

ผลของแหวนเปิดสดต่อการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ  
และต้นทุนการผลิตปลาดุกกรัสเซียในระบบน้ำหมุนเวียน

The effects of fresh duckweed for growth nutrition and production cost of African  
sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in recirculating systems

ภาณุมาศ อัมพรสวัสดิ์<sup>1</sup>, จงกล พรหมยะ<sup>1</sup>, บัญญัติ มนเทียรอาสน์<sup>1</sup>และชนกันต์ จิตมนัส<sup>1</sup>

Phanumas Ampornsawas<sup>1</sup> Jongkon Promya<sup>1</sup> Banyad Montienart<sup>1</sup> and Chanagun Chitmanat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

<sup>1</sup>Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai

\* Corresponding author E-mail: Phanu61@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้แหวนเปิดสดกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ สารสีของเนื้อปลา และต้นทุนการผลิตปลาดุกกรัสเซีย โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ T<sub>1</sub>) อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25% ให้ปลากิน 100 เปอร์เซ็นต์ T<sub>2</sub>) อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหวนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ และ T<sub>3</sub>) อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหวนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน น้ำหนักปลาเริ่มต้นเท่ากับ 55.00±5.00 กรัม/ตัว ความยาว 17.5±0.5 เซนติเมตร อัตราการปล่อย 80 ตัว/ตารางเมตร ในบ่อซีเมนต์กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร มีระบบน้ำหมุนเวียน และเก็บข้อมูลทุกๆ 15 วัน เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า T<sub>3</sub> มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.43±0.57 ดีกว่า T<sub>2</sub> และ T<sub>1</sub> (มีค่า 1.70±0.76 และ 1.82±0.35) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) แต่อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสารสีแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาที่ T<sub>2</sub> และ T<sub>3</sub> มีค่า 27.12±0.21 และ 26.91±1.75 ไมโครกรัม/กรัม มากกว่า T<sub>1</sub> (มีค่า 7.35±0.56 ไมโครกรัม/กรัม) และต้นทุนการผลิตใน T<sub>3</sub> มีค่า 37.96±1.20 บาท/กิโลกรัม ดีกว่า T<sub>2</sub> และ T<sub>1</sub> (41.37±1.09 และ 43.45±0.69 บาท/กิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) คุณภาพน้ำแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สรุปได้ว่าการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ กับแหวนเปิดสด (T<sub>2</sub>และT<sub>3</sub>) ในการผลิตปลาดุกกรัสเซียทำให้ปลา มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ สารสีแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา และต้นทุนการผลิตดีกว่าใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 100 เปอร์เซ็นต์ (T<sub>1</sub>)

**คำสำคัญ :** ปลาดุกกรัสเซีย อาหารปลา แหวนเปิด การเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิต

### Abstract

The effects of a combination of duckweed and commercial pellets as feed for African sharptooth catfish were investigated. The growth performances, nutrition value, carotene pigments in fish flesh, water quality, and production costs were compared. The experiment was divided into 3 treatments, 3 replications each as follow: T<sub>1</sub>) 25 percent protein pellet and feeding 100 percent; T<sub>2</sub>) 25 percent protein pellet and feeding 90 percent with 10 percent fresh duckweed; and T<sub>3</sub>) 25 percent protein pellet and feeding 70 percent with 30 percent fresh duckweed. Feeding was at 3 percent /body weight/day. At the beginning, fish weight was 55.00±5.00 grams/fish; length was 17.5 ±0.5 cm. The releasing rate was 80 fishes/square meter in a circle cement pond with 80 centimeter in diameter and water circulation system. Data was collected every 15 days for 60 days. It was found that T<sub>3</sub> had feed conversion ratio at 1.43±0.57 which was better than T<sub>2</sub> and T<sub>1</sub> (1.70±0.76 and 1.82±0.35, respectively) at a statistical significance ( $p<0.05$ ). However, there was no statistical difference in terms of growth rate, specific growth rate, survival rate, efficiency in protein using and nutrition value of fish meat. Meanwhile, carotene pigments in fish meat T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub> were 27.12±0.21 and 26.91±1.75 microgram/gram which were more than that of T<sub>1</sub> (7.35±0.56 microgram/gram). Production costs of T<sub>3</sub> was 37.96±1.20 Baht/kilogram which was better than that of T<sub>2</sub> and T<sub>1</sub>(41.37±1.09 and 43.45±0.69 Baht /kilogram)at a statistical significance ( $p<0.05$ ). Water quality of each experiment had no statistical difference. It could be concluded that using 25 percent protein pellet with fresh duckweed (T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub>) for African sharptooth catfish production could make feed conversion ratio, carotene pigment in fish meat, and production cost which were better than using 25 percent pellet and feeding 100 percent (T<sub>1</sub>).

