



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

กลยุทธ์การเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในการผลิตปลานิลในเขต
ภาคเหนือ เพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

THE STRATEGIES FOR INCREASING COMPETITIVE
PERFORMANCE OF TILAPIA PRODUCTION ASPECT IN
NORTHERN THAILAND FOR SAFETY FOOD

โดย

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ นิวุฒิ หวังชัย เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

2553



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชุดโครงการ กลยุทธ์การเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในการผลิตปลานิลในเขตภาคเหนือ
เพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

THE STRATEGIES FOR INCREASING COMPETITIVE
PERFORMANCE OF TILAPIA PRODUCTION ASPECT IN
NORTHERN THAILAND FOR SAFETY FOOD

ได้รับจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2550
จำนวน 980,000 บาท

หัวหน้าโครงการ
ผู้ร่วมโครงการ

ผศ.เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์
ผศ.ดร.นิวุฒิ หวังชัย
รศ.ดร. เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 1 มีนาคม 2551

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ สภาวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2550 จำนวนเงิน 980,000 บาท สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน ทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์



สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
อุปกรณ์การวิจัย และวิธีการวิจัย	6
ผลของการวิจัย	14
วิจารณ์ผลการวิจัย	26
สรุปผลการวิจัย	85
เอกสารอ้างอิง	87



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์	13
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)	15
ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (O_3) เป็นระยะเวลา 30 นาที	23
ตารางที่ 4 ปริมาณสารก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำเขียว เมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (O_3) เป็นระยะเวลา 30 นาที	24
ตารางที่ 5 ปริมาณสารก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในดินจากบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำเขียว เมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (O_3) เป็นระยะเวลา 30 นาที	25
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการแปลงเพศผู้ (%) $\pm$ SD แต่ละหน่วยทดลอง ของปลานิล 3 สายพันธุ์	35
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการรอด (%) $\pm$ SD ในแต่ละหน่วยทดลอง ในปลานิล 3 สายพันธุ์	37
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (%) $\pm$ SD ในแต่ละหน่วย ทดลองในปลานิล 3 สายพันธุ์	38
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) $\pm$ SD ในแต่ละหน่วยทดลอง ในปลานิล 3 สายพันธุ์	39
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ, อัตรารอด, อัตราการ เปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อชุดการทดลอง($\pm$ SD)ของปลานิล ในกระชังในบ่อดิน	40
ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ, อัตรารอด, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อชุดการทดลอง($\pm$ SD) ของปลานิลในกระชังในบ่อดิน	42
ตารางที่ 12 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 1	44
ตารางที่ 13 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1	45
ตารางที่ 14 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 2	45
ตารางที่ 15 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2	46

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 16 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 3	46
ตารางที่ 17 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 3	47
ตารางที่ 18 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 4	47
ตารางที่ 19 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 4	48
ตารางที่ 20 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 5	48
ตารางที่ 21 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 5	49
ตารางที่ 22 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน	52
ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)	53
ตารางที่ 24 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน	54
ตารางที่ 25 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	55
ตารางที่ 26 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน	57
ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)	58
ตารางที่ 28 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน	59
ตารางที่ 29 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	50
ตารางที่ 30 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน	62

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับ อาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)	63
ตารางที่ 32 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จ รูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน	64
ตารางที่ 33 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจาก แหล่งต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	65
ตารางที่ 34 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับ อาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน	67
ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับ อาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)	68
ตารางที่ 36 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป เสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน	60
ตารางที่ 37 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริม น้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	70
ตารางที่ 38 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนในการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับ อาหารสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10%	72
ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับ อาหารสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ ระดับ 10% (คะแนนเต็ม 10)	73
ตารางที่ 40 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป เสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10%	74
ตารางที่ 41 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้า ที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	74

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 บ่อทดลองการลดความเข้มข้นของสารจีโอสมิน และเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดง โดยการจัดการทางอาหาร	7
ภาพที่ 2 การสุ่มซังน้ำหนักของปลานิลแดงแปลงเพศ	9
ภาพที่ 3 การวิเคราะห์สารพิษ Geosmin และ MIB โดยใช้เครื่อง GC/MS ร่วมกับอุปกรณ์ SPME	10
ภาพที่ 4 การวัดปริมาณโอโซนด้วยเครื่อง DPD	11
ภาพที่ 5 การทดลองผลของการใช้โอโซนในการลดปริมาณสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในน้ำและ ดินพื้นบ่อของบ่อเลี้ยงปลานิล	12
ภาพที่ 6 รูปแบบการทดลองศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดกลิ่นโคลน	14
ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์จำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่พบภายในบ่อทดลอง	16
ภาพที่ 8 ตัวอย่างของแพลงก์ตอนพืชที่พบภายในบ่อทดลอง	17
ภาพที่ 9 จำนวนของแอกติโนมัซีสที่ภายในบ่อทดลอง	18
ภาพที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลแดงแปลงเพศ	19
ภาพที่ 11 น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลานิลแดงแปลงเพศ (กรัม/ตัว)	20
ภาพที่ 12 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลแดงแปลงเพศ (กรัม/ตัว/วัน)	20
ภาพที่ 13 ความเข้มข้นของสารจีโอสมินในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศ	22
ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศ	22
ภาพที่ 15 ปริมาณโอโซนที่เหลือในน้ำ	23

กลยุทธ์การเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในการผลิตปลานิลในเขตภาคเหนือ
เพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

THE STRATEGIES FOR INCREASING COMPETITIVE PERFORMANCE OF
TILAPIA PRODUCTION ASPECT IN NORTHERN THAILAND FOR SAFETY
FOOD

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์

นิวุฒิ หวังชัย

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

THEPPARATH UNGSETHAPHAND

NIWOOTI WANGCHAI

KRIANGSAK MANG-AMPHAN

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาลดสารจีโอสมิน และเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงในระบบน้ำเขียว และระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่า การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า และความเข้มข้นสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลา มีปริมาณน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนการลดสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในน้ำและในดินพื้นบ่อเลี้ยงปลาอย่างได้ผลนั้นสามารถใช้ผลิตภัณฑ์บำบัดน้ำเสีย MMO หรือ โอโซน

การศึกษาประสิทธิภาพของกาวเครื่อแดงและฮอร์โมน 17-a-Methyltestosterone (MT) ต่ออัตราการแปลงลูกปลานิลให้เป็นเพศผู้ ผลการศึกษา MT มีผลต่ออัตราการแปลงเพศปลานิลสายพันธุ์กาน้ำเป็นเพศผู้สูงสุด $94.4 \pm 9.6 \%$ จากการใช้ MT 60 ($p < 0.05$)

การศึกษานิตและระดับของคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชัง ผลการศึกษาพบว่า การเสริมคาร์โบไฮเดรตและไขมันมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิล ซึ่งการเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% หรือน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% ในอาหารปลาดุกสำเร็จรูปมีผลทำให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าอาหารปลาเกินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีต้นทุนการผลิตปลานิล(บาท/กิโลกรัม)ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

