งานวิจัยด้านอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศ

Nutritional Researches on Hybrid Clariid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*)

***พิเชต พลายเพชร*[1*]**

***Pichet Plaipetch*[1*]**

ABSTRACT

An achievement of hybrid Clariid catfish breeding in 1988 has resulted in several researches to support its farming, especially nutritional research. The research topic on nutrition can be divided into two parts. The first one is the larval feed that the live feed should be used for early nursing i.e. using *Moina* sp. and *Artemia* sp., both live and frozen types, then artificial feed can be used. Another part is the grow-out feed for raising fish to marketable size. The findings out for the grow-out feed can be concluded following; the optimum dietary protein, lipid, carbohydrate, ω6 and ω3 fatty acids should be 35-40, 4-10, 28-39, 1.0-1.5 and 0.5-1.0%, respectively. Replacement of dietary fishmeal or soybean meal protein with another protein source can be achieved at levels not above 50%. Feeding twice a day to satiation with interval times of 3-6 hours is appropriate for commercial farming, both sinking and floating feeds can be used. Dietary supplementation of exogenous enzyme or probiotic is beneficial for increase of growth rate and feed utilization. To raise the fish to marketable size, feed with diameter sizes of 3.5-5.0 millimeters should be used. Feeding rate should be controlled at approximately 4% of body weight per day throughout the culture period.

Keywords: Nutritional research, Hybrid Clariid catfish, *Clarias macrocephalus*, *Clarias gariepinus*

บทคัดย่อ

ความสำเร็จของการเพาะพันธุ์ปลาดุกอุยเทศในปี 2531 ได้ก่อให้เกิดงานวิจัยจำนวนมากเพื่อสนับสนุนการเพาะเลี้ยงโดยเฉพาะงานวิจัยด้านอาหารซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ด้าน คืออาหารลูกปลาวัยอ่อนซึ่งควรใช้อาหารมีชีวิตสำหรับการอนุบาลในช่วงแรก ได้แก่ ไรแดงและอาร์ทีเมีย ที่สามารถใช้ได้ทั้งแบบมีชีวิตและแบบแช่แข็งก่อนเปลี่ยนเป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับการอนุบาลในช่วงหลัง อีกด้านคืออาหารสำหรับการเลี้ยงปลาให้ได้ขนาดตลาดซึ่งสรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้ ระดับโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต กรดไขมันชนิด ω6 และ ω3 ในอาหารที่เหมาะสมควรมีค่า 35-40, 4-10, 28-39, 1.0-1.5 และ 0.5-1.0% ตามลำดับ สามารถแทนที่โปรตีนปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารด้วยแหล่งโปรตีนอื่นๆ ได้ไม่เกิน 50% การให้อาหารแบบให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง ที่มีระยะเวลาห่างกัน 3-6 ชั่วโมง เหมาะสมกับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์และสามารถใช้ได้ทั้งอาหารสำเร็จรูปชนิดจมและลอยน้ำ สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์อาหารได้ด้วยการเสริมเอนไซม์หรือโปรไบโอติกการเลี้ยงปลาจนได้ขนาดตลาดควรใช้อาหารขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.5-5.0 มิลลิเมตร และควรควบคุมอัตราการให้อาหารตลอดการเลี้ยงให้มีค่าประมาณ 4% ของน้ำหนักตัวต่อวัน

คำสำคัญ: งานวิจัยด้านอาหาร ปลาดุกอุยเทศ ปลาดุกอุย ปลาดุกเทศ

[1*]สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง จ.พระนครศรีอยุธยา 20110

Inland Aquaculture Research Institute, Inland Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries, Pra Nakhon Sri Ayutthaya 20110, Thailand.

[*]Corresponding author: pichet28@yahoo.com

คำนำ

ปลาดุกอุยเทศหรือปลาดุกลูกผสม หรืออาจเรียกว่าปลาดุกบิ๊กอุยเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับสองของประเทศไทยรองจากปลานิลทั้งเชิงผลผลิตและมูลค่า (Department of Fisheries, 2009; 2012) อีกทั้งยังกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Yi *et al*., 2003) ปลาชนิดนี้เป็นปลาลูกผสมระหว่างปลาดุกอุย (Thai walking catfish, *Clarias macrocephalus*) ซึ่งเป็นปลาพื้นเมืองกับปลาดุกเทศหรือปลาดุกยักษ์ หรืออาจเรียกว่าปลาดุกแอฟริกัน (African sharp-tooth catfish, *C. gariepinus*) ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศแอฟริกากลาง โดยทั่วไปคนไทยนิยมบริโภคปลาดุกอุยเนื่องจากเนื้อมีสีเหลืองและรสชาติดี อย่างไรก็ตามปลาชนิดนี้เจริญเติบโตช้าและอ่อนแอต่อโรคทำให้ไม่คุ้มค่าในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ขณะที่ปลาดุกเทศมีเนื้อสีขาวและลักษณะเหลวทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการบริโภค แต่ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและต้านทานโรคได้ดี ดังนั้นกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจึงทดลองผสมข้ามระหว่างปลาสองชนิดนี้ (Inter-specific hybridization) และประสบความสำเร็จในปี 2531 (มานพและคณะ, 2533) จากการทดลองพบว่าการผสมข้ามระหว่างไข่แม่ปลาดุกอุยกับน้ำเชื้อปลาดุกเทศประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีเนื่องจากไข่มีอัตราฟักและอัตรารอดตายของลูกปลาสูง และปลาลูกผสมที่ได้มีลักษณะภายนอกและเนื้อคล้ายปลาดุกอุยรวมทั้งเจริญเติบโตเร็วคล้ายปลาดุกเทศ (Bartley *et al*., 2001) ขณะที่การผสมข้ามระหว่างน้ำเชื้อปลาดุกอุยกับไข่ปลาดุกเทศนั้นไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจเนื่องจากไข่มีอัตราการปฏิสนธิและลูกปลามีอัตราการฟักต่ำ (สุจินต์และคณะ, 2533ก)

หลังจากประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ กรมประมงได้ส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงปลาดุกอุยเทศเชิงพาณิชย์จนกระทั่งกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ อย่างไรก็ตามเนื่องจากปลาชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและสามารถเลี้ยงได้อย่างหนาแน่นทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณมาก ดังนั้นราคาจำหน่ายของปลาชนิดนี้จึงไม่สูงทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนน้อยและมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากราคาอาหารสำเร็จรูปที่สูงขึ้น ทั้งนี้หากเป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาค่าอาหารคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 50% ของต้นทุนรวม (El-Sayed, 2004) ดังนั้นเกษตรกรบางส่วนได้พยายามลดต้นทุนค่าอาหารด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ผลิตอาหารใช้เองในฟาร์ม แต่ส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากขาดความรู้ทางด้านโภชนาการ เช่น อาหารที่ผลิตมักมีสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลาชนิดนี้โดยเฉพาะโปรตีน ดังนั้นรายงานนี้ได้รวบรวมความรู้ทางด้านโภชนาการของปลาดุกอุยเทศจากผลการวิจัยต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถจัดการด้านอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาชนิดนี้ได้อย่างถูกต้อง โดยเนื้อหารายงานนี้ได้ครอบคลุมอาหารสำหรับการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อน อาหารสำหรับการเลี้ยงปลาให้ได้ขนาดตลาด รวมถึงเนื้อหาได้ครอบคลุมการเลือกใช้วัตถุดิบต่างๆ ในกรณีที่ผลิตอาหารใช้เอง ชนิดอาหาร การให้อาหารและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหาร นอกจากนี้รายงานยังได้แสดงข้อมูลผลผลิตและสถานการณ์การเพาะเลี้ยงได้แก่ ปริมาณ มูลค่าและแนวโน้มของราคาจำหน่ายเพื่อเป็นฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้

ผลผลิตและสถานการณ์การเพาะเลี้ยง

ผลผลิต มูลค่าและแนวโน้มราคาจำหน่าย

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ปลาดุกด้าน (*C. batrachus*) ในปี 2503 และประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ปลาดุกอุยในปี 2528 ส่วนการเพาะพันธุ์ปลาดุกอุยเทศนั้นเริ่มต้นขึ้นหลังจากการนำปลาดุกเทศจากประเทศลาวเข้ามาเลี้ยงในประเทศไทยในปี 2530 (Na-Nakorn, 2004) และทดลองผสมข้ามกับปลา

ดุกอุยจนประสบความสำเร็จในปี 2531 (มานพและคณะ, 2533) จากลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ปลาดุกอุยเทศได้รับความนิยมในการเพาะเลี้ยงและการบริโภคอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามผลผลิตและมูลค่าทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงในช่วงแรกยังไม่ทราบแน่ชัดเนื่องจากยังไม่มีระบบการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นทางการ แต่หลังจากปี 2534 เป็นต้นมาข้อมูลของปลาชนิดนี้มีมากขึ้นเนื่องจากมีการจัดทำสถิติการประมง (Department of Fisheries, 2009; 2012) ปัจจุบันผลผลิตรวมต่อปีของปลาดุกในประเทศไทยมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 100,000 ตัน และมีมูลค่าเกิน 4,000 ล้านบาท โดยผลผลิตส่วนใหญ่มาจากเพาะเลี้ยง (Figure 1 and 2) และผลผลิตเกือบทั้งหมดเป็นปลาดุกอุยเทศ (FAO, 2001)

