รายงานการวิจัย

ระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาตะกรับ (*Scatophagus argus*, Linnaeus, 1766)

The optimum of protein and lipid levels in spotted scat (*Scatophagus argus*, Linnaeus, 1766) diet

ปรีดา ภูมี Preeda Phumee

มาโนช ขำเจริญ Manoch Khumcharean

วรวุฒิ เกิดปราง Worawut Koedprang

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี 2558 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่เพื่อทำการศึกษา ทดลอง ในครั้งนี้ ขอขอบคุณบุคลากร และเจ้าหน้าที่ ที่อำนวยความสะดวก ทำให้การทำวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2559

ระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาตะกรับ (*Scatophagus argus*, Linnaeus, 1766)

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลาตะกรับที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน ไขมันต่างกัน อาหารทดสอบมี 6 สูตร คืออาหารที่มีโปรตีน 3 ระดับ คือ 35 %, 40 % และ 45 % และระดับไขมัน 2 ระดับ คือ 7 % และ 9 % (สูตร 1 – 6) และอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อ เป็นอาหารเปรียบเทียบ (สูตร 7) ปลาตะกรับน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.54-2.75 กรัม จำนวน 10 ตัวต่อถัง ได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง ให้กินอาหารจนอิ่ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตของปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ไม่ต่างจากปลาที่ได้อาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มระดับไขมันในอาหารสามารถลดระดับโปรตีนในอาหารได้ นอกจากนี้ การสะสมกรดไขมันพบว่า มีการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในปริมาณมาก คือ Oleic acid (C18:1n-9) ลองลงมาคือ Linoleic acid (C18:2n-6) และ Docosahexaenoic acid; DHA (C22: 6n-3) ซึ่งการสะสมกรดไขมันในเนื้อปลา จะส่งผลดีต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ : ระดับโปรตีน/ไขมัน, ปลาตะกรับ, การทดแทนโปรตีนด้วยไขมัน

.....

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

The optimum of protein and lipid levels in spotted scat (*Scatophagus argus*, Linnaeus, 1766) diet

Preeda Phumee Manoch Khumcharean and Worawut Koedprang

Abstract

A 10-week feeding trial was conducted to determine growth performance of spotted scat (*Scatophagus argus*, Linnaeus, 1766). The six experimental diets contained 3 protein levels (30, 40, 45 %) and 2 lipids levels (7 and 9 %) (F1-F6). A commercial diet was used as a control diet (F7). Fish, with initial weight 2.54-2.75 g, 10 fish/tank were fed twice a day till satiation. The results show that fish fed diet contained 45 % protein and 7 % lipid have the highest growth, but doesn't significant compared to fish fed on diet contained 40 % protein and 9 % lipid. Its show that, Increasing the lipid levels in the diet can decrease the protein levels in the diet. Furthermore, the results indicated that there is a higher accumulation of unsaturated fatty acids in fish fed experimental diets. Unsaturated fatty acids found in large amount are Oleic acid (C18:1n-9), followed by Linoleic acid (C18:2n-6) and Docosahexaenoic acid; DHA (C22: 6n-3), which the accumulation of fatty acids in fish meat It will have a positive effect on consumers health.

Keywords : Protein Lipid ratio, spotted scat, protein sparing effect

.....

Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Sikao, Trang. 92150

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญเรื่อง	IV
สารบัญตาราง	V
บทนำ	1
1.. ความสำคัญและที่มา	1
2. ตรวจเอกสาร	2
3. วัตถุประสงค์	3
วิธีการวิจัย	4
ผลการวิจัย	7
วิจารณ์ผลการวิจัย	15
สรุปผล	16
เอกสารอ้างอิง	17

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง) ของอาหารทดลอง 5
2. การเจริญเติบโตของปลาทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน ไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ 8
3. การเจริญเติบโตของปลาทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน ไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ (เปรียบเทียบตามระดับโปรตีน/ไขมัน) 8
4. องค์ประกอบทางเคมี (% บนฐานน้ำหนักแห้ง) ของปลาทดลอง ที่ได้รับอาหาร ที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ 10
5. ปริมาณไขมันในอาหารทดลองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ 11
6. ปริมาณกรดไขมันในปลาก่อนทดลองและปลาหลังทดลอง ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ 13

