคำนวณพลังงานเป็นแบบ Gross energy (GE)

3. สัตว์ทดลอง

ปลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ลูกปลาจากฐานเรียนรู้ปลาบึกแบบบูรณาการจาก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นปลาหนังลูกผสม รุ่นที่ 2 (พ่อปลาบึก x แม่ปลาสวาย) อายุ 1 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 50 กรัม อัตราการปล่อย 20 ตัว/ตารางเมตร จากนั้นนำปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังก่อน เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน

Table 1 Feed ingredients of the dietary treatments

Ingredients	T1	T2	T3
	Soybean oil 10%	Fish oil 10%	Fish oil 5% + Soybean oil 5%
Fish meal	20	20	20
Soybean meal	33	33	33
Broken rice	14	12	13
Rice bran	22	24	23
Freshwater fish oil	0	10	5
Soybean oil	10	0	5
Multi-Vitamin (Premix)	1	1	1
Energy (Kcal/g)	453.88	454.78	454.31
Protein (%)	30.03	30.05	30.04

4. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสม

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งการทดลองเป็น 3 หน่วยการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยศึกษาระดับการให้น้ำมันปลาที่สกัดจากไขมันของปลาหนังน้ำจืดผสมในอาหารปลาที่ระดับต่างกัน

หน่วยการทดลองที่ 1 อาหารสูตรมาตรฐานมีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนผสม 10%

หน่วยการทดลองที่ 2 อาหารสูตรผสมน้ำมันปลา 10%

หน่วยการทดลองที่ 3 อาหารสูตรผสมน้ำมันปลา 5% ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5%

ทุกหน่วยการทดลองเลี้ยงปลาหนังในกระชังมุ้งฟ้าขนาด 1.5x1.5x1.5 ม. และติดตั้งกระชังในบ่อดิน โดยแขวนให้กระชังลึก 1.2 เมตร รวมจำนวน 9 กระชัง ทำการประเมินการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสม เช่น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดจากแต่ละหน่วยการทดลองทุก 1 เดือน เป็นเวลา 5 เดือน โดยแสดงการคำนวณการเจริญเติบโตดังนี้

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} &= \text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น} \\ \text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} &= \frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง}} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (g)}}{\text{จำนวนวัน}}$$

$$\text{อัตราการแลกอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

5. ศึกษาภาวะเครียดออกซิเดชันของปลาหนึ่ง

โดยการวัดปริมาณระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde) ในเลือด เพื่อประเมินภาวะ lipid peroxidation โดยเก็บเลือดบริเวณหางปลา แยกเฉพาะส่วนพลาสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วย microplate reader (Biorad, USA) โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป (Cayman chemical, USA) และวัดเทียบหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน โดยใช้วิธี enzymatic assay

6. ศึกษาปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 ในเนื้อปลาหนึ่ง

หลังจากสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 5 ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพซาก ด้วยการนำปลามาชำแหละเอาเนื้อออกนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 ในเนื้อปลา ด้วยวิธี acidic hydrolysis ตามขั้นตอนของ AOAC 996.06 (AOAC, 2012)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

น้ำมันปลาจากไขมันปลาหนึ่งน้ำจืด

ก้อนไขมันปลา 1 กก. เมื่อนำไปนึ่งไอน้ำและแยกกากออก ได้น้ำมันปลาปริมาตร 700 มล. โดยน้ำมันปลาที่สกัดได้เป็นของเหลวมีสีเหลืองขุ่น จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารและชนิดกรดไขมัน พบว่าน้ำมันปลา 100 กรัม ประกอบไปด้วยไขมันเป็นหลัก และตรวจไม่พบทั้งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน โดยสัดส่วนของไขมันแบ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเท่ากับ 44.33 และ 52.56 กรัม ตามลำดับ ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพแบ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อน เท่ากับ 39.22 และ 13.35 กรัม ตามลำดับ ส่วนกรดไขมันจำเป็นชนิดโอเมก้า 3 และ 6 พบในปริมาณ 0.92 และ 12 กรัม ตามลำดับ รายละเอียดแสดงใน Table 2