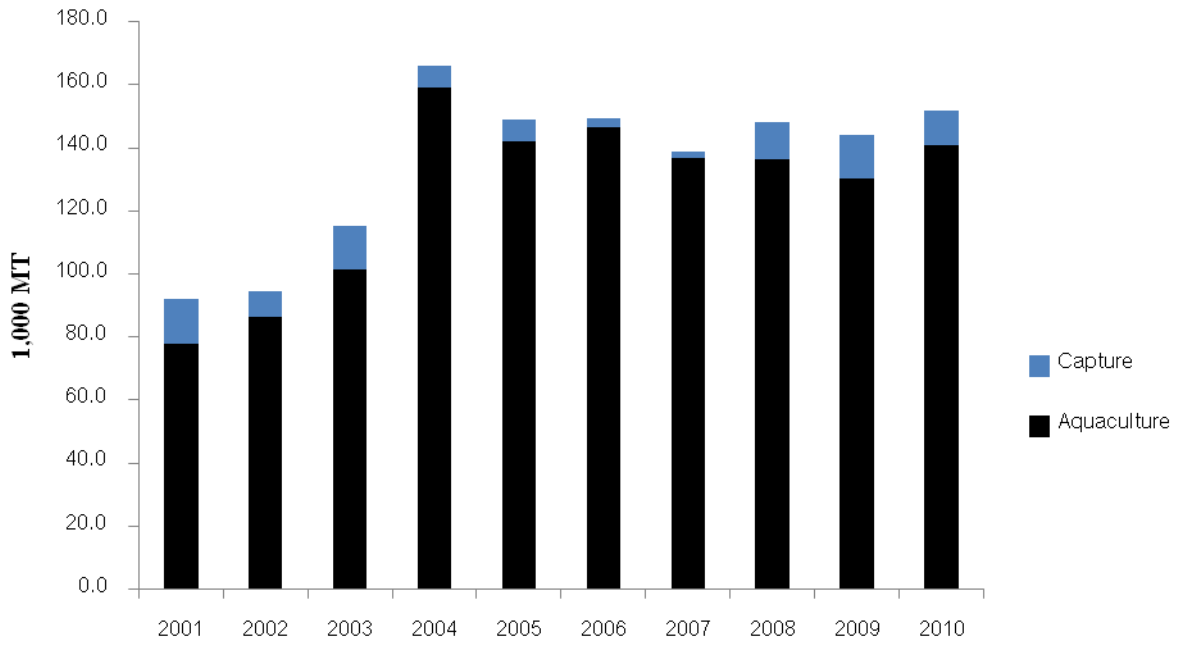

Figure 1 Annual volumes of hybrid clariid catfish in Thailand during 2001-2010

Note Source: Information technology center DoF (2009 and 2012)

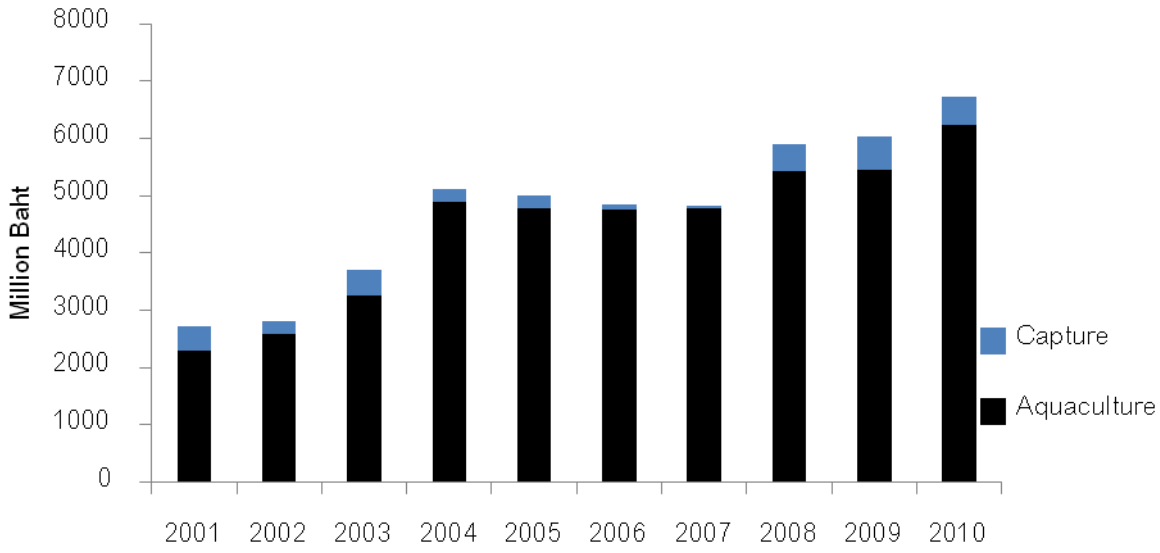

Figure 2 Annual values of hybrid clariid catfish in Thailand during 2001-2010

Note Data modofied from Department of Fisheries (2009 and 2012)

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตของปลาดุกอุยเทศทั่วโลกกับปลาสวายซึ่งเป็นปลากลุ่มปลาหนังด้วยกันพบว่ายังคงมีผลผลิตน้อยกว่าปลาสวายถึง 10 เท่า ซึ่งปลาสวายนั้นเกือบทั้งหมดมาจากเลี้ยงในประเทศเวียดนาม (De Silva and Phuong, 2011; FAO, 2012) โดยทั่วไปเกษตรกรไทยนิยมเลี้ยงปลาดุกอุยเทศในบ่อขนาด 0.5-1 ไร่ ที่ระดับน้ำลึก 1.20-1.50 เมตร ปล่อยปลาในอัตรา 40-100 ตัวต่อตารางเมตร และใช้ระยะเวลาการเลี้ยงนาน 3-4 เดือน ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตปลาขนาดตลาด (200-400 กรัม) ประมาณ 10-14 ตันต่อไร่ (อุทัยรัตน์, 2544) ขณะที่การเลี้ยงในบ่อคอนกรีตที่อัตราปล่อย 50-70 ตัวต่อตารางเมตรใช้เวลาเลี้ยง 3 เดือน จะได้ปลาขนาด 100-200 กรัม (สุบรรณ, 2544) นอกจากนี้สามารถเลี้ยงปลาชนิดนี้ในร่องสวน กระชังหรือนาข้าวได้ (ธารณ์นรินทร์, 2548) หรือแม้แต่ในบ่อพลาสติกหรือบ่อผ้าใบ (ศุภรัตน์, 2540; Yaakob and Ali, 1994) ด้วยเหตุที่ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและสามารถเลี้ยงได้อย่างหนาแน่นทำให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดปริมาณมากทำให้ราคาจำหน่ายไม่สูง (Figure 3)

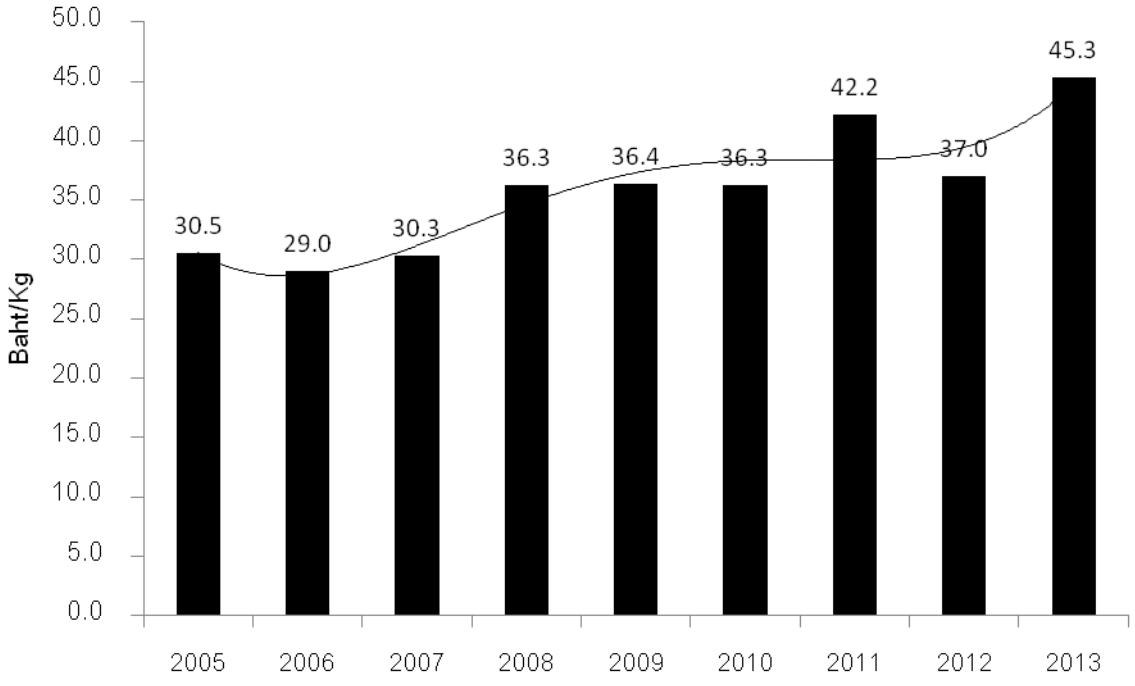

Figure 3 Wholesale pirce of hybrid clariid catfish at Talaad Thai, Patumthani during 2005-2013

