

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือให้คำปรึกษา และ แนะนำการวิจัย ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย จาก รศ. ดร.นนทวิทย์ อารีชัยน รศ. ดร.อรพินท์ จินตสถาพร ผศ. ดร.เรืองวิษณุ ยืนพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ. ดร.วราห์ เทพาหุดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รอง ผศ. ดร.จิราภรณ์ ไตรศักดิ์ กรรมการผู้แทนบัณฑิต ศ. ดร. อุทัยรัตน์ ณ นคร เป็นประธานการสอบปากเปล่าสุดท้าย และ ดร.วงศ์ปฐม กมลรัตน์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไข และ ให้คำแนะนำ จนวิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ รศ. ดร.ชัชวี แก้วสุริยจิต และ รศ. ดร.จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ ที่ให้โอกาสมาเรียนที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ สุทิน สมบูรณ์ อาจารย์ฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน อาจารย์สมรัก รอดเจริญ ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดเวลาที่ศึกษาและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ขอขอบคุณ เสาวลักษณ์ อ่อนมิ่ง ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาที่เรียน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ สมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่สนับสนุน ส่งเสริมและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่ง ตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต

มกราคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์ผล	30
ผล	30
วิจารณ์ผล	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	45
สรุป	45
ข้อเสนอแนะ	45
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	46
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์โปรตีน	58
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	65
ภาคผนวก ค ตารางคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง	76

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเปรียบเทียบความแตกต่างปลานิลเพศผู้และปลานิลเพศเมีย	4
2	ส่วนประกอบทางโภชนาการของอาหารที่ใช้ในเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ	23
3	คุณภาพน้ำและวิธีวิเคราะห์	25
4	วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองตามวิธีมาตรฐาน AOAC, 1990	26
5	ผลการใช้อาหารต่างชนิดกันต่อประสิทธิภาพของการแปลงเพศ, การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในลูกปลานิล	32
6	องค์ประกอบทางเคมีทางโภชนาการของเนื้อปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน	39
7	คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงลูกปลานิลแปลงเพศ	39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงความยาวเฉลี่ยสุดท้ายน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะลูกปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน	34
2	แสดงอัตราการรอด อัตราการแปลงเพศ อัตราการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ลูกปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน	35
3	แสดงลูกปลานิลอายุ 21 วัน	36
4	แสดงประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ ลูกปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน	37
5	แสดงองค์ประกอบทางเคมีทางโภชนาของเนื้อลูกปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน	40

การใช้อาหารต่างชนิดกันต่อประสิทธิภาพของการแปลงเพศ, การเจริญเติบโต และ การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในลูกปลานิล

Different Feed on Efficacy of Sex Reversal, Growth and Protein Utilization in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* , Linnaeus), Fry

คำนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศเพราะมีบทบาทที่สำคัญในการแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารโปรตีน คือ ปลานิลมีโปรตีนสูงถึง 18 - 19 % ให้พลังงาน 86 - 96 แคลอรีต่อ 100 กรัม (เกียรติเกษตร และคณะ, 2540) ปัจจุบันความต้องการบริโภคไม่ว่าจะเป็นในท้องตลาด ในเมือง หรือแม้แต่ในต่างประเทศจากข้อมูลทางสถิติการประมงแห่งประเทศไทย รายงานว่ามูลค่าสัตว์น้ำน้ำจืดทั้งหมด พ.ศ. 2547 มีมูลค่า 26,749.1 ล้านบาท เป็นปลานิล 6,298.5 ล้านบาท ของมูลค่าสัตว์น้ำน้ำจืดทั้งหมด รองลงมา คือ ปลาชุกและปลาดูและปลาดูตามลำดับ ผลผลิตจากการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดทั้งหมดในปี พ.ศ. 2547 มีปริมาณ 523.7 พันตัน โดยผลผลิตปลานิลสูงที่สุดคือ 160.2 พันตัน ของผลผลิตทั้งหมด รองลงมาคือผลผลิตปลาชุกและปลาดูตามลำดับ ดังนั้นหากสามารถเพิ่มผลผลิตและการจับของปลานิลได้ การส่งออกปลานิลในต่างประเทศก็มีช่องทางที่สดใส (กรมประมง, 2549)

การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดในประเทศไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลากว่า 7 ทศวรรษ ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและได้มีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงมาเป็นลำดับ เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย แข็งแรง โตเร็ว สามารถกินอาหารได้หลากหลาย เลี้ยงได้ในน้ำจืดและน้ำกร่อย เป็นปลาที่มีรสชาติดี และเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลแบบรวมเพศมักจะประสบปัญหามีลูกปลานิลเกิด ขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ปลาที่เลี้ยงไม่เจริญเติบโตตามที่ต้องการ เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่เจริญพันธุ์เร็วโดยเฉพาะในปลาเพศเมียที่สามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้ตลอดทั้งปี จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดการผลิตลูกปลานิลเพศผู้ล้วนเพื่อเลี้ยงปลาเพศเดียว โดยการให้อาหารผสมฮอร์โมนเพศผู้ในช่วงการอนุบาลลูกปลานิลเพื่อการแปลงเพศ

ปัจจุบันพบว่ามีหลากหลายของชนิดอาหารผสม เช่น อาหารกุ้ง ปลาป่น และรำละเอียด เป็นต้น รำประกอบด้วย เยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ปลาขี้ขาวและเกลบ มีโปรตีน 12 % ไขมัน 14 % เยื่อใย 12 % รำเป็นวัตถุดิบอาหารพื้นบ้าน ที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก แต่ยังไม่มีการอ้างอิงเมื่อนำรามาผสมกับกับปลาป่นและอาหารกุ้ง หรือ การศึกษาทดลองเพื่อชี้ชัดถึงประสิทธิภาพของอาหารผสมต่าง ๆ เหล่านี้ว่ามีผลกระทบต่อการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศหรือไม่อย่างไร ว่ามีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการแปลงเพศการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในลูกปลานิล ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเห็นควรที่จะได้ทดลองเพื่อประเมินถึงการใช้อาหารชนิดต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพของการแปลงเพศ การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในลูกปลานิล เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อธุรกิจและเพื่อลดต้นทุนการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศในเชิงพาณิชย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดอาหารต่อประสิทธิภาพการแปลงเพศ การเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์ของ โปรตีนในลูกปลานิล
2. เพื่อกำหนดชนิดอาหารที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในเชิงพาณิชย์

การตรวจเอกสาร

ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลานิล

ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linn) มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาและลุ่มน้ำจอร์แดน พบการแพร่กระจายทั่วไปตามแหล่งน้ำจืดของประเทศ ชูแดน ยูกันดา แทนซิก้า และต่อมา มีการแพร่กระจายเข้าสู่ทวีปเอเชียในประเทศต่าง เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย ใต้หวันและญี่ปุ่น ปลานิลจัดอยู่ในครอบครัว Cichlidae สามารถแยกปลานิลออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะการสืบพันธุ์ การวางไข่ และการเลี้ยงดูตัวอ่อน ก็คือกลุ่มที่ขุดหลุมวางไข่ ได้แก่สกุล *Tilapia* และอีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มที่ดูแลไข่โดยวิธีอมไข่ไว้ในปาก ได้แก่สกุล *Oreochromis* และ *Sarotherodon* สกุลที่มีความสำคัญและนิยมเพาะเลี้ยงในปัจจุบันคือ *Oreochromis* ส่วนสกุล *Tilapia* จะมีขนาดใหญ่ที่สุดมีความยาวระหว่าง 45 - 50 เซนติเมตร (วรพงษ์, 2545; Chervinski, 1982) ปลานิลน้ำจืดมีลักษณะคล้ายปลาหมอเทศริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน แก้มมีเกล็ด 3 แถวและอีก 1 แถวตรงบริเวณเหนือเส้นข้างลำตัวเล็กน้อย ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้มและมีลาดพาดขวาง 9 - 10 แถบ บริเวณปลายอ่อนของครีบหลัง ครีบกันและครีบหางมีจุดขาว และเส้นตัดขวาง ครีบหลังมีอันเดียว ประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 3 อัน และ ก้านครีบอ่อน 9 - 10 อัน บนเส้นข้างลำตัวมีเกล็ด 33 เกล็ด ทางด้านข้างมีเกล็ดตามแนวเฉียงจากตอนต้นของครีบหลังลงมาถึงเส้นข้างตัว 5 เกล็ด และจากเส้นข้างตัวลงมาถึงส่วนหน้าของครีบกันที่กระดูกแก้มมีจุดเข้มอยู่จุดหนึ่ง มีซี่กรอง 15 - 17 อัน ลักษณะพื้นบริเวณขากรรไกรและคอหอยมีหลายขนาด มีตั้งแต่ค่อนข้างหยาบจนถึงละเอียด (มานพและคณะ, 2536; Trewavas, 1982)

ลักษณะเพศของปลานิล

ปลานิลหากดูจากรูปร่างภายนอกจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่จะมีลักษณะความแตกต่างระหว่างปลานิลเพศผู้และเพศเมีย เมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ปลานิลตัวผู้มักจะมีอวัยวะเพศที่ใหญ่กว่า และในฤดูผสมพันธุ์จะมีสีสดกว่าตัวเมียการแยกเพศจะต้องสังเกตจากอวัยวะเพศและลักษณะอื่นๆประกอบ ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างปลานิลเพศผู้และปลานิลเพศเมีย