คำสำคัญ : ปลานิล, อาหารปลอดภัย, การปนเปื้อน, เชื้อแบคทีเรีย, แพลงก์ตอนพืช, สาหร่าย, geosmin, MIB, โอโซน, 17-a-Methyltestosterone, แปลงเพศ, กวาวเครือ, อุณหภูมิ, รังไข่, GSI, โปรตีน, ไขมัน, ตัณพูน, biotic component, อาหารสำเร็จรูป

ABSTRACT

The study aimed to investigate the effects of feeding management on the reduction of geosmin and MIB in fish flesh and the effects of some microorganisms and ozonation on the reductions of geosmin and MIB in ponds water and sediment. The result showed that geosmin and MIB in ponds with feeding were lower levels than those in ponds without feeding ($p < 0.05$). The reduction of geosmin and MIB using 2 microorganisms (MMO3 and PD6) were conducted with fish ponds water. The result showed that MMO3 was effective to remove MIB in both ponds water and sediment at 60.36 and 87.39 % respectively. The experiment of ozonation to reduce geosmin and MIB levels in ponds water and sediment was conducted. The results showed that ozonation was effective to reduce the levels geosmin and actinomycetes in ponds water and sediment. We can conclude that the problem of musty odors contaminate in fish flesh, ponds water has been control using feed management, MMO3 microorganism application and ozonation.

The study aimed to investigate the potential of red kwao kreua and compare the effect between two MT dosage regimens in terms of inducing sex reversal. Male sex percent was highest in MT60 (97.0 %) and statistically significant ($p < 0.05$) among all treatments.

The effects of dietary carbohydrate and lipid both sources and levels on growth performance, feed conversion ratio (FCR), survival rate and cost of production (per kg.) of sex reversal tilapia. Significantly ($P < 0.05$) higher growth performance and FCR were observed in fish fed CF coated with RS 20% or RBO 10% than in fish fed HF coated with RS 20% or RBO 10% respectively. However, there was no statistical significance ($P > 0.05$) on cost of production per kilogram of fish after treatment.

Keywords: Tilapia, food safety, bacteria contamination, post harvest, phytoplankton, Algae, GIS, geosmin, MIB, ozonation, *Butea superba*, 17-a-Methyltestosterone, sex reversal, temperature, oocyte, GSI, protein, lipid, cost, ecosystem, biotic component, feed pellet, fish farmer, satisfaction, problem and barrier

คำนำ

ความสำคัญของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคเหนือ พบว่าในช่วงปี 2540 เป็นต้นมา เกษตรกรในภาคเหนือตอนบนได้หันมาให้ความสนใจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันมากขึ้น ซึ่งมีการเลี้ยงปลานิลมากที่สุด โดยในปี 2539 มีผลผลิตถึง 34.78% (28,358 ตัน) ของผลผลิตทั้งประเทศ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ มีผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก 3,665.60 ตัน ในปี 2540 เป็น 5,306.30 ตัน ในปี 2544 จำนวนเกษตรกรเพิ่มขึ้นจาก 19,412 ราย เป็น 22,016 ราย ในปี 2540 และ 2544 ตามลำดับ (ยุพิน, 2545)

จังหวัดเชียงใหม่เป็นศูนย์กลางของภาคเหนือตอนบนที่มีความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ และจำนวนประชากรที่มีกำลังซื้อในการบริโภคสินค้าและบริการ ในส่วนของการบริโภคอาหารนั้น ปัจจุบันมีความนิยมรับประทานปลาเป็นอาหารกันอย่างกว้างขวาง ทั้งเพื่อรสชาติและเพื่อสุขภาพ จึงถือได้ว่าเป็นสินค้าเกษตรที่มี ศักยภาพในการขยายตลาดได้อีกมาก จากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าจังหวัดเชียงใหม่มีความต้องการบริโภคสัตว์น้ำจืดประเภทปลารวมทั้งสิ้น 40,000 กิโลกรัมต่อวัน แต่มีผลผลิตที่ผลิตขึ้นภายในจังหวัดเพียง 7,000 กิโลกรัมต่อวัน จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างจังหวัด โดยเฉพาะปลานิลแปลงเพศที่ผลิตจากอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย นับเป็นการสูญเสียโอกาสในการสร้างรายได้ของเกษตรกรภายในจังหวัดเชียงใหม่

เทพรัตน์และคณะ (2545) รายงานว่า ปัญหาที่สำคัญในการผลิตปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ คือ ราคาจำหน่ายปลาสูงกว่าปลาที่ผลิตจากแหล่งผลิตภาคกลาง มีต้นทุนสูงเพราะเกษตรกรนิยมใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป การลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในจังหวัดเชียงใหม่จึงเป็นสิ่งสำคัญในการแข่งขันทางการตลาด นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านผลผลิตออกสู่ตลาดไม่สม่ำเสมอ และบางส่วนมีกลิ่นโคลน ซึ่งต้องปรับปรุงในด้านระบบการผลิต

นอกจากนี้ ความยั่งยืนทางระบบการเกษตรและการผลิตอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคนับเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นตามจำนวน

ประชากร การผลิตทางการเกษตรมีความเข้มข้นและขยายพื้นที่ออกไปเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ การทำการเกษตรในลักษณะดังกล่าวข้างต้นนี้หากขาดหลักในการพิจารณาถึงความยั่งยืนแล้ว ย่อมจะส่งผลกระทบในด้านลบทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ การทำการเกษตรในพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย มักจะอยู่บริเวณต้นน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ที่ควรอนุรักษ์ไว้ การทำการเกษตรในพื้นที่สูงที่มีความเข้มข้นและการขยายพื้นที่เพื่อเพิ่มผลผลิตเข้าไปในพื้นที่ป่าต้นน้ำซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญโดยขาดการคำนึงถึงผลกระทบทางลบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นการศึกษาเพื่อใช้ดัชนีวัดความยั่งยืนทางเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตปลานิลในพื้นที่ภาคเหนือ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อวิเคราะห์และให้ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบการเกษตรให้ไปสู่ความยั่งยืนในอนาคตต่อไป

การใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนนั้น การลดต้นทุนด้านอาหารในการเลี้ยงปลานิลและสัตว์น้ำอื่นๆ ในปัจจุบันมุ่งให้ความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ผลพลอยได้จากการเกษตรหรืออุตสาหกรรมเกษตร เพื่อทดแทนโภชนาที่มีราคาสูง โดยใช้วัตถุดิบที่หาง่ายในท้องถิ่นทดแทนวัตถุดิบดั้งเดิมในอาหารเลี้ยงปลา (Singh และคณะ, 1999) ซึ่งในอนาคตการวิจัยเพื่อพยายามลดต้นทุนด้านอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารจะมีความสำคัญโดยมุ่งเน้นในเรื่องของสัดส่วนโปรตีนและพลังงานในอาหารและผลกระทบจากสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง เช่น อุณหภูมิ และความเค็ม รวมทั้งการใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนปลาป่นในสูตรอาหาร (Orachunwong และคณะ :2003))