Note Annual price is calculated from monthly value which is from data at day 1, 15 and 30

Source: www.talaadthai.com

การป้องกันการผสมพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุยเทศกับปลาดุกพื้นเมือง

หลังจากประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ กรมประมงได้ส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงปลาดุกอุยเทศเชิงพาณิชย์จนกระทั่งกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญ อย่างไรก็ตามการผสมข้ามระหว่างปลาดุกสองชนิดนี้ได้สร้างความกังวลเกี่ยวกับการปนเปื้อนทางพันธุกรรมของประชากรปลาดุกอุยในธรรมชาติ เนื่องจากปลาดุกอุยเทศไม่ได้เป็นหมันอย่างสมบูรณ์ยกเว้นการผสมพันธุ์กันเอง (สุจินต์และคณะ, 2533ข) และหากปลาหลุดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็สามารถผสมพันธุ์กับปลาดุกอุยธรรมชาติได้ทั้งกับเพศผู้และเพศเมีย มีงานวิจัยบ่งชี้ว่ามีการปนเปื้อนของพันธุกรรมของปลาดุกยักษ์ในปลาดุกอุยธรรมชาติในแหล่งน้ำบริเวณภาคกลางของประเทศไทย (Senanan *et al*., 2004) ดังนั้นจึงมีความพยายามในการดัดแปลงโครโมโซมเพื่อให้ปลาดุกอุยเทศไม่สามารถผสมกับปลาดุกอุยได้ด้วยการเหนี่ยวนำให้ปลาดุกอุยเทศมีโครโมโซมเป็นแบบ 3 ชุด หรือเรียกว่าทริพลอยด์ (Triploid) โดยการแช่ไข่หลังผสมในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ 7 ^{0}C (จงกล, 2548) ซึ่งมีผลให้อวัยวะสืบพันธุ์ของปลาดุกอุยเทศมีขนาดเล็กลง ปลาดุกอุยเทศทริพลอยด์เพศผู้ผลิตน้ำเชื้อและอสุจิได้น้อยและไข่ของปลาดุกอุยเทศทริพลอยด์เพศเมียมีพัฒนาการที่ช้าลง นอกจากนี้ยังพบว่าการผสมระหว่างน้ำเชื้อของปลาทริพลอยด์กับไข่ปลาดุกอุยมีผลให้ลูกปลาไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ ส่วนการผสมระหว่างไข่ของปลาทริพลอยด์กับน้ำเชื้อปลาดุกอุยนั้นสามารถฟักเป็นตัวได้แต่ลูกปลาจะตายหมด แม้ว่าวิธีการนี้จะได้ผลดีแต่เกษตรกรผู้เพาะพันธุ์รายย่อยหรือแม้แต่ผู้เพาะพันธุ์รายใหญ่ไม่สามารถผลิตปลาทริพลอยด์ได้เนื่องจากต้องอาศัยความรู้และการลงทุนสูงซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วยและไม่คุ้มทุน ดังนั้นการป้องกันที่ดีที่สุดคือการให้ความรู้แก่เกษตรผู้เพาะพันธุ์และผู้เพาะเลี้ยงปลา

ดุกอุยเทศเพื่อให้ตระหนักและระมัดระวังไม่ให้ปลาดุกอุยเทศหลุดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

อาหารสำหรับการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อน

หลังจากลูกปลาดุกอุยเทศฟักเป็นตัวลูกปลาจะใช้สารอาหารจากไข่แดงจนหมดภายในระยะเวลา 1-2 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิและระดับออกซิเจนในน้ำ หลังจากนั้นลูกปลาจะเริ่มกินอาหารโดยสังเกตได้จากลูกปลามีการว่ายน้ำมากขึ้นและไม่รวมตัวกันเป็นกลุ่มเหมือนช่วงหลังฟักใหม่ๆ โดยอาหารที่ใช้อนุบาลลูกปลาวัยอ่อนในช่วงแรกควรเป็นอาหารขนาดเล็กที่เหมาะสมกับขนาดปาก ได้แก่ โรติเฟอร์หรืออาร์ทีเมียวัยอ่อน อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถจัดเตรียมได้ทันเวลาอาจแก้ไขปัญหาโดยการใช้ไข่แดงต้มสุก จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นไรแดงและอาหารผงสำเร็จรูป ตามลำดับ วิธีการให้อาหารตามลำดับขั้นตอนนี้มีความเหมาะสมเนื่องจากหากอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนในช่วงแรกด้วยอาหารสำเร็จรูปจะทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายต่ำ (ล้านแก้วและคณะ, 2554) ทั้งนี้น่าจะเกิดจากลูกปลามีระบบการย่อยอาหารที่ยังไม่สมบูรณ์ แต่หากการอนุบาลด้วยไรแดงจะทำให้ลูกปลาได้รับน้ำย่อยสารอาหารบางส่วนจากไรแดง ซึ่งมีผลให้การใช้ประโยชน์อาหารดีกว่าการใช้อาหารสำเร็จรูป (อมรรัตน์และบุษกร, 2543) นอกจากนี้ข้อดีของการใช้ไรแดงอีกประการคือลูกปลาสามารถจับกินได้ตลอดเวลาโดยไม่ทำให้น้ำเสีย อย่างไรก็ตามควรอนุบาลลูกปลาด้วยไรแดงเพียงระยะเวลาสั้นๆ ก่อนเปลี่ยนเป็นอาหารสำเร็จรูป เนื่องจากการใช้ไรแดงเพียงอย่างเดียวตลอดระยะเวลาการอนุบาลทำให้ลูกปลามีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าการให้ไรแดงในช่วงสัปดาห์แรกก่อนเปลี่ยนเป็นอาหารสำเร็จรูป (ไชยวัฒน์และคณะ, 2545) ทั้งนี้อาจเกิดจากลูกปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต้องสูญเสียพลังงานมากขึ้นในการกินไรแดงเพื่อให้ได้สารอาหารเพียงพอกับความต้องการ ในทางตรงข้ามสามารถเลือกใช้อาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมกับขนาดปากลูกปลาและอาหารสำเร็จรูปสามารถให้สารอาหารโดยเฉพาะวิตามินและแร่ธาตุจำเป็นได้อย่างเพียงพอและต่อเนื่อง นอกจากนี้การเสริมสไปรูลิน่าในอาหารสำเร็จรูปอัตรา 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ยังช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและอัตรารอดตายของลูกปลาดุกชนิดนี้ได้ (จักรพงษ์และธนากร, 2550) สาเหตุหนึ่งน่าจะเกิดจากการเสริมสาหร่ายดังกล่าวทำให้ปลามีเม็ดเลือดขาวและระบบภูมิคุ้มกันที่ดีกว่าการไม่เสริม (จงกลและคณะ, 2552)

แม้ว่าไรแดงจะเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาดุกอุยเทศวัยอ่อนแต่อาจเกิดภาวะขาดแคลนได้ ดังนั้น เกษตรกรบางส่วนจึงปรับตัวโดยการทำไรแดงแช่แข็งสำหรับใช้ในช่วงที่ผลิตหรือหาซื้อยาก ซึ่งวิธีการนี้สามารถเก็บไรแดงได้เป็นระยะเวลานาน (บุษกร, 2547) อย่างไรก็ตามการแช่แข็งเป็นระยะเวลานานทำให้คุณภาพของไรแดงทั้งทางกายภาพและโภชนาการด้อยลงซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลา การแก้ไขปัญหาดังกล่าวอาจทำได้โดยการแช่แข็งด้วยอุณหภูมิที่ไม่ต่ำและเก็บรักษานานเกินไป มีงานวิจัยบ่งชี้ว่าไรแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่ -10 ^{0}C เป็นระยะเวลา 30 วัน มีคุณค่าทางโภชนาการและมีผลต่ออัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปลาดุกอุยเทศไม่แตกต่างจากการอนุบาลด้วยไรแดงมีชีวิต (นุชรีและคณะ, 2551) นอกจากนี้ยังมีอาหารมีชีวิตชนิดอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการอนุบาลลูกปลาดุกอุยเทศวัยอ่อนได้ เช่น ไรนางฟ้าและอาร์ทีเมีย (Au-aree *et al*., 2011) แต่ควรใช้เพียงช่วงแรกของการอนุบาลเช่นเดียวกับไรแดงเนื่องด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งหากอนุบาลเป็นระยะเวลานานอาจทำให้ต้นทุนสูงขึ้นเนื่องจากทั้งไรนางฟ้าและอาร์ทีเมียมีราคาสูงกว่าไรแดง