ลักษณะของปลานิล	เพศผู้	เพศเมีย
อวัยวะเพศ	เรียวยาวยื่นออก	รูค่อนข้างใหญ่และกลม
สีของตัว	สีเข้มสดใส	สีซีดกว่าปลาตัวผู้
แถบขวางข้างตัว	มองเห็นแถบขวางไม่ชัดเจน	มองเห็นแถบขวางข้างตัวได้ชัดเจน
ขนาด	ใหญ่เพศเมีย	เล็กกว่าปลาเพศผู้
ได้คาง	สีแดง	สีเหลือง
รูเปิด	รูก้น (anus) และรูเปิด	รูก้น (anus) รูท่อน้ำไข่ (genital pore) และรูท่อน้ำปัสสาวะ (urinary pore)
ครีบ	สั้นกว่าเพศเมีย	ยาวกว่าเพศผู้

ที่มา: ไพบูลย์ และ ณัฐชพงศ์ (2547)

อุปนิสัยและคุณสมบัติบางประการ

ปลานิลเป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงในแหล่งน้ำจืด และน้ำกร่อย เป็นปลาที่มีคุณสมบัติพิเศษสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี โดยสามารถทนต่อความเค็มได้ 20 ppt มีชีวิตอยู่ได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกว้างมาก ระหว่าง 11 - 42 องศาเซลเซียส แต่พบว่าช่วงอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตนั้นอยู่ระหว่าง 28 - 35 องศาเซลเซียสและความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.0 - 11.0 แต่พบว่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตความเป็นกรด-ด่างที่ 7 - 10 ความทนทานต่อสภาวะปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณต่ำจะสามารถทนได้ถึงระดับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้าต่ำกว่าระดับ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรอยู่ตลอดเวลาจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา การทนทานต่อปริมาณสารแอมโมเนียไม่แตกตัว (unionized ammonia) จะสามารถทนทานได้โดยมีค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชาติชาย, 2543)

การผสมพันธุ์และการวางไข่

ปลานิลสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ขนาดอายุและช่วงการสืบพันธุ์ของ ปลาแต่ละตัวจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมและสภาพทาง สรีรวิทยาของปลาเอง เมื่อปลานิล มีขนาดที่จะสืบพันธุ์ได้ ปลาตัวผู้จะแยกสร้างรัง มีลักษณะที่ค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 - 35 เซนติเมตร ลึกประมาณ 3 - 6 เซนติเมตร หลังจากการสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะไล่ปลานิล อื่น ๆ ให้ออกไปนอกกรณีของรังไข่ประมาณ 2 - 3 เมตร พร้อมทั้งแผ่กรีบหางและแอ่ปากกว้าง ในขณะที่ตัวเมียว่ายน้ำอยู่ใกล้ ๆ รังและเมื่อเลือกตัวเมียได้ถูกต้องจะแสดงอาการว่ายน้ำเคล้าคู่กันไป โดยใช้หางคิกกันเบา ๆ ไม่นานนักตัวผู้ใช้บริเวณหน้าผาคู่นกที่ได้ท้องของตัวเมียเพื่อกระตุ้นเร่งเร้า ให้ตัวเมียวางไข่ตัวเมียจะวางไข่ครั้งละประมาณ 50 - 600 ฟอง ปลาตัวผู้ว่ายน้ำไปเหนือไข่ปลา พร้อมกับปล่อยน้ำเชื้อลงไป ใช้เวลา 1 - 2 ชั่วโมงปลาเพศเมียจะเก็บไข่ที่ได้รับการผสมแล้วอมไว้ ที่ปากและว่ายน้ำออกจากรัง (กิริ, 2542)

การพัฒนาของไข่หลังได้รับการผสมพันธุ์กับน้ำเชื้อ

การพัฒนาการของไข่ปลานิลตั้งแต่ไข่ไม่ได้รับการผสมจนถึงระยะถุงไข่แดงของลูกขุบ ที่ อุณหภูมิ 26 - 27 องศาเซลเซียส ไข่ที่ได้รับการผสมจะเริ่มระยะแบ่งเซลล์จากระยะ Cleavage ถึง ระยะ gastrulation ใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง การเกิด somites จะเกิดก่อนครบ 8 ชั่วโมง หลังจาก ผสมจะใช้เวลาฟักเป็นตัวอ่อน 3 วัน และหลังจากที่ฟักประมาณ 8 - 10 วัน ตัวอ่อนจะมีการพัฒนา ของอวัยวะต่าง ๆ สมบูรณ์เต็มที่และเริ่มว่ายน้ำได้จนถึงระยะ fry ก็กินอาหารทันที

การพัฒนาของไข่ปลานิลและลูกปลานิลวัยอ่อน มีขั้นตอนพัฒนาตามลักษณะการเจริญของ ไข่สามารถแบ่งได้เป็นระยะต่างๆ ได้ 5 ระยะ (Little, 1989) ดังนี้

- ระยะที่ 1 ไข่ยังไม่ปรากฏการพัฒนาใดๆให้เห็น ไข่มีสีเหลืองตลอดทั้งฟองไม่ปรากฏจุด สีดำ ซึ่งเป็นจุดที่พัฒนาเป็นตา
- ระยะที่ 2 ไข่มีการพัฒนาจนสังเกตเห็นจุดดำ ๆ บริเวณรอบ ๆ ไข่ และสังเกตเห็นการ พัฒนาของตา (eyed) เป็นจุดๆ 2 จุด ชัดเจน สีของไข่เป็นสีเหลือง
- ระยะที่ 3 ไข่มีการพัฒนาจนสังเกตเห็นส่วนตาและหางชัดเจน สีของไข่เป็นสีน้ำตาล หรือ เรียกว่าระยะ Pre-hatched

- ระยะที่ 4 ลูกปลาที่ฟักออกเป็นตัวแต่ยังไม่แข็งแรงยังไม่ยอมว่ายน้ำหรือเรียกว่า Hatched fry หรือ Yolk sac fry
- ระยะที่ 5 ลูกปลาที่ฟักออกเป็นตัวจนแข็งแรงว่ายได้แล้วสามารถว่ายน้ำได้ หรือเรียกว่า ระยะ Swim-up-fry

การผลิตปลานิลเพศผู้

การแปลงเพศคือ การเปลี่ยนหน้าที่ของเพศจาก เพศผู้หรือเพศเมีย ให้เป็นเพศใดเพศหนึ่งตามที่ต้องการ สำหรับการแปลงเพศปลานิลให้เป็นปลานิลเพศผู้ล้วนเนื่องจาก ปลานิลเพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเพศเมียประมาณ 20 % ปลานิลเพศผู้ที่เลี้ยงได้จะมีขนาดใหญ่ขายได้ดีกว่าปลานิลขนาดเล็กเนื่องจากปลานิลเพศผู้ไม่ต้องใช้พลังงานในการวางไข่และเลี้ยงลูก นอกจากนี้การเลี้ยงปลานิลสองเพศรวมกัน ปลาจะมีโอกาสผสมพันธุ์วางไข่ ปลานิลมีความหนาแน่นไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร เพราะอาหารและพลังงานที่ได้รับหมดไปกับการพัฒนาการสืบพันธุ์ มากกว่าที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้บ่อปลาที่เลี้ยงปลานิลเต็มไปด้วยลูกปลาเล็ก ๆ หนาแน่นไปหมด การผลิตปลาเพศผู้ล้วนสามารถทำได้หลายวิธี

1. การคัดเพศ (Manual Sexing)

การคัดเพศปลานิลจากรูปร่างภายนอกจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน จะสามารถสังเกตลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันชัดเจนจะต้องมีขนาดความยาวตั้งแต่ 12 เซนติเมตรและ น้ำหนักตั้งแต่ 50 กรัมขึ้นไป หรืออายุประมาณ 3 เดือน การศึกษาสามารถฝึกหัดได้ง่ายและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

- ปลานิลเพศผู้ อวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวารจะมีลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา ปลาเพศผู้จะมีรูเปิด 2 รู คือ รูก้น (anus) และรูเปิดรวมของท่อน้ำเชื้อและปัสสาวะ (urogenital pore) สีของตัวจะเข้มสดใส แถบขวางข้างตัวมองเห็นไม่ชัดเจน ครีบจะมีสีชมพูออกแดงและได้คางจะมีสีแดง

- ปลานิลเพศเมีย อวัยวะจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ปลาเพศเมียจะมีรูเปิด 3 รู คือ รูก้น (anus) รูท่อน้ำเชื้อ (genital pore) และรูท่อน้ำปัสสาวะ (urinary pore) อวัยวะจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างกลมใหญ่ และมีช่องเปิดเป็นขีดขวางตรงกลางของอวัยวะเพศ สีของตัวปลา

เมื่อยึดกว่าปลาตัวผู้ มองเห็นแถบขวางข้างตัวได้ชัดเจน ใต้กางจะมีสีเหลืองและขนาดตัวปลาทั่วไปจะเล็กกว่าปลาเพศผู้

เกรียงศักดิ์ และ จงกล (2539) ศึกษาการปล่อยปลานิลเพศผู้ในนาข้าว ในอัตรา 0, 2, 3, 4 ตัว/ตารางเมตร พบว่าปลานิลที่ปล่อยในอัตรา 2 ตัว/ตารางเมตรให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 38.2 กรัมรองมาได้แก่การปล่อย 3 และ 4 ตัว/ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 33.6 และ 25.8 กรัม ตามลำดับ

ศิริ และ คณะ (2546) ศึกษาการเลี้ยงปลานิลเพศผู้เปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตระหว่างสายพันธุ์จิตรลดา, สายพันธุ์ GMT และ สายพันธุ์ GIFT ที่เลี้ยงในกระชัง อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลูกบาศก์เมตร พบว่าปลานิลสายพันธุ์ GIFT ให้ผลอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อเทียบกับปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาและปลานิลสายพันธุ์ GMT

