การใช้ประโยชน์และการขับถ่ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากอาหารในปลาทับทิม

Utilization and excretion of Dietary Nitrogen and Phosphorus in Red Tilapia (*Oreochromis spp.*)

บรรเจิด สอนสุภาพ[1],ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ[1],อรพินท์ จินตสถาพร[1], ส่งศรี มหาสวัสดิ์[2] และสุชาติ อิงธรรมจิตร์[3]

Bancherd Sornsupharp[1],Pratak Tabthipwan[1],Orapin Jintasathaporn[1],Songsri mahasawat[2],Suchart Ingthamjitr[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ประโยชน์และการขับถ่ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปลาทับทิม ทำการทดลองในปลา 3 ขนาด คือปลาทับทิมขนาดเล็กน้ำหนัก 28-30 กรัม ปลาทับทิมขนาดกลางน้ำหนัก 140-150 กรัมและปลาทับทิมขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 300-320 กรัม การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของความถี่ในการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากอาหารในปลาทับทิม โดยปลาในแต่ละขนาดจะได้รับอาหาร 2, 3 และ 4 ครั้งต่อวัน พบว่าปลาทับทิมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ได้รับอาหารซึ่งมีความถี่ในการให้ต่อวันต่างกัน มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร การย่อยโปรตีนและฟอสฟอรัสในอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปลาทับทิมขนาดกลางที่ได้รับอาหาร 3 และ 4 ครั้งต่อวันมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูงกว่าได้รับอาหาร 2 ครั้งต่อวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การใช้ประโยชน์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปลาทั้ง 3 ขนาดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) การทดลองที่ 2 ศึกษาการขับถ่ายไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เลี้ยงปลาทับทิมขนาดขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ หลังจากได้รับอาหารอย่างเต็มที่ 1 ครั้งต่อวัน พบว่ามีการขับถ่ายไนโตรเจนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.016 ± 0.00, 0.010 ± 0.00 และ 0.007 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลาต่อชั่วโมง โดยขับสูงสุดในชั่วโมงที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.022, 0.022 และ 0.021 กรัมต่อกิโลกรัมปลาตามลำดับ การขับถ่ายฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 0.003 ± 0.00, 0.006 ± 0.00 และ 0.001 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลาตามลำดับ โดยปลาขนาดเล็กและขนาดใหญ่ขับฟอสฟอรัสรวมสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 หลังจากได้รับอาหารแล้วซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.008, 0.004 กรัมต่อกิโลกรัมปลาตามลำดับ ส่วนปลาขนาดกลางขับฟอสฟอรัสรวมสูงสุดในชั่วโมงที่ 4 หลังจากได้รับอาหารแล้วและ มีค่าเท่ากับ 0.004 กรัมต่อกิโลกรัมปลา

คำสำคัญ : การใช้ประโยชน์, การขับถ่าย, ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอาหาร, ปลาทับทิม

Abstract

Utilization and excretion of nitrogen and phosphorus in red tilapia were conducted on small fish (28-30 gm), medium fish (140-150 gm) and large fish (300-320 gm). Experimental 1, studied on the effect of feeding frequency on nitrogen and phosphorus digestibility in red tilapia. Fish were fed with commercial feed 2, 3 and 4 times/day. The results indicated that apparent digestibility coefficient, protein digestibility, and phosphorus digestibility in small and large fish were not significantly different ($P>0.05$), where as the protein digestibility in medium fish with fed 3 and 4 times/day were highest value ($P<0.05$) than fish with fed 2 times/day. However, the utilization of

---

[1] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3] กองสิ่งแวดล้อมประมง กรมประมง กรุงเทพฯ

nitrogen and phosphorus in all fish group were not significantly different (P>0.05). Experimental 2, studied on nitrogen and phosphorus excretion in red tilapia. Fish were fed until satiation one time a day. The results showed that the average nitrogen excretion (TKN) in small, medium and large fish were 0.0162 ± 0.00, 0.010 ± 0.00 and 0.007 ± 0.00 g/kg fish/hr, respectively and highest on the fifth hour (0.022, 0.022 and 0.021 g/kg fish/hr, respectively). The average phosphorus excretion were 0.003 ± 0.000, 0.002 ± 0.00 and 0.001 ± 0.00 g/kg fish/hr, respectively. The maximum phosphorus (TP) excretion in small and large fish were 0.008 and 0.004 g/kg fish on the sixth hour after fed, where as the medium fish excrete phosphorus highest on fourth hour around 0.004 g/kg fish.

