Prawarun Agr. J. Volume 15(1) 2018, Pages 144-155

บทความวิจัย

ผลของการอดอาหารและการกลับมาให้อาหารต่อการเจริญเติบโตและระดับกลูโคสในเลือดปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*)

รัตนสุดา ไชยเชษฐ์[1], บัณฑิต ยวงสร้อย[1], ธงชัย จำปาศรี[1], ชไมพร จำปาศรี[2] และ ศิริภาวี เจริญวัฒนศักดิ์[1*]

[1]ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
[2]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

ผลของการอดอาหารและการกลับมาให้อาหารต่อการเจริญเติบโตและระดับกลูโคสในเลือดปลาดุกอุย ทำการทดลองในปลาดุกอุยน้ำหนักเฉลี่ย 40 ก. แบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มควบคุม (ให้อาหารสัปดาห์ที่ 1-8) และกลุ่มอดอาหาร (สัปดาห์ที่ 1-4) แล้วกลับมาให้อาหาร (สัปดาห์ที่ 5-8) ผลการอดอาหารในสัปดาห์ที่ 1-4 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (PWG) ค่าดัชนีตับ (HSI) และระดับกลูโคสในเลือดมีค่าลดลงตามระยะเวลาการอดอาหาร ($P<0.05$) ส่วนผลของการกลับมาให้อาหารในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่า ค่าน้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน (ADG), PWG และค่า HSI มีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5-8 ($P<0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตชดเชย (CC) เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ($P<0.05$) และระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5-6 ($P<0.05$) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มอดอาหารกับปลากลุ่มควบคุมในแต่ละสัปดาห์ พบว่า PWG และปริมาณกลูโคสในเลือดของปลากลุ่มอดอาหารมีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 ($P<0.05$) และค่า HSI ของปลากลุ่มอดอาหารมีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 2-4 ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มกลับมาให้อาหารกับปลากลุ่มควบคุม พบว่า ADG และ PWG ของปลากลุ่มกลับมาให้อาหารมีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 5-8 ($P<0.05$) ในขณะที่ระดับกลูโคสในเลือดมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในช่วงที่ปลาอดอาหารเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่เมื่อมีการกลับมากินอาหารอีกพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตชดเชยสูงสุด 34.52% ในสัปดาห์ที่ 7 ดังนั้น การงดให้อาหารในช่วงเวลาหนึ่งแล้วกลับมาให้อาหารอีกจึงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตมากกว่าในปลาดุกอุยกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ: การอดอาหาร, การกลับมาให้อาหาร, การเจริญเติบโต, กลูโคสในเลือด และ ปลาดุกอุย

[*]ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kobkaew@kku.ac.th

Effects of Starvation and Re-Feeding on Growth Performance and Blood Glucose Level in The Broadhead Catfish (*Clarias macrocephalus*)

Rattanasuda Chaiyachate[1], Bundit Yuangsoi[1], Thongchai Champasri[1], Chamaiporn Champasri[2] and Siripavee Charoenwattanasak[1*]

[1]*Fisheries Department, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand*
[2]*Biochemistry Department, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand*

Abstract

A study on effects of starvation and re-feeding on growth performance and blood glucose level in the broadhead catfish were conducted using the broadhead catfish average weight 40 g. The experiments were divided into 2 groups i.e. control group (fed in the 1-8th week), and starved (in the 1-4th week), then re-fed (in the 5-8th week) group. The results revealed that percentage weight gain (PWG), hepatosomatic index (HSI), and blood glucose level were decreased according to starved duration ($P<0.05$). Next, effects of re-feeding, the results showed that average daily weight gain (ADG), PWG, and HIS were increased in the 5-8th week ($P<0.05$). Compensation coefficient (CC) was increased in the 7th week ($P<0.05$). Blood glucose level was increased in the 5-6th week ($P<0.05$). In addition, PWG and blood glucose level were lower in the 1-4th week in the starved compared to the control group ($P<0.05$). Likewise, HSI was lower in the 2-4th week in the starved compared to the control group ($P<0.05$). In the final part of re-feeding has shown that ADG and PWG were lower in the 5-8th week in the re-fed group compared to the control group ($P<0.05$), whereas blood glucose level was not significantly different ($P>0.05$). Overall, these results indicate during the starvation for 4 weeks, the survival rate was 100%, the growth rate was decreased. However, after re-fed, the compensation coefficient was 34.52% in the 7th week. Therefore, after starvation, when the fish are re-fed, the growth rate was found to be higher than the control in the broadhead catfish.

Keywords: starvation, re-feeding, growth performance, blood glucose and *Clarias macrocephalus*