อาหารสำหรับการเลี้ยงปลาให้ได้ขนาดตลาด

ในอดีตการผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศเชิงพาณิชย์ได้อาศัยข้อมูลความต้องการสารอาหารของปลากดอเมริกัน หรืออาจเรียกว่าปลาชานเนล แคทฟิช (Channel catfish, *Ictalurus punctatus*) (NRC, 1993) แม้ว่าจะได้ผลดี แต่ยังคงมีความจำเป็นในการศึกษาความต้องการ

สารอาหารของปลาดุกชนิดนี้โดยตรง เพื่อเป็นบรรทัดฐานในการผลิตและการควบคุมคุณภาพของอาหารสำเร็จรูป จากการศึกษาของวิมลและคณะ (2538) พบว่าปลาดุกอุยเทศวัยอ่อนจนถึงขนาดประมาณ 100 กรัม ต้องการโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต กรดไขมันชนิด ω6 และ ω3 จากอาหารเท่ากับ 35-40, 4-10, 28-39, 1.0-1.5 และ 0.5-1.0% ตามลำดับ ขณะที่ระดับเยื่อใยอาหารไม่ควรเกิน 5% (นฤมล, 2539) ทั้งนี้ความต้องการสารอาหารเหล่านี้จะลดลงตามขนาดและอายุของปลาเนื่องจากปลามีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารที่ดีขึ้น โดยเฉพาะการลดลงของระดับโปรตีนในอาหารจะทำให้ประหยัดต้นทุนค่าอาหารได้ เนื่องจากสารอาหารนี้มีราคาแพงกว่าสารอาหารชนิดอื่นๆ เช่น ระดับโปรตีนในอาหารอาจลดเหลือ 25-30% สำหรับการเลี้ยงปลาขนาด 100 กรัมขึ้นไปจนถึงขนาดก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งระดับโปรตีนนี้เป็นค่าที่แนะนำโดยนักวิจัยหลายท่าน (ประเสริฐและคณะ, 2525;วีรพงศ์, 2536; อรพินท์, 2544) และเป็นที่ทราบกันดีว่าสัตว์น้ำจะมีการสลายโปรตีนเพื่อสร้างพลังงานหากอาหารมีพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอสำหรับการดำรงชีวิต (เวียง, 2542) จากการศึกษาพบว่าพลังงานย่อยได้ที่เหมาะสมสำหรับปลาดุกอุยเทศขนาดเล็ก (น้ำหนักเริ่มต้น 2-4 กรัม) ควรมีค่าประมาณ 325 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม สำหรับอาหารที่มีระดับโปรตีน 35% นอกจากพลังงานที่ได้จากโปรตีนแล้ว พลังงานในอาหารส่วนที่เหลือควรเป็นพลังงานที่มาจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันในอัตรา 2:1 (Jantrarothai *et al*., 1998a) แต่หากระดับพลังงานย่อยได้ในอาหารต่ำกว่านี้จะทำให้ปลาดุกอุยเทศต้องการโปรตีนจากอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ที่ระดับพลังงานที่ย่อยได้เท่ากับ 270 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ทำให้ปลาต้องการโปรตีนจากอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 40% (Jantrarothai *et al*., 1996a) ดังนั้น การที่อาหารมีระดับไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสามารถทดแทนการใช้พลังงานจากโปรตีนของสัตว์น้ำได้ (Protein sparing effect) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ วิมลและคณะ (2537) แสดงให้เห็นว่าปลาดุกอุยเทศมีแนวโน้มใช้ประโยชน์ไขมันได้ดีกว่าคาร์โบไฮเดรต โดยปลาเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อระดับไขมันในอาหารเพิ่มขึ้นและระดับคาร์โบไฮเดรตลดลง แต่ระดับไขมันและคาร์โบไฮเดรตในอาหารไม่ควรมีค่าเกิน 10 และ 37% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของปลาดุกอุยเทศพบว่าปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเรื่องดังกล่าว แต่หากอ้างอิงจากข้อมูลของปลากดอเมริกันอาหารปลาดุกอุยเทศควรกรดอะมิโนจำเป็นชนิด Arginine (Arg), Histidine (His), Isoleucine (Ile), Leucine (Leu), Lysine (Lys), Methionine+Cystine (Met+Cys), Phenylalanine+Tyrosine (Phe+Tyr), Threonine (Thr), Tryptophan (Trp) และ Valine (Val) เท่ากับ 4.3, 1.4, 2.6, 3.5, 5.1, 2.3, 5.0, 2.0, 0.5 และ 3.0% ของโปรตีนในอาหาร แนวคิดนี้มีความเป็นไปได้เนื่องจากการศึกษาองค์ประกอบกรดอะมิโนจำเป็นของปลาดุกอุย 3 ขนาด คือ ปลานิ้ว (1-3 กรัม) ปลาขนาดเล็ก (20-30 กรัม) และปลาขนาดตลาด (>100 กรัม) พบว่ามีองค์ประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นชนิด His, Arg, Thr, Val, Met, Ile Leu Phe Lys อยู่ในช่วง 1.18-1.56, 4.65-4.79, 2.27-2.58, 2.00-2.32, 1.26-1.41, 1.47-1.77, 3.51-4.30, 1.80-2.35 และ 3.61-4.43% ของโปรตีน (อรพินท์และคณะ, 2542) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นเหล่านี้ของปลากดอเมริกัน มีงานวิจัยยืนยันว่าการสร้างสูตรอาหารที่มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นสอดคล้องกับปริมาณที่พบในตัวปลาทำให้ระดับโปรตีนในอาหารลดลงได้ ซึ่งอาจลดต้นทุนอาหารได้ เช่น ปลาดุกอุยมีความต้องการโปรตีนจากอาหารไม่เกิน 23.7% หากอาหารมีสัดส่วนกรดอะมิโนจำเป็นต่อกรดอะมิโนชนิดไลซีนไม่เกิน 1.25 เท่า (อรพินท์และคณะ, 2545) และงานทดลองนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการผลิตอาหารที่มีระดับกรดอะมิโนจำเป็นสูงกว่าปริมาณที่พบในตัวมากเกินไปไม่ได้ทำให้ปลาเจริญเติบโตดีขึ้นและระดับโปรตีนในอาหารมากเกินไปอาจกระทบต่อการเจริญเติบได้ เช่นในกรณีของปลาดุก

เทศที่เจริญเติบโตลดลงหากเลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนกิน 40% (พิจิตรและคณะ, 2541)

ส่วนความต้องการสารอาหารชนิดอื่นๆ ที่มีการศึกษาแล้วได้แก่ วิตามินซีอัตรา 250 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่ทำให้ปลาอุยเทศเจริญเติบโตเป็นปกติและสอดคล้องกับคำแนะนำสำหรับปลากินทั้งพืชและสัตว์ของ FAO (1987) แต่ปลาดุกอุยเทศจะเจริญเติบโตสูงสุดและมีภูมิต้านทานต่อสภาวะอุณหภูมิน้ำต่ำได้หากเพิ่มวิตามินซีเป็น 1,000-1,500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในทางตรงข้ามวิตามินอีนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตไม่เด่นชัดแต่วิตามินอีอัตรา125 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นั้นเพียงพอสำหรับการสร้างภูมิต้านทานต่อการเปลี่ยนของอุณหภูมิน้ำ (สุรินทรและภคนิจ, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ FAO (1987) เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามความต้องการวิตามินอีของปลาจะสูงขึ้นหากปลาดุกติดเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Aeromonas hydrophila* (สุนีย์รัตน์และนนทวิทย์, 2541) ส่วนระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารที่เหมาะสมคือ 0.5 และ 0.5% ตามลำดับ และหากเพิ่มระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงกว่านี้จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและทำให้ปลาขับฟอสฟอรัสมากขึ้น (วุฒิพรและนัทท์, 2552) แม้ยังไม่มีการศึกษาความต้องการวิตามินและแร่ธาตุอื่นๆ ของปลาชนิดนี้ แต่สามารถอ้างอิงระดับที่เหมาะสมตามคำแนะนำของ FAO (1987) ได้ โดยอาหารปลาดุกอุยเทศควรมีแร่ธาตุรองชนิด Fe, Zn, Mn, Cu, Co, I, Cr และ Se เท่ากับ 30-60, 50-100, 25-50, 3-6, 0.5-1.0, 3-6, 0.25-0.5 และ 0.1-0.2 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และควรมีวิตามิน B_1, B_2, B_3, B_5, B_6 , B_{12} , Biotin, Folic acid, Choline, Inositol, E และ K เท่ากับ 9-18, 12-24, 54-108, 24-48, 9-18, 0.0075-0.015, 0.1-0.2, 1.5-3.0, 600-1200, 75-150, 60-120 และ 5-10 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่วิตามิน A และ D_3 ในอาหารควรมีค่าเท่ากับ 1,500-3,000 และ 1,000-1,500 IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

การศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบอาหาร

ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่นิยมสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ทุกชนิดเนื่องจากมีระดับโปรตีนสูงและกรดอะมิโนจำเป็นที่สมดุลกับความต้องการของสัตว์รวมทั้งย่อยง่ายและเป็นสารดึงดูดการกินอาหาร (NRC,1993) โดยเฉพาะกับสัตว์น้ำที่มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารต่ำกว่าสัตว์บก อย่างไรก็ตามปัจจุบันผลผลิตปลาป่นมีแนวโน้มลดลงทำให้ราคาปลาป่นสูงขึ้น อีกทั้งการผลิตปลาป่นถูกมองว่าเป็นการแย่งชิงและทำลายวงจรชีวิตของปลาที่เป็นอาหารมนุษย์ เนื่องจากลูกปลาเศรษฐกิจจำนวนมากถูกจับขณะทำการประมงและถูกนำมาผลิตปลาป่น โดยเฉพาะจากการประมงที่ผิดกฎหมาย (Illegal, Unreported, Unregulated and, IUU) แรงกดดันเหล่านี้ได้ทำให้นักโภชนาการอาหารสัตว์น้ำจำเป็นต้องหาแหล่งโปรตีนสำหรับทดแทนการใช้ปลาป่น (Naylor *et al*., 2000; Fox *et al*., 2004; Williams and Rimmer, 2005) และน่าจะมีผลให้ระดับปลาป่นในสูตรอาหารกลุ่มปลาหนัง (Catfish) ลดลงจากระดับ 6% ในปี 2553 เหลือ 3 และ 2% ภายในปี 2558 และ 2563 ตามลำดับ (Tacon and Metian, 2008) โดยมีแหล่งโปรตีนทางเลือกหลายชนิดที่ถูกแนะนำให้ใช้ในสูตรอาหารปลากินทั้งพืชและสัตว์ เช่น กลุ่มปลานิลและปลาหนังซึ่งรวมถึงปลาดุกอุยเทศ (Sao, 2005) ได้แก่ ไก่ป่น เนื้อและกระดูกป่น กากถั่วเหลือง กากคาโนล่า/เรปสีด กากเมล็ดฝ้ายและคอร์นกลูเต้น (Tacon *et al*., 2012) งานวิจัยเพื่อหาแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นสำหรับอาหารปลาดุกอุยเทศได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารซึ่งนับเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการคัดเลือกวัตถุดิบ ตัวอย่างเช่น ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้งของปลาป่นเถ้าต่ำ ปลาป่นเถ้าสูง ไก่ป่นและเลือดป่น มีค่าเท่ากับ 94.6, 58.7, 92.6 และ 78.9% ตามลำดับ และประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลาป่นเถ้าต่ำ ปลาป่นเถ้าสูง ไก่ป่น เลือดป่น มีค่าเท่ากับ 93.3, 60.5, 90.4 และ 79.3% ตามลำดับ (Jantrarothai *et al*., 1998b) อีกส่วนเป็นการศึกษาผลของการแทนที่

ปลาป่นรวมทั้งกากถั่วเหลืองต่อการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อ (Table 1) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านี้บ่งชี้ว่ายังไม่มีแหล่งโปรตีนใดที่สามารถแทนที่ปลาป่นและกากถั่วเหลืองได้ 100% ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการไม่ปรับสารอาหารที่จำเป็นในสูตรให้สมดุลกับปริมาณที่พบในตัวปลา ซึ่งปัจจุบันการสร้างสูตรอาหารปลาชนิดนี้ได้มีการปรับสมดุลของสารอาหารให้สอดคล้องมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็นเพื่อให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดียิ่งขึ้น

Table 1 Alternative protein sources for replacing fishmeal/soybean meal or direct use in juvenile hybrid catfish feed (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*) without adverse impacts on growth and feed conversion

Fish size (g)	% dietary CP	Control	Replacement	Reference
1.56	35	FM	CGM/10% of inclusion	Jantrarotai et al. (1996b)
1.92	-	RB	PKM at 20%	Borrirugtanagul et al. (1997)
5.67	-	-	CM at 30%	Borrirugtanagul et al. (1998)
6.06	35	FM 30%	ASM/66% of inclusion	Ungsethaphand et al. (2001)
5.6	35	SBM 10%	PKM/50% of CP	Ng and Chen (2002)
3.25	36	SBM 32%	SM/30% of CP	Somboon and Semachai (2002)
19.25	32	SBM 40%	SPM/50% of CP	Cochasee et al. (2003)
19.5	32	FM 24% SBM	SPM/25% of CP	Jintasataporn et al. (2003)
10	33	41.78%	SM/20% of CP	Somboon and Semachai (2004a)
5	32	-	FSC at 10%	Somboon and Semachai (2004b)
74	31	FM 25%	YFFM/25% of CP	Arunlertaree and Rakyuttithamkul (2006)
63	31	-	CM at 15%	Muangsuwan (2007)
30	30	FM 20%	Hydrolized SPM/25% of CP	Pratoomsri (2009)
3.2	35-36	RB 23%	PKM/100% of CP	Phetsut et al. (2010)
5.02	35	-	MLM at 15%	Phommanivong and Doolgindachbaporn (2013)

Note FM, fishmeal; SBM, soybean meal; SM, sesame meal; FSC, fish soluble concentrate; SPM, silkworm pupae meal; ASM, apple snail meal; YFFM, yeast fermented feather meal; MLM, moringa leave meal; CM, copra meal; RB, rice bran; PKM, palm kernel meal; CGM, corn gluten meal

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหาร

เนื่องจากปลาดุกอุยเทศเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (Sao, 2005) ทำให้สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารได้ในอัตราสูง เช่น ข้าวโพดและแป้งสาลี แต่วัตถุดิบเหล่านี้มีคาร์โบไฮเดรตบางส่วนอยู่ในรูปที่ปลาไม่สามารถย่อยได้เนื่องจากขาดเอนไซม์การย่อยที่จำเพาะ ดังนั้นการเลือกใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับการผลิตอาหารปลาดุกอุยเทศนับว่ามีความสำคัญเช่นกัน จากการศึกษาของวิมลและคณะ (2539) พบว่าปลาดุกอุยเทศที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตมีผลให้ปลามีอัตราการ

เจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวจ้าว แป้งมันและแป้งข้าวโพด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแป้งสาลีมีราคาแพงกว่าแหล่งคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ถูกกว่านับเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เช่น การใช้เอนไซม์กลุ่ม carbohydrase สำหรับช่วยให้ปลาย่อยแป้งเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น พัฒนี (2537) พบว่าการใช้เอนไซม์ที่มีส่วนประกอบของ xylanase และ ß-glucanase อัตรา 0.01% ทำให้ปลาดุกอุยเทศมีอัตราการเจริญเติบโต มีอัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีกว่าการไม่ใช้ เช่นเดียวกับการเสริมเอนไซม์รวมที่มีส่วนประกอบของ xylanase, ß-glucanase, ß-amylase, pentosonase, pectinase, hemicellulase, cellulase และ cellubiase อัตรา 0.25-0.75% ในอาหารทำให้ปลาดุกแอฟริกันมีการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากอาหารดีกว่าการไม่ใช้ (Yildirim and Turan, 2010) การเสริมเอนไซม์ไฟเตสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสในอาหารนับเป็นอีกวิธีที่นิยมสำหรับการผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะสูตรอาหารที่มีการใช้วัตถุดิบพืชในอัตราสูง เนื่องจากฟอสฟอรัสในพืชไม่ต่ำกว่า 50% อยู่ในรูปที่กรดไฟติกซึ่งสัตว์น้ำไม่สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ อีกทั้งสารยับยั้งโภชนาการชนิดนี้สามารถจับกับกรดอะมิโน โปรตีนและแร่ธาตุในทางเดินอาหารของสัตว์น้ำทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์สารอาหารเหล่านี้ได้อย่างเต็มที่เช่นกัน (Francis *et al*., 2001) สำหรับการศึกษาการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในปลาดุกอุยเทศนั้นพบว่าการเสริมในอัตรา 500 หน่วย/กิโลกรัมอาหาร ทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีกว่าการไม่ใช้และอัตราการใช้อื่นๆ (วุฒิพร และคณะ, 2548) นอกจากการใช้เอนไซม์แล้ว การใช้โปรไบโอติกนับเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์อาหารและเพิ่มภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำได้ เช่น การเสริมแบคทีเรีย *Lactobacillus acidophilus* ในอาหารปลาดุกเทศ (Al-Dohail *et al*., 2009) ส่วนโปรไบโอติกชนิดอื่นๆ ที่มีศักยภาพเช่นกัน ได้แก่ *Bacillus subtilis,B. licheniformis, Saccharomyces cerevisiae, L. plantarum, L. lactis, Enterococcus faecium, Pseudomonas pseudoalcaligenes, P. pseudoalcaligenes* และ *Streptococcus infantarius* (Balcázar *et al*., 2006; Tuan *et al*., 2013)