**Keywords:** *Clarias gariepinus*, Pellet feed, Duckweed, growth, fish production cost

### บทนำ

ปลาดุกกรัสเซีย African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว มีความต้านทานโรคและทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อมสูง ปลาดุกกรัสเซียกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) สามารถกินอาหารได้หลายชนิด (FAO, 2014) ทั้งอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด และอาหารผสมที่เกษตรกรผลิตขึ้นเอง เพราะปลาดุกกรัสเซียเลี้ยงง่าย ทนทานต่อโรค และมีการเจริญเติบโตเร็วใช้เวลาเลี้ยงเพียง 2-3 เดือนจะได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (Department of Fisheries, n.d.) ปลาดุกกรัสเซียเป็นปลาเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่ตลาดต้องการสีของเนื้อปลาออกสีเหลือง จึงจะนำมารับประทาน จึงมีนักวิจัยคิดค้นคว้า พืช และ สาหร่ายเร่งสีปลาก่อนจำหน่ายสู่ตลาด เช่น สาหร่าย *Spirulina platensis* และ สาหร่าย *Cladophora* sp. โดยพบว่า แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาดุกกรัสเซีย ที่เลี้ยงในสูตรอาหารผสมสาหร่าย

*Cladophora* 5 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่า อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 5 เปอร์เซ็นต์และอาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Promya et al., 2011)

ค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรซึ่งคิดเป็นค่าต้นทุนมากกว่า 40% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (Bhujel, 2011) ฉะนั้นหากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามลำดับ อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ วัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมมีราคาแพงสูงขึ้นทุกวัน การเลี้ยงปลาโดยใช้อาหารสำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิตซึ่งมีโปรตีน 25-32 เปอร์เซ็นต์ อัตราแลกเนื้อประมาณ 1.3-1.5 หรืออาจมากกว่าซึ่งเป็นต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ทำให้เกษตรกรได้กำไรน้อย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการลดต้นทุนการผลิตในเรื่องอาหาร ซึ่งเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ของการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีการประยุกต์ใช้วัตถุดิบจากพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีในท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารปลา

แหวนเปิด จัดเป็นพืชน้ำที่งอกขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง Rusoff et al. (1980) รายงานว่า แหวนเปิดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีองค์ประกอบของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง มีปริมาณโปรตีนประมาณ 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยประมาณ 4 – 6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิสระอยู่อย่างสมบูรณ์ (William et al., 1978) แหวนเปิดนิยมนำไปตากแห้งทำเป็นปุ๋ย เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์หรือผสมในอาหารของสัตว์ โดยพบว่าผสมแหวนเปิด 200 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารของไก่ไข่ ช่วยให้ไข่ไก่มีสีแดงมากขึ้น (Nolan et al., 1997) ซึ่ง William et al. (2009) รายงานการใช้แหวนเปิดสดกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด ที่อัตราส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลานิล พบว่าการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกับการให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดอย่างเดียว และ Fasakin et al. (1999) พบว่าแหวนเปิดป็น (*Spirodela polyrrhiza*) สามารถใช้ทดแทนอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารทั้งหมดที่ใช้เลี้ยงปลานิล La-ongpant and Klaykaew (2014) ศึกษาประสิทธิภาพในการใช้บำบัดน้ำเสีย พบว่าในระยะเวลา 100 วัน แหวนเปิดเล็กสามารถดูดซับค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ได้สูงสุดถึง 49.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแหวนเปิดใหญ่และใต้น้ำมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ (เปอร์เซ็นต์) ของค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) สูงสุดคือ 88.46 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันที่ระยะเวลา 21 วัน และแหวนเปิดใหญ่มีประสิทธิภาพในการนำไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ขึ้นไปใช้ในต้นพืช (uptake) สูงสุดคือ 99.17 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 7 วัน