Table 2 Nutritional value and fatty acid composition of freshwater fish oil

Nutritional value (g per 100g)	
Fat	99.33±1.02
Saturated fatty acid	44.33±2.08
Unsaturated fatty acid	52.56±1.38
Monounsaturated fatty acid	39.22±1.27
n-9 fatty acid	36.95±1.21
Polyunsaturated fatty acid	13.35±0.12
n-3 fatty acid	0.92±0.11
n-6 fatty acid	12.00±0.29
Ash	0.05 ±0.02
Carbohydrate	-
Protein	-
Energy	8.94±0.07

Data express as mean ± S.E. (n=3)

ผลของน้ำมันปลาต่อการเจริญเติบโต

ผลการเจริญเติบโตของปลาหนังที่เลี้ยงในกระชังด้วยอาหารผสมน้ำมันปลาในระดับ 5 และ 10% เปรียบเทียบกับปลาหนังที่ได้รับอาหารสูตรที่มีน้ำมันถั่วเหลือง 10% และใช้เป็นหน่วยการทดลองชุดควบคุม โดยเริ่มเลี้ยงตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2556 เป็นเวลา 5 เดือน ผลการทดลองแสดงใน Table 3 พบว่า น้ำหนักตัวของปลาหนังในหน่วยการทดลองที่ 3 (T3) ที่ได้รับน้ำมันปลาร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองอย่างละ 5% มีค่าน้ำหนักตัวมากกว่าหน่วยการทดลองที่ 2 (T2) ที่ได้รับอาหารสูตรที่มีน้ำมันปลา 10% ตั้งแต่เดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน อย่างไรก็ตาม น้ำหนักตัวของทุกหน่วยการทดลองไม่แตกต่างกับหน่วยที่ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุม ยกเว้นในเดือนที่ 5 (พฤศจิกายน) ปลาหนังในหน่วยการทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเพิ่มมากที่สุดและต่างจากหน่วยทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 3 Body weight of catfish fed the dietary treatments during 5 months

Weight (g)	T1 Soybean oil 10%	T2 Fish oil 10%	T3 Fish oil 5% + Soybean oil 5%
June (M0)	41.86±1.60 ^a	42.76±2.55 ^a	42.74±1.78 ^a
July (M1)	126.74±6.34 ^{ab}	123.26±5.59 ^b	145.14±7.99 ^a
August (M2)	198.86±9.89 ^{ab}	182.37±7.61 ^b	224.64±12.37 ^a
September (M3)	262.67±13.90 ^{ab}	245.59±9.98 ^b	290.56±15.38 ^a
October (M4)	334.18±18.48 ^{ab}	300.84±11.64 ^b	379.35±21.45 ^a
November (M5)	384.17±16.6 ^b	352.12±12.38 ^b	435.67±20.13 ^a

Data express as mean ± S.E.

Different exponential letter (a, b) means significant differences among treatments ($p < 0.05$)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาหนังในทุกหน่วยการทดลองตลอดการเลี้ยงเป็นเวลา 5 เดือน พบว่ามีเพียงเดือนที่ 4 (ตุลาคม) เท่านั้น ที่ปลาหนังในหน่วยทดลองที่ 3 มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดต่างจากหน่วยทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงกลางเดือนตุลาคมเป็นต้นไปเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาว ซึ่งอากาศเย็นมีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของปลา ผลแสดงใน Figure 1 ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ที่แสดงใน Table 4 ส่วนการประเมินอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอด ตลอดการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่าปลาหนังในทุกหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยผลแสดงใน Table 5-6 ตามลำดับ