Keywords : Utilization, Excretion, Dietary Nitrogen and Phosphorus, Red tilapia

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบางชนิดได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากมวลสารที่ปล่อยออกมากับน้ำที่ใช้แล้ว การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหนึ่งที่สามารถทำรายได้ให้เกษตรกรเป็นอย่างดี โดยปลาที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันได้แก่ ปลากระพงขาว ปลาบู่ ปลาสวาย ปลานิลแปลงเพศและปลาทับทิม ซึ่งเป็นการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ในแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไป เช่น แม่น้ำมูล แม่น้ำพอง แม่น้ำชี อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ (กรมควบคุมมลพิษและมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545) แม่น้ำสะแกกรัง และแม่น้ำเจ้าพระยา (กรมควบคุมมลพิษและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545) ปลาที่เลี้ยงในกระชังนั้นจะได้รับอาหารผสมเป็นหลักเนื่องจากปริมาณอาหารธรรมชาติมีจำกัด เกษตรกรจึงนิยมให้อาหารแก่ปลามากเกินความต้องการและมีจำนวนครั้งในการให้อาหารมากขึ้น จนบางครั้งมีอาหารที่ยังไม่ได้กินลอยอยู่ตามขอบกระชังซึ่งสารอาหารบางชนิด เช่น ไนโตรเจนหรือไขมันละลายออกมาสู่แหล่งน้ำได้ ทำให้คุณค่าของอาหารลดลงและสารอาหารดังกล่าวจะไปมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในน้ำ โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ถ้าหากระบบการเลี้ยงยังมีการให้อาหารในปริมาณที่สูงอยู่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของแหล่งน้ำอันเนื่องจากปริมาณของสารอาหารในสิ่งขับถ่ายของปลาและปริมาณเศษอาหารที่ละลายลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งนำไปสู่ความอุดมสมบูรณ์ที่มากเกินไปและเกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมาได้ จากเหตุผลที่สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นสารที่มีความสำคัญในระบบการทำงานของร่างกายทุกระบบ แต่ในขณะเดียวกันไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นผลพลอยได้จากขบวนการเมตาบอลิซึมของอาหาร ที่สัตว์น้ำขับถ่ายออกมาบางรูปแพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำสามารถใช้ประโยชน์และอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำได้ การป้องกันและแก้ไขผลที่เกิดขึ้นในขบวนการเมตาบอลิซึมของอาหารและของเสียที่มาจากสัตว์น้ำอาจได้แก่การเพิ่มประสิทธิภาพการกินและการย่อยอาหาร โดยการสร้างสูตรอาหารที่สัตว์น้ำสามารถกินย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มาก การให้อาหารในปริมาณที่สัตว์น้ำกินได้หมดพอดีและมีจำนวนครั้งที่เหมาะสมก็สามารถลดปริมาณของเสียลงได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากอาหารในปลาทับทิมโดยมีความถี่ในการให้อาหารต่อวันต่างกัน และศึกษาการขับถ่ายไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำจากปลาทับทิมขนาดต่างกัน ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังจากได้รับอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของความถี่ในการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนและฟอสฟอรัสจากอาหารในปลาทับทิม จัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design) โดยศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนและฟอสฟอรัสจากอาหารในปลาทับทิมที่ได้รับอาหาร 2, 3 และ 4 ครั้งต่อวัน ทำการศึกษาในปลาทับทิม 3 ขนาดคือ ปลาทับทิมขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 29.57 ± 4.67 กรัม ปลาทับทิมขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย 143.59 ± 10.26 กรัม ปลาทับทิมขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 300.46 ± 13.31 กรัม ปลาที่ใช้ในการทดลองนำมาพักในถังไฟเบอร์ขนาดความจุน้ำ 1 ตัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยให้อาหารเม็ดที่เลี้ยงปลาทับทิมเชิงการค้าอาหารชนิดที่ 1 (Feed 1) เลี้ยงปลาขนาด 20-100 กรัม และอาหารชนิดที่ 2 (Feed 2) เลี้ยงปลาขนาดตั้งแต่ 100 กรัมขึ้นไป ซึ่งมีส่วนประกอบของทางเคมีของอาหารตามตารางที่ 1 ในระหว่างที่พักปลาให้ปลากินอาหารจนอิ่มวันละ 3 ครั้ง จากนั้นคัดแยกปลาให้ได้ขนาดที่จะใช้ในการทดลองขนาดละ 15 ตัว ปลาแต่ละขนาดจะถูกแยกเลี้ยงในถังทดสอบการย่อยอาหารถังละ 5 ตัว ขนาดละ 9 ถัง รวมทั้งหมด 27 ถัง โดยแยกเป็น 3 ชุดการทดลอง (ปลา 3 ขนาด) การทดลองละ 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 จะได้รับอาหาร 2 ครั้งต่อวัน เวลา 09.00 และ 16.00 น. ชุดการทดลองที่ 2 จะได้รับอาหาร 3 ครั้งต่อวัน เวลา 08.00, 12.00 และ 16.00 น. และชุดการทดลองที่ 3 จะได้รับอาหาร 4 ครั้งต่อวัน เวลา 08.00, 12.00, 16.00 และ 20.00 น. เลี้ยงปลาตามความถี่ในการให้อาหารที่กำหนดไว้ 3 - 7 วัน จนปลากินอาหารเป็นปกติและก่อนเริ่มทดลองทำการอดอาหารปลาประมาณ 48 ชั่วโมง เพื่อให้เหลืออาหารในทางเดินอาหารน้อยที่สุด ให้อาหารตามหน่วยทดลองที่กำหนดไว้ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ บันทึกน้ำหนักอาหารก่อนและที่เหลือหลังจากให้อาหารเพื่อทราบปริมาณอาหารที่ปลากิน และเก็บรวบรวมมูลปลาจากกระบอกเก็บมูล 1 ชั่วโมงก่อนการให้อาหารครั้งต่อไป นำมูลที่ได้ไปทำแห้งโดยการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง รวมมูลปลาที่ได้จากแต่ละถังโดยบันทึกน้ำหนักมูลทุกครั้งที่เก็บตลอดระยะเวลา 3 สัปดาห์ จากนั้นนำไปวิเคราะห์โปรตีนและฟอสฟอรัสที่เหลือในมูล เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนและการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสในอาหารตามวิธีของ Smith และ Lovell (1973) วิเคราะห์ไนโตรเจนรวมในอาหารและมูลและวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรวมในอาหารตามวิธีของ AOAC (2000) และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีของ อนันต์ชัย (2539)