[*]Corresponding author: E-mail: kobkaew@kku.ac.th

บทนำ

ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมหรือสภาวะที่แห้งแล้ง แหล่งน้ำขาดความอุดมสมบูรณ์ ขาดแคลนอาหาร ทำให้สัตว์น้ำมีการอดอาหาร ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกาย แบ่งออกเป็น 3 ระยะ โดยในระยะที่ 1 เป็นการอดอาหารในช่วงเวลาสั้นๆ ร่างกายจะมีการงดกิจกรรมบางอย่างเพื่อถนอมพลังงาน และมีการใช้พลังงานที่สะสม โดยไกลโคเจนและโปรตีนบางส่วนจะถูกสลายให้ได้กลูโคส และการเจริญเติบโตหยุดชะงัก ระยะที่ 2 เป็นการอดอาหารในหลายสัปดาห์ ปลาบางชนิดมีการเปลี่ยนทางกายภาพเพื่อเตรียมการจำศีล พลังงานที่ใช้ได้มาจากการสลายไขมันที่สะสมในร่างกายและโปรตีนบางชนิด ทำให้สูญเสียมวลกาย และระยะที่ 3 เป็นระยะวิกฤติ ร่างกายใช้พลังงานจากโปรตีนในเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย ทำให้อวัยวะต่างๆ ทำงานล้มเหลว และตายในที่สุด โดยในปลาชนิดต่างกันจะมีช่วงเวลาในแต่ละระยะแตกต่างกันไป (Le Maho *et al*., 1981; Mendez and Wieser, 1993; Bines, 1999; McCue, 2010) ระหว่างช่วงที่อดอาหารปลาจะเก็บรักษาพลังงานสำรองไว้ มีการลดการใช้พลังงาน งดกิจกรรมบางอย่าง และลดการว่ายน้ำ (Beamish, 1964; Wieser *et al*., 1992; Yang and Somero, 1993) และมีการลดอุณหภูมิในร่างกาย (behavioural hypothermia) (Murray, 1971) การใช้พลังงานจากแหล่งที่สะสมไว้ทำให้มวลกายลดลง (Beamish, 1964; Murray, 1971; Wieser *et al*., 1992; Yang and Somero, 1993) ปลาบางชนิด เช่น ปลาปอดอเมริกาใต้ (*Lepidosiren paradoxa*) ปลาปอดอาฟริกา (*Protopterus dolloi*) และปลาปอดอาฟริกา (*Protopterus aethiopicus*) มีการจำศีล (aestivation) เป็นเวลานานจนกว่าสภาวะแวดล้อมเหมาะสมจึงจะกลับมาดำรงชีวิตปกติ (Fitzinger,1837; Greenwood, 1966; Frick *et al*., 2008) ปลาที่มีการอดอาหารเป็นเวลานานแล้วมีการกลับมากินอาหารใหม่ ส่วนใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปลาที่ไม่มีการอดอาหารมาก่อน ซึ่งเรียกว่าการเจริญเติบโตชดเชย (compensatory growth) ปลาในกลุ่มนี้จะมีอัตราการเจริญเติบโตแบบเร่งในช่วงที่กลับมากินอาหาร ทำให้มีการเจริญเติบโตทันปลาในกลุ่มที่ไม่เคยอดอาหารมาก่อน (Wieser *et al*., 1992; Ali *et al*., 2003) การเจริญเติบโตชดเชยนี้มีประโยชน์ต่อการเพาะเลี้ยงปลาในด้านการจัดการการให้อาหารปลาต่อไป

กลูโคส (Glucose) เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์ทุกชนิด ซึ่งได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรต หรือเปลี่ยนแปลงมาจากกรดอะมิโน ร่างกายมีการสลายกลูโคสเพื่อให้ได้พลังงาน (ATP และ NADH) เกิดจากกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) กลูโคสที่เหลือจากการนำไปสลายเพื่อให้พลังงานจะถูกเก็บสะสมในรูปของไกลโคเจนโดยกระบวนการไกลโคเจเนซิส (Glycogenesis) และถูกนำมาสลายให้ได้กลูโคสเมื่อระดับกลูโคสในเลือดต่ำ โดยกระบวนการไกลโคเจโนไลซิส (Glycogenolysis) เมื่อมีการอดอาหาร ร่างกายขาดกลูโคสเป็นระยะเวลานาน จะมีการสังเคราะห์กลูโคสจากสารไพรูเวท (Pyruvate) แลกเตท (Lactate) และกลีเซอรอล (Glycerol) โดยกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (Gluconeogenesis) การวัดระดับกลูโคสในเลือด เป็นวิธีที่มักใช้ในการวัดค่าทางชีวเคมีในสัตว์ที่อดอาหาร ซึ่งในระยะแรกอาจมีการเพิ่มปริมาณกลูโคสในเลือดในระดับสูงมาก และค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาที่อดอาหาร (Chavin and Young, 1970; Sakamoto and Yone, 1978; Woo and Cheung, 1980; McCue, 2010)

ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus* Gunther, 1864) เป็นปลาพื้นเมืองที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย มีความต้องการทางตลาดสูง เนื่องจากเนื้อมีรสชาติดี นำมาประกอบอาหารได้หลายอย่าง มีการแพร่กระจายทั่วทุกภาคในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง มีพฤติกรรมการกินอาหารแบบกินทั้งพืชและสัตว์ มีความทนทานในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ เนื่องจากมีอวัยวะพิเศษ ที่ช่วยในการหายใจที่เรียกว่า arborescent organ หรือ dendrite (Munshi, 1961) อาศัยอยู่ตามแม่น้ำ คลอง บึง และทุ่งนา ทำให้ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งในฤดูร้อนอยู่เสมอ นอกจากนี้ยังมีอายุเจริญพันธุ์ค่อนข้างเร็วประมาณ 6 เดือน เจริญเติบโตเต็มวัยสามารถนำมาเพาะขยายพันธุ์ได้จึงมีการพัฒนาและส่งเสริมการเพาะเลี้ยงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการศึกษาผลของการอดอาหารและการกลับมาให้อาหารต่อการเจริญเติบโตในปลาดุกอุย ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับ การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการสูญเสียมวลกาย ความชื้น ค่าดัชนีตับ และระดับกลูโคสในเลือด จะเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านการจัดการการให้อาหารที่เหมาะสมที่ทำให้

มีการเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาดุกอุย และการรักษาสมดุลในระบบนิเวศต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมการทดลอง

นำตัวอย่างปลาดุกอุยที่มีอายุ 2.5 เดือน จากการเพาะพันธุ์และอนุบาลในหมวดประมง ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มาพักในบ่อซีเมนต์ 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการทดลองในปลาดุกอุยที่มีอายุ 3 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 40 ก. เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว ปริมาตรน้ำ 20 ลิตร ตู้ละ 3 ตัว จำนวน 48 ตู้ แบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มอดอาหารแล้วกลับมาให้อาหาร ออกแบบการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แต่ละกลุ่มการทดลองแบ่งเป็น 8 ชุดการทดลอง (8 สัปดาห์) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

1) กลุ่มควบคุม (Control group) ให้อาหารในสัปดาห์ที่ 1-8 โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกในอัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวปลา ในเวลา 08.00 น. 12.00 น. และ 17.00 น.

2) กลุ่มอดอาหาร (Starved group) ในสัปดาห์ที่ 1-4 แล้วกลับมาให้อาหาร (Re-fed group) ในสัปดาห์ที่ 5-8 โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกในอัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวปลา ในเวลา 08.00 น. 12.00 น. และ 17.00 น.

ระหว่างการทดลองทำการเปลี่ยนน้ำ 50% ทุก 3 วัน และวัดคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ โดยวัดค่า อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่า pH ตามวิธีการของ APHA (1992) เพื่อสังเกตและควบคุมคุณภาพน้ำไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง โดยมีค่าคุณภาพน้ำ ดังนี้ อุณหภูมิ 24°C ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 5 มก./ลิตร และค่า pH เท่ากับ 7.5

2. การดำเนินการวิจัย

ในแต่ละสัปดาห์ทำการชั่งน้ำหนักปลา นับจำนวนปลารอดตาย วัดค่าดัชนีตับ คำนวณค่าการเจริญเติบโตของปลา ตามวิธีการของ Brown (1957) วัดค่าความชื้นในกล้ามเนื้อโดยการนำไปอบให้แห้งด้วยเครื่องอบความร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 ชม. (AOAC, 1980) และวัดปริมาณกลูโคสในเลือดโดยวิธี hexokinase method ประเมินค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1) น้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain; ADG; กรัม/วัน)

= (น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลอง)/จำนวนวันที่ทดลอง

2) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (percentage weight gain; PWG; %)

= (น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลอง) X100/น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลอง

3) อัตราการสูญเสียมวลกาย (percentage weight loss; PWL; %)

= น้ำหนักตัวที่ลดลง X 100/ น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลอง

4) อัตราการสูญเสียมวลกายต่อวัน (percentage daily weight loss; PDL; % /วัน)

= อัตราการสูญเสียมวลกาย/จำนวนวันที่ทดลอง

5) ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตชดเชย (compensation coefficient; CC)

= น้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันในกลุ่มกลับมาให้อาหาร/น้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันในกลุ่มควบคุม

6) ค่าดัชนีตับ (Hepatosomatic index, HSI; %)

= น้ำหนักตับ x 100/น้ำหนักตัวปลา

7) ความชื้นในกล้ามเนื้อปลา (%)

= 100 – (น้ำหนักแห้ง x 100)/น้ำหนักเปียก

8) ระดับกลูโคสในเลือด (Blood glucose) (มก./ดล.) เก็บข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

8.1) เก็บตัวอย่างเลือดปลา โดยทำให้สลบด้วยการแช่ในน้ำเย็นจัด จากนั้นเจาะเลือดปลาโดยใช้เข็มเบอร์ 24 และกระบอกฉีดยาขนาด 1 มล. เก็บเลือดปลาใน microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มล. แล้วแช่ในน้ำแข็ง นำเลือดปลาไปทำการแยกซีรัม (Serum) โดยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 10 นาที แล้วเก็บส่วนที่เป็นซีรัมใน

microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มล. ที่อุณหภูมิ -20°C สำหรับรอการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในเลือดต่อไป

8.2) การวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสใช้สารละลาย 83.5 mM imidazole pH 7.4, 5 mM $MgCl_2$, 0.2 mM NAD, 1 mM ATP, 1 unit hexokinase, 1 unit glucose-6-phosphate dehydrogenase และ 100 µl ซีรัมในปริมาตรทั้งหมด 1 มล.บ่มไว้ 5 นาที นำไปวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 340 nm แล้วคำนวณระดับกลูโคสในเลือด จากสมการที่ได้จากกราฟสารละลายมาตรฐานกลูโคส ดัดแปลงวิธีจาก Singer *et al*. (1990)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวนระหว่างชุดการทดลอง (ความแตกต่างในแต่ละสัปดาห์) ในทั้งสองกลุ่มโดยวิธี one way analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test วิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มอดอาหาร และระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มกลับมาให้อาหารในแต่ละสัปดาห์โดยวิธี Dependent t-test (paired sample t-tests) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS ver. 19.0