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มา

ปลาตะกรับ (spotted scat, *Scatophagus argus* Linnaeus, 1766) บางพื้นที่เรียกปลาขี้ตัง เป็นปลาน้ำกร่อย พบแพร่กระจายทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน เป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (วลีรัตน์ และคณะ, 2548) ปลาตะกรับนิยมบริโภคกันมากทางภาคใต้ เนื่องจากมีรสชาติอร่อยทำให้มีราคาค่อนข้างสูง ราคาซื้อขายปลาจากทะเลสาบสงขลา ขนาดประมาณ 10 ตัวต่อกิโลกรัม มีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 200-300 บาท ปลาชนิดนี้นิยมเลี้ยงกันมากแถบจังหวัดพัทลุงและสงขลา ในการเลี้ยงปลาตะกรับ ใช้อาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อที่มีขายทั่วไป ซึ่งมีโปรตีนค่อนข้างสูง คือโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์สำหรับปลาขนาดเล็ก และ 40 เปอร์เซ็นต์สำหรับปลาขนาดใหญ่ ทั้งที่ปลาตะกรับเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous fish)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ และเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นองค์ประกอบหลักในอาหาร ที่มีราคาสูงที่สุด และส่งผลต่อต้นทุนด้านอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ การผลิตอาหารสัตว์น้ำจึงต้องคำนึงถึงปริมาณโปรตีน จะต้องเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ ดังนั้น สัดส่วนของสารอาหารโปรตีนกับสารอาหารอื่นๆ ที่เป็นแหล่งพลังงาน เช่น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ต้องมีความสมดุล สัตว์น้ำจึงนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ ระดับโปรตีน และพลังงานที่เหมาะสม นอกจากจะทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนอาหารและลดปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำอีกด้วย หากโปรตีนในอาหารมีมากเกินความต้องการ สัตว์น้ำจะนำโปรตีนไปใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนา เพราะโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพง และมีการปลดปล่อยไนโตรเจนสู่แหล่งน้ำมาก ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ในทางกลับกัน หากอาหารมีพลังงานมากเกินไป จะทำให้สัตว์น้ำกินอาหารลดลง ส่งผลให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตช้าลง

การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพซาก (carcass composition) ของปลาตะกรับ

2. ตรวจเอกสาร

ปลาตะกรับ หรือปลาขี้ตัง หรือปลาเสือดาว (spotted scat, *Scatophagus argus* Linnaeus, 1766) เป็นปลาน้ำกร่อย แพร่กระจายบริเวณชายฝั่งในเขตร้อนในเขตเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยพบแพร่กระจายทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน (วิมล, 2518; Barry and Fast, 1988 อ้างถึงโดย ธเนศ และนิรชา, 2554) มีลำตัวป้อมสั้น เกล็ดเล็ก ครีบหลังยาว มีจุดสีดำเทากลมกระจายอยู่ทั่วลำตัวคล้ายเสือดาว รูปร่างแบนข้างรูปสี่เหลี่ยมคล้ายปลาผีเสื้อ เป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (วลีรัตน์ และคณะ, 2548) ปลาตะกรับนิยมบริโภคกันมากทางภาคใต้ เนื่องจากมีรสชาติอร่อยทำให้มีราคาค่อนข้างสูง ราคาซื้อขายปลาจากทะเลสาบสงขลา ขนาดประมาณ 10 ตัวต่อกิโลกรัม มีราคาสูงถึง กิโลกรัมละ 200-300 บาท ปลาชนิดนี้นิยมเลี้ยงกันมากแถบจังหวัดพัทลุงและสงขลา สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลาได้ทดลองเพาะพันธุ์ และประสบความสำเร็จครั้งแรกเมื่อเดือน กันยายน พ.ศ. 2550 โดยใช้วิธีการผสมพันธุ์ แบบผสมเทียม

โปรตีนเป็นสารอาหารที่นักโภชนาการด้านอาหารสัตว์น้ำให้ความสำคัญมาก เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ โปรตีนยังเป็นแหล่งพลังงาน ปลาบางชนิดใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน ได้ดีกว่าไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรต โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพง เมื่อเทียบกับสารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งส่งผลต่อราคาอาหารสัตว์น้ำ (Miller, Davis, & Phelps, 2005) ดังนั้น การศึกษาความต้องการโปรตีนของปลา จะศึกษาระดับโปรตีนต่ำสุด ที่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดี ระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในปลาแต่ละชนิด มีความแตกต่างกัน

ความต้องการโปรตีนของปลามีความสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานในอาหาร ในการผลิตอาหารปลานั้น ระดับโปรตีน และพลังงานที่เหมาะสม ส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตดี และลดปริมาณการขับถ่ายไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ ยังสามารถลดต้นทุนอาหารอีกด้วย หากอาหารประกอบด้วยโปรตีนในปริมาณที่มากเกินความต้องการ โปรตีนบางส่วนจะถูกเผาพลาญให้เกิดพลังงาน (Ruohonen, Vielma, & Grove, 1999) ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนและเป็นการสูญเสียโปรตีนในรูปของไนโตรเจนที่ปล่อยเป็นของเสียลงสู่แหล่งน้ำและมีผลต่อคุณภาพน้ำ ในทางกลับกัน หากอาหารปลามีปริมาณพลังงานมากเกินไป จะมีผลต่อการเจริญเติบโต ทำให้ปลาโตช้า เนื่องจากการกินอาหารลดลง (Ling, Hashim, Kolkovski, & Shu-Chien, 2006) นอกจากนี้ อาหารปลาที่มีไขมันสูง มีผลต่อ

ระยะเวลาที่อาหารละลายน้ำ หรือความคงทนของอาหาร (water stability)(Chaiyapechara, Liu, Barrows, Hardy, & Dong, 2003)