ปัจจุบันความปลอดภัยด้านอาหาร (Food Safety) ได้มีการกล่าวถึงกันอย่างกว้างขวาง จึงมีความจำเป็นในการศึกษาวิจัยและพัฒนาแนวทางควบคุมการผลิตปลานิลที่มีมาตรฐานถูกสุขอนามัยเพื่อรองรับนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ความปลอดภัยด้านอาหารที่รัฐบาลกำหนด ดังนั้นขบวนการในการจัดการเพื่อลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียควรมีการจัดการตั้งแต่ในระบบฟาร์ม โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อลดปริมาณของแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในปลาตั้งแต่ในระบบฟาร์มจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้การเลี้ยงปลานิลควบคู่ไปกับการเลี้ยงไก่บนบ่อปลาจะทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของแบคทีเรียแล้วยังประสบปัญหาสาบกลิ่นโคลนจากเนื้อปลาอีกด้วย โดยปัจจุบันมีการทดลองใช้โอโซนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำและปรับปรุงคุณภาพน้ำซึ่งคาดว่าจะน่านำมาใช้ลดกลิ่นโคลนในขั้นตอนพักปลาก่อนจำหน่ายได้

โดยปัจจุบันผลผลิตของปลานิลกว่า 80 % ได้มาจากการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศให้เป็นโดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ เพื่อต้องการที่จะเลี้ยงปลานิลในบ่อเพศผู้อย่างเดียว เพื่อที่จะสามารถควบคุม

จำนวนประชากรในบ่อได้เพิ่มผลิตปลานิลให้มีขนาดใกล้เคียงกันและสามารถขายได้ราคาดี โดยฮอร์โมนดังกล่าวเป็นฮอร์โมนสังเคราะห์ชนิดสเตอรอยด์ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้เกิดปัญหาคือ อาจทำให้มีฮอร์โมนเหลือตกค้างหรือชะล้างออกสู่บริเวณใกล้เคียง อีกทั้งฮอร์โมนดังกล่าวมีราคาค่อนข้างแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จากการวิจัยเบื้องต้นพบว่าการใช้กากเครือแดง 100- 200 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัมสามารถแปลงเพศลูกปลานิลแดงเป็นเพศผู้ได้ 70- 100 %

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

1. เพื่อทราบชนิดของสารที่ก่อให้เกิดกลืนโคลนในปลานิลและศึกษาผลของระบบการเลี้ยงต่อการกำจัดกลืนโคลนในปลานิล
2. เพื่อศึกษาผลของโอโซนต่อการลดกลืนโคลนในปลานิลขณะพักปลา
3. เพื่อการคัดเลือกสายพันธุ์สำหรับการแปลงเพศปลานิล
4. เพื่อศึกษาศักยภาพในการการแปลงเพศ การเจริญเติบโต อัตราการรอด ในปลานิล 3 สายพันธุ์ (แดง, กาน้ำ และ จิตรดา) โดยใช้ผงกากเครือแดง และฮอร์โมน MT
5. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการรอด, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำโดยใช้ผงกากเครือแดง สารสกัดกากเครือแดง และฮอร์โมน MT
6. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกากเครือแดง (*Butea superba*) เปรียบเทียบกับฮอร์โมน MT เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตปลานิลเพศผู้ล้วน
7. เพื่อศึกษากิจกรรมในการลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศโดยการจัดการด้านแหล่ง คาร์โบไฮเดรต ไขมัน จากพืช ในอาหาร
8. เพื่อศึกษากิจกรรมในการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ โดยการจัดการด้านแหล่งคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ได้จากพืช
9. เพื่อศึกษาผลผลิต อัตราการรอด คุณภาพเนื้อปลา และต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศด้วยกลยุทธ์ต่างกัน

เรื่อง ผลของระบบการเลี้ยงต่อการกำจัดกลิ่นโคลนในปลานิล
EFFECTS OF CULTURE SYSTEM ON THE REMOVAL OF OFF-ODOR IN
TILAPIA

อุปกรณ์การวิจัยและวิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงาน

การทดลองที่ 1: การลดความเข้มข้นของสารจืออสมิน และเอมไอบีในเนื้อปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวโดยการจัดการทางอาหาร

1.1 การวางแผนการทดลอง และการเตรียมบ่อทดลอง

วางแผนการทดลองการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบน้ำเขียวที่เติมปุ๋ยมูลไก่ในอัตราส่วน 750.0 กิโลกรัม/เฮกตาร์/สัปดาห์ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง 2 หน่วยการทดลอง แบ่งหน่วยการทดลองออกเป็นหน่วยละ 3 ซ้ำ ดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)

หน่วยทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป (30 % โปรตีน)

ทำการทดลองโดยใช้บ่อดินขนาด 7x14.2 เมตร จำนวน 1 บ่อ ภายในบ่อจะสร้างคอกพลาสติกขนาด 1x2.5 เมตร จำนวน 6 คอก (ภาพที่ 30) ซึ่งจะนำปลานิลแดงแปลงเพศที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 139.05 ± 7.54 กรัม อัตราการปล่อย 3 ตัว/ตารางเมตร ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 120 วัน

1.2 การให้อาหาร และการจัดการระหว่างการเลี้ยง

การให้อาหารจะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืช (โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) ในหน่วยการทดลองที่ 2 จนอิ่ม (สังเกตการกินอาหารของปลา) โดยให้วันละ 2 เวลา คือเช้า และ เย็น ส่วนการจัดการระหว่างการเลี้ยง หากพบพืชน้ำ เช่น ผักบุ้ง ขึ้นบนผิวน้ำให้ทำการเก็บออกจากบ่อทดลองเพื่อป้องกันการแย่งดูดซึมสารอาหารภายในบ่อ



ภาพที่ 1 บ่อทดลองการลดความเข้มข้นของสารจืออสมิน และเอ็มไอบีในเนื่อปลานิลแดง
โดยการจัดการทางอาหาร

1.3 การศึกษาคุณภาพน้ำ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

1.3.1 การศึกษาคุณภาพน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละหน่วยการทดลองใส่ขวดพลาสติกปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร ทุกๆ 30 วัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) อุณหภูมิ (Temperature) คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen) ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-nitrogen) และไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen) ตามวิธีของ APHA (1980)

1.3.2 การศึกษาปริมาณ และชนิดของแพลงก์ตอนพืช (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)