ปัจจุบันรัฐบาลได้มีนโยบายว่าน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ต้องมีการบำบัดอย่างง่าย ๆ เช่น การพักน้ำในบ่อเพื่อกำจัดธาตุอาหาร และ ของเสียที่มีในน้ำก่อนปล่อยน้ำทิ้งไป เพื่อลดการก่อปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเลี้ยงโดยมีการนำน้ำจากบ่อเลี้ยงมาบำบัดหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recirculation aquaculture system, RAS) โดยนำน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาผ่านระบบกรองโดยใช้พืชน้ำ กรองน้ำเสียจากปลาเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติด้วยตนเอง โดยการอาศัยพืชช่วยในการกรองหรือฟอกน้ำให้สะอาดขึ้น โดยพืชจะดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียนำไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้การใช้พืชกรองน้ำเสียประเภทหญ้าเลี้ยงสัตว์ยังจะได้รับผลประโยชน์ในการนำไปใช้ให้เป็นอาหารปลาเพื่อลดต้นทุนได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้น การวิจัยผลของการใช้แหวนเปิดสดเสริมกับอาหารสำเร็จรูปในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณแคโรทีนอยด์ คุณค่าทางโภชนาการ และต้นทุนการผลิตของปลาดุกกรัสเซีย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตปลาดุกกรัสเซียให้กับเกษตรกรต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### การวางแผนการทดลอง

วางแผนทดลองแบบสุ่มทดลองอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารชุดควบคุม (อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 100 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหวนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหวนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์

ปล่อยปลาดุกกรัสเซียในบ่อทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร จำนวน 9 บ่อ อัตราการปล่อย 80 ตัว/ตารางเมตร โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น  $55 \pm 5$  กรัม/ตัว ให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 9.00 น. และ 17.00 น. และให้อาหารปลา 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัวปลา/วัน บันทึกปริมาณอาหารที่ปลากินทุกวัน ตลอดการทดลอง และตรวจคุณภาพน้ำทุก 15 วัน เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเติบโตของปลา ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992) ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) และ ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

### การเตรียมอุปกรณ์

**การเตรียมบ่อเลี้ยงปลา** โดยจัดเตรียมบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร พื้นที่ 0.5 ตารางเมตร จำนวน 9 บ่อ โดยภายในบ่อทดลองจะเติมน้ำสูง 40 เซนติเมตร ส่วนด้านบนปากบ่อใช้ตาข่ายพลาสติกปิดเพื่อป้องกันไม่ให้ปลาดุกกรัสเซียกระโดดออกจากบ่อ และมีอุปกรณ์ให้อากาศ ตลอดการทดลอง

**การเตรียมบ่อกรองด้วยพืชน้ำ** จัดเตรียมบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร จำนวน 18 บ่อ โดยแต่ละการทดลองมีบ่อกรอง 2 บ่อมีทั้งหมด 9 ชุดการทดลองภายในบ่อจะเติมน้ำสูง 40 เซนติเมตรและใส่แหวนเปิดสด 100 กรัมต่อบ่อ

**การเตรียมบ่อกรองชีวภาพ** จัดเตรียมถังพลาสติก 100 ลิตร ภายในบรรจุใยกรอง ไบโอบอลและหินพัมมิส เพื่อกรองตะกอนหยาบและกำจัดแอมโมเนียก่อนปล่อยน้ำลงสู่บ่อเลี้ยงด้วยปั้มน้ำขนาด 9 วัตต์

### การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลาดุกรัสเซียจากฟาร์มเลี้ยงในอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ จำนวน 360 ตัว มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ  $50 \pm 5$  กรัม นำมาพักเพื่อให้ปรับตัวในบ่อทดลองด้วยความหนาแน่น 80 ตัว/ตารางเมตร หรือ 40 ตัว/บ่อ ปรับสภาพลูกปลาดุกรัสเซียให้คุ้นเคยกับสภาพอาหารที่ใช้ทดลองโดยให้ลูกปลาดุกรัสเซียกินอาหารปลาทั่วไปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 9.00 น. และ 17.00 น. จนลูกปลาดุกรัสเซียทดลองคุ้นเคยและยอมรับอาหารแล้ว จึงสุ่มนับและชั่งวัดน้ำหนักลูกปลาดุกรัสเซียเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นนำลูกปลาดุกรัสเซียลงบ่อทดลองตามอัตราที่กำหนด และเริ่มการทดลองต่อไป

### การเตรียมแหนเป็ด

นำแหนเป็ดเพาะเลี้ยงขยายในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร จำนวน 10 บ่อ โดยใช้ปุ๋ยมูลไก่ไข่ 9 กิโลกรัมละลายในน้ำ 300 ลิตรนาน 7 วัน ก่อนนำมาเติมในบ่อเลี้ยง โดยเติมน้ำปุ๋ย 7 ลิตร/วัน ใส่แหนเป็ดเริ่มต้น 30 เปอร์เซ็นต์ รอจนแหนเป็ดขยายเต็มบ่อภายใน 3-5 วัน (Buranarom, 2000) เก็บเกี่ยวผลผลิตของแหนเป็ดในรูปสดทุกๆ วัน นำไปเป็นอาหารปลาและนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

### การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารปลาสำเร็จรูปชนิดเม็ดที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 9.00 น. และ 17.00 น. โดยทำการปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก ๆ 15 วัน ในแต่ละบ่อของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 60 วัน

นำอาหารปลาและแหนเป็ดมาวิเคราะห์หองค์ประกอบทางอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ใย ความชื้น และ คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ (AOAC, 1990) ดังแสดงใน (Table 1)

**Table 1** Proximate compositions (% dry weights) of commercial diet and fresh duckweed

Parameters	commercial diet	fresh duckweed
Fat (%)	$7.67 \pm 0.23$	$5.17 \pm 0.38$
Fiber (%)	$6.82 \pm 0.88$	$5.50 \pm 1.64$
Protein (%)	$24.56 \pm 1.97$	$24.30 \pm 1.22$
Ash (%)	$12.35 \pm 0.08$	$18.05 \pm 0.40$
Moisture (%)	$8.32 \pm 0.03$	$10.14 \pm 0.02$
Carbohydrate (%)	$40.28 \pm 1.71$	$36.84 \pm 0.89$

## การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

### การศึกษาการเติบโตของปลา

ซึ่งนำหนักปลาทุก 15 วัน เพื่อทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยการสุ่มปลามา 30 เปอร์เซนต์ หรือ 12 ตัว/บ่อ แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลนำไปปรับปริมาณอาหารที่ให้ เพื่อให้สอดคล้องกับน้ำหนักปลาทดลองที่เพิ่มขึ้น ประเมินค่าอัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADG) น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) อัตราการรอด (survival rate) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER) และต้นทุนการผลิตปลาดูกรัสเซีย นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$1. \text{ อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น})}{\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

$$2. \text{ ความยาวที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{(\text{ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความยาวปลาเริ่มต้น})}{\text{ความยาวปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

$$3. \text{ อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADG; กรัม/ตัว/วัน)}$$

$$\text{ADG} = \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

$$4. \text{ อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR ; เปอร์เซนต์/วัน)}$$

$$\text{SGR} = \frac{\ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง(วัน)}} \times 100$$

$$5. \text{ อัตราการรอดตาย (Survival Rate; \%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่สิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

$$6. \text{ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food Conversion Ratio, FCR)}$$

$$\text{FCR} = \frac{\text{จำนวนน้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$7. \text{ ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Rate; หน่วย)}$$

$$\text{PER} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน}}$$

$$8. \text{ ต้นทุนการผลิตปลาดูกรัสเซีย} = \frac{\text{ค่าอาหาร} + \text{ค่าพันธุ์ปลา} + \text{ค่าไฟฟ้า}}{\text{น้ำหนักรวมปลา}}$$

## การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารปลาและแคโรทีนอยด์ในตัวปลา

สุ่มตัวอย่างอาหารปลาไปผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990) และปริมาณแคโรทีนอยด์ตามวิธีของ (Foss *et al.* 1984) ดังแสดงใน (Table 3)

## การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบผลของการใช้แทนเปิดสดต่ออัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการรอดตาย ต้นทุนในการผลิตปลา ปริมาณแคโรทีนอยด์ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และคุณภาพน้ำ แต่ละหน่วยทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองโดยวิธี Turkey's-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$

## ผลการทดลอง

### 1. การเจริญเติบโต แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา และต้นทุนการผลิตปลา

1.1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) เมื่อเริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของปลาดุกกรัสเซียอยู่ระหว่าง  $55 \pm 5$  กรัม/ตัว โดยปลาดุกกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ให้ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแทนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยดีกว่าปลาดุกกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแทนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Fig.1)