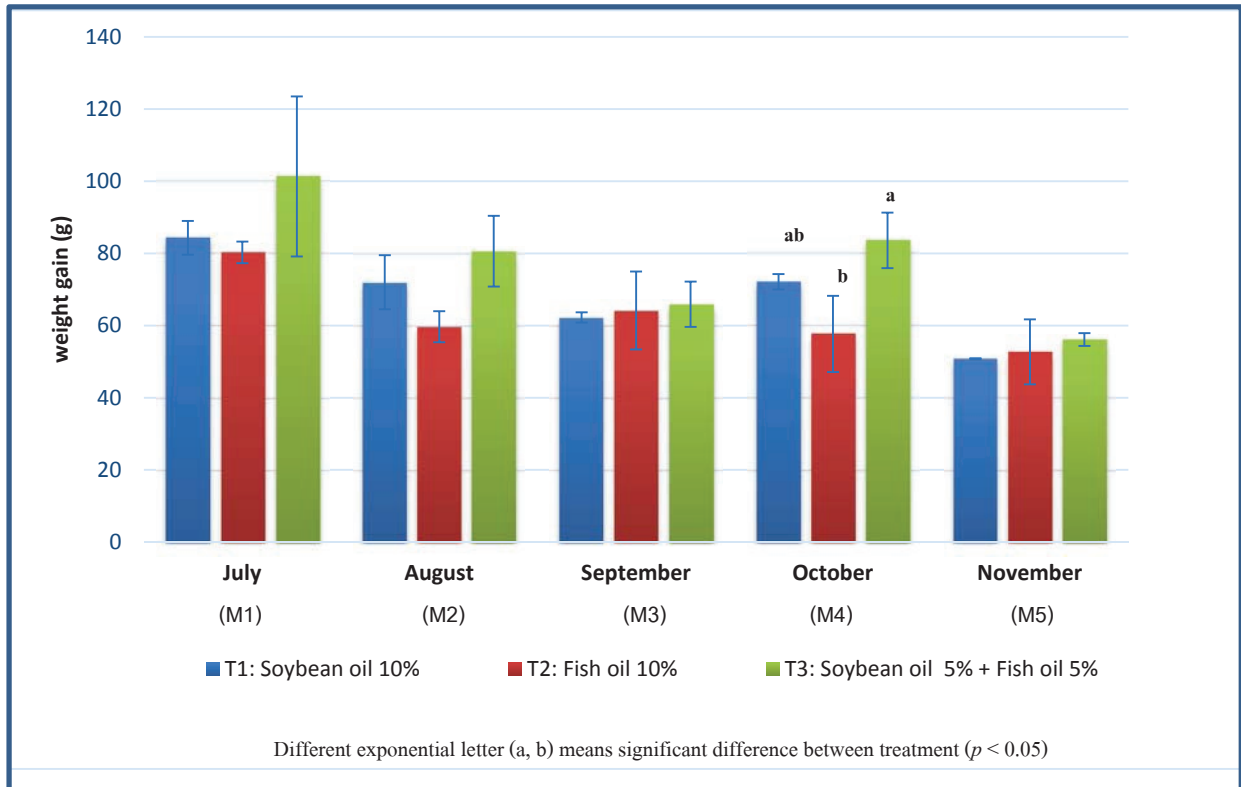


Figure 1 Weight gain of catfish fed the dietary treatments during 5 months

Table 4 Average daily gain (ADG) of catfish fed the dietary treatments during 5 months

ADG (g/day)	T1 Soybean oil 10%	T2 Fish oil 10%	T3 Fish oil 5% + Soybean oil 5%
July (M1)	2.81±0.16 ^a	2.78±0.10 ^a	3.38±0.74 ^a
August (M2)	2.40±0.25 ^a	1.99±0.14 ^a	2.69±0.33 ^a
September (M3)	2.07±0.05 ^a	2.14±0.36 ^a	2.20±0.21 ^a
October (M4)	2.41±0.08 ^{ab}	1.92±0.35 ^b	2.79±0.26 ^a
November (M5)	1.7±0.01 ^a	1.76±0.3 ^a	1.87±0.06 ^a

Data express as mean ± S.E.

Different exponential letter (a, b) means significant differences among treatments ($p < 0.05$)

Table 5 Feed conversion rate (FCR) of catfish fed the dietary treatments during 5 months

FCR	T1 Soybean oil 10%	T2 Fish oil 10%	T3 Fish oil 5% + Soybean oil 5%
July (M1)	2.38±0.14 ^a	2.45±0.11 ^a	2.05±0.45 ^a
August (M2)	2.81±0.30 ^a	2.88±0.12 ^a	2.52±0.31 ^a
September (M3)	3.22±0.08 ^a	2.91±0.51 ^a	3.06±0.29 ^a
October (M4)	2.78±0.09 ^a	2.77±0.19 ^a	3.02±0.28 ^a
November (M5)	3.94±0.01 ^a	3.65±0.52 ^a	3.57±0.12 ^a

Data express as mean ± S.E.