Table 1 Chemical composition of the experimental diets (% as dry basis).

Composition	Moist (%)	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	NFE* (%)	Total N (%)	Total P(%)	DE **(kcal/kg)
Feed 1	8.0	33.42	4.4	8.2	11.1	42.9	5.34	1.40	276.13
Feed 2	7.1	32.96	3.3	9.6	12.3	41.9	5.26	1.41	262.99

* % NFE = 100 - % M - % CP - % CF - %CF_I - % Ash

** DE = (% protein x 4.0) + (% fat x 8.0) + (% NFE x 2.5)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการขับถ่ายไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำจากปลาทับทิมขนาดต่างกัน โดยทดลองในปลา 3 ขนาด คือปลาทับทิมขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 28.53 ± 4.12 กรัม ปลาทับทิมขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย149.68 ± 5.36 กรัมและปลาทับทิมขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 318.85 ± 5.79 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาปริมาณของไนโตรเจนรวมสะสมและฟอสฟอรัสรวมสะสมเฉลี่ย ที่ปลาทับทิมขับถ่ายต่อชั่วโมงเทียบกับน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม และไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมรวมที่ปลาทับทิมขับถ่ายที่เวลาต่างๆ เทียบกับน้ำหนักปลา 1

กิโลกรัม ปลาที่ใช้ในการทดลองนำมาพักในถังไฟเบอร์ขนาดความจุน้ำ 1 ตัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยให้อาหารชนิดเดียวกับการทดลองที่ 1 ในระหว่างที่พักปลาให้ปลากินอาหารจนอิ่มวันละ 1 ครั้ง เวลา 09.00 น. จากนั้นคัดแยกปลาให้ได้ขนาดที่จะใช้ในการทดลองขนาดละ 3 ตัว เลี้ยงในตู้กระจกที่ความจุน้ำ 80 ลิตรตู้ละ 1 ตัว จำนวน 9 ตู้ และเลี้ยงปลาต่อไปอีก 3 วันเพื่อให้ปลากินอาหารเป็นปกติและก่อนเริ่มทดลองทำการอดอาหารปลาประมาณ 48 ชั่วโมง เพื่อให้เหลืออาหารในทางเดินอาหารน้อยที่สุด เมื่อเริ่มทดลองให้อาหารปลาอย่างเต็มที่เวลา 09.00 น. หลังจากให้อาหารปลาทับทิมแล้ว 1 ชั่วโมงระบายน้ำในตู้ทดลองให้เหลือน้อยที่สุดโดยไม่กระทบกระเทือนต่อปลามาก และเติมน้ำใหม่ลงตู้ทดลองในระดับเท่าเดิม หลังจากนั้นอีก 1 ชั่วโมงทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำทุก 1 ชั่วโมงจนครบ 6 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำตามวิธีของ Raveh และ Avnimelech (1979) และฟอสฟอรัสรวมในน้ำตามวิธีมาตรฐาน (APHA, 1998)

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนถึงอิทธิพลของความถี่ในการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหารเมื่อได้รับอาหาร 2, 3 และ 4 ครั้งต่อวัน (ตารางที่ 2) ในปลาทับทิมขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 29.57 $\pm$ 4.67 กรัม พบว่ามีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว อัตราการขับถ่ายมูล ปริมาณโปรตีน (ไนโตรเจน) ที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายโปรตีน (ไนโตรเจน) ปริมาณฟอสฟอรัสที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและประสิทธิภาพการย่อยฟอสฟอรัสมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ปลาทับทิมขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย 143 $\pm$ 10.26 กรัม เมื่อได้รับอาหาร 2, 3 และ 4 ครั้งต่อวัน พบว่า มีอัตราการกินอาหารเฉลี่ย อัตราการขับถ่ายมูลปริมาณโปรตีน (ไนโตรเจน) ที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายโปรตีน (ไนโตรเจน) ปริมาณฟอสฟอรัสที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพการย่อยอาหารและประสิทธิภาพการย่อยฟอสฟอรัสมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) แต่ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ปลาทับทิมขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 300.46 $\pm$ 13.31 กรัม เมื่อได้รับอาหาร 2, 3 และ 4 ครั้งต่อวัน พบว่ามีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว อัตราการขับถ่ายมูล ปริมาณโปรตีน (ไนโตรเจน) ที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายโปรตีน (ไนโตรเจน) ปริมาณฟอสฟอรัสที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและประสิทธิภาพการย่อยฟอสฟอรัสมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ซึ่งอัตราการกินอาหารในปลาขนาดเล็ก ขนาดกลางและปลาขนาดใหญ่มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากปลาอาจเกิดความเครียดในระหว่างการทดลอง ประกอบกับไม่ได้ให้อากาศในขณะเลี้ยงปลาในถังทดสอบการย่อยและออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.96 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปลาที่กินอาหารแล้วมีความต้องการออกซิเจนมากกว่าปลาที่กำลังหิว และระหว่างที่กินอาหาร ปลาจะมีกิจกรรมของร่างกายสูงขึ้นจากการกินอาหาร การย่อย และการใช้ประโยชน์อาหารดังนั้นเมื่อปลากินอาหารได้ระยะหนึ่งปลาจึงหยุดกินอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยอาหารในปลาแต่ละขนาดเมื่อได้รับอาหารความถี่ต่างกันมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณมูลที่ขับถ่ายเมื่อเทียบต่อน้ำหนักตัวปลาเมื่อได้รับอาหารไม่เท่ากันในปลาแต่ละกลุ่มมีความแตกต่าง

Table 2 Effect of feeding frequency on small fish (29.57 ± 4.6 g), medium fish (143.59 ± 10.26 g) and large fish (300.46 ± 13.31 g).