การเพิ่มปริมาณไขมันในอาหารปลาเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการลดต้นทุนด้านอาหาร เนื่องจากไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูก การเพิ่มระดับไขมันในอาหาร ทำให้ลดอัตราการแลกเนื้อ และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Hemre & Sandnes, 1999; Hillestad, Johnsen, Austreng, & Åsgård, 1998) ปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น สามารถระดับโปรตีนในอาหารปลาได้ เนื่องจากจะใช้พลังงานจากไขมัน และใช้โปรตีนในการเจริญเติบโต ซึ่งเรียกว่า protein sparing ซึ่งปลาสามารถใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานได้ดีกว่าคาร์โบไฮเดรต (Wilson, 1994)

การศึกษาความต้องการโปรตีนและไขมันในปลาตะกรับมีรานงานน้อยมาก ที่มีรายงานส่วนมากศึกษา การแพร่กระจาย ชีววิทยา และองค์ประกอบอาหารในกระเพาะ (วลีรัตน์ และคณะ, 2548; ธเนศ และ นิรชา, 2544; Chenari, 2011; Sivan et al., 2007) การศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพซากของปลาตะกรับ

3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนของโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน คุณภาพซาก และองค์ประกอบกรดไขมัน ในปลาตะกรับ
2. เพื่อศึกษาการใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน (protein sparing effect) ในปลาตะกรับ

วิธีการวิจัย

1. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.1 การเตรียมปลาทดลอง

ปลาตะกรับที่ใช้ในการทดลอง ซื้อมาจากสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา นำมาอนุบาล เพื่อปรับสภาพก่อนทดลอง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ให้กินอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อขนาดเล็ก วันละ 2 ครั้ง (เช้า เวลา 8.00 น. เย็น เวลา 16.00 น.) ระหว่างการอนุบาล ทำการปรับความเค็มลดลงมาที่ 15 ppt

1.2 การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดสอบมี 6 สูตรมีโปรตีน 3 ระดับ คือ 35 %, 40 % และ 45 % ระดับไขมัน 2 ระดับ คือ 7 % และ 9 % (สูตร 1 – 6) ใช้อาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อ เป็นอาหารเปรียบเทียบ (สูตร 7) เตรียมอาหารทดลอง โดยชั่งวัตถุดิบอาหารแต่ละสูตรตามตารางที่ 1 นำไปผสมในเครื่องผสมอาหารให้เข้ากัน โดยผสมวัตถุดิบที่มีปริมาณมากก่อน เมื่อเข้ากันดีแล้วจึงเติมส่วนผสมที่มีปริมาณน้อย (วิตามิน และ แร่ธาตุ) ผสมให้เข้ากันแล้วจึงเติมน้ำมัน เมื่อวัตถุดิบทั้งหมดเข้ากันดีแล้วจึงเติมน้ำประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากนั้นจึงนำไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร นำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บอาหารใส่ถุงพลาสติกสีดำ เก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

เก็บตัวอย่างอาหารทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method ด้วยเครื่อง Gerhardt รุ่น Vapodest 30S ไขมัน ด้วยวิธี Soxhlet ด้วยเครื่อง Gerhardt รุ่น Soxtherm automatic ความชื้นโดยการอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และเถ้าโดยการเผาที่ 550 องศาเซลเซียส ในเตาเผา (muffle furnace (AOAC, 1990)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง) ของอาหารทดลอง

วัตถุดิบ (%)	สูตรอาหาร (โปรตีน/ไขมัน; %)						
	F1(35/7)	F2 (40/7)	F3(45/7)	F4(35/9)	F5(40/9)	F6(45/9)	F7 (Com. feed)
ปลาป่น	48.37	56.08	63.80	48.37	56.08	63.80	-
กากถั่วเหลือง	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	-
น้ำมันพืช	2.14	1.58	1.03	4.14	3.58	3.03	-
แป้งข้าวโพด	30.49	23.34	16.17	28.49	21.34	14.17	-
วิตามินรวม	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	-
แร่ธาตุรวม	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	-
สารเหนียว (CMC)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	-
องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง)							
โปรตีน	33.34	41.06	45.71	36.74	42.89	45.85	40.31
ไขมัน	7.36	6.98	7.00	9.14	9.44	9.39	5.85
เถ้า	13.56	15.03	17.06	13.27	14.46	14.53	7.62
ความชื้น	6.57	6.04	6.64	6.57	6.26	7.42	5.21

วิตามินรวม (V-MIX): vit A 10,000,000 IU, vit D3 2,000,000 IU, vit E 1,500 IU, thiamine 2 gm, riboflavin 2.5 gm, pantothenic acid 14 gm, pyridoxine 2 gm, cyanocobalamin 10 mg, folic 0.5gm, niacin 12 gm, vit K3 2 gm, vit C 20 gm

แร่ธาตุรวม (Good-Minner):Ca 100,000mg, P 80,000 mg, Cu 2,500 mg, Fe 1,200 mg, Mn 1,200 mg, Zn 1,540 mg, K 260 mg, I 740 mg, Mg 2,160 mg, Se 10 mg, Co 240 mg