ศึกษาปริมาณ และชนิดของแพลงก์ตอนพืช โดยทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุกๆ 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนปริมาณ 20 ลิตร เก็บน้ำที่กรองได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง รักษาสภาพด้วย Lugol's solution ประมาณ 3-5 หยด เก็บที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างที่เก็บไว้ไปศึกษากับกล้องจุลทรรศน์ เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืช แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์/ลิตร) บันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1.3.3 การศึกษาปริมาณแอคติโนมัยซีส

เก็บตัวอย่างดินพื้นบ่อทุกๆ 30 วัน เพื่อศึกษาปริมาณของแอคติโนมัยซีส โดยใช้อาหาร IMA-2 ตามวิธีการของ Arawan (2005) ดังนี้

1. แบ่งตัวอย่างดินใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อให้ตัวอย่างแห้ง
2. ชั่งดิน 10 กรัม ทำการเจือจางในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เป็นระดับเจือจางที่ 10^{-1}
3. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ทำการเจือจางในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เป็นระดับเจือจางที่ 10^{-2}
4. ปิเปตตัวอย่างต่อจนถึงระดับความเจือจางที่ 10^{-6}
5. ปิเปตตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร จากระดับความเจือจางที่ 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} มา spread บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 ที่เตรียมไว้
6. บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน ตรวจดูการเจริญเติบโตของเชื้อ
7. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อแอคติโนมัยซีส คำนวณปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีส

$$\text{สูตร} \quad \text{เซลล์/กรัมดินขึ้น} = \text{จำนวนเซลล์} / 0.1 \times 10^{\text{dilution factor}}$$

$$\text{เซลล์/กรัมดินแห้ง} = \text{จำนวนเซลล์} / 0.1 \times 10^{\text{dilution factor}} / \text{นน. ของดินแห้ง}$$

1.4 การเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศ

สุ่มชั่งวัดน้ำหนักปลานิลแดงแปลงเพศทุก ๆ 30 วัน เป็นระยะเวลา 120 วัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา ดังนี้ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และ อัตรารอด (ภาพที่ 2)

ก. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (total biomass increase) กรัม

$$= \text{น้ำหนักกึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักกึ่งเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

ข. อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น/วัน (average daily gain, ADG)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

ค. อัตรารอดตาย (survival rate) %

$$= (\text{จำนวนกึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนกึ่งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100$$



ภาพที่ 2 การสูบน้ำหน้าของปลานิลแดงแปลงเพศ

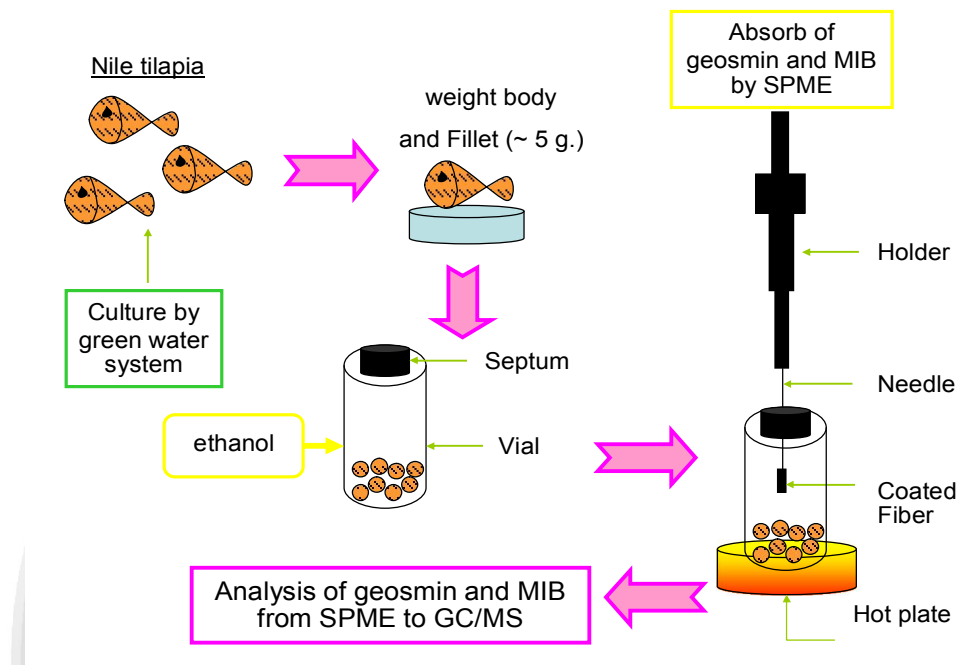
1.5 การวิเคราะห์หาปริมาณสารจืออสมินและเอ็มไอบี ในน้ำ, ดิน และเนื้อปลา

1.5.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา ดินพื้นบ่อ และปลานิลแดงแปลงเพศ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารจืออสมินและเอ็มไอบี โดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารจืออสมินและเอ็มไอบีในน้ำจากบ่อเลี้ยงจะใช้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณสารจืออสมินและเอ็มไอบีในดินพื้นบ่อจะใช้ดินประมาณ 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร และการวิเคราะห์ความเข้มข้นของจืออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศ โดยนำตัวอย่างเนื้อปลานิลแดงมาบดให้ละเอียด ใส่ในขวดไวอัล (vial) 5 กรัม พร้อมเติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร

1.5.2 นำขวดไวอัลที่มีตัวอย่างพร้อมวิเคราะห์ ทำการเติมโซเดียมคลอไรด์ 1.9 กรัม และใส่ magnetic bar จากนั้นปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาอะลูมิเนียม (aluminium cap) นำขวดไวอัลวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าและกวนให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแท่งเข็มไฟเบอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ SPME (solid phase microextraction) เข้าไปในขวดตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ไฟเบอร์ทำการจับกับสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบี ในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

1.5.3 นำชุดอุปกรณ์ SPME ฉีดเข้ากับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Agilent Technologies 6890 N Network GC System) เข้าไปตรงตำแหน่งที่ฉีดสารของเครื่อง โดยใช้ Splitless mode ผ่านแคปิลลารีคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP-5 (30 m. x 0.32 mm. 0.25 μ m. film thickness) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ด้วยอัตรา 2.5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) ตั้ง

โปรแกรมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียสด้วยอัตราเร็ว 15 องศาเซลเซียสต่อนาทีและคงอุณหภูมิไว้ที่ 220 องศาเซลเซียสนาน 8 นาที



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์สารพิษ Geosmin และ MIB โดยใช้เครื่อง GC/MS ร่วมกับอุปกรณ์ SPME

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ (SPSS for Windows) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Independent-Sample T test ของน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการรอด และความเข้มข้นของสารจีออสมิน และเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดง

การทดลองที่ 2: การศึกษาผลของโอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิล