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัย

1.1 การเจริญเติบโต

ปลาดุกอุยที่อดอาหารเป็นเวลา 1-4 สัปดาห์ มีอัตราการรอดตาย 100% ผลการทดลองพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และค่าดัชนีตับในสัปดาห์ที่ 1-4 มีค่าลดลงตามระยะเวลาการอดอาหาร (P<0.05) ค่าอัตราการสูญเสียมวลกายในสัปดาห์ที่ 1-4 เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการอดอาหาร (P<0.05) ในขณะที่ค่าน้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน ค่าอัตราการสูญเสียมวลกายต่อวัน (PDL) และค่าความชื้นในกล้ามเนื้อ ในสัปดาห์ที่ 1-4 พบว่า ไม่มีความแตกต่าง (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มอดอาหารกับกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 พบว่า ค่าน้ำหนักตัวเพิ่มต่อวันและค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มของปลาในกลุ่มอดอาหารมีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 (P<0.05) ค่าอัตราการสูญเสียมวลกายและอัตราการสูญเสียมวลกายต่อวันของปลาในกลุ่มอดอาหารมีค่ามากกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 (P<0.05) และค่าดัชนีตับของปลาในกลุ่มอดอาหารมีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 2-4 (P<0.05) ส่วนค่าความชื้นในกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนในปลาดุกอุยที่กลับมาให้อาหารอีกในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่า ค่าน้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และค่าดัชนีตับ มีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5-8 (P<0.05) ในขณะที่ ค่าอัตราการสูญเสียมวลกาย และอัตราการสูญเสียมวลกายต่อวัน มีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 5-7 (P<0.05) และ มีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตชดเชยเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 (P<0.05) แต่ค่าความชื้นในกล้ามเนื้อพบว่าไม่มีความแตกต่าง (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มกลับมาให้อาหารกับกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่า ค่าน้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม ของปลาในกลุ่มกลับมาให้อาหาร มีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 5-8 (P<0.05) ค่าอัตราการสูญเสียมวลกายและอัตราการสูญเสียมวลกายต่อวันของปลาในกลุ่มกลับมาให้อาหาร มีค่ามากกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 5-8 (P<0.05) ส่วนค่าดัชนีตับและค่าความชื้นในกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) (Table 1 and Fig. 1)

1.2 ระดับกลูโคสในเลือด

ปลาดุกอุยที่อดอาหารเป็นเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดมีค่าลดลงตามระยะเวลาการอดอาหาร (P<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มอดอาหารกับกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 พบว่า ปริมาณกลูโคสในเลือดของปลาในกลุ่มอดอาหารมีค่าน้อยกว่าปลากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 (P<0.05) ส่วนในปลาดุกอุยที่กลับมาให้อาหารอีกในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5-6 (P<0.05) แต่ค่าไม่แตกต่างในสัปดาห์ที่ 7-8 (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มกลับมาให้อาหารกับกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) (Table 1 and Fig. 1)

2. วิจารณ์ผลการวิจัย

2.1 การเจริญเติบโต

ปลาดุกอุยที่อดอาหารเป็นเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตจะชะงักและมีการสูญเสียมวลกาย ค่าดัชนีตับของปลาลดลงเนื่องจากมีการใช้พลังงานที่สะสมในตับ เช่น ไกลโคเจน ทำให้มวลตับลดลงตามระยะเวลาการอดอาหาร โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 1-2 มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างมาก ซึ่งเป็นผลกระทบที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของการอดอาหารในระยะที่ 1 ส่วนในช่วงเวลาสัปดาห์ที่ 3-4 อัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง ซึ่งเป็นการปรับตัวเข้ากับสภาพการอดอาหารในระยะที่ 2 และมีการนำพลังงานที่สะสมมาใช้ (Le Maho *et al*., 1981; Mendez and Wieser, 1993; Bines, 1999; McCue, 2010) ค่าดัชนีตับที่ลดลงตามระยะเวลาการอดอาหาร ชี้ให้เห็นว่า ไกลโคเจนในตับถูกนำมาใช้เมื่อปลาขาดสารอาหารหรือได้รับพลังงานไม่เพียงพอ และไขมันที่สะสมเป็นแหล่งพลังงานสำรองก็อาจถูกนำมาใช้เช่นกัน ในขณะที่โปรตีนที่สะสมในเนื้อเยื่อถูกนำมาใช้เพื่อให้พลังงานในกรณีที่กลูโคส ไกลโคเจน และไขมัน มีไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้ปลามีการสูญเสียมวลกาย (Stickney and Lovell, 1977) เมื่อเปรียบเทียบปลากลุ่มอดอาหารกับกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 1-4 พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยปลาในกลุ่มควบคุมมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่ปลาในกลุ่มที่อดอาหารมีการสูญเสียมวลกายเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงมวลกาย เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงมวลของแต่ละเนื้อเยื่อและอวัยวะในร่างกาย เป็นเพราะว่าการอดอาหารในช่วงแรกของปลาดุกอุยจะชะงักการเจริญเติบโต จากนั้นจะมีการลดลงของมวลตับเนื่องจากมีการนำไกลโคเจนในตับมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน (Ware, 1975; Soengas *et al*., 1996; Schwilch *et al*., 2002; McCue, 2010)

ส่วนในปลาดุกอุยที่กลับมาให้อาหารในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปลาที่ไม่มีการอดอาหารมาก่อน เนื่องจากปลาจะมีประสิทธิภาพในการย่อยและดูดซึมสารอาหารได้ดีขึ้น เป็นการใช้พลังงานจากอาหารให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ลดผลกระทบจากของเสียที่เกิดจากการกินอาหารแล้วย่อยได้ไม่หมดและสูญเสียไปกับการขับถ่าย (Lovell, 1989; Smith, 1989) ซึ่งเรียกว่าการเจริญเติบโตชดเชย (compensatory growth) ปลาในกลุ่มนี้จะมีอัตราการเจริญเติบโตแบบเร่งในช่วงที่กลับมากินอาหาร (Wieser *et al*., 1992; Ali *et al*., 2003; Enberg *et al*., 2009) การเจริญเติบโตชดเชยมีประโยชน์ในด้านการจัดการการให้อาหารปลา เนื่องจากในขณะที่ปลาอดอาหารจะสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารปลา และเมื่อมีการกลับมาให้อาหารอีกครั้ง