1.3 การดำเนินการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดชนิดแฟคตอเรียล ประกอบด้วย 7 ชุดการทดลอง คือ อาหารทดสอบ 6 สูตรมีโปรตีน 3 ระดับ (35, 40, 45 %) ไขมัน 2 ระดับ (7, 9 %) (F1-F6) และอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อ (อาหารเปรียบเทียบ, F7) อาหารแต่ละสูตรให้ปลากิน 3 ซ้ำ โดยดำเนินการดังนี้

1) จัดระบบการเลี้ยง โดยใช้ตู้ทดลองขนาดความจุ 80 ลิตร เติมน้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรอง ความเค็ม 15 ppt จำนวน 50 ลิตร ให้อากาศโดยให้ผ่านหัวทราย (air stone)

2) คัดเลือกปลาที่มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน ใส่ตู้ทดลอง จำนวน 10 ตัวต่อตู้ ให้อาหารทดลองจนปลากินอิ่ม (โดยดูจากพฤติกรรม) วันละ 2 ครั้ง (เช้า เวลา 8.00น. เย็น เวลา 17.00 น.) ทำการทดลองเป็นเวลา 10 สัปดาห์

3) ควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ทุกวัน และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ ทุก ๆ 2 สัปดาห์

2. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ตรวจสอบการเจริญเติบโตทุก ๆ 14 วัน โดยชั่งน้ำหนักแบบรวมของปลาทดลองแต่ละตู้ เมื่อเริ่มการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง ชั่งน้ำหนักปลาที่ละตัว บันทึกจำนวนปลาที่ตาย ปริมาณอาหารที่ปลากิน ทุกครั้งที่ชั่งวัด นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR; %/d) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่ม (Weight gain; WG; %) ปริมาณอาหารที่กิน (g/f) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างปลาตู้ละ 5 ตัวเพื่อวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมีของปลาทั้งตัวและองค์ประกอบกรดไขมัน นำข้อมูลมาคำนวณค่าตามสูตรดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR; %/d)

$$= 100 \times \frac{(\ln \text{น.น.เฉลี่ยสุดท้าย} - \ln \text{น.น.เฉลี่ยเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง (วัน)}}$$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่ม (Weight gain; WG; %)

$$= 100 \times \frac{\text{น.น.เฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น.น.เฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{น.น.เฉลี่ยเริ่มต้น}}$$

ปริมาณอาหารที่กิน (g/f)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (ก)}}{\text{จำนวนปลา (ตัว)}}$$

นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลาทดลองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน และไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 2 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ (F3) มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ (F5) และปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ (F6) ปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป (F7) มีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหาร F3 แต่ไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตร อื่น ๆ

ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG%) ของปลาทดลองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน ไขมัน ต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง ที่ 2)

หากเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาทดลอง โดยพิจารณาจากอาหารที่มีระดับโปรตีน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโต ดีที่สุด แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาจากระดับไขมัน พบว่า การเจริญเติบโตของปลาที่ได้รับอาหารที่มี ไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ และ 9 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

การพิจารณาความสัมพันธ์ของ2 ปัจจัย คือ ระดับโปรตีน และระดับไขมัน พบว่า ทั้ง สองปัจจัยมีความสัมพันธ์กัน ที่จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต ของปลาทดลอง

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของปลาทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน ไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์

Parameters	Experimental Diets						
	F1 (35P7L)	F2 (40P7L)	F3 (45P7L)	F4(35P9L)	F5 (40P9L)	F6 (45P9L)	F7 (com. Feed)
Initial Weight	2.67±0.03	2.54±0.07	2.75±0.02	2.71±0.08	2.75±0.04	2.71±0.04	2.63±0.08
Final Weight	$8.40±0.02^{b}$	$8.29±0.11^{b}$	$10.43±0.17^{a}$	$8.55±0.36^{b}$	$8.76±0.77^{ab}$	$8.78±0.32^{ab}$	$8.19±0.02^{b}$
SGR	2.72±0.03	2.81±0.09	3.18±0.04	2.73±0.07	2.74±0.21	2.80±0.09	2.71±0.07
WG	214.14±4.28	226.63±12.39	279.56±7.19	215.56±9.25	219.30±29.98	224.10±12.71	212.26±9.08

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของปลาทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน ไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ (เปรียบเทียบตามระดับโปรตีน/ไขมัน)

Parameters	Dietary protein levels			Dietary lipid levels		P value		
	35%	40 %	45 %	7 %	9 %	Protein	Lipid	Protein*Lipid
Initial weight	2.69±0.04	2.65±0.04	2.73±0.04	2.66±0.03	2.72±0.03	0.29	0.13	0.09
Final weight	$8.47±0.27^{B}$	$8.53±0.27^{B}$	$9.60±0.27^{A}$	9.04±0.22	8.70±0.22	0.02	0.29	0.04
SGR	2.73±0.08	2.78±0.08	2.99±0.08	2.90±0.06	2.76±0.06	0.08	0.13	0.21
RGR	214.85±10.68	222.97±10.68	251.83±10.68	240.11±8.72	219.65±8.72	0.07	0.12	0.17