Table 6 Survival rate of catfish fed the dietary treatments during 5 months

Treatment	Survival rate (%)
T1: Soybean oil 10%	90.91±9.09 ^a
T2: Crude oil 10%	95.45±4.55 ^a
T3: Crude oil 5% + Soybean oil 5%	95.45±4.55 ^a

Data express as mean ± S.E.

สรุปผลจากการนำน้ำมันปลาที่สกัดได้จากไขมันปลาแห้งน้ำจืดไปเสริมในอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาแห้งที่ระดับ 5 และ 10% เป็นเวลา 5 เดือนพบว่า การเลี้ยงปลาแห้งถูกผสมด้วยน้ำมันปลาระดับ 5% ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5% มีน้ำหนักตัวสูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีรายงานการวิจัยของ Shiming และคณะ (2008) ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) ทดแทนน้ำมันปลาจากปลาทะเล (anchovy fish oil) แล้วนำมาใช้เลี้ยงลูกปลา black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*) เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า สัดส่วนของระดับของน้ำมันปลาต่อน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปลา โดยสูตรอาหารปลาที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปลาที่ระดับ 60 และ 80% ให้ผลการเพิ่มของน้ำหนัก (weight gain) ไม่ต่างจากสูตรอาหารที่ให้น้ำมันปลา 100% แต่ถ้าให้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปลา 100% กลับพบว่าน้ำหนักปลาลดลง นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยที่สนับสนุนการใช้น้ำมันถั่วเหลืองร่วมกับน้ำมันปลาที่อัตราส่วน 60:40 แล้วให้ผลการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปลาซึ่งมีค่าที่ไม่ต่างกับปลาที่ได้รับสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันปลา 100% (Montero *et al.*, 2005; Lin and Shiau, 2007) และมีรายงานของ Bruno *et al.*, (2014) พบว่า การให้น้ำมันพืช 3 ชนิดผสมกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันลินสีด (linseed) และน้ำมันเรปส์ (rapeseed) ในสูตรอาหารปลาทดแทนน้ำมันปลา 50% ให้ผลการเจริญเติบโตของปลา Senegalese sole ตลอดการเลี้ยง 5 เดือน ไม่ต่างจากการให้น้ำมันปลา 100% ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ เพราะเมื่อสิ้นสุดการ

ทดลองพบว่า ปลาหนึ่งในหน่วยการทดลองที่ 3 ที่ได้รับทั้งน้ำมันปลา 5%ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5% มีน้ำหนักตัวมากที่สุด ถึงแม้ว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อเดือน (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (food conversion rate) และอัตราการรอด (Survival) ที่ไม่แตกต่างกันกับหน่วยทดลองอื่น อย่างไรก็ตามในหน่วยการทดลองนี้มีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอีก 2 หน่วยการทดลอง

ผลของน้ำมันปลาต่อภาวะเครียดออกซิเดชัน

ภาวะเครียดออกซิเดชันเป็นตัวบ่งชี้ระดับความเครียดของปลา โดยในการศึกษานี้ใช้การวัดจากระดับของ Malondialdehyde (MDA) จากเลือดปลา ผลการศึกษาแสดงใน Figure 2 พบว่า ปลาหนึ่งในหน่วยการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งได้รับอาหารสูตรผสมน้ำมันปลาในระดับ 10 และ 5 % ตามลำดับ มีการลดลงของ MDA ในเดือนที่ 1 (กรกฎาคม) ของการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงที่ลูกปลามีอายุประมาณ 2 เดือนโดยเฉพาะหน่วยการทดลองที่ 2 มีระดับ MDA ลดลงมากที่สุดและมีความแตกต่างกับหน่วยทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของระดับ MDA ในเดือนที่ 3 (กันยายน) และ 5 (พฤศจิกายน) ของทุกหน่วยการทดลอง เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มเข้าหน้าหนาวและปลากินอาหารน้อยลง

