

การศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลปลาหมอไทย

เอกรัตน์ มาตรการทอง¹, บัณฑิต ยวงสร้อย^{1*} และ สุทธิศักดิ์ บุญยัง²

¹ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

²บริษัท คาร์กิลล์มีทส์ (ไทยแลนด์) จำกัด อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี 18120

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานในการอนุบาลปลาหมอไทยน้ำหนักเฉลี่ย 0.80 ± 0.04 ก./ตัว ด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานรวมแตกต่างกัน 9 สูตร โดยมีระดับโปรตีน 35, 40 และ 45% โดยแต่ละระดับโปรตีนมีพลังงานรวม 300, 325 และ 350 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. โดยให้กินอาหารแบบเต็มที่เป็นเวลา 60 วัน พบว่า ปลาหมอไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และมีพลังงานรวม 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. มีการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (4.27 ± 0.78 ก./ตัว) น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน (0.09 ± 0.01 ก./ตัว/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ($3.49 \pm 0.28\%$ /วัน) อัตราการแลกเนื้อ (2.13 ± 0.37) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (1.36 ± 0.22) และโปรตีนเพิ่ม (0.10 ± 0.01) ดีกว่าปลาหมอไทยในกลุ่มอื่น ส่วนอัตราการรอดตายและการใช้ประโยชน์ได้จากพลังงาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าดัชนีต้นทุนมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในอาหาร อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันสะสมในช่องท้องมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าในช่วง 7.43-9.06% ดังนั้นการอนุบาลปลาหมอไทยด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และพลังงานรวมที่ 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. เป็นระดับที่เหมาะสมโดยมีผลทำให้การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาหมอไทยดีที่สุด

คำสำคัญ: ปลาหมอไทย โปรตีน พลังงาน และ เจริญเติบโต

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: bundyu@kku.ac.th: /043362109

A Study of Optimal Dietary Protein and Energy Level for Nursing of Climbing Perch (*Anabas testudineus*)

Aekarat Matthong¹, Bundit Yuangsoi^{1*} and Suttisak Boonyoung²

¹Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

²Cargill Meats (Thailand) Co., Ltd, Saraburi, 18120, Thailand

Abstract

The present study was undertaken to evaluate the optimal of protein and energy level for climbing perch (*Anabas testudineus*) nursing. Fish were fed with nine experimental diets containing crude protein at 35, 40 and 45%; each protein level contained gross energy 300, 325 and 350 Kcal/100g. This study was conducted in climbing perch with mean wet weights of 0.8 ± 0.04 g/fish for 60 days with fed on an *ad libitum*. At the end of the experiment, a significant increasing of the growth performance and feed utilization in fish fed dietary protein at 45% and gross energy 325 Kcal/100g was better among all the treatments as weight gain (4.27 ± 0.78 g/fish), average daily gain (0.09 ± 0.01 g/fish/day), specific growth rate ($3.49 \pm 0.28\%$ /day), feed conversion ratio (2.13 ± 0.37), protein efficiency ratio (1.36 ± 0.22) and protein gain ($0.10 \pm 0.01\%$). The study showed that all treatment groups had no significant difference on survival rate and energy utilization. Hepatosomatic index was increased as the protein level in the diet increased. However, intraperitoneal fat in fish body was no significant differences for any of the diet treatments which range from 7.43-9.06%. The study indicated that the optimal level of dietary protein at 45% and gross energy 325 Kcal/100g can be used in the diet for effective nursing of climbing perch on growth and feed utilization.