2.2 ระดับกลูโคสในเลือด

ปลาดุกอุยในกลุ่มที่อดอาหารเป็นเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดลดลงในอัตราที่มากกว่าในกลุ่มควบคุม เนื่องจากปลาไม่ได้รับสารอาหารจากการกินที่จะย่อยสลายให้ได้กลูโคส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลาชนิดอื่น เช่น ในปลาคาร์ป (*Cyprinus carpio*) ปลา Yellow perch (*Perca flavescens*) ปลา White sturgeon (*Acipenser transmontanus*) ปลา Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* ปลาทอง (*Carassius auratus*) ปลาช่อน (*Ophiocephalus maculatus*) ปลาทรายแดง (*Chrysophrys major*) และ ปลา Sturgeon (*A. fulvescens*) (Foster and Moon, 1991; Navarro and Gutierrez, 1995; Gillis and Ballantyne, 1996; Hung *et al*., 1997; Russell and Gahr, 2000; Friedrich and Stepanowska, 2001; Congleton and Wagner, 2006) ส่วนการลดลงของกลูโคสในเลือดในปลากลุ่มควบคุมอาจเป็นผลจากระยะของการเจริญเติบโตหรือช่วงอายุของปลา ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของน้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) การเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสนี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดของปลาและระยะเวลาในการอดอาหารที่ต่างกัน เมื่อปริมาณกลูโคสในเลือดลดลงทำให้ร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานที่สะสมในร่างกาย ไกลโคเจนจะถูกนำมาสลายให้ได้กลูโคสโดยกระบวนการ glycogenolysis โปรตีนจะถูกนำมาสังเคราะห์ให้ได้กลูโคสโดยกระบวนการ gluconeogenesis (Chavin and Young, 1970; Sakamoto and Yone, 1978; Woo and Cheung, 1980; McCue, 2010) และไขมัน จะถูกสลายให้ได้ acetyl-CoA โดยกระบวนการ β-oxidation และเมื่อมี acetyl-CoA มากพอ จะถูกนำไปสังเคราะห์เป็น ketone body ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อไป (Masoro, 1968; Owen *et al*., 1969; Robinson and Williamson, 1980; Lindstrom, 1991; Castellini and Rea, 1992; Cherel

et al., 1992; Owen *et al*., 1998; Bairlein, 2002; McCue, 2007)

ส่วนในปลาดุกอุยที่กลับมาให้อาหารอีกในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่า ร่างกายมีการปรับสมดุลของสารอาหาร โดยปริมาณกลูโคสในเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5-6 ซึ่งเป็นผลจากการได้รับสารอาหารจากการกิน และอาจมีการสะสมพลังงานเพิ่มขึ้น (Wieser *et al*., 1992; McCue, 2010) เมื่อเปรียบเทียบปลาทั้งสองกลุ่มในสัปดาห์ที่ 5-8 พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งอาจสรุปได้ว่าระยะเวลาการกลับมากินอาหาร 1 สัปดาห์มีผลทำให้ปริมาณกลูโคสในเลือดของปลามีค่าเพิ่มขึ้นจนเท่ากับปลาในกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นการปรับสมดุลของระดับสารอาหารในร่างกาย สอดคล้องกับการเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตชดเชยที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากปลามีการอัตราการย่อยและดูดซึมสารอาหารได้ดีขึ้น จึงทำให้ปลามีการเจริญเติบโตทันเท่ากับปลาในกลุ่มควบคุม (Wieser *et al*., 1992; Enberg *et al*., 2009; McCue, 2010)

สรุปผลการวิจัย

การอดอาหารเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง และมีอัตราการสูญเสียมวลกาย ซึ่งเป็นผลจากการลดลงของ มวลตับและสารอาหารที่สะสมในร่างกาย โดยที่ค่าความชื้นในกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง อีกทั้งส่งผลให้ปริมาณกลูโคสในเลือดลดลง หลังจากอดอาหารเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วมีการกลับมากินอาหารอีกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปลาดุกอุยมีอัตราการเจริญเติบโตแบบเร่ง เรียกว่าการเจริญเติบโตชดเชย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตชดเชยสูงสุด 34.52% ในสัปดาห์ที่ 7 การงดให้อาหารในช่วงเวลาหนึ่งแล้วกลับมาให้อาหารอีกจึงมีประโยชน์ในด้านการจัดการการให้อาหารเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาดุกอุยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ และภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ นายกัมพล ไทยโส และนางสาวศิโรรัตน์ ศรีบาลแจ่ม ที่ช่วยเหลือการทำวิจัยทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ

Table 1 Average daily weight gain (ADG), percentage weight gain (PWG), percentage weight loss (PWL), percentage daily weight loss (PDL), compensation coefficient (CC), hepatosomatic index (HSI), muscle water content (MWC), and blood glucose (BG) in the broadhead catfish (*Clarias macrocephalus*) under fed (F) and starved-re-fed (S-RF) groups (mean±SD)