2. องค์ประกอบทางเคมีของปลาทดลอง

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของปลา

ปริมาณโปรตีนในปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารที่ระดับไขมันเท่ากันพบว่า ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ มีการสะสมโปรตีน มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้ม สูงกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ (ดังแสดงใน ตารางที่ 4)

จากผลการทดลองพบว่าการสะสมโปรตีนในปลาเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้น เมื่อปลาได้รับอาหารที่มีโปรตีนมากกว่า 35 % พบว่าการสะสมโปรตีนลดลง เมื่อได้รับอาหารที่มีระดับไขมันในอาหารเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการสะสมโปรตีนในปลามีความสัมพันธ์กับระดับโปรตีนและไขมันในอาหารที่ได้รับ [6] ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของ [7] นอกจากนี้ [7] รายงานว่าการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (protease activity) ดีขึ้นเมื่อปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูง ประสิทธิภาพของเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการย่อยโปรตีนมากขึ้น ส่งผลให้การสะสมโปรตีนในปลาลดลงในปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับไขมันสูงกว่า

ปริมาณไขมันในปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันมีแนวโน้มสูงกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหาร 7 เปอร์เซ็นต์ ทุกระดับโปรตีน นอกจากนี้ ปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไขมันระดับเดียวกัน ปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลงเมื่อโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อ มีปริมาณไขมันสูงสุด (ดังแสดงใน ตารางที่ 2) ส่วนความชื้น และเถ้า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P> 0.05$)

การสะสมไขมันในปลาทดลองมีความสัมพันธ์กับระดับไขมันในอาหาร ปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมันมาก (สูตรที่ 4-6) มีการสะสมไขมันมากกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมันน้อย (สูตร 1-3) สอดคล้องกับรายงานของ [8] นอกจากนี้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับไขมันเท่ากัน แต่มีระดับโปรตีนเพิ่มขึ้น การสะสมไขมันมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับรายงานของ [9] รายงานว่า ปลาblack catfish (*Rhamdia quelen*) ที่ได้รับอาหารที่มีระดับไขมัน 8 และ 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระดับโปรตีนเพิ่มขึ้น จาก 30 -43 เปอร์เซ็นต์ มีการสะสมไขมันลดลง แต่สะสมโปรตีนเพิ่มขึ้น

ตาราง ที่ 4 องค์ประกอบทางเคมี (% บนฐานน้ำหนักแห้ง) ของปลาทดลอง ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์

องค์ประกอบทางเคมี (%)	สูตรอาหาร (โปรตีน/ไขมัน; %)						
	F1(35/7)	F2 (40/7)	F3(45/7)	F4(35/9)	F5(40/9)	F6(45/9)	F7 (Com feed)
โปรตีน	50.44^{g}	56.57^{b}	57.84^{a}	52.49^{e}	53.81^{d}	54.40^{c}	51.10^{f}
ไขมัน	21.75^{d}	20.85^{e}	18.33^{f}	24.77^{b}	24.85^{b}	23.18^{c}	27.32^{a}
เถ้า	17.19	17.58	17.88	19.60	18.86	19.01	15.56
ความชื้น	69.16	69.99	70.65	67.16	67.73	68.15	68.72

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่าง 3 ซ้ำ
ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

3. องค์ประกอบกรดไขมันของอาหารทดลอง

องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 5 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Polyunsaturated fatty acid; PUFA) มีมากที่สุด รองลงมาเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Saturated fatty acid; SFA) กรดไขมันอิ่มตัวที่พบในปริมาณมากที่สุดคือ Palmitic acid (C16:0) รองลงมาเป็น Stearic acid (C18:0) และ Mylistic acid (C14:0) ตามลำดับ ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในปริมาณมากที่สุดคือ Oleicacid (C18:1n-9) รองลงมาเป็น Linoleic acid (C18:2n-6) และ Docosahexaenoic acid; DHA (C22:6n-3) ตามลำดับ กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-6 มีปริมาณมากกว่า กรดไขมันกลุ่ม n-3 ในทุกสูตรอาหาร โดยกรดไขมันกลุ่ม n-6 มีมากกว่าn-3 ประมาณ 2.4 ถึง 4.4 เท่า ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว (PUFA) มีปริมาณมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (SFA) เล็กน้อยสัดส่วน กรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/SFA) มีค่าระหว่าง 1 – 1.6 นอกจากนี้พบว่ากรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ในอาหารที่มีระดับไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณมากกว่าที่พบในสูตรอาหารที่มีไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ (ทั้ง 3ระดับโปรตีน)

ตารางที่ 5 ปริมาณไขมันในอาหารทดลองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์