สุวรรณณี และคณะ (2547) ศึกษาการทดลองเลี้ยงปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 ในกระชังโดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตปลาเพศนิลเมียและปลานิลเพศผู้ ที่ระดับความหนาแน่น 25, 50, 75 และ 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร พบว่าปลานิลเพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาเพศนิลเมีย และปลานิลเพศผู้ ที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ให้ผลทดลองดีที่สุด

Little and Edward (2004) ศึกษาการเลี้ยงปลานิลเพศผู้อย่างเดียวกับปลานิลเพศผู้กับเพศเมียในระยะเวลา 5 เดือนปรากฏว่าปลานิลเพศผู้เพียงอย่างเดียวมีความยาวเฉลี่ยมากกว่า 15 เซนติเมตร ส่วนปลานิลเพศผู้กับเพศเมียมีความยาวเฉลี่ยน้อยกว่า 15 เซนติเมตร

2. การผสมข้ามพันธุ์ (Interspecific Hybridization)

การผสมข้ามพันธุ์เป็นวิธีการหนึ่งทางด้านชีวพันธุกรรมที่นำเอาปลานิลต่างชนิดกันมาผสมกัน โดยปกติปลานิลเป็นปลาที่มีสัดส่วน เพศเมีย: เพศผู้ เท่ากับ 1:1 การผสมข้ามพันธุ์ของปลานิลในตระกูลชนิดต่าง ๆ สามารถให้ลูกปลาที่มีสัดส่วน เพศเมีย: เพศผู้ ที่แตกต่างไปจากสัดส่วน 1:1 และมีหลายชนิดที่ให้ลูกปลาเป็นเพศผู้ล้วน (สันต์, 2548) เช่น

- ปลาเพศเมีย *O. mossambicus* X ปลาเพศผู้ *O. hornorum*
- ปลาเพศเมีย *O. niloticus* X ปลาเพศผู้ *O. hornorum*
- ปลาเพศเมีย *O. niloticus* X ปลาเพศผู้ *O. aureus*

เจษฎา (2540) ศึกษาการปรับปรุงความทนทานต่อความเค็มในปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยการผสมข้ามชนิดกับปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) การทดลองผสมข้ามชนิดระหว่างปลานิลและปลาหมอเทศ พบว่าลูกผสมสลับทนต่อความเค็มที่แตกต่างกันคือ (20, 30 ppt) โดยลูกผสมที่มีปลานิลเป็นแม่ทนต่อความเค็มที่ 20 ppt ได้ดีกว่าปลานิล แต่ต่ำกว่าคู่ผสมสลับและปลาหมอเทศ ที่ความเค็มที่ 30 ppt ปลาผสมที่มีปลานิลเป็นแม่มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากปลานิล ส่วนปลาหมอเทศเป็นแม่เจริญเติบโตไม่แตกต่างจากปลาหมอเทศ

Rowena *et al.* (1995) ศึกษาการเลี้ยงผสมข้ามพันธุ์ปลานิลนิลแดง (red tilapia) โดยใช้ปลานิลแดง (red tilapia) 4 สายพันธุ์คือสายพันธุ์จากประเทศไทย ฟิลิปปินส์ 3 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ BFS, สายพันธุ์ FAC และ สายพันธุ์ PF กับ สายพันธุ์จากประเทศไทยคือ สายพันธุ์ NIFI อัตราการผสม ตัวผู้ 1 ตัว ต่อตัวเมีย 3 ตัวปรากฏว่าสายพันธุ์ NIFI ให้ผลผลิตดีกว่าสายพันธุ์ BFS, สายพันธุ์ FAC และ สายพันธุ์ PF

3. การผลิตปลานิลเพศผู้ GMT (Genetically Male Tilapia)

การผลิตปลานิลเพศผู้ GMT เป็นการผลิตปลานิลด้วยวิธีการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งอาศัยหลักการถ่ายย้ายโครโมโซมเพศ (chromosome manipulation) นำพ่อพันธุ์ปลานิล "YY" หรือที่เรียกกันว่า "Super male" นำไปผสมกับแม่พันธุ์ปกติจะได้ลูกปลาที่เป็นเพศผู้ทั้งหมด เนื่องจากลูกปลานิลเพศผู้เหล่านี้ เป็นปลาเพศผู้ทางพันธุกรรม (genetically male tilapia) และมีโครโมโซมเพศเป็น XY จึงเรียกปลานิลทั้งหมดว่า "Genetically Male Tilapia หรือ GMT"

นวลมณี และพุทธรรัตน์ (2538) ศึกษาเลี้ยงปลานิลเพศผู้ GMT เปรียบเทียบกับการเลี้ยงปลานิลแบบรวมเพศในบ่อดินเป็นระยะเวลา 8 เดือนปรากฏว่าปลานิลเพศผู้ GMT ให้ผลผลิตสูงกว่า 28.25% มีความยาวเฉลี่ย 25.08 ± 1.26 นิ้วหนักเฉลี่ย 316 ± 51.34 กรัม เปอร์เซ็นต์ซากเฉลี่ย 38.31 ± 2.84 เปอร์เซ็นต์และได้ขนาดปลามีขนาดใกล้เคียงกันกับบ่อทั้งบ่อ 93.29 เปอร์เซ็นต์

กฤษฎพันธ์ และคณะ (2543) ศึกษาความเต็มต่อการเจริญเติบโตของปลานิลเพศผู้ GMT (Genetically Male Tilapia) ที่ระดับความเต็ม 0 (ควบคุม), 5, 10 และ 20 ส่วนในพัน พบว่าการเลี้ยงปลานิลเพศผู้ GMT ในความเต็มตั้งแต่ 0 - 20 ส่วนในพันเป็นระดับความเต็มที่ปลานิลเพศผู้ GMT สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งทั้งอัตราการเจริญเติบโต, อัตราการรอด, อัตราการเล็กเนื้อ และผลผลิตรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

สุทัศน์ และยงยุทธ (2544) ศึกษาเลี้ยงปลานิลเพศผู้ 3 สายพันธุ์คือปลานิลเพศสายพันธุ์จิตรลดา 1, จิตรลดา 2 และจิตรลดา 3 ในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร อัตราการปล่อย 5 ตัว/ตารางเมตร ทำการทดลอง 120 วันพบว่าปลานิลจิตรลดา 3 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดขณะที่ปลานิลเพศสายพันธุ์จิตรลดา 1 และจิตรลดา 2 ให้อัตราการเจริญเติบโตไม่ต่างกัน

Mair *et al.* (1995) ศึกษาเลี้ยงปลานิล 3 ชนิด คือปลานิลเพศผู้ GMT, sex reversed male (SRT) และ normal mixed sex tilapia (MST) ในบ่อดินปรากฏว่าปลานิลเพศผู้ GMT จะให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตได้ดีกว่า sex reversed male (SRT) และ normal mixed sex tilapia (MST) ตามลำดับ

Capili *et al.* (1995) ศึกษาการเลี้ยงปลานิลเพศผู้เปรียบเทียบการเจริญจำนวน 11 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์อียิปต์ 5 สายพันธุ์, สายพันธุ์เคนย่า 3 สายพันธุ์, สายพันธุ์กานา 2 สายพันธุ์และปลานิลแดงกับปลานิลเพศผู้ GMT สายพันธุ์อียิปต์ 2 สายพันธุ์ ปรากฏว่าปลานิลเพศผู้ GMT สายพันธุ์อียิปต์ ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าปลานิลเพศผู้ 11 สายพันธุ์

Tuan *et al.* (1998) ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตปลานิลแปลงเพศ (*O. niloticus*) ระหว่าง sex reversal male tilapia (SRT) แบ่งได้ 3 สายพันธุ์ EA-SRT, สายพันธุ์ ES-SRT กับ สายพันธุ์ EAxES-SRT และ Genetically Male Tilapia (GMT)) แบ่งได้ 2 สายพันธุ์ ES-GMT กับ สายพันธุ์ EAx ES-GMT จากการศึกษาปรากฏว่าสายพันธุ์ EA-SRT จะให้น้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าสายพันธุ์ ES-SRT กับ สายพันธุ์ ES-GMT และ สายพันธุ์ EAxES-SRT จะให้น้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าสายพันธุ์ EAx ES-GMT

4. การแปลงเพศปลานิลโดยใช้ฮอร์โมน (Hormonal Induced Sex Reversal)

การใช้ฮอร์โมนแปลงเพศมีหลายวิธี เช่นการผสมฮอร์โมนลงในอาหาร การจุ่มลูกปลาลงในสารละลายฮอร์โมน การแช่ลูกปลาในน้ำผสมฮอร์โมนแต่การใช้วิธีที่ได้ผลและสะดวกในการปฏิบัติเป็นที่นิยมคือการผสมฮอร์โมนเพศลงในอาหารซึ่งจะส่งผลให้มีการพัฒนาการของอวัยวะเพศของปลานิลเปลี่ยนไปตามอิทธิพลของฮอร์โมนเพศชนิดนั้นๆ คือฮอร์โมนผสมอาหารกลุ่ม androgen เช่น 17 α methyl testosterone, ethynyl testosterone, 11-keto testosterone เป็นต้น การพัฒนาอวัยวะเพศแนวโน้มนำไปทางเพศผู้ และหากฮอร์โมนผสมอาหารกลุ่ม estrogen เช่น 17- β -estradiol, diethylstilbestrol, ethynylestradiol เป็นต้น พัฒนาอวัยวะเพศแนวโน้มนำไปทางเพศเมีย (ศิริ, 2542)