ชนิดอาหาร

เนื่องจากปลาดุกอุยเทศเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทำให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดในปริมาณมาก ดังนั้นราคาจำหน่ายจึงไม่สูงและมีผลตอบแทนต่อกิโลกรัมผลผลิตน้อย (Figure 3) เกษตรกรบางส่วนจึงปรับตัวโดยการเลี้ยงแบบหนาแน่นสูงรวมทั้งลดต้นทุนอาหารโดยการใช้อาหารที่ผลิตจากเศษเหลือจากการแปรรูปสินค้าเกษตรทดแทนอาหารสำเร็จรูป เช่น เกษตรในจังหวัดนครปฐม ปทุมธานี และสุพรรณบุรี ได้ผลิตอาหาร 3 รูปแบบ คือ 1) อาหารสดซึ่งมีส่วนผสมของปลาทะเลกับโครงกระดูก ไส้และหัวของไก่หรือเป็ดที่ผ่านการบดแล้วปั้นเป็นก้อน 2) อาหารผสมสดซึ่งมีส่วนผสมของปลาทะเล โครงกระดูก ไส้และหัวของไก่หรือเป็ด รำละเอียดและมันสำปะหลังนึ่ง ที่ผ่านการบดแล้วปั้นเป็นก้อน ซึ่งอาหารชนิดนี้จะมีความคงตัวและเป็นก้อนที่คงรูปมากกว่าอาหารชนิดแรก และ 3) อาหารผสมอัดเม็ดซึ่งมีส่วนผสมของวัตถุดิบอาหารหลายชนิด เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ที่ผ่านการอัดเม็ดแล้วตากแดดให้แห้ง (นิจวัลย์และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตาม อาหารที่ผลิตมักมีสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลาดุกอุยเทศ โดยเฉพาะโปรตีน เนื่องจากเกษตรกรยังขาดความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับโภชนาการอาหารสัตว์น้ำ นอกจากนี้ต้นทุนอาหารของการเลี้ยงด้วยอาหารเหล่านี้ไม่ได้ต่ำกว่าการใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเนื่องจากอัตราแลกเนื้อสูง เช่น อัตราแลกเนื้อของปลาดุกอุยเทศที่เลี้ยงด้วยโครงกระดูกและไส้ไก่ร่วมกับรำหรือเศษเส้นหมี่มี

ค่าประมาณ 4.0 (Little *et al*., 1994) หรือแม้แต่การผสมกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น เช่น กากถั่วเหลือง รำและแป้งมันสำปะหลังที่ทำให้อัตราแลกเนื้อลดเหลือประมาณ 2.5 ก็ตาม นอกจากนี้ การเลี้ยงปลาด้วยอาหารสดยังทำให้คุณภาพน้ำในบ่อด้อยลง เนื่องจากอาหารสดแตกตัวง่ายและทำให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ในตะกอนดินพื้นบ่อ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) เช่น การสะสมแอมโมเนียและฟอสฟอรัสในปริมาณสูงซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและทำให้ปลามีอัตรารอดตายต่ำ (สุทินและคณะ, 2548) ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำอย่างน้อยเดือนละครั้งในอัตรา 50% (Little *et al*., 1994) นอกจากนี้เกษตรกรบางส่วนนิยมเลี้ยงปลาดุกอุยเทศร่วมกับการเลี้ยงสัตว์บกในลักษณะการเลี้ยงผสมผสาน (Integrated farming) เพื่อให้ปลากินอาหารเหลือหรือมูลจากสัตว์ เช่น การเลี้ยงร่วมกับไก่หรือหมู แต่ปัจจุบันการเลี้ยงรูปแบบนี้มีน้อยมากเนื่องจากการควบคุมการเลี้ยงไก่ที่เข้มงวดหลังการระบาดของไข้หวัดนกและการประกาศของรัฐบาลไทยที่ให้ปี 2547 เป็นปีแห่งความปลอดภัยด้านอาหาร (Food safety year)

การจัดการเกี่ยวกับการให้อาหาร

การให้อาหารแบบกินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศเชิงพาณิชย์ (ไพรัตน์และคณะ, 2544) และระยะเวลาระหว่างมื้อควรห่างกัน 3-6 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่อาหารในกระเพาะเหลือเพียง 1-3% ขณะที่ วิมลและทวี (2541) พบว่าการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดจมน้ำแบบกำหนดอัตราการให้เท่ากับ 5-7% ของน้ำหนักตัวต่อวันทำให้ปลาเจริญเติบโตและมีความสม่ำเสมอของขนาดดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำแบบให้กินจนอิ่ม ทั้งนี้อาจเกิดจากปลาได้รับสารอาหารมากกว่าอาหารแบบลอยน้ำเนื่องจากมีความหนาแน่นของสารอาหารสูงกว่า (น้ำหนักต่อเม็ด) แต่การเลี้ยงด้วยอาหารแบบจมน้ำทำให้อัตราแลกเนื้อสูงกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารแบบลอยน้ำ เป็นไปได้ว่าเกิดจากอาหารเหลือเพราะผู้เลี้ยงไม่สามารถมองเห็นหรือประเมินได้ว่าอาหารที่ให้ไปถูกกินหมดทุกครั้งหรือไม่ อย่างไรก็ตามอาจควบคุมอัตราแลกเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารแบบจมน้ำให้ลดต่ำลงได้โดยการปรับลดอัตราการให้อาหารให้ต่ำลง เนื่องจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปลามีอัตราการกินอาหารทั้งสองชนิดเฉลี่ยประมาณ 4% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ดังนั้นการให้อาหารแบบกำหนดปริมาณอาจลดจาก 5-7% เหลือ 4-6 หรือ 3-6% ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน นอกจากนี้วิธีการลดต้นทุนอาหารสำหรับอาหารที่ผลิตเองอาจทำได้โดยการให้อาหารที่เสริมและไม่เสริมแร่ธาตุรวมและวิตามินซีสลับวันกัน (รุ่งทิพย์ , 2542) ขนาดของอาหารนับเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตเนื่องจากหากอาหารมีขนาดเล็กเกินไปทำให้สัตว์น้ำต้องเสียพลังงานในการรวบรวมอาหาร และหากอาหารมีขนาดใหญ่เกินไปก็ทำให้สูญเสียสารอาหารได้ง่ายกว่าและทำให้ปลากินอาหารยากขึ้นด้วย โดยอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศจากขนาดประมาณ 50 กรัม จนได้ขนาดตลาด (ประมาณ 200 กรัม) ควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5-5.0 มิลลิเมตร (วิมลและประเสริฐ, 2538; นิตยา, 2543)

สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากปลาดุกอุยเทศเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ทำให้มีงานวิจัยด้านอาหารจำนวนมากเพื่อรองรับการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ งานวิจัยเหล่านี้ได้เน้นเกี่ยวกับอาหารสำหรับลูกปลาวัยอ่อนและสำหรับการเลี้ยงปลาให้ได้ขนาดตลาดซึ่งได้ก้าวหน้าและมีข้อมูลมากพอสมควร โดยควรอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนในช่วงแรกด้วยไรแดงและอาร์ทีเมีย ที่สามารถใช้ได้ทั้งแบบมีชีวิตและแบบแช่แข็ง ก่อนเปลี่ยนเป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับการอนุบาลในช่วงหลัง นอกจากนี้สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและอัตรารอดตายของลูกปลาในช่วงที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปได้ด้วยการเสริมสาหร่าย สไปรูลินา ส่วนอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาให้ได้ขนาดตลาดนั้นได้มีการศึกษาครอบคลุมเกี่ยวกับความต้องการสารอาหาร แหล่ง

โปรตีนทดแทนปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองเพื่อลดต้นทุน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหาร ชนิดอาหารและการจัดการเกี่ยวกับการให้อาหาร เนื่องจากการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศใช้ระยะเวลาเพียง 3-4 เดือน ทำให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากและเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ราคาจำหน่ายของปลาชนิดนี้ไม่สูง เกษตรกรบางส่วนลดต้นทุนโดยการผลิตอาหารใช้เอง ได้แก่ อาหารสด อาหารผสมสดและอาหารอัดเม็ด แต่อาหารเหล่านี้ไม่ได้ทำให้ต้นทุนอาหารลดลงเพราะปลามีอัตราแลกเนื้อสูงเนื่องจากมีสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการโดยเฉพาะโปรตีน อีกทั้งอาหารเหล่านี้ทำให้คุณภาพน้ำในบ่อด้อยลงเนื่องจากละลายน้ำง่ายจนกระทบต่อการดำรงชีวิตของปลา

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2546. รายงานโครงการพัฒนามาตรฐานการจัดการน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, กิจกรรมการกำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ ศรีพนมยม และ ธนากร เหมาะสถล. 2550. ผลของการอนุบาลลูกปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่เสริมสาหร่ายสไปรูลินา, น.122-125. *ใน* การประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 8, 22 มกราคม 2550 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

จงกล บุญงาม. 2548. การเจริญเติบโตและความเป็นหมันของอัลโลทริพลอยด์ในปลาลูกผสมระหว่างปลาดุกอุยและปลาดุกยักษ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 52 น.

จงกล พรมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2552. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาและสาหร่ายไกต่อการเติบโต คุณภาพเนื้อและการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*). วารสารการประมง 62(6):511-518.