Parameter (wet weight basis)		Starvation and re-feeding duration (weeks)								
		0 (initial)	1	2	3	4	5	6	7	8
1. ADG (g/day)	F	0	0.17^{a} ±0.02	0.13^{b} ±0.02	0.13^{b} ±0.02	0.10^{b} ±0.02	0.06^{c} ±0.01	0.06^{c} ±0.01	0.05^{cd} ±0.02	0.03^{d} ±0.01
	S-RF	0	-0.10^{e} ±0.02	-0.09^{ed} ±0.02	-0.08^{d} ±0.02	-0.07^{d} ±0.02	-0.03^{c} ±0.01	-0.01^{b} ±0.00	0.02^{a} ±0.01	0.01^{a} ±0.01
2. PWG (%)	F	0	4.01^{c} ±0.61	5.46^{b} ±1.00	9.22^{a} ±0.68	8.92^{a} ±0.72	8.63^{a} ±0.93	9.70^{a} ±0.84	10.52^{a} ±1.97	8.76^{a} ±1.00
	S-RF	0	-1.91^{b} ±0.67	-3.37^{b} ±0.67	-5.23^{a} ±1.31	-6.05^{a} ±1.41	-3.92^{c} ±0.74	-0.97^{b} ±0.03	3.64^{a} ±0.73	2.60^{a} ±1.82
3. PWL (%)	F	0	-4.01^{a} ±0.61	-5.46^{b} ±0.99	-9.22^{c} ±0.68	-8.92^{c} ±0.72	-8.63^{c} ±0.93	-9.70^{c} ±0.84	-10.52^{c} ±1.97	-8.76^{c} ±1.00
	S-RF	0	1.91^{b} ±0.67	3.37^{b} ±0.67	5.23^{a} ±1.31	6.05^{a} ±1.41	3.92^{b} ±0.74	0.97^{c} ±0.03	-3.64^{d} ±0.73	-2.60^{d} ±1.82
4. PDL (%/day)	F	0	-0.57^{e} ±0.09	-0.39^{cd} ±0.07	-0.44^{d} ±0.03	-0.32^{c} ±0.03	-0.25^{b} ±0.02	-0.23^{b} ±0.02	-0.21^{b} ±0.04	-0.15^{a} ±0.02
	S-RF	0	0.27^{a} ±0.09	0.24^{a} ±0.05	0.24^{a} ±0.06	0.21^{a} ±0.04	0.11^{b} ±0.02	0.02^{c} ±0.00	-0.08^{d} ±0.02	-0.05^{d} ±0.04
5. CC (%)	S-RF	-	-	-	-	-	-56.50^{c} ±12.28	-12.69^{b} ±1.99	34.52^{a} ±13.52	33.88^{a} ±29.36
6. HSI (%)	F	0.709 ±0.086	0.714 ±0.085	0.702 ±0.067	0.613 ±0.083	0.690 ±0.043	0.680 ±0.061	0.667 ±0.065	0.758 ±0.038	0.718 ±0.075
	S-RF	0.709^{a} ±0.086	0.666^{a} ±0.037	0.497^{b} ±0.055	0.494^{b} ±0.084	0.492^{b} ±0.080	0.701^{a} ±0.128	0.698^{a} ±0.145	0.752^{a} ±0.086	0.728^{a} ±0.060
7. MWC (%)	F	78.852 ±0.506	80.822 ±0.958	79.466 ±0.745	79.374 ±0.523	79.067 ±1.278	80.112 ±1.148	80.116 ±0.594	80.193 ±1.136	79.915 ±0.619
	S-RF	78.852 ±0.506	79.471 ±0.853	78.872 ±0.980	79.914 ±0.896	79.776 ±0.871	80.126± 1.018	79.521 ±0.836	78.993 ±0.839	79.878 ±0.880
8. BG (mg/dl)	F	34.064^{a} ±1.978	35.052^{a} ±1.936	33.045^{ab} ±1.241	31.268^{b} ±3.426	27.474^{c} ±0.725	19.152^{d} ±1.951	20.043^{d} ±0.814	19.767^{d} ±1.039	19.509^{d} ±0.603
	S-RF	34.064^{a} ±1.978	27.263^{b} ±2.632	24.468^{c} ±1.896	22.676^{c} ±2.131	17.923^{d} ±1.017	19.031^{cd} ±1.130	20.517^{c} ±0.857	19.159^{cd} ±1.031	19.516^{cd} ±0.679

Means within a row with different superscripts are significantly different (P<0.05)