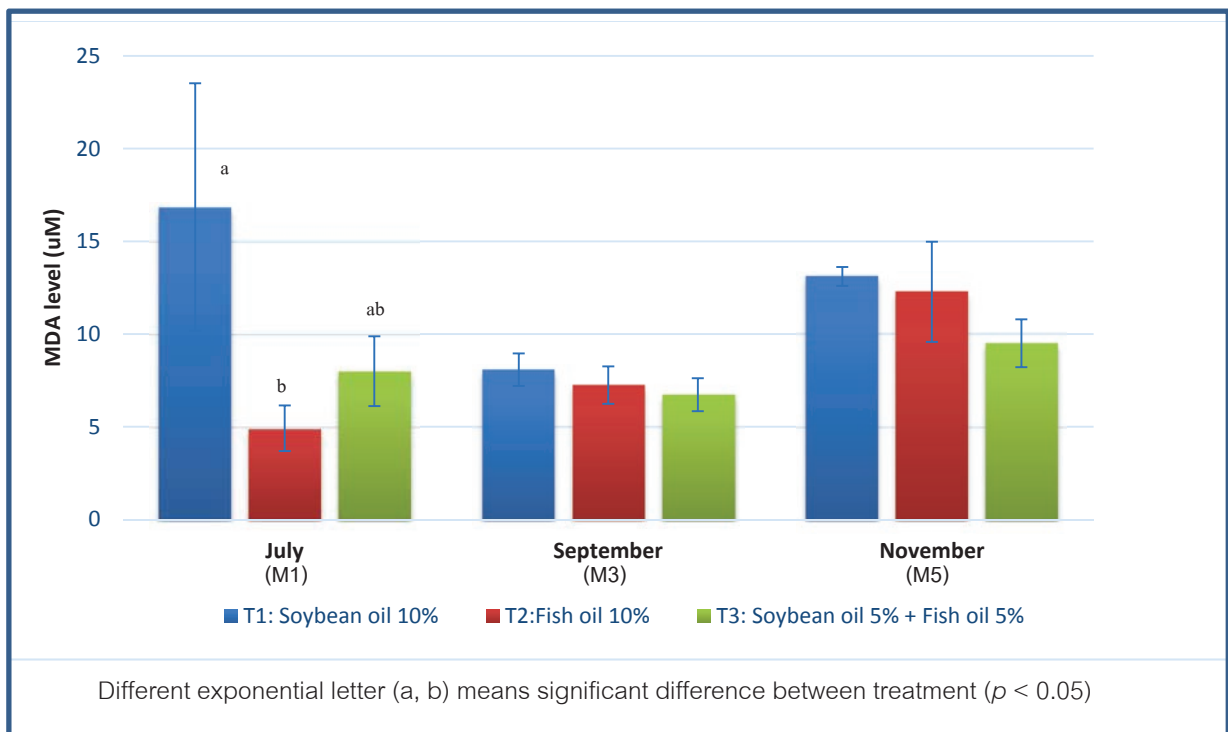


Figure 2 Effect of fish oil in fish feed on malondialdehyde contents in catfish

กรดไขมันเป็นองค์ประกอบสำคัญในเมมเบรน เช่น ฟอสโฟลิปิด ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมของเหลวในเมมเบรน ในสิ่งมีชีวิต การที่ไขมันถูกออกซิไดส์โดยอนุมูลเรียกว่า ลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและฟอสโฟลิปิดเกิดการเสื่อมสภาพและเสียหายจากปฏิกิริยาลูกโซ่ทำให้เกิดลิพิดไฮเปอร์ออกไซด์ขึ้นในเซลล์เมมเบรนหรือ ลิพิดในเลือด ทำให้เกิดการเสื่อมสลายและได้สารประกอบจำนวนมากได้แก่ ไฮโดรคาร์บอนต่างๆ และสารประกอบอัลดีไฮด์ ที่ทำลายเซลล์ ดังนั้นมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde; MDA) จึงถูกนำมาใช้เป็นดัชนีวัดการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันอนุมูลอิสระ และสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ ในทางชีววิทยาที่สามารถเป็นตัวตั้งต้นที่ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระได้อีกหลายชนิด โดยเฉพาะอนุมูลอิสระกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive oxygen species, ROS) การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันทำให้เซลล์เมมเบรนเสียหายซึ่งมีผลต่อการทำงานของโปรตีนและดีเอ็นเอให้ทำหน้าที่ผิดปกติ (Livingstone, 2001; Valavanidis *et al.*, 2006) การประเมินภาวะเครียดออกซิเดชันในปลาหนึ่งกลุ่มพบในครั้งนี้นพบว่า ระดับของ MDA ที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้การเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน ลดลงเฉพาะในเดือนที่ 1 (กรกฎาคม) ของการทดลองเท่านั้น ดังนั้นจึงควรใช้น้ำมันปลาเสริมในอาหารในช่วงเดือนแรกๆ หรือในช่วงของการอนุบาลลูกปลาเพื่อป้องกันการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันที่อาจส่งผลทำให้ลูกปลาดายได้