ไชยวัฒน์ รัตนดาดาษ, จริยา ปลัดอิ่ม และ ดวงแข อังศุพานิช. 2545. เปรียบเทียบการอนุบาลลูกปลาดุกอุยเทศด้วยไร แดง และอาหารผงสำเร็จรูป. เอกสารวิชาการฉบับที่ 33/2545. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพัทลุง, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 15 น.

ธารณ์นรินทร์ ศรีไสพัฒนกุล. 2548. เศรษฐศาสตร์ชีวะของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม กรณีศึกษาอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 124 น.

นฤมล ติ้วพานิช. 2539. ผลของระดับใยอาหารต่อการใช้ประโยชน์โภชนะและการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 71 น.

นิจวัลย์ นะวาระ, อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ อรพินท์ จินตสถาพร. 2550. การสำรวจคุณค่าโภชนะของอาหารปลาดุกลูกผสมอุยเทศที่เกษตรกรในจังหวัดเขตภาคกลางของประเทศไทยผลิตอาหารใช้เองในฟาร์ม, น. 221-228. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิตยา สมทรัพย์. 2543. ผลของขนาดอาหารเม็ดและระดับพลังงานต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหารการย่อยได้ของอาหารและสัณฐานวิทยาของของระบบทางเดินอาหารของปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus x C.*

gariepinus). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 69 น.

นุชรี ทองศรี, จุฑามาศ ชมภูนิช, จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และ ชนิกานต์ เชษฐสิงห์. 2551. ผลของการเก็บรักษาไรแดงต่อการเจริญเติบโตของปลา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 45/2551. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 20 น.

บุษกร อุตรภิชาติ. 2547. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา. 451 น.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุณยรัตผลิน และ นันทิยา อุ่นประเสริฐ. 2525. อาหารปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 88 น.

พัฒนี จันทรโรทัย. 2537. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้เอนไซม์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอาหารปลาดุกลูกผสม, น. 518-523. *ใน* การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32, 3-5 กุมภาพันธ์ 2537 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิจิตร พันธ์ศรี, เกษม เชตะวัน, ทองยุ่น ทองคลองไทร และ ประพัฒน์ศรี พันธ์ศรี. 2541. ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาดุกยักษ์ (*Clarias gariepinus*), น. 98. *ใน* บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพรัตน์ กอสุธารักษ์, ถาวร จิระโสภณรักษ์ และ สมปราถนา นวลแก้ว. 2544. ปริมาณและความถี่ในการให้อาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2544. กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ, กรมประมง. 12 น.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุจินต์ หนูขวัญ, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และ กำชัย ลาวัณยวุฒิ. 2533. บิ๊กอุย ปลาเศรษฐกิจชนิดใหม่. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 102 น.

รุ่งทิพย์ แถบสิงห์. 2542. การศึกษาการเจริญเติบโตสุขภาพของปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารที่เสริมและไม่เสริมวิตามิน และแร่ธาตุโดยการเลี้ยงแบบสลับวันเพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการเลี้ยงปลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 84 น.

ล้านแก้ว แพงอรุณ, อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ, สันติ พ่วงเจริญ และ ฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน. 2554. การพัฒนาอาหารระยะเริ่มต้นสาหรับปลาดุกลูกผสมวัยอ่อน, น. 349-356. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่49, 1-4 กุมภาพันธ์ 2554 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, อัจฉริยา มูสโกภาศ และ ดุสิต นาคะชาต. 2548. ผลของเอนไซม์ไฟเตสต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสจากวัตถุดิบพืชในปลาดุกพันธุ์ผสม [*Clarias macrocephalus* (Günther) X *Clarias gariepinus* (Burchell)]. ว. สงขลานครินทร์ (วทท.) 27(Suppl. 1):171-185.

วุฒิพร พรหมขุนทอง และ นัทท์ นันทพงศ์. 2552. ผลของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารต่อการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุในปลาดุกพันธุ์ผสมขนาดนิ้ว (*Clarias macrocephalus x C. gariepins*). วารสารการประมง 62(4):421-430.

วิมล จันทรโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และ ศิริพร ราชภักดี. 2537. อัตราส่วนสูงสุดของคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบต่อลิปิดใน

อาหารปลาดุกลูกผสม. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 28 : 49-57.

วิมล จันทรโรทัย และ ประเสริฐ สีตะสิทธิ์. 2538. หลักการซื้ออาหารสัตว์น้ำ. วารสารการประมง 42:76-78.

วิมล จันทรโรทัย, พิสมัย สมสืบ และ ประเสริฐ สีตะสิทธิ์. 2538. การศึกษาโภชนาการของปลาดุกลูกผสมเพื่อการพัฒนาคุณภาพอาหารสำเร็จรูป,น.23-31. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33, 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2538 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิมล จันทรโรทัย, พัฒนี จันทรโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และ ทวี วิพุทธานุมาศ. 2539. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานของปลาดุกลูกผสม. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 30 : 56-63.

วิมล จันทรโรทัย และ ทวี วิพุทธานุมาศ. 2541. การทดสอบอัตราประเมินการให้อาหารจมน้ำเปรียบเทียบกับการให้อาหารลอยน้ำและผลที่มีต่อสมรรถนะการผลิตของปลาดุกลูกผสม, น. 106. *ใน* บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 216 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.

ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์. 2540. ผลของความหนาแน่นที่มีต่อการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจินต์ หนูขวัญ, มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, กำชัย ลาวัณยวุฒิ และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์. 2533ก. การผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุยและปลาดุกเทศ,น.553-567.*ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28, 29-31 มกราคม 2533 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์. 2533ข. การเพาะพันธุ์ปลาดุกลูกผสมกับปลาดุกอุยและดุกเทศ,น.529-544. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28, 29-31 มกราคม 2533 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทิน สมบูรณ์, ณรงค์เดช เขียวสะ, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และ วิชิต เสมาชัย. 2548. อัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารสดจากไส้ไก่ผสมซี่โครงไก่, น. 428-437. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43, 1 - 4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนีย์รัตน์ ชื่นสระน้อย และ นนทวิทย์ อารีย์ชน. 2541. ผลของวิตามินอีต่อความต้านทานโรคและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะของปลาดุกลูกผสม, น.104. *ใน* บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุบรรณ เสถียรจิตร. 2544. กำลังผลิตของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อคอนกรีตกลม, น. 296-301. *ใน* การประชุม ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39, 5-7 กุมภาพันธ์ 2544 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรินทร บุญอนันธนสาร และ ภคนิจ คุปพิทยานันท์. 2553. ผลของการเพิ่มวิตามินซีและ

วิตามินอีในอาหารปลาดุกต่อการเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคในสภาพการเลี้ยงที่อุณหภูมิน้ำต่ำลง. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยสุรนารี,นครราชสีมา. 89 น.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และ บุษกร บารุงธรรม. 2543. อาหารปลาสวยงาม. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 1/2543. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 77 น.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2544. ปลาดุก. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 140 น.

อรพินท์ จินตสถาพร, อุทัย คันโธ, ยนต์ มุสิก, เสกสม อาตมางกูร และ อรทัย ไตรวุฒานนท์. 2542. องค์ประกอบทางเคมี และระดับกรดอะมิโนในปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*), น. 214-218. *ใน* การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37, 3-5 กุมภาพันธ์ 2542 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพินท์ จินตสถาพร. 2544. การศึกษาเปรียบเทียบทางโภชนศาสตร์ระหว่างไก่กระทงและปลาดุกอุย. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และ อรทัย ไตรวุฒานนท์. 2545. ระดับโปรตีนที่เหมาะสมตามสมดุลย์กรดอะมิโนในอาหารปลาดุกอุย, น.658-666. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40, 4-7 กุมภาพันธ์ 2545 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Al-Dohail, M.A., R. Hashim and M. Aliyu-Paiko. 2009. Effects of the probiotic, *Lactobacillus acidophilus*, on the growth performance, haematology parameters and immunoglobulin concentration in African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) fingerling. Aquac. Res. 40(14) : 1642-1652.

Arunlertaree, C. and E. Rakyuttithamkul. 2006. Utilization of fermented feather meal as a replacement of fish meal in the diet of hybrid Clarias catfish. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 4:436-448.

Au-aree, S., N. Saengphan and T.A. Abella. 2011. A comparative study of hybrid catfish fry in concrete tank fed with fairy shrimp, *Moina macrocopa, Artemia salina* and commercial feed. Int. J. Agric. Technol. 7(5) : 1283-1289.

Balcázar, J.L., I. de Blas, I. Ruiz-Zarzuela, D. Cunningham, D. Vendrell and J.L. Múzquiz. 2006. The role of probiotics in aquaculture. Vet. Microbiol. 114 : 173-186.

Bartley, D.M., K. Rana and A.J. Immink. 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. Rev. Fish Biol. Fisher. 10:325-337.