Keywords: climbing perch, protein, energy and growth

* Corresponding author: bundyu@kku.ac.th: /043362109

ปลาหมอไทย (Climbing perch) เป็นปลาน้ำจืดพื้นบ้านของไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anabas testudineus* ปลาหมอไทยในประเทศไทยพบว่า มีถิ่นอาศัยในแหล่งน้ำทั่วทุกภาคของประเทศทั้งในแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหล ปัจจุบันพบว่า ปลาหมอไทยเป็นที่นิยมบริโภคโดยเฉพาะตลาดต่างประเทศ เช่น ประเทศในตะวันออกกลาง จีน ไต้หวัน เกาหลี และมาเลเซีย ขณะที่ปริมาณผลผลิตปลาหมอที่ได้ส่วนใหญ่จับได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติ จากสถิติของกรมประมง ปี 2552 ประเทศไทยมีผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดรวม 521,900 ตัน (กรมประมง, 2554) โดยในจำนวนนี้เป็นผลผลิตปลาหมอไทย (*Anabas testudineus* Bloch) คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 643 ล้านบาท และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ขณะที่โปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ (วีระพงศ์, 2536) แต่ความต้องการปริมาณโปรตีนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ ขนาด อายุ อุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมต่างๆ เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพงกว่าสารอาหารอื่นๆ ดังนั้น อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำจึงควรมีระดับปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีที่สุด โปรตีนเป็นโภชนะที่สัตว์น้ำต้องการมากเป็นอันดับหนึ่ง โดยมีความต้องการประมาณ 30-50% ปลากินเนื้อส่วนใหญ่มีความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตสูงประมาณ 35% ขึ้นไป หากปลาได้ระดับโปรตีนต่ำจะเจริญเติบโตช้า แต่หากได้ระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นจะเจริญเติบโตได้สูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากปลาได้รับโปรตีนมากเกินไปเกินความต้องการกลับพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตต่ำหรือลดลงเล็กน้อย เนื่องจากปลาจะกินอาหาร (โปรตีนและพลังงาน) ให้พอดีกับความต้องการเท่านั้น (Lovell, 1989) และปลาว่ายอ่อนมีความต้องการโปรตีนสูงกว่าปลาที่เจริญเต็มวัย (เวียง, 2542; จูอะดี และคณะ 2545) ปลาที่ได้รับพลังงานที่พอดีกับความต้องการ ปลาจะมีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด แต่หากปลาที่ได้รับพลังงานที่ต่ำกว่าความต้องการจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตลดลง และหากพลังงานในอาหารมีมากเกินไปจะส่งผลทำให้พลังงานสะสมในรูปของไขมันมีผลต่อคุณภาพซาก (carcass quality) ทั้งยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาตลอดด้วย เนื่องจากปลากินอาหารลดลง (NRC, 1993) ดังนั้นการศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำหรับการอนุบาลปลาหมอไทยครั้งนี้ จึงอาจเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปปรับใช้ในการสร้างสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาการเลี้ยงปลาหมอไทยในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคตได้

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design; CRD) อาหารมีระดับโปรตีน (%) และพลังงานรวม (กิโลแคลอรี/100 ก.) ที่แตกต่างกัน 9 ชุด การทดลอง (Table 1) โดยมีระดับโปรตีน 35, 40 และ 45% แต่ละระดับโปรตีนมีพลังงานรวม 300, 325 และ 350 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. และแต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่	ระดับโปรตีน (%)	ระดับพลังงานรวม (กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก.)
1	35	300
2	35	325
3	35	350
4	40	300
5	40	325
6	40	350
7	45	300
8	45	325
9	45	350

2. สถานะการทดลอง

การศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานรวมได้ในอาหารที่ระดับต่างๆ กันในการอนุบาลปลาหมอไทย โดยใช้ปลาหมอไทยน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.80 ± 0.04 ก./ตัว มีการคัดปลาขนาดน้ำหนักใกล้เคียงกันใส่ตู้กระจกขนาด 50 ลิตร โดยแต่ละตู้มีการอนุบาลปลา 30 ตัว ในแต่ละตู้ให้อากาศตลอดการทดลอง และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทำความสะอาดตู้ทดลองทุก 2 วัน และควบคุมคุณภาพน้ำตลอดการทดลองให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง แบบเต็มอ้อม ทำการอนุบาลเป็นระยะเวลา 60 วัน

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองและตัวปลาหมอไทย

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า โดยวิเคราะห์ตามวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์พลังงานรวมในอาหารด้วยเครื่อง Bomb calorimeter

4. การศึกษาการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักปลาหมอไทยก่อนเริ่มทำการทดลอง และบันทึกผลการทดลอง ทุกๆ 2 สัปดาห์ ตลอดจนถึงการทดลอง เพื่อประเมินการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหาร ได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; WG; ก./ตัว) การเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (Average daily gain; ADG; ก./ตัว/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR; %/วัน) ปริมาณการกินอาหาร (Feed intake; FI; ก./ตัว) อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) อัตราการรอดตาย (Survival rate; SR; %) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เวลา 60 วัน ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และพลังงานในตัวปลา เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) โปรตีนเพิ่ม (Protein gain; PG) และการใช้ประโยชน์ได้จากพลังงาน (Energy utilization; EU) สุ่มตัวอย่างปลาจากชุดการทดลอง เพื่อศึกษา Hepatosomatic index (HSI) และปริมาณไขมันสะสมในช่องท้อง Intraperitoneal fat (IPF) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการอนุบาลปลาหมอไทยน้ำหนักเฉลี่ย 0.8 ± 0.04 ก./ตัว ด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 35, 40 และ 45% และแต่ละระดับโปรตีนมีพลังงานรวม 300, 325 และ 350 กิโลแคลอรี/100 ก. เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า ปลาหมอไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานรวมที่ต่างกันมีการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหารแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยปลาหมอไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และพลังงานรวมที่ 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. มีการเจริญเติบโตดีกว่า ปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (4.27 ± 0.78 ก./ตัว) น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน (0.09 ± 0.01 ก./ตัว/วัน) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (3.49 ± 0.28 %/วัน) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาที่มีความต้องการปริมาณโปรตีนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด อายุ อุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาสูงกว่าสารอาหารอื่นๆ ดังนั้น อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำจึงควรมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (NRC, 1993) ในการศึกษาครั้งนี้

สอดคล้องกับ จุฑามาส และคณะ (2549) รายงานว่า ปลาหมอไทยมีความต้องการโปรตีน 40% ขึ้นไป สำหรับการเลี้ยง ปลาหมอไทยน้ำหนัก 1.57 ก./ตัว ซึ่งเป็นระดับโปรตีนที่ดีที่สุด ที่ทำให้ปลาหมอไทยมีอัตราเจริญเติบโตจำเพาะ และ น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มดีที่สุด และจากการศึกษาของ Parazo (1990) รายงานว่า ลูกปลา *Siganus guttatus* มีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นตามระดับโปรตีน และพลังงานในอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ Degani *et al.* (1989) ได้ทดลองเลี้ยงปลาดุกยักษ์ที่น้ำหนักเริ่มต้นในช่วง 10-12 ก./ตัว พบว่า ลูกปลาดุกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40% มีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญเติบโตของปลาดุกยักษ์ (*Clarias gariepinus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 50% ซึ่งระดับโปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา ความต้องการระดับโปรตีนในอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่อปลาอายุมากขึ้น ดังนั้นในระยะเริ่มต้นของการเลี้ยงปลา ควรให้อาหารที่มีระดับโปรตีนสูง จากนั้นจึงค่อยๆ ลดระดับโปรตีนในอาหารลงเมื่อปลาอายุมากขึ้น จากรายงานพบว่า ปลาขนาด 0.5-1.0 ก./ตัว มีความต้องการโปรตีนมากกว่า 40% และเมื่อปลา มีขนาดโตขึ้นมีน้ำหนัก 10-30 ก. ความต้องการโปรตีนจะลดลงประมาณ 30-35% (Jauncey and Ross, 1982) Page and Andrew (1973) รายงานว่า ปลาที่ได้รับโปรตีนต่ำมีการเจริญเติบโตช้า เนื่องจากคุณภาพของโปรตีนหรือสัดส่วนของสารอาหารไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

จากการศึกษาครั้งนี้อัตราการแลกเนื้อในปลาหมอที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และพลังงานที่ 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. โดยมีอัตราแลกเนื้อดีที่สุด โดยมีเท่ากับ 2.13 ± 0.37 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ Doolgindachabaporn (1994) รายงานว่า อัตราการแลกเนื้อของการเลี้ยงปลาหมอโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1.8-3.0 ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงและระดับโปรตีนที่ต่างกัน Balarin and Haller (1982) รายงานว่า อัตราแลกเนื้อที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการให้อาหารเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยอาหารที่ไม่สมบูรณ์ เพราะเมื่อปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านระบบลำไส้มากขึ้นทำให้การย่อยและการดูดซึมลดน้อยลง ดังนั้นประสิทธิภาพการย่อยอาหารจะถูกลดทอนลงด้วยปริมาณอาหารที่ปลาได้รับมากขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่า อัตราการรอดตายของปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 72.50-89.16% ซึ่งอัตราการรอดตายของลูกปลาหมอไทยค่อนข้างต่ำเนื่องอาจเกิดจากปลา มีขนาดเล็กและอัตราความหนาแน่นในการอนุบาลค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับ Rahman and Marimuthu (2010) รายงานว่า การอนุบาลลูกปลาหมอในบ่อดินด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน

ที่ 100, 120 และ 140 ตัว/ม² ซึ่งการอนุบาลลูกปลาหมอในบ่อดินส่งผลให้ลูกปลามีอัตราการรอดที่ต่างกัน โดยลูกปลาที่อนุบาลในความหนาแน่นสูงจะมีอัตราการรอดน้อยกว่าที่ความหนาแน่นต่ำ

อาหารที่มีพลังงานมากทำให้ปลากินอาหารลดลงเนื่องจากปลาจะหยุดกินอาหาร หากได้รับพลังงานมากเกินไปความต้องการของร่างกาย (วีระพงศ์, 2536) นอกจากนี้ Jantrarotai *et al.* (1996) รายงานว่า ปลาอุกอุกผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) ขนาด 44 ก./ตัวสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดด้วยอาหารที่มีโปรตีน 40% ที่ระดับพลังงานรวม 275 กิโลแคลอรี/100 ก. และเมื่อเพิ่มระดับพลังงานที่รวมได้เป็น 325 กิโลแคลอรี/100 ก. สามารถลดความต้องการโปรตีนลงได้เหลือ 35% จากการศึกษาในครั้งนี้อาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและพลังงานรวมทุกชุดการทดลองมีค่าพลังงานต่อโปรตีนอยู่ระหว่าง 6.70-9.92 กิโลแคลอรี/ก. โปรตีน และปลาหมอที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และพลังงานรวมที่ 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. มีพลังงานต่อโปรตีนเท่ากับ 7.20 กิโลแคลอรี/ก.โปรตีน ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของปลาหมอไทย สาวิตรี และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาพบว่า ปลาหมอขนาด 1.6 ก./ตัว เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40% และพลังงานรวม 435 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. หรือคิดเป็นค่าพลังงานต่อโปรตีนเท่ากับ 10.86 กิโลแคลอรี/ก.โปรตีน ทำให้ปลาหมอเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ วิมล (2536) กล่าวว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและระดับพลังงานในสัดส่วนที่เหมาะสมมีผลทำให้ปลาเจริญเติบโตดีที่สุด และ Smith (1989) กล่าวว่า โดยทั่วไปสัดส่วนที่เหมาะสมของพลังงานต่อกรัมโปรตีนในอาหารปลาควรมีค่าประมาณ 8-10 กิโลแคลอรี/ก.โปรตีน

นอกจากนี้ Lovell (1989) รายงานว่า อาหารที่มีระดับโปรตีนสูงเกินไปและมีพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนน้อยเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของปลา จากการศึกษาในปลากดออเมริกัน (*Ictalurus punctatus*) พบว่าการเพิ่มโปรตีนในอาหารมากกว่า 45% โดยไม่เพิ่มสัดส่วนของพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีน ทำให้การเจริญเติบโตลดลงโดยปลากดออเมริกันที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับสูงๆ (42% หรือมากกว่า) และมีระดับพลังงานที่ไม่ได้จากระดับโปรตีนต่ำ (น้อยกว่า 1.5 กิโลแคลอรี/ก.โปรตีน) การเจริญเติบโตของปลาจะหยุดชะงัก แต่เมื่อระดับโปรตีนลดลงเหลือ 36% และระดับพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนเท่าเดิม ปลากลับมีการเจริญเติบโตดีขึ้น และเมื่อระดับพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนในอาหารที่มีระดับโปรตีนทั้งสูงและต่ำ การเจริญเติบโตของปลาจะดีขึ้น จึงอาจสรุปได้ว่า เมื่ออาหาร

ปลามีปริมาณพลังงานที่มาจากโปรตีนมากๆ ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโปรตีนจะลดลง (FAO/UNDP, 1980)

การใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาหมอไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานที่ต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 60 วัน พบว่า ปลาหมอไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และพลังงานรวมได้ที่ 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. มีระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น (protein gain) ในตัวปลาสูงกว่าปลาหมอไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานในระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.10 ± 0.01 ซึ่งโปรตีนที่สะสมในตัวปลาขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กินและการใช้ประโยชน์จากอาหารที่ปลาได้รับจึงทำให้น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโปรตีน (PER) ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 1.36 ± 0.22