2.1 การวัดปริมาณโอโซน

1. ก๊าซโอโซนถูกผลิตด้วยแสง UV (185 nm.) จากเครื่องกำเนิดโอโซน ซึ่งผลิตจากบริษัท Asia Labo Systems ประเทศญี่ปุ่น
2. วัดปริมาณโอโซน โดยวิธีการแบบ DPD (N,N-diethyl- p-phenylene diamine) ซึ่งใช้ชุดทดสอบ HANNA Instruments รุ่น HI 93734



ภาพที่ 4 การวัดปริมาณโอโซนด้วยเครื่อง DPD

2.2 น้ำและดินพื้นบ่อที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 น้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว

ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว จากบ่อทดลองของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ซึ่งตรวจพบปริมาณจือออสมิน และเอ็มไอบี โดยใช้อุปกรณ์ SPME (Solid Phase Microextraction) ร่วมกับเครื่อง GC/MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry) ตามวิธีการของ Grimm *et al.* (2004)

2.2.2 ดินพื้นบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว

ดินที่ใช้ทดลอง เป็นดินพื้นบ่อจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบน้ำเขียว ซึ่งตรวจพบว่ามียุคปริมาณสารประกอบจือออสมิน และเอ็มไอบี โดยใช้อุปกรณ์ SPME (Solid Phase

Microextraction) ร่วมกับเครื่อง GC/MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry) ตามวิธีการของ Grimm *et al.* (2004) และทำการเก็บตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองตามวิธีของ ชนินทร์ (2550) โดยการเก็บที่ระดับดินพื้นบ่อที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าเป็นชั้นที่มีการสะสมของสารอินทรีย์ และมีผลต่อการเลี้ยงมากที่สุด

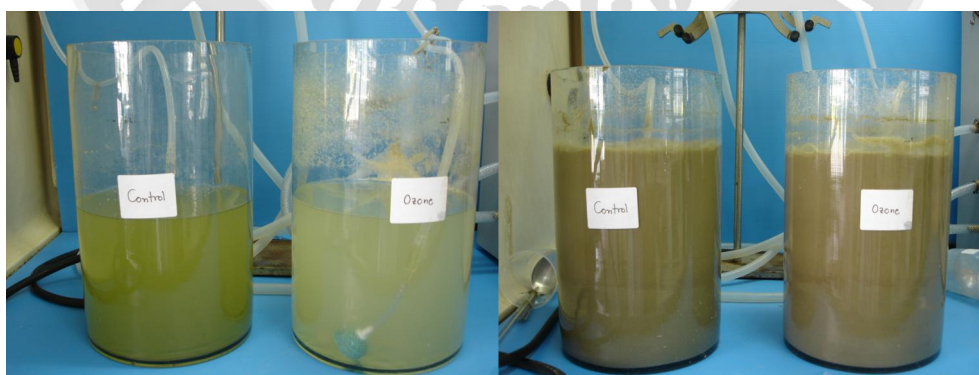
2.3 ศึกษาผลของการใช้โอโซนในการลดปริมาณสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีในน้ำ และดินของบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว

เก็บตัวอย่างน้ำและดินจำนวน 3 จุด คือ ด้านหน้า กลาง และท้าย ในบ่อทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลด้วยระบบน้ำเขียว เพื่อตรวจสอบปริมาณสารก่อกลิ่นโคลนด้วยวิธีการประเมิณทางเคมี โดยใช้อุปกรณ์ SPME (Solid Phase Microextraction) ร่วมกับเครื่อง GC/MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry) ตามวิธีการของ Grimm *et al.* (2004) โดยทำการศึกษาในโหลขนาด 6 ลิตร ที่ติดตั้งเครื่องโอโซนพร้อมอุปกรณ์ทดลอง ภายในตู้ดูดควัน (Hood) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 หน่วยการทดลอง คือ

หน่วยการทดลองที่ 1 อากาศ (ควบคุม)

หน่วยการทดลองที่ 2 โอโซน

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและดินในนาที่ที่ 30 โดยทำการหยุดปฏิกิริยาของโอโซนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Pei, 2003)



ภาพที่ 5 การทดลองผลของการใช้โอโซนในการลดปริมาณสารจืออสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินพื้นบ่อของบ่อเลี้ยงปลานิล

2.4 ศึกษาผลของการใช้โอโซนในการลดปริมาณแบคทีเรีย Actinomycetes ในดินพื้นบ่อของบ่อเลี้ยงปลานิล

เก็บตัวอย่างดินจำนวน 3 จุด คือ ด้านหน้า กลาง และท้าย ในบ่อทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลด้วยระบบน้ำเขียว โดยทำการศึกษาในโหลขนาด 6 ลิตร ที่ติดตั้งเครื่องโอโซนพร้อมอุปกรณ์ทดลอง ภายในตู้ดูดควัน (Hood) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 หน่วยการทดลอง คือ

หน่วยการทดลองที่ 1 อากาศ (ควบคุม)

หน่วยการทดลองที่ 2 โอโซน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินในนาที่ที่ 30 โดยทำการหยุดปฏิกิริยาของโอโซนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

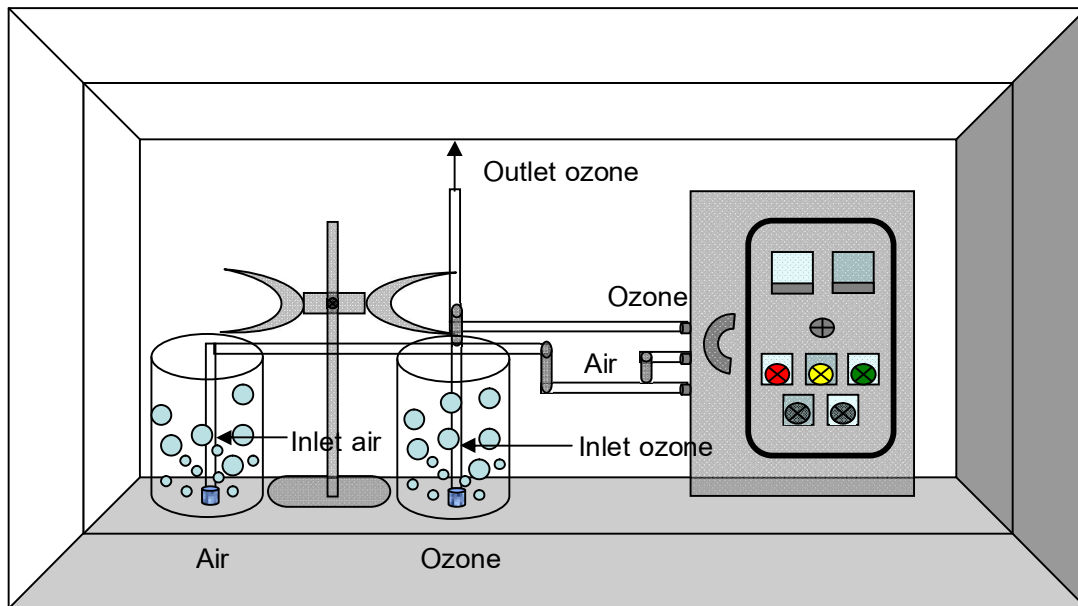
(Pei, 2003)