Parameter		Feeding frequency (times/day)				
		2	3	4	P-value	Pool-SE
Small fish size (29.57 ± 4.6)	Feed Intake[1]	2.480[a]	2.650[a]	3.183[a]	0.3640	0.5789
	Feces[2]	16.782[a]	12.243[a]	14.979[a]	0.7595	5.7114
	Protein Intake[3]	4.750[a]	5.270[a]	4.740[a]	0.8806	1.4699
	Protein Excretion[3]	0.137[a]	0.135[a]	0.136[a]	0.8046	0.0043
	Nitrogen Intake[3]	0.761[a]	0.844[a]	0.758[a]	0.8806	0.2351
	Nitrogen Excretion[3]	0.022[a]	0.021[a]	0.021[a]	0.8064	0.0007
	Phosphorus Intake[3]	0.201[a]	0.223[a]	0.201[a]	0.8806	0.0623
	Phosphorus Excretion[3]	0.044[a]	0.046[a]	0.046[a]	0.4506	0.0015
	Protein Digestibility[4]	96.828[a]	97.433[a]	96.951[a]	0.7782	1.0841
	Phosphorus Digestibility[4]	91.948[a]	93.486[a]	92.813[a]	0.7940	1.7821
	Apparent Digestibility Coefficient[4]	83.217[a]	85.757[a]	85.023[a]	0.8502	5.5454
Medium fish size (143.59 ± 10.26)	Feed Intake[1]	0.692[a]	0.911[a]	1.000[a]	0.3116	0.2297
	Feces[2]	16.771[a]	16.201[a]	17.017[a]	0.5490	0.8897
	Protein Intake[3]	3.700[a]	4.000[a]	3.790[a]	0.2949	0.2146
	Protein Excretion[3]	0.151[a]	0.146[a]	0.149[a]	0.9007	0.0125
	Nitrogen Intake[3]	0.593[a]	0.640[a]	0.607[a]	0.2949	0.0343
	Nitrogen Excretion[3]	0.024[a]	0.023[a]	0.023[a]	0.9007	0.0020
	Phosphorus Intake[3]	0.162[a]	0.175[a]	0.166[a]	0.2949	0.0093
	Phosphorus Excretion[3]	0.048[a]	0.046[a]	0.043[a]	0.4681	0.0046
	Protein Digestibility[4]	95.932[a]	95.501[b]	96.310[b]	0.0498	0.2216
	Phosphorus Digestibility[4]	91.332[a]	92.000[a]	91.560[a]	0.2799	0.4746
	Apparent Digestibility Coefficient[4]	83.223[a]	83.796[a]	82.976[a]	0.5461	0.8900
Large fish size (300.46 ± 13.31)	Feed Intake[1]	0.424[a]	0.530[a]	0.631[a]	0.4781	0.1960
	Feces[2]	15.436[a]	13.978[a]	13.897[a]	0.6223	2.0920
	Protein Intake[3]	4.320[a]	4.650[a]	4.74[a]	0.7926	0.6817
	Protein Excretion[3]	0.138[a]	0.153[a]	0.153[a]	0.4521	0.0149
	Nitrogen Intake[3]	0.667[a]	0.744[a]	0.759[a]	0.5342	0.1024
	Nitrogen Excretion[3]	0.024[a]	0.024[a]	0.024[a]	0.4251	0.0023
	Phosphorus Intake[3]	0.182[a]	0.203[a]	0.207[a]	0.5342	0.0280
	Phosphorus Excretion[3]	0.043[a]	0.043[a]	0.042[a]	0.6026	0.0017
	Protein Digestibility[4]	96.394[a]	96.741[a]	96.754[a]	0.6130	0.4856
	Phosphorus Digestibility[4]	92.300[a]	93.040[a]	93.070[a]	0.6130	1.0361
	Apparent Digestibility Coefficient[4]	84.560[a]	86.071[a]	86.097[a]	0.6228	2.0920

[1] % body weight, [2] % feed intake, [3] gm/kg fish, [4] % DM

[ab] Within the same row, value not having the same superscript are significantly different (P< 0.05)

กันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ปริมาณโปรตีน(ไนโตรเจน)ที่กินเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของปลาแล้วขับถ่ายโปรตีน (ไนโตรเจน) ในปลาทั้ง 3 ขนาด ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากอาหารในปลาขนาดกลางเมื่อได้รับอาหาร 3 และ 4 ครั้งต่อวันสูงกว่าที่ได้รับอาหาร 2 ครั้งต่อวัน ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลาขึ้นกับองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารเป็นสำคัญ ซึ่งจากการทดลองของ De Silva และ Perera (1984) พบว่าปลานิลขนาดเฉลี่ย 21 กรัม มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนเท่ากับ 56.7-83.9 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนตั้งแต่ 9.6-30.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองของรัดเกล้า (2540) พบว่า ปลานิลขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2 กรัม มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนอยู่ระหว่าง 75.75-79.47 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ประสิทธิภาพการย่อยฟอสฟอรัสจากอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและชนิดของปลาเป็นสำคัญ ปลาที่มีกระเพาะอาหารจะย่อยฟอสฟอรัสได้ดีกว่าปลาที่ไม่มีกระเพาะ (Watanabe และคณะ, 1980) และจากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลาขนาดเล็กและปลาขนาดใหญ่เมื่อได้รับอาหารที่มีความถี่ในการให้อาหารต่างกันมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหารและการขับถ่ายแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ดังนั้นอาจให้อาหาร 2 - 4 ครั้งต่อวันก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วปลานิลขนาดเล็กควรให้อาหาร 6-8 ครั้งต่อวัน ปลาขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ควรให้อาหาร 3-4 ครั้งต่อวัน (Jauncey และ Ross, 1982) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ปลาขนาดกลางควรให้อาหาร 3 - 4 ครั้งต่อวัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่น การใช้ประโยชน์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากอาหาร (ตารางที่ 3) ในปลาทับทิมขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่เมื่อได้รับอาหารที่ความถี่ต่อวันต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) และมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและฟอสฟอรัส โดยค่าการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับชนิดและองค์ประกอบของอาหารเป็นสำคัญ ไนโตรเจนที่ปลากินเข้าไปแล้วถูกย่อยเพียงส่วนหนึ่งอีกส่วนหนึ่งย่อยไม่ได้ปลาจะขับออก และปลาจะนำส่วนที่ย่อยได้ไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีพและเจริญเติบโตซึ่งปลาก็ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดและมีการขับออกเช่นกัน ดังนั้นค่าการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนจึงมีค่าต่ำกว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีน ซึ่งการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสก็เกิดขึ้นในทำนองเดียวกัน โดยเมื่อผ่านกระบวนการย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์แล้วฟอสฟอรัสที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกมากับมูล และจากการทดลองพบว่าค่าการใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสมีค่าต่ำเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Watanabe และคณะ (1980) ที่พบว่าปลานิล (*Tilapia nilotica*) ใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสจากอาหารได้เพียง 65 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

Table 3 Nitrogen and phosphorus utilization (%) in red tilapia.

Parameter		Feeding frequency				
		2	3	4	P-value	Pool-SE
Small fish size	Nitrogen utilization	84.23[a]	85.90[a]	84.30[a]	0.5461	0.9442
(29.57 ± 4.6)	Phosphorus utilization	68.16[a]	70.40[a]	67.16[a]	0.8856	1.6593
Medium fish size	Nitrogen utilization	81.11[a]	82.65[a]	81.71[a]	0.2635	0.7779
(143.59 ± 10.26)	Phosphorus utilization	60.49[a]	64.57[a]	64.45[a]	0.7563	2.3221
Large fish size	Nitrogen utilization	85.30[a]	86.82[a]	87.08[a]	0.4618	0.9619
(300.46 ± 13.31)	Phosphorus utilization	67.58[a]	70.93[a]	71.98[a]	0.6202	2.2979

[a]Within the same row, value having the same superscript are not significantly different (P> 0.05)

การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณการขับถ่ายไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เลี้ยงปลาทับทิมขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 28.53 ± 4.12 กรัม (ตารางที่ 4) พบว่า ปลาขับไนโตรเจนรวมเฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.002 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลา โดยขับออกมากที่สุดในชั่วโมงที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.022 กรัมต่อกิโลกรัมปลา การขับถ่ายฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.003 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลา โดยขับออกมากที่สุดในชั่วโมงที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.008 กรัมต่อกิโลกรัมปลา ปริมาณการขับถ่ายไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เลี้ยงปลาทับทิมขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย 149.68 ±5 .36 กรัม พบว่า ปลาขับไนโตรเจนรวมเฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.010 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลาโดยขับออกมากที่สุดใน ชั่วโมงที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.022 กรัมต่อกิโลกรัมปลา การขับถ่ายฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.002 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลา โดยขับออกมากที่สุด

Table 4 Nitrogen and phosphorus excretion at various hours and different sizes of red tilapia.