องค์ประกอบกรดไขมัน (mg/100g)	สูตรอาหาร (โปรตีน/ไขมัน; %)						
	F1 (35/7)	F2 (40/7)	F3 (45/7)	F4 (35/9)	F5 (40/9)	F6 (45/9)	F7 (com. Feed)
Lipid content (%)	7.36	6.98	7.00	9.14	9.44	9.39	5.85
Myristic acid (C14:0)	107.16±0.06^{e}	121.44±1.19^{d}	135.09±0.08^{bc}	133.59±4.35^{c}	138.45±0.14^{b}	135.34±0.15^{bc}	157.54±0.81^{a}
Palmitic acid (C16:0)	1912.26±0.18^{e}	1928.09±1.29^{d}	1860.80±1.35^{f}	2823.76±3.64^{a}	2722.28±2.64^{c}	2782.08±0.26^{b}	1688.02±2.57^{g}
Stearic acid (C18:0)	493.45±0.32^{g}	558.02±0.12^{f}	609.32±2.34^{c}	599.94±0.06^{d}	644.79±0.70^{b}	658.06±0.18^{a}	567.76±0.30^{e}
SFA	2567.74±0.34^{cd}	2674.97±0.06^{c}	2683.96±3.02^{c}	3557.29±0.75^{ab}	3573.46±.07^{b}	3643.51±0.69^{a}	2513.48±3.72^{d}
Oleic acid (C18:1 n-9)	1830.47±0.14^{e}	1647.35±5.16^{f}	1438.52±2.61^{g}	2678.96±2.67^{a}	2332.56±3.68^{c}	2548.92±1.86^{b}	1858.34±1.93^{d}
llnoleic acid (C18:2 n-6)	1631.41±0.27^{c}	1405.32±4.77^{e}	1266.44±6.21^{f}	1727.76±0.06^{a}	1236.53±6.75^{g}	1661.06±0.20^{b}	1419.32±6.28^{d}
Linolenic (C18:3 n-3)	171.56±0.22^{a}	143.12±0.30^{d}	128.27±0.12^{f}	154.13±0.61^{b}	96.47±0.03^{f}	145.33±0.36^{c}	137.63±0.36^{e}
Arachidonic acid(C20:4 n-6)	89.08±0.09^{a}	82.82±0.15^{b}	80.64±0.72^{c}	76.19±0.22^{d}	45.14±0.10^{g}	64.78±0.33^{e}	81.34±0.22^{c}
Ecosapentaenoic acid; EPA (C20:5 n-3)	125.49±1. 53^{b}	112.34±0.48^{c}	104.74±0.24^{d}	105.63±0.13^{d}	61.77±0.34^{f}	86.37±0.41^{e}	137.88±0.60^{a}
Docosahexaenoic acid; DHA (C22:6 n-3)	404.47±1.02^{b}	334.11±0.66^{c}	285.35±0.46^{e}	318.43±1.20^{d}	133.28±0.12^{g}	220.64±0.15^{f}	432.17±0.68^{a}
PUFA	4252.47	3725.45	3304	5061.1	3905.7	4727.1	4066.58
n-6/n-3	2.45	2.52	2.60	3.12	4.40	3.82	2.12
PUFA/SFA	1.66	1.39	1.23	1.42	1.09	1.29	1.62

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

4. องค์ประกอบกรดไขมันในปลาหลังทดลอง

องค์ประกอบกรดไขมันในปลาหลังทดลองที่ได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 10 สัปดาห์มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)(แสดงในตารางที่ 6) พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัวเล็กน้อย ส่วนปลาก่อนทดลองมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือ Palmitic acid (C16:0) รองลงมา Stearic acid (C18:0) และ Myristic (C14:0) ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในปริมาณมากคือ Oleic acid (C18:1n-9) ลองลงมาคือ Linoleic acid (C18:2n-6) และ Docosahexaenoic acid; DHA (C22: 6n-3) กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-6 มีปริมาณมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-6 ที่พบมาก มี 4 ชนิด คือ Arachidonic acid (C20: 4n-6), Eicosatrienoic acid (C20: 3n-6), gamma-Linolenic acid (C18: 3n-6) และ Linoleic acid (C18: 2n-6)

องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปลาที่ได้รับอาหารทดลอง มีกรดไขมันกลุ่ม n-6 PUFAs มากกว่ากรดไขมันกลุ่ม n-3 PUFAs นอกจากนี้ พบว่าสัดส่วนกรดไขมัน n-6/n-3 มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปลาก่อนการทดลอง อาจเนื่องจากมีการสะสมกรดไขมันกลุ่ม n-3 เพิ่มขึ้น ทำให้ สัดส่วนกรดไขมัน n-6/n-3 ลดลง นอกจากนี้ การสะสมกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid; SFA) ลดลง ส่งผลให้สัดส่วน PUFA/SFA มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปและปลาก่อนการทดลอง

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดไขมันในปลาก่อนทดลองและปลาหลังทดลองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์