2.5 การศึกษาผลการใช้โอโซนต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านโอโซนในนาที่ที่ 30 โดยทำการหยุดปฏิกิริยาของโอโซนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Pei, 2003) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen) ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-nitrogen) และไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์

พารามิเตอร์	อ้างอิง
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	
$\text{NO}_2^- - \text{N}$	APHA, 1980
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	APHA, 1980
$\text{NH}_3 - \text{N}$	APHA, 1980
Alkalinity	APHA, 1980
Chlorophyll-a	Lee, 2000



ภาพที่ 6 รูปแบบการทดลองศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดกลิ่นโคลน

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1: การลดความเข้มข้นของสารจืออสมิน และเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวแดง โดยการจัดการทางอาหาร

1.1 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง พบว่า คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 29-30 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 6-7 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7-8 ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเลี้ยง เนื่องจากสารอาหารที่ได้จากการเติมปุ๋ยมูลไก่ทุกๆ 7 วัน จึงทำให้ปริมาณของสารอาหารภายในบ่อเพิ่มมากขึ้น โดยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน และ ออร์โธฟอสเฟต พบว่า มีค่าเฉลี่ยในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	หน่วย
อุณหภูมิ	29.63 $\pm$ 0.88	องศาเซลเซียส
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	7.02 $\pm$ 0.65	มิลลิกรัม/ลิตร
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	7.82 $\pm$ 0.51	-
คลอโรฟิลล์ เอ	227.86 $\pm$ 28.30	ไมโครกรัม/ลิตร
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	1.12 $\pm$ 0.28	มิลลิกรัม/ลิตร
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	0.018 $\pm$ 0.007	มิลลิกรัม/ลิตร
ไนเตรท-ไนโตรเจน	0.61 $\pm$ 0.31	มิลลิกรัม/ลิตร
ออร์โธฟอสเฟต	1.15 $\pm$ 0.34	มิลลิกรัม/ลิตร

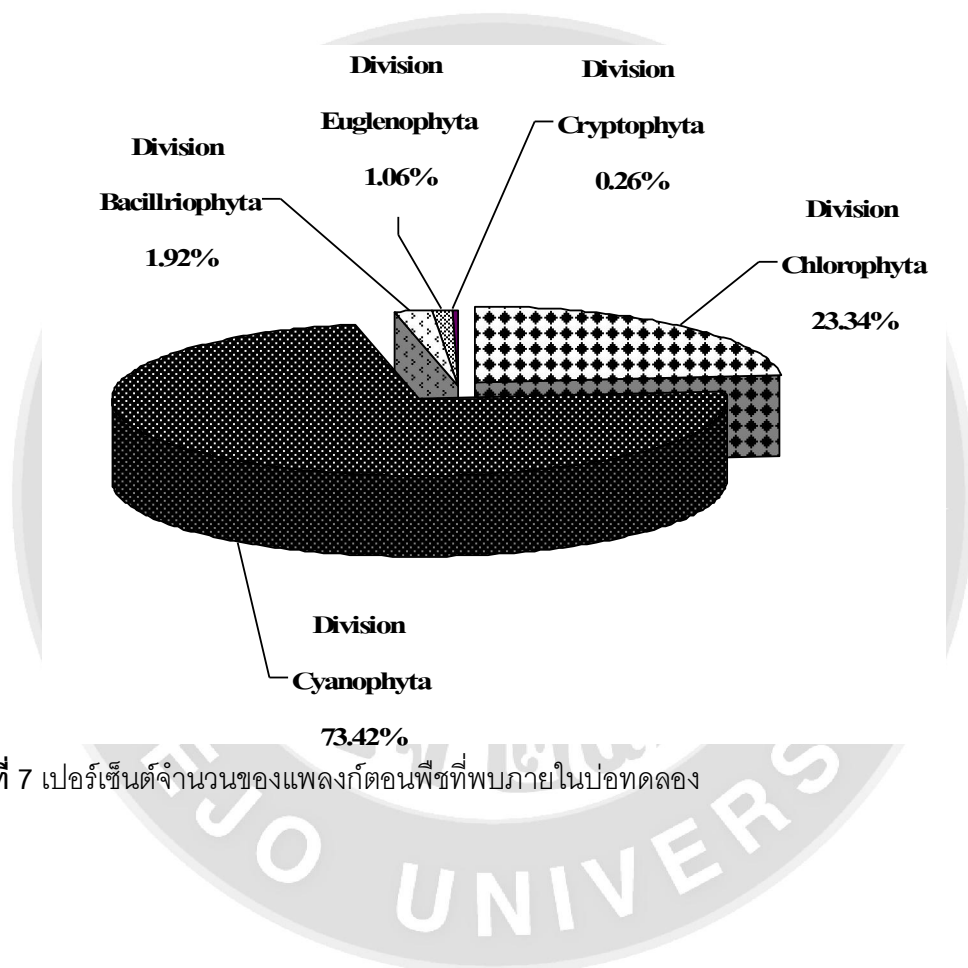
1.2 จำนวนและชนิดของแพลงก์ตอนพืช

จากการตรวจนับปริมาณของแพลงก์ตอนพืชระหว่างการทดลอง (ภาพที่ 7) พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนแพลงก์ตอนพืชชนิดวิชัน Cyanophyta มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 122.83×10^3 เซลล์/ลิตร โดยคิดเป็นเท่ากับ 73.42 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนชนิดที่ตรวจพบ 2 ชนิด ได้แก่ *Chroococcus minor* (Kützinger) Nageli และ *Merismopedia tenuissima* Lemmermann แพลงก์ตอนพืชชนิดวิชัน Chlorophyta พบว่ามีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 39.06×10^3 เซลล์/ลิตร คิดเป็น 23.34 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนชนิดที่ตรวจพบ 17 ชนิด ได้แก่ *Crucigeniella crucifera* (Wolle) Komarek, *Dictyosphaerium* sp., *Didymocystis* sp., *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindak, *Monoraphidium minutum* (Braun) Hansgirg, *Monoraphidium litorale* Hindak, *Monoraphidium tortile*