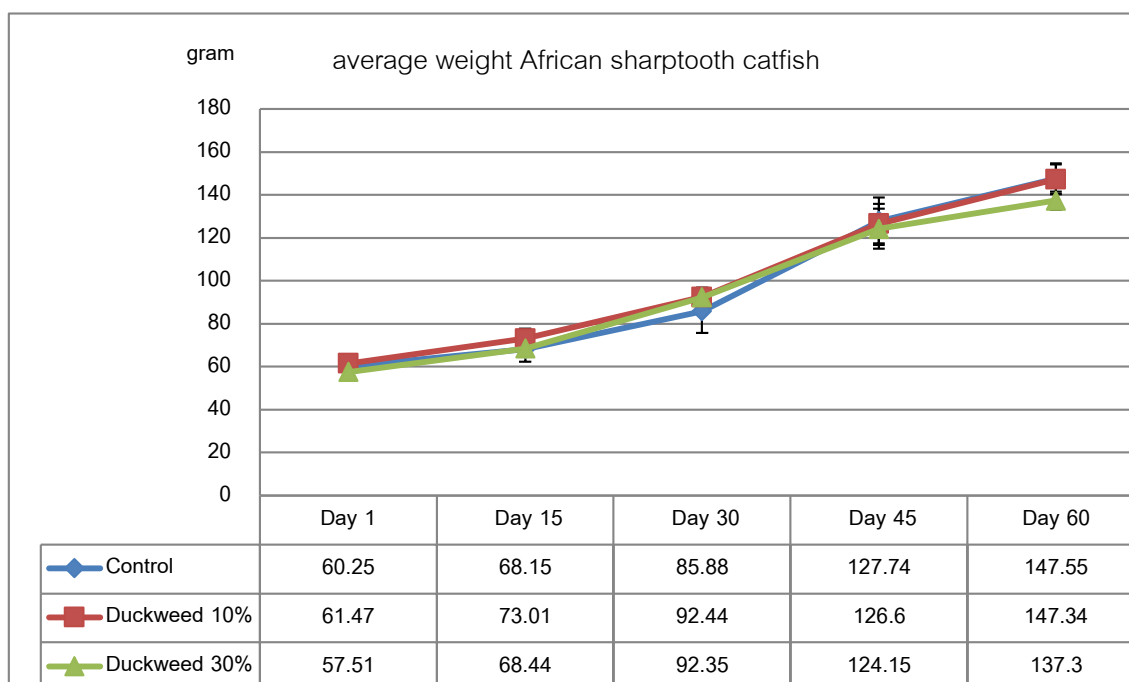


Figure 1 Average weight (g/fish) of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) experimental period for 60 days

**1.2 อัตราการแลกเนื้อ** (Feed Conversion Rate ;Units) อัตราการแลกเนื้อของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $1.43 \pm 0.57$  ดีกว่า ปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 90 เปอร์เซ็นต์กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 100 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (Table 2)

**1.3 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน** (Protein Efficiency Ratio; Units) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลาดุกรัสเซียที่กินอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $2.05 \pm 0.19$  ,  $2.19 \pm 0.21$  และ  $2.34 \pm 0.12$  หน่วยตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**1.4 อัตราการเจริญเติบโต** (Average daily growth; ADG; กรัม/ตัว/วัน) อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $1.57 \pm 0.12$  และ  $1.56 \pm 0.11$  (กรัม/ตัว/วัน) ตามลำดับ ดีกว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $1.41 \pm 0.08$  (กรัม/ตัว/วัน) และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**1.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ** (Specific Growth Rate;เปอร์เซ็นต์/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 100 เปอร์เซ็นต์และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25% ให้ปลา กิน 90% กับแหนเปิดสด 10% มีค่าเท่ากับ  $157.49 \pm 11.46$  เปอร์เซ็นต์/วันและ  $155.76 \pm 11.52$  เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ มีค่ามากกว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $140.99 \pm 7.11$  เปอร์เซ็นต์/วัน และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**1.6 อัตราการรอดตาย** (Survival Rate; เปอร์เซ็นต์) อัตราการรอดตายของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าอยู่ระหว่าง  $98.33 \pm 2.89$ – $100 \pm 0.00$  เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**1.7 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น** (Weight gain; เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 100 เปอร์เซ็นต์และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $173.46 \pm 14.55$  เปอร์เซ็นต์ และ  $171.33 \pm 17.15$  เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่ามากกว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $160.62 \pm 9.93$  เปอร์เซ็นต์และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**1.8 ความยาวที่เพิ่มขึ้น** (Length; เปอร์เซ็นต์) ความยาวที่เพิ่มขึ้นของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลา กิน 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้



ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $41.52 \pm 3.51$  เปอร์เซ็นต์ และ  $40.05 \pm 1.28$  เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่ามากกว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $37.22 \pm 0.16$  เปอร์เซ็นต์และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**1.9 ต้นทุนการผลิตปลา** (Production variable costs; บาท/กก.) ต้นทุนการผลิตปลาของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเบ็ดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $37.96 \pm 1.20$  บาท/กก. ซึ่งดีกว่า ปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์และปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $41.37 \pm 1.09$  และ  $43.45 \pm 0.69$  บาท/กก. ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (Table 2)

**Table 2** Growth performance and Production variable costs of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) experimental period for 60 days