ประดิษฐ์ และคณะ (2536) ศึกษาการเปรียบเทียบการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศและปลานิลธรรมชาติในกระชัง ใช้ขนาดลูกปลาขนาด 2 - 3 เซนติเมตร อัตราการปล่อย 500 ตัว/ตารางเมตร ทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการเจริญเติบโตของปลานิลทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวเฉลี่ย 9.18 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 15.34 กรัม อัตราการรอดตายของปลานิล 91.58 % อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 2.18

เรณู (2537) ศึกษาการแปลงเพศปลานิล (*O. niloticus*) ในกระชัง อัตราความหนาแน่น 500ตัว/กระชัง ให้อาหาร รำ : ปลาป่น (1 : 3) ผสมฮอร์โมน 17 α methyltestosterone ที่ระดับความเข้มข้น 0, 40 , 60 และ 80 มก./อาหาร 1 กิโลกรัม ให้อาหารวันละ 5 ครั้ง โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 60 มก./อาหาร 1 กิโลกรัมมีความเหมาะสมที่สุด จะได้ตัวผู้ 100% และความยาวเฉลี่ย 3.29 เซนติเมตร จากระยะเวลาที่ใช้ในการแปลงเพศ 20 วัน

พรรณศรี และคณะ (2538) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮอร์โมนเพศผู้ 2 ชนิด คือ 17 α methyl testosterone และ Fluoxymesterone และบ่อที่ไม่ใส่ฮอร์โมนเพศผู้พบว่า ฮอร์โมนเพศ Fluoxymesterone พบปลาเพศผู้ 100% ฮอร์โมนเพศ 17 α methyltestosterone พบปลาเพศผู้ 93.5% บ่อที่ไม่ใส่ฮอร์โมน พบปลาเพศผู้ 51% และ พบว่าปลาที่แปลงเพศด้วย ฮอร์โมน 17 α methyltestosterone จะให้อัตราการเจริญเติบโตดีกว่า ฮอร์โมนเพศ Fluoxymesterone

นวลมณี และคณะ (2547) ศึกษาเปรียบเทียบการแปลงเพศปลานิล (*O. niloticus*) ให้เป็นเพศผู้โดยใช้ฮอร์โมนแอนโดรเจน คือ 17 α methyl dihydrotestosterone (MDHT) และ 17 α -methyltestosterone (MT) โดยให้ลูกกระยงไ้ยุบ อายุ 3 - 5 วันกินอาหารผสมฮอร์โมน MT ระยะเวลา 21 วัน ให้ผลปลาเพศผู้ 97% และ แ่ลูกกระยงไ้ยุบอายุ 3 - 5 วัน ในฮอร์โมน MT ระยะเวลา 3 ชั่วโมงพร้อมทั้งกินอาหารผสมฮอร์โมน MT ระยะเวลา 10 วัน ให้ผลปลาเพศผู้ 98%

Shelton *et al.* (1978) ศึกษาทดลองให้ลูกปลานิล (*O. niloticus*) อายุ 7 - 12 วัน กินอาหารผสมฮอร์โมน 17 α methyltestosterone ความเข้มข้น 30 - 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระยะเวลา 21 - 28 วัน ให้ผลปลานิลเพศผู้ 95%

Melard (1995) ศึกษาทดลองการแปลงเพศปลานิล (*O. aureus*) โดยการผสมฮอร์โมน 17 α ethynylestradiol กับอาหารในอัตรา 100, 150 และ 200 mg/kg ในระยะเวลา 40 วัน ปรากฏว่า ที่อัตรา 150 mg/kg จะให้ผลการแปลงเพศดีที่สุดคือ 100% ดีกว่าอัตรา 100 และ 200 mg/kg

Gale *et al.* (1999) ศึกษาการทดลองแปลงเพศปลานิล (*O. niloticus*) โดยการแช่ปลานิล ในฮอร์โมน 17 α methyl dihydrotestosterone (17 α MDHT) และ 17 α methyl testosterone (17 α MT) ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกที่อายุ 10 วัน ระยะเวลา 3 ชั่วโมงและครั้งที่ 2 ที่อายุ 13 วันระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลปลานิลเพศผู้ 73 - 92%

Contreras-Sanchez *et al.* (1997) ศึกษาการทดลองแช่ลูกปลานิลเพศ (*O. niloticus*) อายุ 10 วันในฮอร์โมน 17 α methyl dihydrotestosterone และ trebolone acetate ในความเข้มข้นต่างๆให้ผลได้ปลาเพศผู้ 20 - 92% และทดลองแช่ลูกปลานิลอายุ 10 วันในฮอร์โมน 17 α methyl testosterone ความเข้มข้นต่างจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และครั้งที่ 2 ระยะเวลา 3 ชั่วโมงให้ผลได้ปลาเพศผู้ 20 - 25%

ความต้องการสารอาหารของลูกปลานิล

1. โปรตีน

โปรตีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 50 - 55% ไฮโดรเจน 6.5 - 7.5% ออกซิเจน 21.5 - 23.5% ไนโตรเจน 15.5 - 18% และธาตุอื่นๆอีก 0.5 - 2% (Lovell, 1989) โมเลกุลของโปรตีนมีขนาดใหญ่ หน่วยย่อยสุดของโปรตีนมีขนาดเล็กที่สุดที่สุดเรียกว่ากรดอะมิโน (amino acid) เช่น ไลซีน วาลีน อาร์จินีน ฮิสติดีน ลิวซีน เมไทโอนีน ไทโรซีน ทรีโตนิน เพนิลลัน ซึ่งในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด (เวียง, 2542) โปรตีนให้พลังงานทั้งหมด 5.6 Kcal/ กรัม พลังงานที่ข่ยได้ 4.5 Kcal/ กรัม โปรตีนมีหน้าที่หลายอย่าง เช่นเพื่อการเจริญเติบโต สร้างกล้ามเนื้อ กระดูก ฟัน เกล็ด ผิวหนัง เลือด ซ่อมแซมส่วนที่สึกหลอให้อยู่ในสภาพที่จะทำงานได้ตามปกติตลอดเวลา นำไปสร้างส่วนที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ สร้างฮอร์โมนและพวกน้ำย่อยต่างๆ (เกรียงศักดิ์, 2543 ; เพียงเพ็ญ, 2547)

วุฒิพร และคณะ (2547) ศึกษาการแทนที่ปลาปนด้วยกากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารปลานิลแปลงเพศ (*O. niloticus*) โดยปลาที่ใช้มีน้ำหนักปลาเฉลี่ย 3.02 - 3.04 กรัม อาหารที่ทดลองมี 5 สูตร คือ 0%, 10%, 20%, 30% และ 40% ใช้ระยะเวลาการทดลอง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และสัมประสิทธิ์การข่ยอาหารลดลงตามระดับของกากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผสมเพิ่มสูงขึ้นในอาหาร โดยอัตราการเจริญเติบโตของปลาสูงสุดเมื่อปลาได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมัน 10% ในขณะที่การผสมกากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมันไม่เกิน 20% ประสิทธิภาพการใช้อาหาร, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ, การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ และสัมประสิทธิ์การข่ยอาหารของปลาอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

De Silva *et al.* (1989) ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง การเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ในปลา 4 ชนิด คือ *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus* และ *Tilapia zillii* โดยทำการเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 12 - 44 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวมในอาหารมีค่าเท่ากับ 18.5 ถึง 20.5 กิโลแคลอรี ต่อ อาหาร 1 กรัม พบว่าโปรตีนในอาหารที่ระดับ 34 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลาเจริญเติบโตสูงสุดในขณะที่ระดับโปรตีนในอาหารที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด คือ 28 เปอร์เซ็นต์

El-Sayed and Teshima (1992) ศึกษาค่าปริมาณโปรตีนต่อพลังงานในปลานิล (*O. niloticus*) ระยะวัยอ่อน โดยทำการเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่มีโปรตีนระดับต่าง ๆ กัน 5 ระดับ คือ 30%, 35%, 40%, 45% และ 50 % มีพลังงานทั้งหมดในอาหาร ระดับต่าง ๆ กัน 3 ระดับ คือ 300, 400 และ 500 กิโลแคลอรี ต่อ อาหาร 100 กรัม เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์และมีพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่อ อาหาร 100 กรัม มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

Gunasekera *et al.* (1995) ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล (*O. niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน คือ 10%, 17%, 25%, 32% และ 40% โดยปลานิลที่เริ่มต้นการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.3 กรัม จากการทดลองพบว่า ระดับโปรตีนที่ 10% และ 17% ให้การเจริญเติบโตต่ำกว่าระดับโปรตีนที่ 25%, 32% และ 40% ตามลำดับ

2. ไขมัน

ไขมันประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต แต่มีอัตราส่วนของธาตุแตกต่างจากคาร์โบไฮเดรต นอกจากธาตุหลัก 3 ธาตุ แล้วไขมันอาจจะมีธาตุฟอสฟอรัส ไนโตรเจนและกำมะถันรวมอยู่ด้วย ไขมันพบทั่วไปในธรรมชาติทั้งในพืชและสัตว์และพบได้ทั้งในสถานะที่เป็นของแข็งและของเหลว (เวียง, 2542) ไขมันจัดเป็นธาตุอาหารที่ให้พลังงาน เช่นเดียวกับโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตและให้พลังงานมากที่สุดในกลุ่มของอาหารที่ให้พลังงาน คือให้พลังงานทั้งหมด 9.3 Kcal/ กรัม พลังงานย่อยได้ 8.3 Kcal/ กรัม ร่างกายของสัตว์น้ำสามารถนำกรดไขมันไปใช้ เช่น ลิโนลินิก โอเมก้า 3 โอดีวัน แซททูเรตเตดเอซิก (เกรียงศักดิ์, 2543) ปลาเกือบทุกชนิดต้องการกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 (NRC, 1993) ปลานิลแตกต่างจากปลาชนิดอื่นคือมีความต้องการกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 มากกว่าไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 เนื่องจากปลานิลมีความต้องการกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 น้อยมากหรือไม่ต้องการเลยเพราะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต (Viola *et al.*, 1988) แต่กรดไขมันใช้ประโยชน์ คือเป็นองค์ประกอบในเซลล์ของร่างกาย เป็นพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ เป็นแหล่งสะสมพลังงานของร่างกาย และสร้างผลผลิตของการสืบพันธุ์