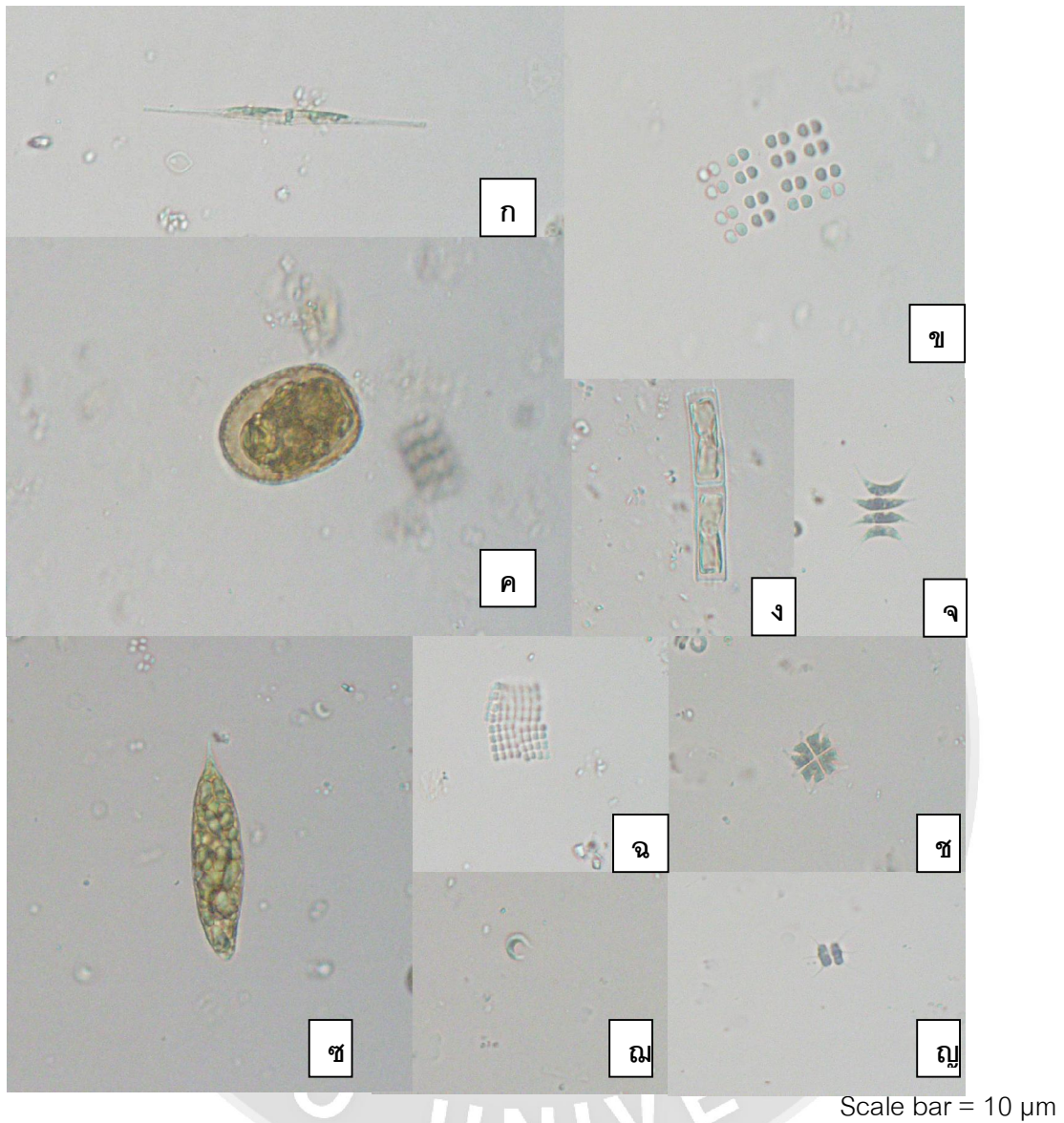
West & West, *Oocystis* sp., *Nephrocystium* sp., *Pediastrum simplex* Meyen, *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs, *Scenedesmus abundans* (Kirchner) Chodat, *Scenedesmus falcatus* Chodat, *Scenedesmus* sp. 1, *Scenedesmus* sp. 2, *Tetraedron minimum* (Braun) Hansgirg และ *Tetrastrum* sp.

แพลงก์ตอนพืชชนิดวิชัน Bacillariophyta พบว่ามีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 3.21×10^3 เซลล์/ลิตร คิดเป็น 1.92 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนชนิดที่ตรวจพบ 5 ชนิด ได้แก่ *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Cyclotella* sp., *Fagilaria* sp., *Navicula* sp. และ *Nitzschia* sp. และ

แพลงก์ตอนพืชสีเขียว Euglenophyta พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.78×10^3 เซลล์/ลิตร คิดเป็น 1.06 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนชนิดที่ตรวจพบมี 3 ชนิด ได้แก่ *Euglena* sp., *Trachelomonas caudata* (Ehrenberg) Stein และ *Trachelomonas volvocina* Ehrenberg ส่วนแพลงก์ตอนพืช สีเขียว Cryptophyta มีปริมาณน้อยที่สุด พบว่ามีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 0.44×10^3 เซลล์/ลิตร คิดเป็น 0.26 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนชนิดที่ตรวจพบ 1 ชนิด *Cryptomonas* sp.



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์จำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่พบภายในบ่อทดลอง

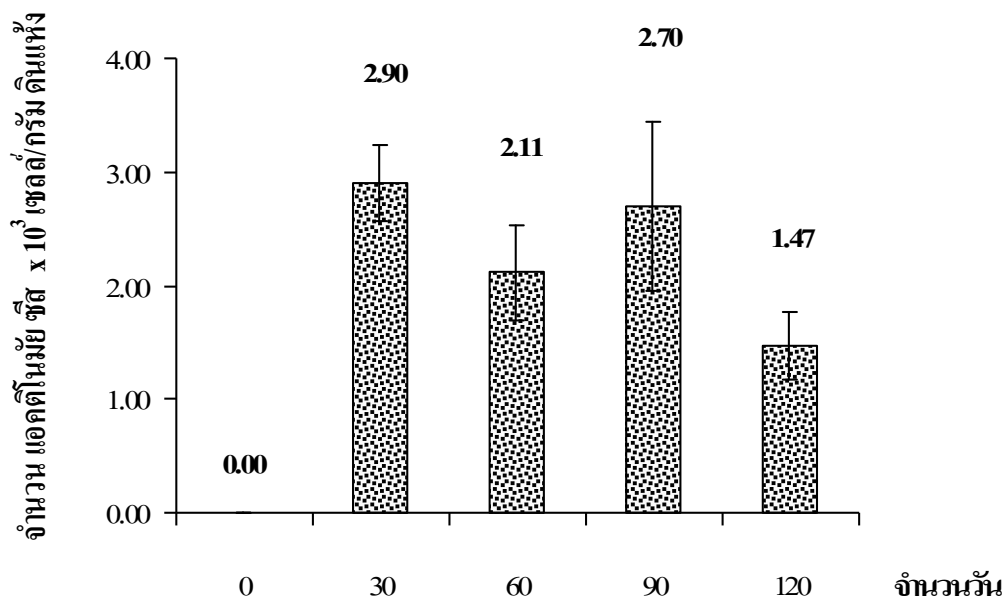


ภาพที่ 8 ตัวอย่างของแพลงก์ตอนพืชที่พบภายในบ่อทดลอง

- ก) *Fragilaria* sp. ข) *Chroococcus minor* (Kützinger) Nageli ค) *Trachelomonas* sp.
 ง) *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen จ) *Scenedesmus falcatus* Chodat
 ฉ) *Merismopedia tenuissima* Lemmermann ฌ) *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs
 ฏ) *Euglena* sp. ฌ) *Monoraphidium minutum* (Nageli) Komarkova-Legerova
 ฎ) *Scenedesmus flavescens* Chodat