Parameters	Control	Duckweed 10%	Duckweed 30%
Feed Conversion Rate (Units)	$1.82 \pm 0.35^a$	$1.70 \pm 0.76^a$	$1.43 \pm 0.57^b$
Protein Efficiency Ratio (Units)	$2.05 \pm 0.19^{ns}$	$2.19 \pm 0.21^{ns}$	$2.34 \pm 0.12^{ns}$
Average Daily Growth (g/fish/day)	$1.57 \pm 0.12^{ns}$	$1.56 \pm 0.11^{ns}$	$1.41 \pm 0.08^{ns}$
Specific Growth Rate (%/day)	$157.49 \pm 11.46^{ns}$	$155.76 \pm 11.52^{ns}$	$140.99 \pm 7.11^{ns}$
Survival Rate (%)	$98.33 \pm 2.89^{ns}$	$99.17 \pm 1.44^{ns}$	$100.00 \pm 0.00^{ns}$
Weight gain (%)	$173.46 \pm 14.55^{ns}$	$171.33 \pm 17.15^{ns}$	$160.62 \pm 9.93^{ns}$
Length (%)	$41.52 \pm 3.51^{ns}$	$40.05 \pm 1.28^{ns}$	$37.22 \pm 0.16^{ns}$
Production variable costs	$43.45 \pm 0.69^a$	$41.37 \pm 1.09^a$	$37.96 \pm 1.20^b$

Mean  $\pm$  S.D. in the same row carrying different superscripts were significantly different ( $P < 0.05$ ).

**1.10 คุณค่าทางโภชนาการ** ของเนื้อปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 30 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3)

**Table 3** Proximate analysis and carotenoids of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) experimental period for 60 days

Parameters	Control	Duckweed 10%	Duckweed 30%
Fat (%)	5.69±0.43 <sup>ns</sup>	5.89±0.28 <sup>ns</sup>	5.18±0.14 <sup>ns</sup>
Fiber (%)	5.17±0.22 <sup>ns</sup>	5.50±0.37 <sup>ns</sup>	5.63±0.34 <sup>ns</sup>
Protein (%)	32.01±0.26 <sup>ns</sup>	31.63±0.59 <sup>ns</sup>	31.40±0.39 <sup>ns</sup>
Ash (%)	17.89±0.20 <sup>ns</sup>	18.22±0.22 <sup>ns</sup>	18.41±0.43 <sup>ns</sup>
Moisture (%)	6.57±0.40 <sup>ns</sup>	6.69±0.60 <sup>ns</sup>	7.34±0.12 <sup>ns</sup>
Carbohydrate (%)	24.18±1.89 <sup>ns</sup>	24.25±1.52 <sup>ns</sup>	23.19±1.55 <sup>ns</sup>
Carotenoids (mg/g fish)	7.35±0.56 <sup>a</sup>	27.11±0.21 <sup>b</sup>	26.90±1.75 <sup>b</sup>

Mean ± S.D. in the same row carrying different superscripts were significantly different ( $P < 0.05$ ).

1.11 แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา (mg/g fish) ปลาดุกกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 90 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์และ อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ให้ปลากิน 70 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 27.11±0.21 และ 26.90±1.75 mg/g fish มากกว่าปลาดุกกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากิน 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 7.35±0.56 mg/g fish และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (Table 3)

2. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี อุณหภูมิของน้ำ มีค่าตั้งแต่ 27.02±0.67 ถึง 27.20±0.77 °C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่ 7.37±0.15 ถึง 7.46±0.40 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ(dissolved oxygen) มีค่าตั้งแต่ 5.88±0.36 ถึง 6.06±0.53 mg/L แอมโมเนีย (ammonia; NH<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่ 0.33±0.01 ถึง 0.47±0.01mg/L ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen; NO<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่ 0.13±0.02 ถึง 0.15±0.01mg/L และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Orthophosphates-phosphorus) มีค่าตั้งแต่ 2.21±0.35 ถึง 2.36±0.42mg/L ทั้ง 3 ชุด การทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

### วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองผลของการใช้แหนเบ็ดสดกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในปริมาณแตกต่างกัน พบว่าอัตราการแลกเนื้อของปลาดุกกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเบ็ดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.43±0.57 ดีกว่าปลาดุกกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 90 เปอร์เซ็นต์กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 เปอร์เซ็นต์(ชุดควบคุม) มีค่าเท่ากับ 1.70±0.76 และ 1.82±0.35 และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แตกต่างจากงานของ Nandini and Patra (2012) ที่เลี้ยงปลาดุกด้วยอาหารผสมแหนเบ็ดปนทดแทนปลาป่นที่ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แหนเบ็ดเล็กทดแทนปลาป่นที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $p < 0.05$ ) ซึ่ง Al-Asgah *et al.* (2015) ได้ใช้สาหร่ายผสมนาง

ทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาอุกรัสเซีย ที่ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้สาหร่ายผงทดแทนปลาป่นที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อของปลาอุกรัสเซียไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $p < 0.05$ ) และ Abdel-Warith *et al.* (2015) ที่ใช้ผักกาดทะเลทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาอุกรัสเซีย ที่ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ผักกาดทะเลทดแทนปลาป่นที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อของปลาอุกรัสเซียไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $p < 0.05$ ) อาจเป็นเพราะการผสมสาหร่ายในอาหาร ซึ่งการทดลองนี้เป็นการเสริมร่วมกับอาหารเพื่อให้นำไปใช้ได้ง่ายและช่วยลดของเสียในน้ำเลี้ยงปลาอุกรัสเซียได้อีกทางหนึ่งด้วย

ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลา 60 วัน พบว่าปลาอุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ  $27.11 \pm 0.21$  ไมโครกรัม/กรัม รองลงมาได้แก่ปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  $26.90 \pm 1.75$  ไมโครกรัม/กรัม และ ปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) มีค่า  $7.35 \pm 0.56$  ไมโครกรัม/กรัม ผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาอุกรัสเซียที่ทดลอง กล่าวคือ ปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) มีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาแตกต่างกับปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) สำหรับปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลาอุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเปิดสด 30 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับงานของ Promya *et al.* (2011) ที่ปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาอุกรัสเซียโดยใช้สาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายไกอ นำสาหร่ายมาผสมในอาหาร 4 สูตรดังนี้ อาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ และ อาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* sp. 5 เปอร์เซ็นต์ นำอาหารผสมเลี้ยงปลาอุกรัสเซียในบ่อดิน ขนาดพื้นที่บ่อ 30 ตารางเมตร/บ่อ จำนวน 12 บ่อ อัตราการปล่อย 10 ตัว/ตารางเมตร ระยะเวลาในการเลี้ยง 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาอุกรัสเซีย ที่เลี้ยงใน สูตรอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่า อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 5 เปอร์เซ็นต์ และ อาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีการทดลองใช้สไปรูลินาสดเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis* sp.) ที่มีอัตราการผสมแตกต่างกันพบว่า ในหน่วยทดลองที่ได้รับส่วนผสมของสไปรูลินาสด มีอัตราการรอดตายและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด ทำให้คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณแคโรทีนอยด์ (Total carotenoid) ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นตามลำดับของสาหร่ายสไปรูลินาสดที่ผสมในอาหาร (Promya *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับการทดลองใช้แคโรทีนอยด์เสริมใน

อาหารต่อคุณภาพเนื้อของปลาตกตอเมริกัน พบว่าชุดที่เสริมแคโรทีนอยด์ในอาหารมีสีเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม (Menghe *et al.*, 2009)

ต้นทุนการผลิตปลาของปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเบ็ดสด 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $37.96 \pm 1.20$  บาท/กิโลกรัมซึ่งดีกว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์ และปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) มีค่าเท่ากับ  $41.37 \pm 1.09$  และ  $43.45 \pm 0.69$  บาท/กิโลกรัมตามลำดับและมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้นของปลาดุกรัสเซีย ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้จำนวน 90 เปอร์เซ็นต์ กับแหนเบ็ดสด 10 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับชุดควบคุมและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $p < 0.05$ ) คล้ายกับการศึกษาของณรงค์กิ่งเพชร (2555) ทดลองใช้อาหารผสมสาหร่ายไค 0, 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 4 สูตรเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย พบว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 3 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดคือ  $40.38 \pm 1.75$  บาท/กิโลกรัม รองลงมาได้แก่ปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค 0, 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ  $40.43 \pm 3.72$ ,  $42.65 \pm 5.61$  และ  $53.31 \pm 7.41$  บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่ง Nandini and Patra (2012) พบว่าแหนเบ็ดซึ่งผลิตได้เองหรือหาได้จากธรรมชาติ สามารถนำมาทดแทนอาหารปลาบางส่วนจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารเสริมด้วยแหนเบ็ดสด และอาหารปลาทั่วไป (ชุดควบคุม) ซึ่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-9 ค่า DO ไม่ต่ำกว่า 5 mg/l มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Boyd and Tucker, 1992)  $\text{NH}_3\text{-N}$  ไม่เกิน 3 mg/l.  $\text{NO}_3\text{-N}$  มีค่าไม่เกิน 1 mg/l. (FAO, 2015) และ  $\text{PO}_4\text{-P}$  มีค่า 1.89-2.68 mg/l. มากกว่าค่ามาตรฐาน หากแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.01 mg/L จัดว่าแหล่งน้ำนั้นมีอาหารธรรมชาติมากเกินไป และแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 mg/L อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำไม่ได้เป็นมลพิษที่จะทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่เป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และเป็นเครื่องแสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในแหล่งน้ำนั้น ในการควบคุมและป้องกันปัญหาเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจึงได้กำหนดมาตรฐานไว้โดยไม่ควรมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 mg/L (Mangumphan, 2014: online)