Sizes	(Hours)	Parameter						
		TKN*(ac)	TKN*(hr)	NH_3*	NO_2-*	NO_3-*	TP*(ac)	TP*(hr)
Small fish size (28.53 ± 4.12)	1	0.019	0.019	0.009	0.001	0.042	0.002	0.002
	2	0.037	0.017	0.024	0.001	0.079	0.004	0.002
	3	0.054	0.017	0.051	0.001	0.079	0.006	0.002
	4	0.056	0.002	0.052	0.002	0.150	0.008	0.002
	5	0.079	0.022	0.061	0.002	0.153	0.012	0.004
	6	0.098	0.019	0.083	0.003	0.172	0.020	0.008
	Mean	-	0.016	0.013	0.0005	0.028	-	0.003
	± SD	-	0.00	0.02	0.00	0.05	-	0.00
Medium fish size(149.68 ± 5.36)	1	0.024	0.001	0.001	0.000	0.263	0.004	0.002
	2	0.044	0.020	0.033	0.001	0.472	0.006	0.002
	3	0.055	0.011	0.036	0.001	0.476	0.008	0.002
	4	0.065	0.009	0.063	0.002	0.484	0.012	0.004
	5	0.088	0.022	0.083	0.003	0.532	0.014	0.002
	6	0.088	0.000	0.083	0.004	0.611	0.016	0.002
	Mean	-	0.010	0.050	0.002	0.473	-	0.002
	± SD	-	0.00	0.02	0.00	0.11	-	0.00
Large fish size (318.85 ± 5.79)	1	0.029	0.002	0.006	0.001	0.012	0.001	0.001
	2	0.031	0.002	0.011	0.002	0.015	0.002	0.001
	3	0.045	0.013	0.024	0.004	0.017	0.004	0.002
	4	0.045	0.000	0.042	0.008	0.023	0.006	0.002
	5	0.067	0.021	0.051	0.012	0.029	0.006	0.000
	6	0.074	0.007	0.060	0.024	0.031	0.010	0.004
	Mean	-	0.007	0.032	0.008	0.021	-	0.001
	± SD	-	0.00	0.04	0.00	0.00	-	0.00

TKN*(ac) = Total Kjeldalh Nitrogen accumulate, TKN*(hr) = Total Kjeldalh Nitrogen at hour, TP*(ac) = Total Phosphorus accumulate, TP*(hr) = Total Phosphorus at hour

*gm/kg fish

ในชั่วโมงที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.004 กรัมต่อกิโลกรัมปลา ปริมาณการขับถ่ายไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เลี้ยงปลาทับทิมขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 318.85 ± 5.79 กรัม พบว่า ปลาขับไนโตรเจนรวมเฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.007 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลา โดยขับออกมากที่สุดในชั่วโมงที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.021 กรัมต่อกิโลกรัมปลา การขับถ่ายฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.001 ± 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมปลา โดยขับออกมากที่สุดในชั่วโมงที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.004 กรัมต่อกิโลกรัมปลา ซึ่งมูลของสัตว์น้ำประกอบด้วยอาหารที่เหลือจากการย่อยและสิ่งปลอมปน โดยเฉพาะไนโตรเจนในท่อทางเดินอาหารที่มาจากเอนไซม์ จุลินทรีย์และเซลล์เนื้อเยื่อบุชั้นในสุดของทางเดินอาหาร โดยปลาทำการขับของเสียในรูปแอมโมเนียออกมาเป็นฟอร์มหลักในส่วนของเสียไนโตรเจนที่ขับถ่ายออกมาและอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียจะสูงขึ้นเมื่อมีการให้โปรตีนแก่ปลามากขึ้น (Savitz,1971) ปริมาณการขับถ่ายไนโตรเจนรวมในน้ำจึงเป็นการวัดปริมาณของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนรวมกัน จากการทดลองพบว่าปลาขนาดเล็กและปลาขนาดใหญ่ขับไนโตรเจนรวมมากที่สุดในชั่วโมงที่ 5 ซึ่ง Brett และ Zal(1975) รายงานว่าปลาแซลมอนมีการขับถ่ายแอมโมเนียสูงสุด 0.035 กรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง หลังจากได้รับอาหารไปแล้ว 4 - 4.5 ชั่วโมง และมีค่าต่ำสุดเป็น 0.0086 - 0.0006 กรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมงเมื่อเวลา 18-24 ชั่วโมงหลังจากได้รับอาหาร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ปลาขับถ่ายในน้ำเมื่อเทียบต่อหน่วยน้ำหนักตัวในปลาทับทิมขนาดกลางจะขับฟอสฟอรัสรวมออกมาในน้ำสูงที่สุด ในขณะที่ปลาขนาดเล็กและปลาขนาดใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ตรวจพบในน้ำมีค่าต่ำเนื่องจากฟอสฟอรัสที่ปลาขับออกจะอยู่ในรูปไฟเตทรวมอยู่ในมูล ซึ่งฟอสฟอรัสที่ปลาขับออกมาสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกมีทั้งรูปที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยรูปแบบของ ฟอสฟอรัสในอาหารจะมีผลต่อปริมาณและรูปแบบฟอสฟอรัสที่ปลาขับถ่ายออกมาด้วย โดย Phillips และคณะ (1993) พบว่าฟอสฟอรัสที่สูญเสียออกมาจากอาหารและมูลจะอยู่ในรูปสารละลายฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ ประมาณ 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ประมาณ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์