Chou and Shiau (1996) ศึกษาการเปรียบเทียบระดับไขมันที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตปลานิล (*O. niloticus* X *O. aureus*) วัยอ่อน ไขมันที่ทำการทดลองคือ 0% (ชุดควบคุม), 5%, 10%, 15% และ 20% ทำการเพิ่มไขมัน 5% ทุกสัปดาห์ โดยทำการทดลอง 8 สัปดาห์ ปลานิลเจริญเติบโตที่ระดับไขมันที่ 10% และ 15% เจริญเติบโตดีที่สุดตามด้วยระดับไขมันที่ 5%, 20% และ 0% (ชุดควบคุม) ตามลำดับ การตรวจสอบปริมาณไขมันที่พบในปลานิลพบว่าที่ระดับ 20% พบมากที่สุด พบปริมาณ 10% และ 15% น้อยตามลำดับ ส่วนที่ระดับไขมันที่ 0% (ชุดควบคุม) และ 5% น้อยมากเมื่อเทียบกับไขมันที่ทำการทดลอง

3. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนนอกจากธาตุหลัก 3 ธาตุ แล้วคาร์โบไฮเดรตอาจจะมีธาตุฟอสฟอรัส ไนโตรเจนและกำมะถันรวมอยู่ด้วย จัดเป็นสารอินทรีย์พวกอัลดีไฮด์ หรือคีโตนที่พบมากที่สุด ในธรรมชาติ คาร์โบไฮเดรตใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำคือแป้ง ส่วนใหญ่ได้จากเมล็ดธัญพืช (22 - 80%) เช่นข้าวและข้าวโพด และจากพืชหัว (32%) เช่นมันสำปะหลัง (เวียง, 2542) ปัจจุบันบทบาทและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตต่อการผลิตอาหารสัตว์น้ำนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่ราคาถูก (วีรพงศ์, 2536) โดยให้พลังงานทั้งหมด 4.2 Kcal/ กรัม พลังงานที่ย่อยได้ 2.1 Kcal/ กรัม (เกรียงศักดิ์, 2543) ความสามารถในการใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตขึ้นอยู่กับชนิดของปลาที่กินพืชจะใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้ดีที่สุด รองลงมาคือปลากินพืชและเนื้อ และปลากินเนื้อ ตามลำดับ (NRC, 1993) ปลานิลจะสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดี ถ้าได้รับคาร์โบไฮเดรตและ ไขมันต่ำกว่าความต้องการประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตจะเป็นการช่วยสำรองโปรตีนในอาหารกล่าวคือคาร์โบไฮเดรตจะถูกใช้เป็นพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ และสำรองโปรตีนไม่ให้ถูกใช้เพื่อเป็นพลังงานแต่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตเท่านั้น (Shiau and Peng, 1993)

Shiau and Peng (1993) ศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตทดแทนโปรตีน โดยเลี้ยงปลานิล (*O. niloticus* X *O. aureus*) ด้วยอาหารที่มีพลังงานที่เท่ากันคือ 4.5 กิโลแคลอรีต่อกรัม มีโปรตีนต่างกัน 3 ระดับ คือ 32 %, 28% และ 24 % แล้วทดแทนโปรตีนด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ระดับ 33 %, 37 % และ 41 % ลงในในแต่ละระดับโปรตีนตามลำดับโดยใช้แป้ง เด็กซ์ตริน และกลูโคส พบว่ากลุ่มปลานิลที่เลี้ยงทดแทนโปรตีนด้วย แป้ง และเด็กซ์ตริน มีค่าน้ำหนักเพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มปลานิลที่เลี้ยงทดแทนโปรตีนกลูโคส ($P < 0.05$) ในทุกระดับยกเว้นโปรตีนที่ระดับ 24 % ($P > 0.05$) กลุ่มปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 28 % และ 24 % มีค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่น้อยกว่ากลุ่มปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 32 % ($P < 0.05$)

Shiau and Yu (1999) ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ chitition และ chitosan ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการย่อยอาหารของปลานิล (*O. niloticus* x *O. aureus*) แบ่งการทดลองตามปริมาณความเข้มข้น chitition และchitosan คือ 0 (ชุดควบคุม) %, 2%, 5%, และ10% ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ น้ำหนักเริ่มต้นของปลา 0.99 ± 0.01 กรัม ผลการทดลองพบว่า ปลานิลที่ให้ chitition และchitosan มีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม การเจริญเติบโตของปลานิลที่ปริมาณความเข้มข้น chitition จะให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่าที่ปริมาณความเข้มข้น chitosan และการย่อยอาหารของปลานิล ปริมาณความเข้มข้น chitition จะย่อยอาหารได้ดีกว่าปริมาณความเข้มข้น chitosan

4. วิตามิน

วิตามินเป็นโภชนาการที่สิ่งมีชีวิตต้องการในปริมาณที่น้อยแต่มีความจำเป็นต่อร่างกายเป็นตัวทำปฏิกิริยาทางเคมีและสรีระของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ ทำให้การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อของปลาเป็นไปอย่างดี ทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติ ทำให้การใช้อาหารพลังงานประเภทคาร์โบไฮเดรตมีประสิทธิภาพดีขึ้น (เกรียงศักดิ์, 2543)

ชนิดของวิตามิน (พรศักดิ์, 2543 ; เวียง, 2542)

1. วิตามินที่ละลายในน้ำ (Water soluble vitamins) แบ่งเป็นวิตามินบีรวม (B Complex vitamins) ได้แก่ วิตามินบีหนึ่ง (Thiamine), วิตามินบีสอง (Riboflavin), วิตามินบีหก (Pyridoxine), วิตามินบีสิบสอง (Cyanocobalamin), กรดแพนโทเทนิค (Pantothenic acid), ไนอะซิน (Niacin), ไบโอติน (Biotin), กรดโฟลิก (Folic acid), และมาโครวิตามิน (Macrovitamin) ได้แก่ อินโนซิทอล (Inositol), โคลีน (Cholin), วิตามินซี (Ascorbic acid) วิตามินพวกนี้ละลายน้ำไม่เก็บสะสมไว้ในร่างกาย หากร่างกายมีมากเกินไปความต้องการ วิตามินส่วนเกินจะถูกขับออกจากร่างกาย
2. วิตามินที่ละลายในไขมัน (Fat soluble vitamins) ได้แก่ วิตามินเอ (Retinal), วิตามินดี (D3-cholecalciferol), วิตามินอี (Tocopherol), วิตามินเค (K3-menadione) วิตามินพวกนี้ละลายในไขมันสามารถเก็บสะสมไว้ตามไขมันในร่างกาย เก็บไว้ใช้ในยามที่คลาดแคลน

จากการศึกษาที่ผ่านมาปลานิล *O. aureus* ไม่ต้องการวิตามินบางชนิด เช่น โคลีน (Cholin) เพราะสามารถสังเคราะห์โคลีนได้จากกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่ได้รับจากอาหาร (Roem *et al.* 1990) และวิตามินบีสิบสอง โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้เล็กของปลานิล *O. aureus* จะสังเคราะห์วิตามินขึ้นมา ซึ่งปลาสามารถดูดซึมไปใช้ได้ (Lovell, 1981; Sugita *et al.* 1991) วิตามินอี มีผลต่อการเจริญเติบโตและมีผลต่อการเปลี่ยนพันธุกรรมในปลานิลวัยอ่อน (*O. niloticus* x *O. aureus*) (Huang *et al.* 2003)

อรุณี และรัชนิ (2546) ได้ทดลองผลของวิตามินซีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การตาย และอาการผิดปกติของลูกปลานิล (*O. niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทดลอง 2 สูตร คือสูตรอาหารที่ 1 คือมีวิตามินครบถ้วน (ชุดควบคุม) สูตรอาหารที่ 2 คือ อาหารที่ขาดวิตามินซี ลูกปลานิลที่นำมาเลี้ยงมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.0 - 1.5 กรัมทดลองเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 1 มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 ส่วนการตายพบว่าลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 มีการตายสูงกว่าลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 1 ลูกปลาที่กินอาหารที่ไม่ใส่วิตามินซีจะแสดงอาการขาดวิตามินซีในช่วงสัปดาห์แรกโดยลูกปลามีอาการตัวสีคล้ำขึ้น มีอาการเบื่ออาหาร ว่ายน้ำแยกจากกลุ่มและตายในเวลาต่อมา ในสัปดาห์ที่ 2 ลูกปลา กินอาหารน้อยลงและเบื่ออาหารมากขึ้นมีอาการซำที่ครีบกันและครีบหางเพียงเล็กน้อย จนเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 6 อาการเริ่มรุนแรงขึ้น มีอาการท้องป่อง มีเมือกบริเวณเหงือกและลำตัวมาก ลำตัวมีสี

คล้ำมากขึ้น เสียการทรงตัว ครีบหางแกว่ง ซ้ำเลือดที่บริเวณครีบหางอย่างเห็นชัดเจน ลำตัวคดงอ เป็นรูปตัวยู