## สรุปผล

การทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าการใช้แหนเบ็ดสดเสริมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25% ที่ปริมาณ 10% และ 30% ในการผลิตปลาดุกรัสเซียทำให้ปลามีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปอย่างเดียว โดยมีอัตราการแลกเนื้อ สารสีแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา ดีกว่าการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ให้ปลาดุก

รัสเซียกินเพียงอย่างเดียวและต้นทุนการผลิต ต่ำกว่าการใช้อาหารอาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ปลาตุกรัสเซียกินเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สภาวิจัยแห่งชาติ (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้) และ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุน และสถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Warith, A.-W.A., Younis, E.M. and Al-Asgah, N.A. Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.010>
- Al-Asgah, N.A., Younis, E.M., Abdel-Wahab A., Abdel-Warith. and Shamlol, F.S. 2015. Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias arieipinus*. Saudi Journal of Biological Sciences. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.006>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington DC.
- Bhujel, R.C. 2011. Tilapia farming faces expansion issue in Thailand. Global Aquaculture Advocate: 16-18 (May/June).
- Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1992. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. Alabama: Auburn University.
- Buranarom Kritsada. 2000. Education and duckweed to improve the nutritional quality of the food in small pigs. Theses. Khonkaen University.
- Department of Fisheries (n.d.). Aquaculture Hybrid Catfish (*C. macrocephalus* x *C. gariepinus*). [Online] Available from [www.fisheries.go.th/if-ubon/web2/images/download/pladook.pdf](http://www.fisheries.go.th/if-ubon/web2/images/download/pladook.pdf) (2013, October 4)
- E.A. Fasakin. 1999. Nutrient quality of leaf protein concentrates produced from waterfern (*Azolla africana* Desv) and duckweed (*Spirodela polyrrhiza* L.Schleiden). Bioresource Technology 69, Pages 185-187
- FAO-FIES, 2014. Aquaculture resources State of world aquaculture. Retrieved from [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias\\_gariepinus/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias_gariepinus/en)

- Foss, P.T. Storebakken, K. Schiedt, S. Liaaen-Jensen, E Austreng and K. Streiff. 1984. Carotenoid in diets for salmois I: Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture* 41: 213-226.
- Mangumphan, K. Subjects of Aquaculture. [ Online] Available from <http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/fa301/Lesson/lesson10.htm> [2014, January 9]
- Menghe H.L., Robinson E.H., Tucker C.S., Manning B.B., Khoo L. 2009. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture* 292: 232–236.
- Nandini. P. and Patra. A.K. 2012. Partial Replacement of Fishmeal With *Lemna Minor* Leaf Meal On The Growth Performance of *Clarias Batrachus*. *International Journal of Sustainable Development and Green Economics (IJS DGE)*, ISSN.No.2315-4721, Vol-1 Iss-1
- Nolan. J. V., Bell. R. E., Thomson. E., Bremner. D. and Ball. W. 1997. Duckweed (*Spirodela punctata*) as a protein and pigment source in diets for layers. Department of Animals Science, University of New England, Armidale. NSW.2351.
- La-ongpant N. And Klaykaew A. The use of floating plants to improve water quality. Office of Research and Development. [Online] Available from <http://www2.rid.go.th/research/vijais/index.php?option=comcontent&view=article&id=263:2013-02-19-00-47-13&catid=41:science&Itemid=167> [2014, April 25]
- Promya, J. Ungsethaphand T., and Saton K., 2011. The effects of *Spirulina platensis* fresh growth. nutrition and carotenoids. of red tilapia (*Oreochromis* sp.). Fisheries Conferences 1st Chaingmai. Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University. 110.
- Promya, J. and Chitmanat C, 2011. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharp-tooth catfish (*Clarias gariepinus*). *Int. J. Agric. Biol.*, 13: 77–82
- Rusoff, L. L., E. W. Blakney and D. D. Culley. 1980. Duckweeds (Lemnaceae Family): A Potential Source of Protein and Amino Acids. *J. Agric. Food Chem.* 28:848-50.
- William Brewer, Christine Brittain, Anna Carroll, Christopher Dorsa, Anneke Heher, Sarah Kistner, Connor Ventling. 2009. Alternative Feeds for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in an Aquaponics System. [Online] Available from <http://www.fishconserve.org/arcel/admin/uploads/FPLP109.pdf> [2013, October 10]
- William S., Hillman., Culley Jr. and Dudley D. 1978. The use of duckweed. *Am. Sci.* 66, 442-451.