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 5 (พฤศจิกายน) ปลาจากทุกหน่วยการทดลองจะถูกแล่เนื้อเพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมัน โดยผลการทดลองแสดงใน Table 6 พบว่า เนื้อปลาหนัก 100 กรัม มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในหน่วยการทดลองที่ 2 ที่ได้รับน้ำมันปลา 10% มีค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 1.80 ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวพบมีค่าสูงสุดในหน่วยการทดลองที่ 3 ที่ได้รับน้ำมันปลา 5% ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5% เท่ากับ 2.13 โดยพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในหน่วยการทดลองที่ 2 มีค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 1.53 ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในหน่วยการทดลองที่ 3 มีค่าที่สูงที่สุดทั้งกรดไขมันโอเมก้า 3 และ 6

Table 6 Muscle fatty acid profile of catfish fed the dietary treatments during 5 months

Fatty acid composition (g per 100g)	T1	T2	T3
	Soybean oil 10%	Fish oil 10%	Fish oil 5% + Soybean oil 5%
Saturated fatty acid	0.52 ^a	1.80 ^b	1.20 ^c
Unsaturated fatty acid	0.65 ^a	1.96 ^b	2.13 ^c
Monounsaturated fatty acid	0.43 ^a	1.53 ^c	1.18 ^b
n-9 fatty acid	0.43 ^a	1.43 ^c	1.11 ^b
Polyunsaturated fatty acid	0.21 ^a	0.43 ^b	0.95 ^c
n-3 fatty acid	0.01 ^a	0.03 ^b	0.15 ^c
n-6 fatty acid	0.22 ^a	0.39 ^b	0.76 ^c

Measurement was duplicated.