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้ประโยชน์จากพลังงาน (EU) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.49-1.68 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่ได้รับจากอาหารในปลาหมอไทยทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ปริมาณไขมันสะสมในช่องท้อง (IPF) มีค่าเท่ากับ 7.83 ± 0.28 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองในครั้งนี้สังเกตได้ว่า ปลาหมอไทยที่รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 35% และพลังงานรวมได้ที่ 300-350 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. มีปริมาณการสะสมไขมันในช่องท้องมากที่สุดเนื่องจากอาหารในกลุ่มดังกล่าวมีส่วนของพลังงานต่อโปรตีนสูง จึงส่งผลให้มีพลังงานที่เหลือใช้จากอาหารถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมัน และมีการสะสมไขมันในช่องท้องมากกว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานที่สมดุลกันจึงทำให้ไขมันสะสมในช่องท้องปลาและทำให้ปลาอ้วน อาหารประเภทไขมันและพลังงานที่ผ่านการดูดซึมแล้วไม่ถูกใช้ประโยชน์นั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมันที่สะสมในส่วนต่างๆ ของร่างกายมีผลทำให้ปลาอ้วนขึ้น ปริมาณไขมันในตับจึงมากขึ้นโดยดัชนีตับ (HSI) มีค่าเท่ากับ $(2.15 \pm 0.14\%)$ โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับระดับของโปรตีนและพลังงานที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากเกิดการสะสมไกลโคเจน (glycogen) ในตับมากขึ้น จากอาหารที่มีระดับพลังงานและไขมันสูง (Brown *et al.*, 1992) ระดับโปรตีนและพลังงานของอาหารเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาได้ หากปลารับอาหารที่มีระดับพลังงานต่ำเกินไปและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ปลาจึงจำเป็นต้องใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานทดแทน ทำให้แหล่งโปรตีนที่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตมีน้อยลง และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาโดยตรง (วิมล, 2536)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานในการอนุบาลลูกหม่อปลาไทย ด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน และพลังงานรวมแตกต่างกัน 9 สูตร โดยมีระดับโปรตีน 35, 40 และ 45% และแต่ละระดับโปรตีนมีพลังงานรวมได้ 300, 325 และ 350 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. เป็นเวลา 60 วัน พบว่า ปลาหม่อไทยที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45% และมีพลังงานรวม 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. โดยมีสัดส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่ 7.2 กิโลแคลอรี/ก.โปรตีน มีการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารดีที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น

การอนุบาลปลาหม่อไทยน้ำหนักเฉลี่ย 0.8 ± 0.04 ก./ตัว จึงควรมีระดับโปรตีน 45% และพลังงานรวมในอาหาร 325 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 ก. ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมที่มีผลทำให้ปลาหม่อไทยมีการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาหม่อไทยดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2556 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

Table 1 Ingredients and proximates composition of experimental diets

Ingredient	Protein level and gross energy (%; Kcal/100g)								
	35/300	35/325	35/350	40/300	40/325	40/350	45/300	45/325	45/350
Fish meal	38	38	38	42	41.5	42	57	58	61.5
Soybean meal	21	20	20	25	26	26	17	17	12.5
Rice bran	9	15	16	14	9	9	11	7	5
Soybean oil	6	6.5	8	3.5	6	7.5	2.5	4.5	6.5
Fish oil	6	6.5	8	3.5	6	7.5	2.5	4.5	6.5
Alpha starch	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Dicalcium phosphate	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Premix	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Methylcellulose	12	6	2	4	3.5	0	2	1	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Proximate composition by analysis (% dry weight on basis)									
Protein	34.94	35.34	35.49	40.06	39.5	39.81	45.17	45.21	44.96
Fat	17.11	19.03	20.18	13.13	17.49	20.53	12.12	15.29	19.55
Fiber	2.24	2.56	2.62	2.87	2.62	2.62	2.17	1.92	1.49
Ash	14.78	14.39	13.78	14.70	14.88	15.49	15.80	18.42	17.85
Moisture	5.67	6.16	6.26	6.83	6.41	6.44	6.87	6.55	6.18
Gross energy (Kcal/100 g)	302.07	325.20	352.17	300.63	326.85	352.47	302.58	325.53	351.15
E:P ratio	8.65	9.20	9.92	7.50	8.27	8.85	6.70	7.20	7.81