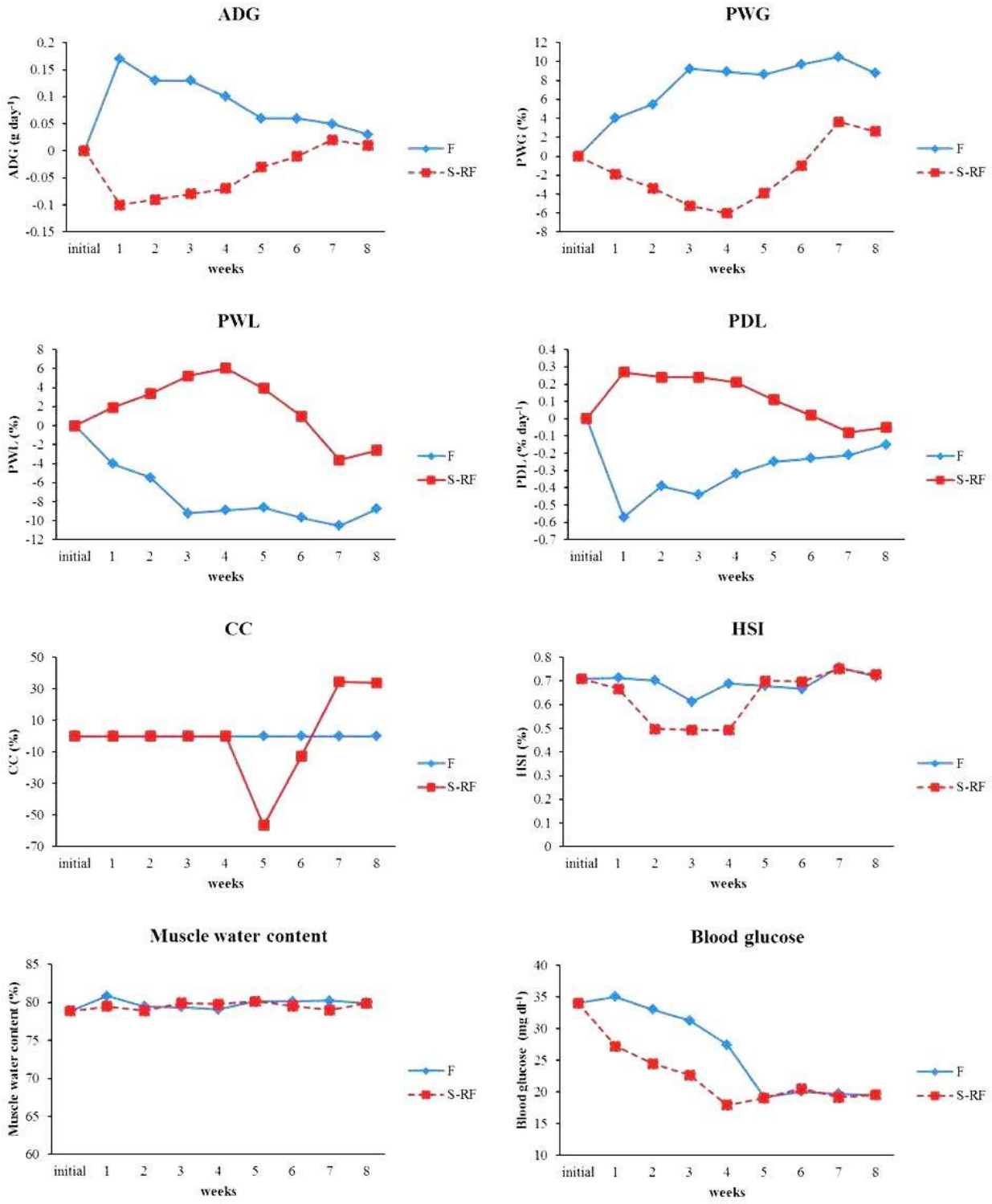

Fig. 1 Average daily weight gain (ADG), percentage weight gain (PWG), percentage weight loss (PWL), percentage daily weight loss (PDL), compensation coefficient (CC), hepatosomatic index (HSI), muscle water content, and blood glucose in the broadhead catfish (*Clarias macrocephalus*) under fed (F) and starved-re-fed (S-RF) groups (mean)

References

Ali, M., Nicieza, A. and Wootton, R.J. 2003. Compensatory growth in fish: a response to growth depression. Fish Fish. 4(2): 147-190.

AOAC. 1980. Official methods of analysis. 12th edition. Washington, D.C. 633 pp.

APHA. 1992. Standard methods for examination of water and waste water. APHA, AWWA: Washington, D.C.

Bairlein, F. 2002. How to get fat: nutritional mechanisms of seasonal fat accumulation in migratory songbirds. Naturwissenschaften. 89: 1-10.

Beamish, F.W.H. 1964. Influence of starvation on standard and routine oxygen consumption. Trans. Am. Fish. Soc. 93: 103-107.

Bines, J., 1999. Starvation and fasting. In: Encyclopedia of Human Nutrition. M.J., Sadler, J.J. Strain and B. Caballero (Eds.), vol. 3. Academic press: New York. pp. 1779-1786.

Brown, M.E. 1957. The physiology of fishes. Vol. 1. Academic Press: New York. 400 pp.

Castellini, M.A. and Rea, L.D. 1992. The biochemistry of natural fasting at its limits. Experientia. 48: 575-582.

Chavin, W. and Young, J.E. 1970. Factors in the determination of normal serum glucose levels of goldfish, *Carassius auratus* L. Comp. Biochem. Physiol. 33: 629-653.

Cherel, Y., Robin, J., Heitz, A., Calgari, C. and Le Maho, Y. 1992. Relationships between lipid availability and protein utilization during prolonged fasting. J. Comp. Physiol. 162: 305-313.

Congleton, J.L. and Wagner, T. 2006. Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonoids. J. Fish Biol. 69: 473-490.

Enberg, K., Jorgensen, C., Dunlop, E.S., Heino, M. and Dieckmann, U. 2009. Implications of fisheries-induced evolution for stock rebuilding and recovery. Evol. Appl. 2: 394–414.

Fitzinger, L.J.F.J. 1837. Vorlaufiger Bericht uber eine hochst interessante Entdeckung Dr. Natterers in Brazil. J. Isis (Oken). 30: 379-380.

Foster, G.D. and Moon, T.W. 1991. Hypometabolism with fasting in the Yellow perch (*Perca flacescens*): a study of enzyme hepatocyte metabolism and tissue size. Physiol. Zool. 64(1): 257-275.

Frick, N.T., Bystriansky, J.S., Ip, Y.K., Chew, S.F. and Ballantyne, J.S. 2008. Carbohydrate and amino acid metabolism in fasting and aestivating African lungfish (*Protopterus dolloi*). Comp. Biochem. physiol. part A. 151: 85-92.