ผลจากการศึกษาปริมาณไขมันโอเมก้าในเนื้อปลาพบว่า ปลาหนังที่ได้รับอาหารสูตรที่มีน้ำมันปลา และน้ำมันถั่วเหลืองร่วมกันอย่างละ 5% สามารถเพิ่มปริมาณไขมันโอเมก้า 3 และ 6 ในเนื้อได้มากที่สุด ส่วนปลาหนังที่ได้รับอาหารสูตรที่มีน้ำมันปลา 10% สามารถเพิ่มปริมาณไขมันโอเมก้า 9 ในเนื้อได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณชนิดของไขมันที่ตรวจพบในน้ำมันปลาที่สกัดได้ที่พบว่ามีปริมาณไขมันโอเมก้า 9 มากที่สุด ในขณะที่เนื้อปลาในหน่วยทดลองที่ได้รับน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียว 10% มีค่ากรดไขมันทุกชนิดในเนื้อต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามสัดส่วนการให้น้ำมันทั้ง 2 ชนิด ที่เหมาะสมจึงจะเพิ่มปริมาณโอเมก้า 3 ในเนื้อได้ดีกว่าให้เพียงชนิดเดียว โดยผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Manning *et al.*, (2006) ในลูกปลา channel catfish ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันปลาจากปลาทะเล (refined menhaden fish oil) ในระดับ 1.5% ร่วมกับน้ำมันข้าวโพดระดับ 1.5% เลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ามีการสะสมของไขมัน โอเมก้า 3 เพิ่มขึ้นในกลุ่มเนื้อสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรเสริมน้ำมันข้าวโพดอย่างเดียวที่ระดับ 3% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำมันข้าวโพดมีไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 สูง ใกล้เคียงกับน้ำมันถั่วเหลือง และจากรายงานการวิจัยของ Chen *et al.*, (2008) ในปลา rainbow trout ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมไขมันโอเมก้า 3 จาก flaxseed oil ในระดับ 8.5 และ 15% เลี้ยงเป็นเวลา 120 วัน พบว่า มีการสะสมของไขมันโอเมก้า 3 เพิ่มขึ้นในกลุ่มเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 60 ของการทดลองไปจนถึง 120 วัน จากผลการทดลองที่ได้จึงสามารถสรุปได้ว่า น้ำมันปลาที่สกัดได้จากไขมันปลาน้ำจืดสามารถช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในเนื้อปลาได้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใช้ไขมันปลาที่ระดับ 5% ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5% ในอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาหนังให้ผลน้ำหนักตัวของปลาดีที่สุด และช่วยเพิ่มการสะสมปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในเนื้อปลาได้มากกว่าทุกหน่วยการทดลองโดยเฉพาะกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ซึ่งน้ำมันปลาที่สกัดได้ยังมีส่วนช่วยลดการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันได้อีกด้วย ดังนั้นน้ำมันปลาที่สกัดจากก้อนไขมันที่เป็นเศษเหลือจากการแปรรูปอุตสาหกรรมประมงน้ำจืดสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันปลาจากปลาทะเลที่มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเพิ่มมูลค่าปลาน้ำจืดได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.- อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2555 ขอขอบคุณบุคลากรจากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ตลอดการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Association of Official Analytical Chemists, 2012. In Official Methods of Analysis of AOAC, 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 996.06.
- Avci A., Kaçmaz M., Durak I. 2005. Peroxidation in muscle and liver tissues from fish in a contaminated river due to a petroleum refinery industry. *Ecotoxicol Environ Saf.* 60: 101–105.
- Bruno R., Eduarda M.C., Telmo J.R. F., Manuela C., Maria B., Luís M., Luísa M.P. V. 2014. Long-term feeding of vegetable oils to Senegalese sole until market size: Effects on growth and flesh quality. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet. *Aquaculture.* 434: 425-433.
- Chen C., Nguyen J., Semmens K., Beamer S., Jaczynski J. 2008. Effects of dietary alpha-tocopheryl acetate on lipid oxidation and alpha-tocopherol content of novel omega-3-enhanced farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. *LWT - Food Science and Technology.* 41 (2): 244-253.
- Doungporn A., Kriangsak M., Narissara L., Chitima S. et al. 2010. Final report: Potential of fish oil from freshwater catfish as nutraceutical product. National Research Council of Thailand (NRCT), pp 103. [in Thai]
- Information Technology Center. 2010. Fisheries statistics of Thailand. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand, No. 12 / 2012. [in Thai]
- Lin, Y.H. and Shiau, S.Y. 2007. Effects of dietary blend of fish oil with corn oil on growth and non-specific immune responses of grouper. *Epinephelus malabaricus.* *Aquac. Nutr.* 13: 137–144.
- Livingstone D.R. 2001. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Mar Pollut Bull.* 42: 656–666.
- Manning B.B., Li M.H., Robinson E.H. and Peterson, B.C. 2006. Enrichment of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) filets with conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids by dietary manipulation. *Aquaculture.* 261: 337–342.
- Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Ginés, R. and Izquierdo, M.S. 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: a time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture.* 248: 121–134.
- Shiming P., Liqiao C., Jian G, Junli H. et. Al. 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii.* *Aquaculture.* 276: 154–161.
- Solé M., Lobera G, Lima D., Reis-Henriques M.A., Santos M.M. 2008. Esterases activities and lipid peroxidation levels in muscle tissue of the shanny *Lipophrys pholis* along several sites from the Portuguese Coast. *Mar Pollut Bull.* 56: 999–1007.

- Valavanidis A., Vlahogianni T., Dassenakis M., Scoullou M. 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotox Environ Saf.* 64: 178–189.
- Van der Oost R., Beyer J. and Vermeulen N. P. E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology.* 13: 57–149.