Borrirugtanagul, S., A. Somboonmak and S. Rattananakin. 1997. Utilization of oil palm kernel meal in bigoui diets, pp. 262-269. Preceedings of the 14th Annual Conference of Rajamangala Institute of Technology. Jan. 26-29, 1997. Pavilion Hotel and Rajamangala Institute of Technology Southern Campus, Songkhla, Thailand. In Thai.

Borrirugtanagul, S., A. Somboonmak and S. Rattananakin. 1998. Utilization of coconut meal in big oui diets, pp. 357-365. Preceedings of the 15th Annual Conference of Rajamangala Institute of Technology. Feb.12-14, 1998. Lotus

Pang Suan Kaew Hotel and Rajamangala Institute of Technology Chiang Mai Campus, Chiang Mai, Thailand. In Thai.

Cochasee, T., O. Jintasataporn, P. Tabthipwon and S. Mahasawasde. 2003. Substitution of silkworm pupae (*Bombyx mori*) for soybean meal in hybrid catfish diet (*Clarias macrocephalus X Clarias gariepinus*), pp. 146-154. Proceedings of 41st Kasetsart University Annual Conference Feb. 3-7, 2003. Kasetsart University, Bangkok. In Thai.

De Silva, S.S. and N.T. Phuong. 2011. Striped catfish farming in the Mekong Delta, Vietnam: a tumultuous path to a global success. Rev. Aquaculture 3:45-73.

Department of Fisheries. 2009. Fisheries statistics of Thailand 2007. Technical paper no. 5/2009. Information technology center. 96 pp. In Thai.

Department of Fisheries. 2012. Fisheries statistics of Thailand 2010. Technical paper no. 12/2012. Information technology center. 96 pp. In Thai.

El-Sayed, A.-F. M. 2004. Protein nutrition of farmed tilapia: searching for unconventional sources, pp. 364-378. In Bolivar, R., G. Mair and K. Fitzsimmons (eds). Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Sep. 12-16, 2004. Manila, Philippines.

FAO. 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp-a Training Manual. UN, Rome, Italy.

FAO. 2001. FAO yearbook, Fishery Statistics: Aquaculture Production 2001. UN, Rome, Italy.

FAO. 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture. UN, Rome, Italy. 230 pp.

Fox, J.M., A.L. Lawrence and F. Smith. 2004. Development of a low fishmeal feed formulation for commercial production of *Litopenaeus vannamei.* In: Cruz Suarez, L.E., D. Ricque Marie, M.G. Nieto- Lopez, D. Villarreal, U.y. Scholz and M. Gonzalez (eds.). Advances en Nutricion Acuicola VII, Memorias del VII Simposium Internacional de Nutricion Acuicola. Nov. 16-19, 2004. Sonora, Mexico.

Francis, G., H.P.S. Makkar and K. Becker. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternative fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture 199:197-227.

Jantrarotai, W., P. Sitasit and A. Sermwatanakul. 1996a. Quantifying dietary protein level for maximum growth and diet utilization of hybrid *Clarias* catfish. J. Appl. Aquacult. 6:71-79.

Jantrarotai, W., T. Viputhanumas and P. Somsueb. 1996b. Partially replacing fishmeal with corn gluten meal improve growth, skin and flesh coloration of hybrid *Clarias* catfish. Technical paper no. 178. National Inland Fisheries Institute, Inland Fisheries Division, Department of Fisheries, Bangkok. 17 pp. In Thai.

Jantrarotai, W., P. Sitasit, P. Jantrarotai, T. Viputhanumas and P. Srabua. 1998a Protein and energy levels for

maximum growth, diet utilization, yield of edible flesh and protein sparing of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus*×*Clarias gariepinus*). J. World Aquac. Soc. 29(3):281-289.

Jantrarotai, W., G.L. Allan, P. Kosutarak and M. Booth. 1998b. Digestibility coefficients of practical feed ingredients available in Thailand for hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*), pp. 1-6. World Aquaculture Society Annual Conference. Feb. 15-19, 1998. Las Vegas, USA.

Jintasataporn, O., T. Cochasee and P. Tabthipwon. 2003. Substitution of silkworm pupae (*Bombyx mori*) for fishmeal in hybrid catfish diet (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*), pp. 94-102. Proceedings of 41st Kasetsart University Annual Conference Feb. 3-7, 2003. Kasetsart University, Bangkok. In Thai.

Little, D.C., K. Kaewpaitoon and T. Haitook 1994. The commercial use of chicken processing wastes to raise hybrid catfish *(Clarias gariepinus x Clarias macrocephalus)* in Thailand. NAGA, The ICLARM Quarterly 17(4):25-27.

Muangsuwan, N. 2007. Effect of copra meal and cassava pulp on growth, digestibility and feed utilization in hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*). Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. 74 pp. In Thai.

Na-Nakorn, U. 2004. Sustainable aquaculture: A perspective breeding and genetics of walking catfish in Thailand. Aquaculture Asia 6(4):10-12.

Naylor, R.L., R.J. Goldburg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney and M. Troell. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature 405:1017-1024.

Ng, W.K. and M.L. Chen. 2002. Replacement of soybean meal with palm kernel meal in practical diets for hybrid Asian-African catfish, *Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*. J. Appl. Aquacult. 12(4) : 67-76.

NRC. 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, D.C., USA. 114 pp.Phetsut, W., N. Suksai, N.R. Jaiyen and C. Petchsila. 2010. The increased potential use of oil palm kernel meal in hybrid walking catfish feeds. Research paper. Maejo University, Chumphon Campus, Chumphon, Thailand. 76 pp. In Thai.

Phommanivong, S. and S. Doolgindachbaporn. 2013. Effects of moringa's leave supplementary diet on growth performances and survival rates of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*). RMUTTO Res. J. 6:1-6.

Pratoomsri, N. 2009. Substitution of Eri silkworm (*Philosamia ricini*, Boisd) hydrolysate for fishmeal in hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*) diets. Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. 93 pp. In Thai.

Sao, K. 2005. Study on substitution of fermented fish for fishmeal in hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x Clarias*

gariepinus) diet. Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. 73 pp.

Senanan, W., A.R. Kapuscinski, U. Na-Nakorn and L.M. Miller. 2004. Genetic impacts of hybrid catfish farming (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) on native catfish populations in central Thailand. Aquaculture 235 : 167-184.

Somboon, S. and W. Semachai. 2002. Substitute of sesame meal for soybean meal in hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocepphalus x C. gariepinus*) diets, pp. 625-631. Proceedings of 40th Kasetsart University Annual Conference. Feb. 4-7, 2002. Kasetsart University, Bangkok. In Thai.

Somboon, S. and W. Semachai. 2004a. Optimum level of sesame meal and fish soluble sludge in diet for hybrid catfish (*Clarias macrocepphalus x C. gariepinus*), pp. 260-267. Proceedings of 42nd Kasetsart University Annual Conference. Feb. 3-6, 2004. Kasetsart University, Bangkok. In Thai.

Somboon, S. and W. Semachai. 2004b. Using fish soluble sludge as feed flavor in hybrid catfish (*Clarias macrocepphalus x C. gariepinus*) diets, pp. 93-100. Proceedings of 42nd Kasetsart University Annual Conference. Feb. 3-6, 2004. Kasetsart University, Bangkok. In Thai.

Tacon, A.G.J. and M. Metian. 2008. Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. Aquaculture 285:146-158.

Tacon, A.G.J., M.R. Hasan, G. Allan, A.-F. El-Sayed, A. Jackson, S.J. Kaushik, W.K. Ng, V. Suresh and M.T. Viana. 2012. Aquaculture feeds: addressing the long term sustainability of the sector, pp. 193-231. In Subasinghe, R.P., J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan and P. Sorgeloos (eds.). Farming the waters for people and food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture. Sep. 22-25, 2010. Phuket, Thailand.

Tuan, T.N., P.M. Duc and K. Hatai. 2013. Overview of the use of probiotics in aquaculture.Int. J. Fish. Aquacult.3(3): 89-97.

Ungsethaphand, T., B. Thongmee, K. Hangsapreurke and S. Somboonchai. 2001. Use of dried ground golden apple snail replacement of fishmeal in diet for hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus X Clarias gariepinus*). Thai Fisheries Gazette 54(6) : 497-502. In Thai.

Williams, K.C. and M.A. Rimmer. 2005. The future of feeds and feeding of marine finfish in the Asia-Pacific region: the need to develop alternative aquaculture feeds. Regional workshop on low value/"trash fish" in the Asia-Pacific Region. Jun. 7-9, 2005. Hanoi, Vietnam.

Yaakob, W.A.A. and A.B. Ali. 1994. Portable canvas tanks for culture of hybrid catfish *(Clarias gariepinus x Clarias macrocephalus)* by small-scale farmers in Malaysia. NAGA, The ICLARM Quarterly 17(1) : 25-29.

Yi, Y., C.K. Lin and J.S. Diana. 2003. Hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in an integrated pen-cum-pond system: growth performance and nutrient budgets. Aquaculture 217:395-408.

Yildirim, Y.B. and F. Turan. 2010. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in African catfish, *Clarias gariepinus*. J. Anim. Vet. Adv. 9(2):327-331.

Received 30 September 2013

Accepted 8 July 2014