องค์ประกอบกรดไขมัน (mg/100g)	ปลาก่อนทดลอง	สูตรอาหาร (โปรตีน/ไขมัน; %)						
		F1 (35/7)	F2 (40/7)	F3 (45/7)	F4 (35/9)	F5 (40/9)	F6 (45/9)	F7 (com. Feed)
Lipid content (%)	20.82	21.75	20.85	18.33	24.77	24.85	23.18	27.32
Myristic acid (C14:0)	417.82±0.11^{a}	284.81±0.39^{e}	298.31±0.10^{d}	287.71±2.43^{e}	330.54±4.84^{c}	324.89±1.86^{c}	270.81±0.01^{f}	409.27±5.94^{b}
Palmitic acid (C16:0)	7619.56±4.56^{c}	6557.11±1.41^{e}	6531.32±0.96^{e}	5703.40±1.74^{g}	7766.49±30.82^{b}	7263.77±0.42^{d}	6334.06±2.38^{f}	8771.54±31.18^{a}
Stearic acid (C18:0)	2116.09±0.25^{b}	1783.62±1.15d^{e}	1759.28±11.12^{de}	1605.67±0.57^{f}	1837.40±83.15^{cd}	1880.53±2.11^{e}	1706.26±0.30	2306.16±2.87^{a}
Oleic acid (C18:1 n-9)	5755.26±0.79^{e}	5637.10±1.06^{f}	5099.53±26.90^{g}	4256.38±0.01^{h}	6914.85±19.93^{c}	6997.65±1.12^{b}	5897.56±1.61^{d}	7613.08±12.64^{a}
llnoleic acid(C18:2 n-6)	1069.59±0.49^{g}	2661.17±2.07^{c}	2405.83±2.25^{e}	2004.98±0.10f	2655.36±8.83^{c}	3053.19±1.41^{a}	2595.04±0.39^{d}	2675.72±3.26b
Gamma-Linolenic(C18:3 n-6)	0^{h}	186.31±0.19^{d}	164.70±1.23^{f}	118.92±1.09^{g}	232.53±4.00^{b}	244.04±0.25^{a}	181.18±1.26^{e}	205.03±0.09^{c}
Linolenic (C18:3 n-3)	0^{g}	197.47±0.51^{b}	185.52±0.27^{d}	158.94±0.89^{f}	189.78±0.86^{c}	224.23±1.48^{a}	177.66±0.94^{e}	190.57±0.34^{c}
Eicosatrienoic acid (C20:3 n-6)	0^{h}	181.23±2.40^{c}	157.57±1.31^{f}	120.11±0.03^{g}	201.32±0.38^{a}	191.96±0.23^{b}	162.98±0.09^{e}	168.18±0.00^{d}
Arachidonic acid(C20:4 n-6)	0^{g}	168.68±0.06^{d}	195.86±0.47^{a}	173.83±3.63^{c}	174.03±0.19^{c}	181.03±0.94^{b}	156.42±0.02^{e}	125.84±0.11^{f}
Ecosapentaenoic acid; EPA (C20:5 n-3)	76.98±0.56^{f}	102.47±0.43^{d}	117.21±0.06^{b}	102.48±0.22^{d}	107.16±0.51^{c}	118.99±0.17^{a}	89.85±0.58^{e}	90.11±0.35^{e}
Docosahexaenoic acid ; DHA (C22:6 n-3)	119.33±1.45^{f}	888.50±1.09^{d}	1034.97±34.78^{a}	943.33±0.75^{c}	927.51±3.87^{c}	996.87±0.99^{b}	862.07±0.26^{d}	709.12±3.33^{e}
n-3 PUFA	196.31±0.89	1188.44±1.01	1337.70±4.98	1204.74±0.35	1230.68±6.24	1340.09±2.64	1129.58±0.63	989.79±3.33
n-6 PUFA	1069.59±0.49	3197.38±0.59	2923.96±2.79	2417.84±4.65	3263.23±13.03	3670.21±0.45	3095.63±0.81	3174.78±3.27
n-6/n-3	5.45	2.69	2.19	2.00	2.66	2.74	2.74	3.21
SFA	10153.47±4.91	8625.54±0.65	8588.91±10.06	7596.77±4.74	9934.43±47.48	9469.19±3.56	8311.13±2.07	11486.98±39.99

องค์ประกอบกรดไขมัน (mg/100g)	ปลาก่อนทดลอง	สูตรอาหาร (โปรตีน/ไขมัน; %)						
		F1 (35/7)	F2 (40/7)	F3 (45/7)	F4 (35/9)	F5 (40/9)	F6 (45/9)	F7 (com. Feed)
PUFA	7021.16±1.19	10022.9±0.64	9361.2±10.88	7878.96±4.99	11402.52±39.2	10228±3.31	10122.8±1.79	11777.6±12.58
PUFA/SFA	0.69	1.16	1.09	1.04	1.15	1.27	1.22	1.03

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของปลาตะกรับที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าระดับโปรตีน และไขมัน ในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต หากพิจารณาที่ระดับโปรตีน จะเห็นว่า ที่ระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุด หากพิจารณาระดับไขมัน ที่ ระดับ 7เปอร์เซ็นต์ และ 9 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่หากพิจารณาร่วมกัน จะเห็นได้ว่า หากเพิ่มปริมาณไขมันในอาหาร (จาก 7 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มเป็น 9 เปอร์เซ็นต์) จะส่งผลให้ลดปริมาณโปรตีนในอาหารลงจาก 45 เปอร์เซ็นต์ เป็น 40 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา

องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปลาที่ได้รับอาหารทดลอง มีกรดไขมันกลุ่ม n-6 PUFAs มากกว่ากรดไขมันกลุ่ม n-3 PUFAs นอกจากนี้ พบว่าสัดส่วนกรดไขมัน n-6/n-3 มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปลาก่อนการทดลอง อาจเนื่องจากมีการสะสมกรดไขมันกลุ่ม n-3 เพิ่มขึ้น ทำให้ สัดส่วนกรดไขมัน n-6/n-3 ลดลง นอกจากนี้ การสะสมกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid; SFA) ลดลง ส่งผลให้สัดส่วน PUFA/SFA มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปและปลาก่อนการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าปลาทดลองมีการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว สอดคล้องกับการศึกษาของ [4] พบว่าปลาทะเลมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากสุดคือกลุ่ม n-3 PUFA ผลจากการทดลองครั้งนี้ พบว่าปลาสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกลุ่ม n-3 PUFA เพิ่มขึ้น และกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ลดลง เมื่อเทียบกับปลาก่อนการทดลอง นอกจากนี้ ปลาก่อนทดลองไม่พบกรดไขมันบางชนิดแต่พบในปลาหลังทดลอง เช่น LInolenic (C:183n-3), Eicosatrienoic (C20:3n-6) และ Arachidonic (C20:4n-6)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-6 ที่พบในปลาหลังทดลองมี 4 คือ Linoleic (C18: 2n-6), Arachidonic (C20: 4n-6), gamma-Linolenic (C18: 3n-6) และ Eicosatrienoic (C20: 3 n-6) แต่พบในอาหารทดลอง เพียง 2 ชนิด คือ Linoleic (C18: 2n-6) และ Arachidonic (C20: 4n-6) ไม่พบ gamma-Linolenic (C18: 3n-6) และ Eicosatrienoic (C20: 3n-6**)** อาจเป็นไปได้ว่า เมื่อปลาได้รับกรดไขมัน Linoleic (C18: 2n-6) จากอาหารแล้ว นำมาสังเคราะห์กรดไขมัน gamma-Linolenic (C18: 3n-6) และ Eicosatrienoic (C20: 3n-6) จึงพบมีการสะสมในปลา [10]

สรุปผล

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลาตะกรับที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน และไขมัน ต่างกัน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ไม่ต่างจาก ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณไขมันใน อาหาร สามารถลดปริมาณโปรตีนในอาหารลงได้ ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ ระดับโปรตีน และไขมันในอาหารที่ เหมาะสม คือ โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

วลีรัตน์ มูสิกะสังข์, เยาวนิตย์ ดนยดล และพุทธ ส่องแสงจินดา. 2548. องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะและสภาพทางนิเวศวิทยาของปลาตะกรับในทะเลสาบสงขลา. สัมมนาวิชาการด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจำปี 2548 ณ โรงแรมเฮอร์มิเทจ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 26-29 พฤษภาคม 2548

AOAC. 1997. Animal Feeds. In P.A. Cunniff (ed), Official methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists international (16 ed., Vol. 1, pp. 1-3). USA: Arlington.

Jakhar, J.K., Pal, A.K., Reddy A.D., Sahu, N.P. Venkateshwarlu, G. and Vardia, H.K. 2012. Fatty Acids Composition of Someselected Indian Fishes**. African Journal of Basic & Applied Sciences. 4(5): 155-160.**

Karalazos, V., Bendiksen, E. Å., Dick, J. R., Tocher, D. R. and Bell, J. G. 2011. Influence of the Dietary Protein: Lipid Ratio and Fish Oil Substitution on Fatty Acid Composition and Metabolism of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Reared at High Water Temperatures. **British Jjournal of Nutrition**. 105(07): 1012-1025.

Li, X., Jiang, Y., Liu, W. and Ge, X 2012. Protein-sparing Effect of Dietary Lipid in Practical Diets for Blunt Snout Bream (*Megalobrama amblycephala*) Fingerlings: Effect on Digestive and Metabolic Responses. **Fish Physiol Biochem**. 38(2): 529-541.

Osman, H., Suriah, A.R. and Law, E.C. 2001. Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of selected marine Fish in Malaysian Water. **Food Chemistry**. 73(1): 55-60.

Phumee,P., Hashim, R., Aliyu-Paiko, M. and Chong Shu-Chien, A. 2009. Effects of Dietary Protein and Lipid Content on Growth Performance and Biological Indices of Irrdescent Shark (*Pangasius hypophthalmus*, Sauvage 1878) Fry. **Aquaculture Research**. 40(4): 456-463.

Salhi, M., Bessonart, M., Chediak, G., Bellagamba, M. and Carnevia, D. 2004. Growth, Feed Utilization and Body Composition of Black Catfish, Rhamdia quelen, Fry Fed Diets Containing Different Protein and Energy Levels. **Aquaculture**. 231(1-4): 435-444.

Tawfik, M.S. 2009. Proximate Composition and Fatty Acids profile in Most common Available Fish Species in Saudi Market. **Asian Journal of Clinical Nutrition**. 1(1): 50-57.

Tocher, D. R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in fisheries science**, 11(2): 107-184.