Table 2 Growth performance and feed utilization of climbing perch fed with experimental diets for 60 days (Mean \pm SD)

Parameter	Protein level and gross energy (%; Kcal/100g)									p-value
	35/300	35/325	35/350	40/300	40/325	40/350	45/300	45/325	45/350	
WG (g/fish)	2.35 \pm 0.49 ^{d1/2}	2.34 \pm 0.37 ^d	2.90 \pm 0.71 ^{bcd}	2.69 \pm 0.47 ^{cd}	3.19 \pm 0.27 ^{bc}	3.63 \pm 0.64 ^{ab}	3.21 \pm 0.29 ^{bc}	4.27 \pm 0.78 ^a	3.55 \pm 0.38 ^{ab}	0.0002
ADG (g/fish/day)	0.05 \pm 0.01 ^c	0.05 \pm 0.01 ^c	0.06 \pm 0.01 ^{bc}	0.06 \pm 0.01 ^c	0.07 \pm 0.01 ^{bc}	0.08 \pm 0.01 ^{ab}	0.07 \pm 0.01 ^{bc}	0.09 \pm 0.01 ^a	0.08 \pm 0.01 ^{ab}	0.0003
SGR (%/day)	2.63 \pm 0.31 ^d	2.57 \pm 0.17 ^d	2.91 \pm 0.24 ^{bcd}	2.90 \pm 0.24 ^{bc}	3.06 \pm 0.10 ^{bc}	3.29 \pm 0.26 ^{ab}	3.11 \pm 0.08 ^{bc}	3.49 \pm 0.28 ^a	3.29 \pm 0.14 ^{abc}	0.0001
FI (g/fish)	8.29 \pm 0.59 ^{abc}	7.72 \pm 0.53 ^{ab}	8.84 \pm 0.91 ^a	7.59 \pm 0.37 ^c	8.36 \pm 0.37 ^{abc}	9.05 \pm 0.29 ^{bc}	7.84 \pm 0.49 ^{bc}	8.62 \pm 0.61 ^{ab}	8.24 \pm 0.24 ^{abc}	0.0161
SR (%)	78.33 \pm 7.94	86.66 \pm 8.16	73.34 \pm 10.54	89.16 \pm 4.99	80.83 \pm 8.33	75.00 \pm 8.39	79.17 \pm 15.95	72.50 \pm 8.33	80.00 \pm 2.71	0.7836
FCR	3.63 \pm 0.22 ^a	3.39 \pm 0.78 ^a	3.14 \pm 0.48 ^{abc}	2.90 \pm 0.62 ^{abcd}	2.69 \pm 0.62 ^{abcd}	2.61 \pm 0.54 ^{bcd}	2.38 \pm 0.54 ^{cd}	2.13 \pm 0.37 ^d	2.43 \pm 0.25 ^{cd}	0.0197
PER	0.85 \pm 0.15 ^c	0.96 \pm 0.11 ^{bc}	0.93 \pm 0.14 ^{bc}	1.03 \pm 0.22 ^{bc}	1.07 \pm 0.10 ^{abc}	1.14 \pm 0.26 ^{abc}	1.22 \pm 0.16 ^{ab}	1.36 \pm 0.22 ^a	1.24 \pm 0.15 ^{ab}	0.0255
PG	0.05 \pm 0.01 ^d	0.05 \pm 0.01 ^{bc}	0.06 \pm 0.02 ^{cd}	0.06 \pm 0.01 ^{cd}	0.06 \pm 0.01 ^{cd}	0.08 \pm 0.02 ^{cd}	0.06 \pm 0.01 ^{ab}	0.10 \pm 0.01 ^a	0.07 \pm 0.01 ^{bc}	0.0001
EU	1.67 \pm 0.24	1.63 \pm 0.14	1.68 \pm 0.14	1.62 \pm 0.09	1.48 \pm 0.18	1.65 \pm 0.26	1.51 \pm 0.17	1.49 \pm 0.20	1.63 \pm 0.28	0.8533
HSI (%)	1.45 \pm 0.16 ^d	1.63 \pm 0.12 ^{cd}	1.74 \pm 0.16 ^{bc}	1.82 \pm 0.15 ^{bc}	1.77 \pm 0.18 ^{bc}	1.83 \pm 0.14 ^{ab}	2.15 \pm 0.14 ^a	1.92 \pm 0.21 ^{ab}	1.95 \pm 0.07	0.0017
IPF (%)	7.32 \pm 0.57 ^{ab}	7.83 \pm 0.28 ^a	6.81 \pm 0.45 ^{ab}	6.65 \pm 1.32 ^{ab}	6.40 \pm 0.57 ^b	6.60 \pm 0.46 ^b	6.10 \pm 0.80 ^b	60.5 \pm 0.25 ^b	6.11 \pm 0.41 ^b	0.0475