อรุณี และชาญวุฒิ (2547) ศึกษาผลของวิตามินบี 2 ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การตาย และความผิดปกติของลูกปลานิล (*O. niloticus*) โดยลูกปลานิลที่นำมาเลี้ยงมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.2 กรัม ทดลองเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 2 สูตร คือ สูตรอาหารที่ 1 คือมีวิตามินครบถ้วน (ชุดควบคุม) สูตรอาหารที่ 2 คือ อาหารที่ขาดวิตามินบี 2 ใช้เวลาในการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 1 มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 7.320.10 กรัม และ 4.67 ± 0.10 กรัมตามลำดับ ลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 มีอัตราการตายสูงกว่า ลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 1 โดยมีอัตราการตาย 53.3% และ 6.67% ตามลำดับอาการขาดวิตามินบี 2 ของลูกปลานิลที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 เริ่มปรากฏในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าบางตัวเริ่มมีสีคล้ำขึ้น ไม่กินอาหาร เชื่องซึม หลบอยู่ตามมุมตู้และจะตายในเวลาต่อมา

Anadu *et al.* (1990) ศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโตของปลา *Tilapia zillii* โดยการทดลองเลี้ยงปลาด้วยอาหาร 3 สูตร คือการเสริมวิตามินซี เสริม Cobalt chloride และชุดควบคุมไม่เสริมวิตามินซีเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหาร (PER) ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริม Cobalt chloride และปลาที่ได้รับอาหารไม่เสริมวิตามินซี ส่วนปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม Cobalt chloride จะมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารสูงกว่าปลาในกลุ่มควบคุม ($p < 0.05$)

Shiau and Chin (1999) ศึกษาปริมาณของไบโอตินที่ระดับแตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตปลานิล (*O. niloticus* x *O. aureus*) ระยะวัยอ่อน แบ่งการทดลองตามปริมาณไบโอติน คือ 0 (ชุดควบคุม), 0.05, 0.1, 0.3, 0.6, 1.0, 3.0, 5.0 mg/kg (ไบโอติน/อาหาร) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไบโอตินที่ 0.1 mg/kg ให้น้ำหนักสูงที่สุดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามด้วย 0.05, 0.3, 0.6, 1.0, 3.0, 5.0 mg/kg และที่ 0 (ชุดควบคุม) mg/kg น้ำหนักต่ำที่สุด

5. แร่ธาตุ

แร่ธาตุเป็นสารอินทรีย์ที่ร่างกายต้องการเพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต การดำรงชีพ หรือกระบวนการเมตาโบลิซึมของร่างกายให้เป็นไปอย่างปกติ ทำให้ร่างกายสามารถสกัดเม็ดเลือดได้ดีขึ้น ทำให้รู้ถึงรสชาติของอาหารดีขึ้น ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ของเซลล์ดีขึ้น (วีรพงศ์, 2536) ธาตุอาหารที่ควบคุมกิจกรรมในร่างกายและเป็นโครงสร้างของปลาด้วยที่จำเป็นได้แก่ P, K, Ca, Cu, Mg, Fe, I, Na, Mn และ Zn ธาตุอาหารสัตว์น้ำที่ต้องการปริมาณมากได้แก่ Ca, P, Mg, Na และ K ธาตุอาหารสัตว์น้ำที่ต้องการปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ได้แก่ Fe, Zn, Mn และ I สัตว์ทุกชนิดรวมถึงปลามีความต้องการแร่ธาตุต่าง ๆ แต่ละชนิดและปริมาณที่ต้องการจะแตกต่างกันไปตามชนิดและสภาพแวดล้อม ที่อยู่อาศัย ปลาและสัตว์น้ำสามารถรับแร่ธาตุได้ 2 ทางคือ ทางอาหารที่กินเข้าไปกับการดูดซึมจากรอบตัว (เกรียงศักดิ์, 2543; Seawringht *et al.* 1998; Dato-Cajegas and Yakupitiyage, 1996) ปลาทะเลไม่จำเป็นต้องเสริมแร่ธาตุในอาหารที่ทำการเลี้ยงเพราะว่าในน้ำทะเลมีปริมาณของแร่ธาตุอยู่มากซึ่งปลาสามารถดูดซึมแร่ธาตุๆ ผ่านเหงือกไปใช้อย่างเพียงพอกับความ ต้องการของร่างกาย แต่การดูดซึมแร่ธาตุจากน้ำจืดของปลาจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายเพราะว่าในน้ำจืด มีชนิดและปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ น้อยกว่าในน้ำทะเลมาก ดังนั้นจึงมีการเสริมแร่ธาตุต่าง ๆ เพื่อให้ปลาได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอ (Cristina and Amaratne, 1996)

ไพชนนต์ (2545) ศึกษาผลของระดับแคลเซียม, แมกนีเซียม, โพแทสเซียมอออนใน น้ำเค็มเกลือสินเธาว์ต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (*O. niloticus*) โดยน้ำเค็มเกลือสินเธาว์ปริมาณ แคลเซียม, แมกนีเซียม, โพแทสเซียมอออนสุทธิเท่ากับ 68.95, 1.37 และ 8.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ในถังไฟเบอร์ขนาดความจุ 250 ลิตร ปล่อย ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 0.90 กรัม ความยาว 3.0 เซนติเมตร จำนวนถึงละ 20 ตัว ในน้ำเค็มเกลือสินเธาว์ ที่ระดับความเค็ม 5 ระดับคือ 0, 2.5, 5, 10 และ 20 ส่วนในพัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนัก ปลานิลเฉลี่ย 3.22 ± 2.01 , 28.35 ± 3.00 , 10.3 ± 0.16 , 4.98 ± 0.09 และ 1.21 ± 0.03 ตาม ลำดับ ส่วน อัตรารอดของปลานิลลดลงตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น คือ 100 ± 0.00 , 100 ± 0.00 , 100 ± 0.00 และ 76.25 ± 2.5 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และในระดับความเค็ม 20 ส่วนในพัน ปลาเริ่มตายตั้งแต่ สัปดาห์แรกของการทดลองและตาย 100 เปอร์เซนต์ ในสัปดาห์ที่ 8 ของการทดลอง

Eid and Ghonim (1994) ศึกษาความต้องการธาตุสังกะสี โดยเลี้ยงปลานิล (*O. niloticus*) ระยะวัยรุ่น ด้วยอาหารที่ไม่เสริมและเสริมสังกะสีในระดับ 0 - 100 มิลลิกรัมต่ออาหารหนึ่งกิโลกรัม พบว่าปลาที่ได้รับสังกะสีในอาหารที่ระดับ 1 มิลลิกรัมต่ออาหารหนึ่งกิโลกรัม จะแสดงอาการขาดสังกะสี คือมีอาการเบื่ออาหาร เจริญเติบโตช้า และมีอัตราการตายสูง ขณะที่ปลาที่ได้รับสังกะสีในอาหารที่ระดับ 30 มิลลิกรัมต่ออาหารหนึ่งกิโลกรัม สามารถช่วยลดอัตราการตายและทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น

Shiau and Hsu (1999) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่ต้องการในปลานิล Hybrid tilapia, *O. niloticus* x *O. aureus* ระยะ juvenile ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีรูปแบบ L-ascorbyl-2 - monophosphate – Na (AMP-Na) และ L-ascorbyl-2 - monophosphate – Mg (AMP-Mg) ที่ระดับ 0, 400, 50, 70, 90 และ 120 mg/ 1 kg เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่าปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมในตับปลาจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณวิตามินซีที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของปลานิลเท่ากับ 63.4 mg/ 1 kg (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.98 mg/ 1 kg) และ 40.5 mg/ 1 kg (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 18.82 mg/ 1 kg) ตามลำดับจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าวิตามินซีในรูป AMP-Mg มีประสิทธิภาพเป็น 85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวิตามินซีในรูป AMP-Na

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแปลงเพศให้เป็นเพศผู้ล้วน

1. วิธีการให้ฮอร์โมนแก่ปลาอาจใช้วิธีการแช่ หรือผสมให้กับอาหารทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอาหารปลาที่ต้องการให้ฮอร์โมนว่าในขณะที่เริ่มให้นั้นปลาสามารถโดยวิธีการใดกล่าวโดยทั่ว ๆ ไปว่าการให้ฮอร์โมนผสมในอาหารได้ผลดีกว่าการแช่ แต่ในกรณี que เริ่มให้ฮอร์โมนขณะที่ปลานขนาดเล็กมากจำเป็นต้องใช้วิธีแบบแช่หรืออาจใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน (อุทัยรัตน์, 2538)

2. ปริมาณการให้ฮอร์โมน ปริมาณฮอร์โมนที่เหมาะสมแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา ในการเหนี่ยวนำให้ปลาเหนี่ยวนำให้ปลาเปลี่ยนเป็นเพศผู้ ปลานิลต้องการฮอร์โมน 17 α methyl testosterone ระดับ 30 - 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม นาน 25 - 95 วัน จะได้เพศผู้ 100 เปอร์เซ็นต์ (Tayamen and Shelton ,1978) ในปลาตะเพียนขาวให้ฮอร์โมน 17 α methyltestosterone ระดับ 120 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม นาน 30 วัน ทำให้ได้ปลาเพศผู้ 86.67 เปอร์เซ็นต์ และอีก 13.33 เปอร์เซ็นต์เป็นหมัน (แจ่มจันทร์, 2534) การให้ฮอร์โมนในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมทำให้เกิด

กะเทย (Hunter และDonaldson, 1981) ส่วนการให้ฮอร์โมนระดับสูงเกินไป มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์หรืออาจทำให้ ปลามีเพศตรงกันข้ามกับที่คาดหวัง อัตรารอดดำและการเจริญเติบโตลดลง