Friedrich, M. and Stepanowska, K. 2001. Effect of starvation on nutritive value of carp (*Cyprinus carpio* L.) and selected biochemical components of its blood. ActaIchthyol. Piscat. 31 (2): 29-36.

Gillis, T.E. and Ballantyne, J.S. 1996. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. J. Fish. Biol. 49: 1306-1316.

Greenwood, P.H. 1966. The Fish of Uganda. 2nd edition. Uganda Society: Kampala. pp. 12-18.

Gunther, A. 1864. Catalogue of the fishes in the British museum. In: Catalogue of the Physostomi, containing the families Siluridae, Characinidae, Haplochitonidae, Sternoptychidae, Scopelidae, Stomiatidae in the collection of the British museum. Vol. 5. Trustees of the British Museum: London. 455 pp.

Hung, S., Liu, W., Li, H., Storebakken, T. and Cui, Y. 1997. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Aquaculture. 151: 357-363.

Le Maho, Y., Van Kha, H.V., Koubi, H., Dewasmes, G., Girard, J., Ferre, P. and Cagnard, M. 1981. Body composition, energy expenditure, and plasma metabolites in long-term fasting geese. Am. J. Physiol. 241: 342–354.

Lindstrom, A. 1991. Maximum fat deposition rates in migrating birds. Ornis Scand. 22: 12-19.

Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold: New York. 260 pp.

Masoro, E.J. 1968. Physiological chemistry of lipids in mammals. W.B. Saunders Company: Philadelphia.

McCue, M.D. 2007. Snakes survive prolonged fasting by employing supply-side and demand-side economic strategies. Zool. 110: 318-327.

McCue, M.D. 2010. Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. Comp. Biochem. Physiol. Part A. 156: 1-18.

Mendez, G. and Wieser, W. 1993. Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilusi* (Teleostie: Cyprinidae). Environ. Biol. Fish. 36: 73–81.

Munshi, J.S.D. 1961. The accessory respiratory organs of *Clarias batrachus*. Jl. Morph. 109: 115-240.

Murray, J.M. 1971. Temperature receptors. In: Fish physiology. W.S., Hoar and D.J. Randall (Eds.), Academic Press: New York. pp. 121-133.

Navarro, I. and Gutierrez, J. 1995. Fasting and starvation. In: Metabolic biochemistry. P.W. Hochachka and T.P. Mommsen (Eds.), Elsevier: Amsterdam. pp. 393-434.

Owen, O.E., Felig, P., Morgan, A.P., Wahren, J. and Cahill, G.F. 1969. Liver and kidney metabolism during prolonged starvation. J. Clin. Invest. 48: 575-583.

Owen, O.E., Smaller, K.J., D'Alessio, D.A., Mozzoli, M.A. and Dawson, E.K. 1998. Protein, fat, and carbohydrate requirements during starvation: anaplerosis and cataplerosis. Am. J. Clin. Nutr. 68: 12-34.

Robinson, A.M. and Williamson, D.H. 1980. Physiological roles of ketone bodies as substrates and signals in mammalian tissues. Physiol. Rev. 60: 143-187.

Russell, R.W. and Gahr, S.A. 2000. Glucose availability and associated metabolism. In: Farm Animal Metabolism and Nutrition. J.P.F., D'mello (Ed.), CABI: New York. p. 438.

Sakamoto, S. and Yone, Y. 1978. Effect of starvation on hematological characteristics, and the contents of chemical components and activities of enzymes in blood serum of red sea bream. J. Fac. Agric., Kyushu Univ. 23: 63-69.

Schwilch, R., Grattarola, A., Spina, F. and Jenni, L. 2002. Protein loss during long-distance migratory flight in passerine birds: adaptation and constraint. J. Exp. Biol. 205: 687-695.

Singer, T.D., Mahadevappa, V.G. and Ballantyne, J.S. 1990. Aspects of the energy metabolism of Lake sturgeon *Acipenser fulvescens* with special emphasis on lipid and ketone body metabolism. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 873-881.

Smith, L.S. 1989. Digestive functions in teleast fishes. In: Fish nutrition. 2nd edition. Academic Press, Inc: San Diego. pp 331-421.

Soengas, J.L., Strong, E.F., Fuentes, J., Veira, J.A.R. and Andres, M.D. 1996. Food deprivation and refeeding in

Atlantic salmon, *Salmosalar*: effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. Fish Physiol. Biochem. 15: 491-511.

Stickney, R.R. and Lovell, R.T. 1977. Nutrition and feeding of channel catfish. Southern Coorperative Series. Bulletin 218. U. S. Department of Agriculture: Washington, D.C. 66 pp.

Ware, D.M. 1975. Growth, metabolism and optimal swimming speed of a Pelagic fish. J. Fish. Res. Board Canada. 32: 33-41.

Wieser, W., Krumschnabel, G. and Ojwang-Okwor, J.P. 1992. The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. Environ Biol. Fish. 33: 63-71.

Woo, N.Y.S. and Cheung, S.I. 1980. Metabolic effects of starvation in the snakehead, *Ophiocephalus maculatus*. Comp. Biochem. Physiol. 67: 623-627.

Yang, T.H. and Somero, G.N. 1993. Effects of feeding and food deprivation on oxygen consumption, muscle protein concentration and activities of energy metabolism enzymes in muscle and brain of Shallow living (*Scorpaena guttata*) and Deep living (*Sebastolobus alascanus*) scorpaenid fishes. J. Exp. Biol. 181: 213-232.