^{1/2}Means within the same row with different letters are significantly different (p<0.05)

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2554. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2552. เอกสารฉบับที่ 9/2554. ศูนย์สารสนเทศกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 หน้า.
- จุฑามาศ ชมภูนิช, ดาราวรรณ ยุทธยงค์, สาวิตรี เพชรตะกั่ว, ไพรัตน์ กอสุธารักษ์ และ จูอะดี พงศ์มณีรัตน์. 2549. ระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารปลาหมอ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 38 /2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 18 หน้า.
- จูอะดี พงศ์มณีรัตน์, พิษญา ชัยนาค, ทวี จินตมัยกุล และ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2545. ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลา กะพงแดง. วารสารการประมง. 55(5): 413-412.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 หน้า.
- วิมล จันทโรทัย. 2536. ผลงานอาหารปลาเพื่อการอยู่รอดของปลา. วารสารการประมง 46(5): 465-470.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 253 หน้า.
- สาวิตรี ศิลาเกษ, ดาราวรรณ ยุทธยงค์, จูอะดี พงศ์มณีรัตน์, ทศนีย์ ภูมิพัฒน์ และ พิสมัย สมสืบ. 2547. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาหมอ. วารสารการประมง 57(4): 323-330.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C.
- Balarin, J.D. and Haller, R.O. 1982. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In Muir, J.R. and Roberts, R.J. (Eds.). Recent and advance in aquaculture. Croom helm publisher: London. p. 267-355.
- Brown, M., Nematipour, G.R. and Gatlin, D.M. 1992. Dietary protein requirement of juvenile sunshine bass at different salinities. Prog. Fish-Cult. 54: 148-156.
- Degani, G., Ben-Zvi, Y. and Levanon, D. 1989. The effect of different protein levels and temperature on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture 76: 293-301.
- Doolgindachbaporn, S. 1994. Development of Optimal Rearing and Culturing Systems for Climbing Perch, *Anabas testudineus* (Bloch) (Perciformes, Anabantidae). Ph.D. Dissertation in Department of Zoology, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- FAO/UNDP.1980. Fish feed Technology. FAO/UNDP Training Course at University of Washington. 395 pp.
- Jantrarotai, W., Sitasit, P. Jantrarotai, P. Viputhanumas. T. and Srabua, P. 1996. Protein and Energy Levels for Maximum Growth, Diet Utilization, Yield of Edible Flesh, and protein sparing of hybrid *Clarias catfish* (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). Technical paper No. 177. National Inland Fisheries Institute, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 16 pp
- Jauncey, K. and Ross, B. 1982. A Guide to Tilapia Feeds and Feeding. University of Stirling, Scotland. 111 pp.
- Lovell, R.T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish, 2nd edition. Kluwer Academic Publishers: London. 267 pp.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrition Requirement of Fish. National Academy Press: Washington D.C. 114 pp.
- Page, J.M. and Andrew, J.W. 1973. Interaction of dietary level of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr. 103(9): 1339-1346.
- Parazo, M.M. 1990. Effect of dietary protein and energy level on growth, protein utilization and carcass composition of rabbitfish (*Siganus guttatus*). Aquaculture 86: 41-49.
- Rahman, M.A. and Marimuthu, K. 2010. Effect of different stocking density on growth, survival and production of endangered native fish climbing perch (*Anabas testudineus*, Bloch) fingerlings in nursery ponds. Adv. Environ. Biol. 4(2): 178-186.
- Smith, R.R. 1989. Nutritional Energetic. In Halver, L.E. (Ed.), Fish Nutrition, 2nd edition. Academic Press Inc.: San Diego. p. 1-29.