3. เวลาที่เริ่มให้ฮอร์โมนและระยะเวลาในการให้ เวลาที่เริ่มให้ฮอร์โมนเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก การให้ฮอร์โมนจะได้ผลดีที่สุดเมื่อเริ่มให้ก่อนที่อวัยวะสืบพันธุ์ภายในของปลาแยกออกเป็น 2 สองเพศและต้องให้ไปจนถึงสิ้นสุดระยะนี้เช่น ปลาตะเพียนขาวอวัยวะสืบพันธุ์ภายในจะเจริญแยกเพศเมื่ออายุ 3 สัปดาห์ ดังนั้นการให้ฮอร์โมนนาน 30 วันโดยเริ่มสัปดาห์ที่ 2 หลังฟักจะดีกว่า ที่สัปดาห์ที่ 1 หลังการฟัก (แจ่มจันทร์, 2534) ปลาหมอเทศ การให้ฮอร์โมนนาน 19 วันโดยเริ่มให้ฮอร์โมนหลังฟักเป็นตัว 6 วัน, ปลาในการให้ฮอร์โมนนาน 4 - 36 วันโดยเริ่มให้ฮอร์โมนหลังฟักเป็นตัว 4 วัน และปลานิลการให้ฮอร์โมนนาน 25 - 59 วันโดยเริ่มให้ฮอร์โมนหลังฟักเป็นตัว 1 - 2 วัน (อุทัยรัตน์, 2538)

4. ชนิดของฮอร์โมนที่ใช้ฮอร์โมนเพศผู้ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามลำดับ คือ 19-นอร์-เอธิลเทสโทสเตอโรน (19-nor-ethyl testosterone), ฟลูออกซีเมสเทอโรน (fluoxymesterone), เอธิลเทสโทสเตอโรน (ethyltestosterone), เมทิลแอนโดรสเตอไดออล (methylandrosterone diol), เมทิล เทสโทสเตอโรน (methyl testosterone) และเทสโตสเตอโรน โพรพิโอเนต (testosterone propionate) ส่วนฮอร์โมนเพศเมียที่มีประสิทธิภาพดีเรียงตามลำดับดังนี้คือ เฮกซ์เตอรอล (hexesterol), ยูวาสติน (euvastin) และ เอธิลเอสตราไดออล (ethylestradiol) (อุทัยรัตน์, 2538)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ผลของอาหารชนิดต่างๆที่ผสมฮอร์โมนเพศผู้ (17 α methyltestosterone) ต่อการแปลงเพศปลานิล การเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์โปรตีนในลูกปลานิล มีวัตถุประสงค์และอุปกรณ์ ดังนี้

1. ลูกปลานิล ขนาด 0.0245 กรัม
2. ชามพลาสติก
3. อาหารกุ้ง เบอร์ 0
4. ปลาป่น
5. ร้าละเอียด
6. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดความยาว
7. กระชัง ขนาด 3.6 x 1.2x1.2 ม³
8. กล้องถ่ายภาพ
9. ปีกเกอร์
10. ฮอร์โมนเพศผู้ 17 α methyltestosterone
11. เอทิลแอลกอฮอล์
12. เครื่องผสมอาหาร
13. Forcep
14. Crystals violet
15. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100x - 400x
16. เข็มฉีดยา 1 ซีซี
17. ถาด
18. ตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh

วิธีการ

1. การทดลอง ผลของอาหารชนิดต่างกันที่ผสมฮอร์โมนเพศผู้ 17 α methyl testosterone ต่อการแปลงเพศในปลานิล การเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์โปรตีนในลูกปลานิล

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แบ่งออกเป็น 8 ชุดการทดลอง (treatment) ตามชนิดอาหารที่ผสมฮอร์โมนเพศผู้สำหรับใช้อุบาลลูกปลานิล ซึ่งแต่ละชุดอาหารทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ (replication) ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 100 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 2 ปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 ปลาป่น 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 20 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 6 ปลาป่น 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 20 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 7 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 8 ปลาป่น 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์

1.2 วิธีดำเนินการ

รวบรวมไข่ปลานิลจากปากแม่ปลาที่เพาะพันธุ์ในบ่อดิน โดยใช้ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วในระยะที่ 1 มาฟักในกรวยฟักไข่ในโรงเพาะฟัก เมื่อถุงไข่แดงยุบจึงย้ายลูกปลาลงอนุบาลในกระชังมุ้งเขียว (21 ช่องตาต่อตารางนิ้ว) ขนาด 3.6 x 1.2 x 1.2 เมตร โดยผูกกระชังให้จมอยู่ในน้ำลึกประมาณ 90 เซนติเมตร ใส่ลูกปลาหนาแน่น 1,000 ตัวต่อกระชัง แขนงลอยในบ่อดิน 100 ตารางเมตร การจัดวางกระชังทดลองจะใช้วิธีสุ่ม โดยขอบด้านบนของกระชังบุด้วยผ้าโอล่อนแก้ว โดยรอบลึก 80 เซนติเมตร เพื่อป้องกันอาหารหลุดออกนอกกระชัง อาหารทดลองที่เป็นปลาป่นและรำละเอียดจะทำการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh ก่อนนำไปผสมฮอร์โมนเพศผู้ 17 α methyl testosterone (17 α MT) โดยอาหารทดลองทุกชนิดจะผสมฮอร์โมนดังกล่าวในอัตรา 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยวิธีสเปรย์สารละลายฮอร์โมนคลุกเคล้าที่เตรียมไว้ให้เข้ากับอาหารและ

เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกอย่างมิดชิดในตู้เย็น การเตรียมอาหารผสมฮอร์โมนในแต่ละครั้งจะใช้เวลาให้หมดภายใน 5 วัน ให้อาหารอนุบาลลูกปลาวันละ 5 มื้อ คือ 07.00 น. 11.00 น. 13.00 น. 15.00 น. และ 17.00 น. ตามลำดับ โดยในสัปดาห์แรกให้ในอัตรา 30% ของน้ำหนักตัว สัปดาห์ที่ 2 20% ของน้ำหนักตัว สัปดาห์ที่ 3 15% ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 21 วัน การวิเคราะห์โภชนะของอาหารทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการอนุบาลทำการประเมินผลของการใช้อาหารชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ การใช้ประโยชน์จากโปรตีน และการใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางโภชนาการของอาหารทดลองชนิดต่างๆกันที่ใช้ในการอนุบาลปลานิล

ชุดการทดลอง	โปรตีน	ไขมัน	เกลือ	ไขมัน	เยื่อใย
1	40.36±0.24	7.73±0.02	15.54±0.08	13.46±0.16	1.18±0.10
2	39.23±0.33	10.72±0.06	14.78±0.09	5.20±0.07	1.24±0.14
3	38.34±0.57	7.61±0.08	14.55±0.03	14.69±0.14	1.28±0.03
4	37.08±0.57	10.56±0.06	14.13±0.21	6.78±0.25	1.24±0.35
5	35.31±0.60	7.55±0.02	13.79±0.07	15.67±0.11	1.30±0.04
6	34.99±0.50	10.38±0.06	13.73±0.15	7.42±0.29	1.33±0.01
7	33.25±0.56	7.48±0.02	12.96±0.11	16.62±0.21	1.44±0.06
8	32.81±0.66	10.22±0.02	12.82±0.04	8.29±0.03	1.47±0.04

หมายเหตุ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 100 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 2 ปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 ปลาป่น 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 20 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 6 ปลาป่น 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 20 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 7 อาหารกุ้ง เบอร์ 0 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 8 ปลาป่น 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมอาหารทดลองผสมฮอร์โมน

1. เตรียม stock solution โดยชั่งฮอร์โมน 17 α methyltestosterone 0.5 กรัม แล้วเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 1 ลิตร คนให้ละลายจนหมด ซึ่งจะได้ stock solution ที่มีความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เจือจาง ให้ได้ปริมาตรสารละลาย 240 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สารละลายที่ได้เก็บไว้ในขวดสีชาแช่ในตู้เย็น ซึ่งจะสามารถเก็บสารละลายฮอร์โมนไว้เป็นเวลานาน

2. นำสารละลายที่เจือจางได้ปริมาตร 240 มิลลิลิตร มาผสมอาหาร 1 กิโลกรัม โดยพ่นฮอร์โมนที่ละลายแอลกอฮอล์ให้ทั่วในอาหารผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ผึ่งลมให้แห้ง 6 - 10 ชั่วโมง นำอาหารที่ผสมฮอร์โมนแล้วเก็บในถุงพลาสติกนำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C

3. การตรวจสอบเพศปลาทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการแปลงเพศของลูกปลานิล ดำเนินการโดยสุ่มลูกปลานิลมาตรวจสอบเพศซ้ำละ 100 ตัว ของแต่ละชุดทดลอง ด้วยวิธี Squash technique (Guerrero III และ Shelton, 1995) โดยฉีดน้ำส้มสายชู 0.1 ซีซี เข้าช่องท้องของลูกปลานิล แล้วใช้กรรไกรตัดเพื่อเปิดผนังช่องท้องออกบางส่วน จากนั้นใช้ปากคีบปลายไค้ดึงเอาเส้นอวัยวะสืบพันธุ์ (gonads) ที่ยึดติดกับผนังช่องท้องด้านบนตามแนวกระดูกสันหลัง นำตัวอย่างวางบนแผ่นสไลด์หยดสารละลาย crystal violet 1 - 2 หยด แล้วบดขยี้ตัวอย่างด้วยแผ่น cover glass slip นำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100x - 400x เพื่อตรวจสอบเพศ บันทึกผล และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เพศผู้ต่อไป

เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้จะมีลักษณะเป็นเรียบแต่เซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจะมีลักษณะเป็นเซลล์กลม

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำจะดำเนินการสุ่มตรวจในบ่อดินที่แขวนกระชังทดลอง โดยวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ 2 เวลา คือ เช้า 06.00 - 07.00 น. และบ่าย เวลา 15.00 - 16.00 น. ที่กึ่งกลางความลึกของน้ำ ทำทุกวัน ส่วนค่าความเป็นด่าง ความกระด้างและปริมาณแอมโมเนียรวมจะตรวจวัดโดยการเก็บตัวอย่างน้ำในเวลา 09.00 น. สัปดาห์ละครั้ง และนำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำต่อไป

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำและวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์	ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ	mg/l	Oxy-guard (Handy Gamma)	ทุกวัน
ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	pH Meter (YSI Model 63)	ทุกวัน
อุณหภูมิ	°C	Thermometer	ทุกวัน
ความเป็นด่าง	mg/l as CaCO ₃	Titration Method (APHA, 1992)	ทุก 7 วัน
ความกระด้าง	mg/l as CaCO ₃	EDTA Titration Method (APHA, 1992)	ทุก 7 วัน
แอมโมเนีย	mg NH ₃ -N/l	Koroleff's indophenol Blue Method (Graffholf, 1976)	ทุก 7 วัน

5. การวิเคราะห์อาหาร

ตารางที่ 4 วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองตามวิธีมาตรฐาน AOAC, 1990

องค์ประกอบทางเคมี	วิธีวิเคราะห์
โปรตีน	Kjeldahl Method; Buchi 323- Kjeldahl-System, Switzerland
ไขมัน	Ether Extract System; Buchi B-811; Switzerland
เยื่อใย	Filtered Glass(Crucible Method; Fibertec System: FIWE6; VELP, Italy)
เถ้า	Muffle furnace combustion in 600 °C 3 hr
ความชื้น	Dry in Vacuum at 103 - 105 °C in Oven 3 hr

6. การบันทึกข้อมูล

1. น้ำหนักและความยาวของปลา

การบันทึกน้ำหนักและความยาวของลูกปลา เริ่มตั้งแต่ก่อนปล่อยปลาทดลองลง กระชัง การบันทึกน้ำหนักของลูกปลาทำทั้งหมด 3 ครั้ง จะสุ่มปลาขึ้นมากระชังละ 200 ตัว หน่วย น้ำหนักที่ใช้เป็นกรัม ส่วนความยาวของปลาจะวัดความยาวของปลาตั้งแต่ปลายสุดส่วนหัวไปจนจรดปลายหางเหยียดใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร ผลที่ได้นำไปนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ

2. อัตราการรอดตาย

ในวันที่ซึ่งและวัดขนาดวันสุดท้ายของการอนุบาลปลา ได้บันทึกจำนวนรอดตายของปลาโดยการจับปลาออกจากบ่อทุกตัวแล้วนับจำนวนปลาที่เหลือทุกกระชัง

3. อัตราการแปลงเพศ

ทำการตรวจสอบโดยสุ่ม มาชุดการทดลองละ 100 ตัว แล้วทำการบันทึกผลการตรวจสอบเพศ

4. คุณสมบัติของน้ำ

การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำก่อนที่จะจับปลา คุณสมบัติของน้ำที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความกระด้าง (Hardness) ความเป็นด่าง (Alkalinity) อุณหภูมิ และแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธีวิเคราะห์ห่าเรียนซ์ (One Way Analysis of Variances) ส่วนข้อมูลที่เป็นร้อยละนำไปแปลงค่า โดยใช้ arcsine transformation ก่อนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (อนันต์ชัย, 2542) ข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ มีดังนี้

1. วิเคราะห์ผลของการใช้อาหารต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน(Daily Weight Gain, DWG ; กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยสุดท้าย}-\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยเริ่มต้น})}{\text{จำนวนวันที่ใช้ทดลอง}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(Specific Growth Rate, SGR ; %/วัน)

$$= \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้นทดลอง}) \times 100}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

อัตราการรอดตาย (Survival Rate ; %)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้นทดลอง}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food Conversion Ratio, FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารปลาที่กิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สะสมในตัวปลา

$$= \frac{B - B_0}{I} \times 100$$

B = ปริมาณโปรตีนในตัวปลาขณะเสร็จสิ้นการทดลอง

B₀ = ปริมาณโปรตีนในตัวปลาขณะเริ่มการทดลอง

I = ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่ปลากิน

1.6 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ration, PER ; %)

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลา} \times 100}{\text{น้ำหนักของโปรตีนที่ปลากิน}}$$

1.7 การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (Net Protein Utilization, NPU)

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโปรตีนในตัวปลา}}{\text{น้ำหนักของโปรตีนที่ปลากิน}}$$

1.8 อัตราการกินอาหาร (Feed Intake ; %)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน} \times 100}{(\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง})}$$

1.9 ความยาวและน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทดลอง

1. สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มปลานิลแปลงเพศเอกชนเริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือนมีนาคม 2549 ถึงเดือนพฤษภาคม 2549

ศูนย์เทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำฝ่ายสนับสนุนวิชาการ, ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองตั้งแต่เดือนมีนาคม 2549 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 รวมระยะเวลาทดลอง 120 วัน

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลอง

ผลการใช้อาหารทดลอง 8 ชนิด ผสมฮอร์โมนเพศผู้ 17 α methyltestosterone ต่อประสิทธิภาพของการแปลงเพศ, การเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในลูกปลานิล โดยการอนุบาลลูกปลานิลเป็นระยะเวลา 21 วัน ซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.0245 ± 0.000 กรัมต่อตัว ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 0.09 ± 0.00 เซนติเมตรต่อตัว อนุบาลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน 8 ชนิดคือ อาหารกึ่ง เบอร์ 0 100 เปอร์เซ็นต์, ปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์, อาหารกึ่ง เบอร์ 0 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์, ปลาป่น 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์, อาหารกึ่ง เบอร์ 0 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 20 เปอร์เซ็นต์, ปลาป่น 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 20 เปอร์เซ็นต์, อาหารกึ่ง เบอร์ 0 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์ และปลาป่น 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายแตกต่างกัน ($P > 0.0$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.266 ± 0.000 , 0.266 ± 0.000 , 0.265 ± 0.000 , 0.265 ± 0.000 , 0.265 ± 0.000 , 0.265 ± 0.000 และ 0.265 ± 0.000 กรัม/ตัว ตามลำดับ การใช้อาหารไม่มีผลความยาวเฉลี่ยสุดท้ายแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 ± 0.00 , 2.65 ± 0.01 , 2.65 ± 0.00 , 2.65 ± 0.00 , 2.64 ± 0.01 , 2.65 ± 0.01 , 2.63 ± 0.00 และ 2.63 ± 0.01 เซนติเมตร/ตัว ตามลำดับ อัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน พบว่าอาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.40 ± 0.98 , 97.30 ± 0.57 , 97.30 ± 0.80 , 97.50 ± 0.64 , 97.60 ± 0.76 , 97.40 ± 0.76 , 97.30 ± 0.80 และ 97.70 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน พบว่าอาหารไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.011 ± 0.01 , 0.011 ± 0.01 , 0.011 ± 0.01 , 0.011 ± 0.01 , 0.011 ± 0.01 , 0.011 ± 0.01 และ 0.011 ± 0.01 กรัม/วัน ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน พบว่าอาหารไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.35 ± 0.04 , 11.35 ± 0.02 , 11.35 ± 0.04 , 11.33 ± 0.02 , 11.34 ± 0.05 , 11.34 ± 0.09 , 11.35 ± 0.04 และ 11.32 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ อัตราการแปลงเพศปลานิลอายุ 21 วัน ดังแสดงในภาพที่ 1 ว่าการใช้อาหารไม่มีผลต่ออัตราการแปลงเพศแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.00 ± 1.00 , 97.67 ± 0.56 , 97.33 ± 1.61 , 97.33 ± 0.56 , 97.67 ± 0.056 , 97.33 ± 0.56 , 97.33 ± 0.56 และ 97.33 ± 1.16 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในรูปภาพ 3 (A - B) อัตราการกินอาหารของปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน

พบว่าการใช้อาหารไม่มีผลต่ออัตราการกินอาหารแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 ± 0.05 , 2.86 ± 0.03 , 2.86 ± 0.03 , 2.86 ± 0.03 , 2.86 ± 0.03 , 2.86 ± 0.07 , 2.86 ± 0.05 และ 2.86 ± 0.03 กรัม/ตัว ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน พบว่า การใช้อาหารไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 ± 0.13 , 1.51 ± 0.07 , 1.52 ± 0.15 , 1.52 ± 0.07 , 1.52 ± 0.16 , 1.52 ± 0.28 , 1.57 ± 0.13 และ 1.52 ± 0.14 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน พบว่า การใช้อาหารมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้โปรตีนแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 ± 0.03 , 1.49 ± 0.02 , 1.52 ± 0.03 , 1.57 ± 0.03 , 1.65 ± 0.02 , 1.66 ± 0.01 , 1.75 ± 0.01 และ 1.77 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิของปลานิลแปลงเพศอายุ 21 วัน พบว่า การใช้อาหารมีผลต่อการได้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.21 ± 0.56 , 60.78 ± 3.32 , 63.41 ± 1.34 , 63.43 ± 1.41 , 67.41 ± 3.25 , 67.28 ± 2.93 , 70.69 ± 2.68 และ 70.41 ± 4.91 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 และดังแสดงในภาพที่ 4