สรุป

การให้อาหารปลาทับทิมจำนวน 2 , 3 และ 4 ครั้งต่อวันในปลาขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่มีผลต่อการใช้ประโยชน์และการขับถ่ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ปลาทับทิมขนาดกลางที่ได้รับอาหาร 3 และ 4 ครั้งต่อวัน มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนดีกว่าได้รับอาหาร 2 ครั้งต่อวัน ($P<0.05$) การขับถ่ายไนโตรเจนรวมในน้ำของปลาขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่มีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 5 หลังจากได้รับอาหารแล้ว การขับถ่ายฟอสฟอรัสรวมในน้ำจากปลาขนาดเล็กและขนาดใหญ่มากที่สุดในชั่วโมงที่ 6 ส่วนปลาขนาดกลางขับฟอสฟอรัสรวมในน้ำมากที่สุดในชั่วโมงที่ 4 หลังจากได้รับอาหารแล้ว

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องสิ่งแวดล้อมกับการเลี้ยงปลาในกระชัง : ปัญหา มาตรการ และแนวทางลดผลกระทบ. วันที่ 25 กันยายน 2545. ณ ห้องจุฑาภัทร์ โรงแรมมนตรีโฮเต็ล.51 น.

กรมควบคุมมลพิษและมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2545. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องการเลี้ยงปลาในกระชังที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. วันที่ 27 มีนาคม 2545. ณ ห้องมงกุฎพลอย โรงแรมโฆษะ จังหวัดขอนแก่น.34 น.

รัดเกล้า เรืองขนาบ. 2540. การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในอาหารที่มีกากเมล็ดฝ้ายพันธุ์ไร้ต่อมพิษต่างระดับโดยปลานิล.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 80 น.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 350 น.

A.O.A.C.2000. Official Method of Analysis of the Association of The Official Analysis Chemists. 17th eds., Association of Official Analysis Chemists, Inc., Arlington, Virginia. 1298 p.

APHA. 1998. Standard Method for Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. American Public Health Association, American Water Work Association, and Water Pollution Control Federation. Washington DC, USA.

Brett, J.R. and C.A. Zala. 1975. Daily pattern of nitrogen excretion and oxygen consumption of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under controlled conditions. Fish. Res. Board Can. 32 : 2479-2486.

De Silva, S.S. and K.M. Perera. 1984. Digestibility in *Sarothreodon niloticus* fry. Effect of dietary protein level and salinity with further observations on varuability in daily digestibility. Aquaculture 38 : 293-306.

Jauncey, K. and Ross, B. 1982. A guide to tilapia feed and feeding. Institute of Aquaculture, University of Sterling, Scotland. 111 p.

Phillips, M.J. Clarke, R., and Moroat, A.1993. Phosphorus leaching from Atlantic salmon diets. Aquaculture Engineering. 12 : 47-45.

Raveh, A. and Avnimelech, Y. 1979. Total nitrogen analysis in water, soil and plant material with persulphate oxidation. Water Res. 13 : 911-912.

Savitz, J. 1971. Nitrogen excretion and protein consumption of the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). Fish. Res. Board. Can. 28 : 449-451.

Smith, B.W. and R.T. Lovell. 1973. Determination of digestibility in feeds for channel catfish. Trans. Amer. Fish. Soc. 4 : 831-834.

Watanabe, T.,A. Murakami, L. Takeuchi, T. Nose and C. Ogino. 1980. Requirement of chum salmon held in freshwater for dietary phosphorus. Bull. Jap. Soc Sci. Fish. 46 (3) : 361-367.

Watanabe, T.,Takeuchi, T., Murakami, A and C. Ogino. 1980. The availability to *Tilapia nilotica* of phosphorus in white fish meal. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46(7) : 897-899.