1.3 จำนวนของแอคติโนไมซีสในดินพื้นบ่อ

เมื่อทำการตรวจนับปริมาณของแอคติโนไมซีส พบว่า ก่อนเริ่มการทดลองไม่พบจำนวนของแอคติโนไมซีสในระดับความเจือจางตั้งแต่ 10^{-3} แต่เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วันพบว่าปริมาณแอคติโนไมซีสมีค่าสูงที่สุด คือ 2.90×10^3 เซลล์/กรัม (ดินแห้ง) สาเหตุเนื่องมาจากในบ่อที่ใช้ในการทดลองจะมีการเติมปุ๋ยมูลไก่บดแห้งทุกสัปดาห์ทำให้ได้รับสารอาหารในบ่อเลี้ยงปลาเพิ่มมากขึ้น แต่จะมีค่าน้อยที่สุดในช่วง 90-120 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.47×10^3 เซลล์/กรัม (ดินแห้ง) (ภาพที่ 9)

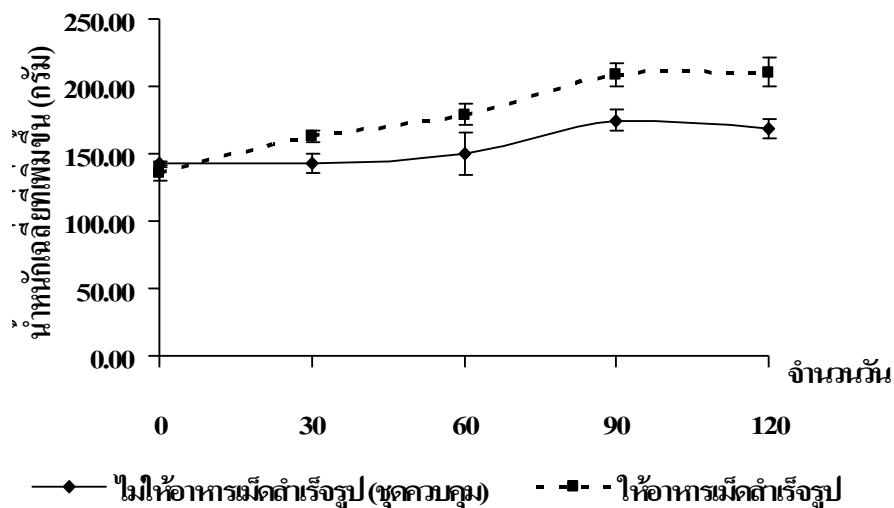


ภาพที่ 9 จำนวนของแอคติโนไมซีสที่ภายในบ่อทดลอง

1.3 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน

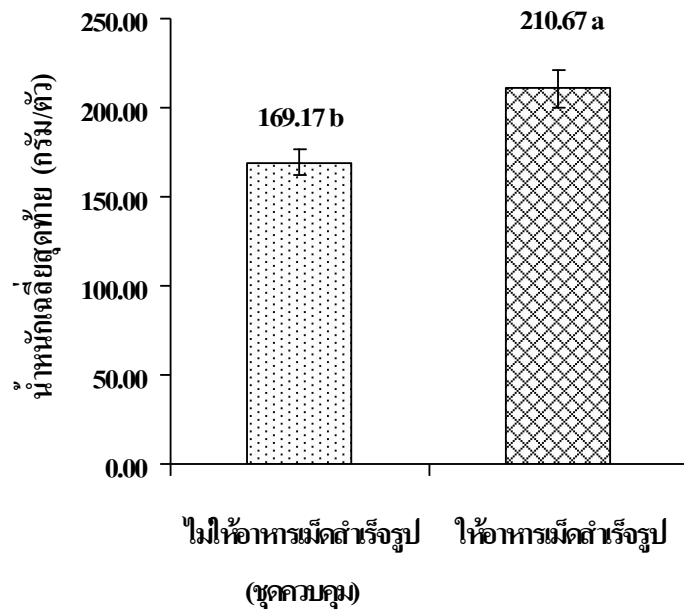
จากผลการทดลองการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศด้วยระบบน้ำเขียวในบ่อที่เติมปุ๋ยมูลไก่ในอัตราส่วน 750.0 กิโลกรัม/เฮกตาร์/สัปดาห์ ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า หน่วยทดลองที่ 2 การเลี้ยงโดยให้อาหารที่ระดับ 30 % โปรตีน มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากกว่า หน่วยทดลองที่ 1 การเลี้ยงโดยไม่ให้อาหาร (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 10) เมื่อนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย มา

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน) เนื่องจากในช่วงแรกของการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศยังไม่คุ้นเคยกับการกินอาหารเม็ดสำเร็จรูป จึงทำให้น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นแต่ละหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในช่วง 30 วันแรก

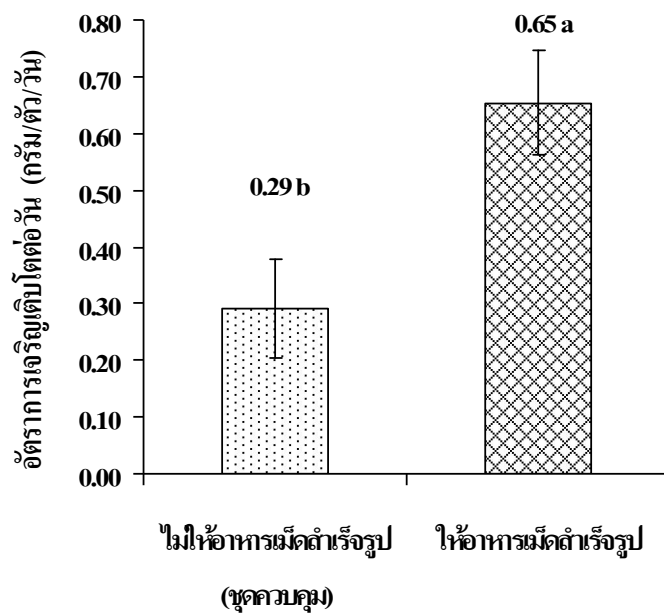


ภาพที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลแดงแปลงเพศ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลานิลแดงแปลงเพศมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหน่วยทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าเท่ากับ 210.67 ± 18.88 กรัม/ตัว ซึ่งมีความมากกว่าหน่วยทดลองที่ 1 ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 169.17 ± 12.33 กรัม/ตัว (ภาพที่ 11) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่า หน่วยทดลองที่ 2 เลี้ยงร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.65 ± 0.09 กรัม/ตัว/วัน ส่วนหน่วยทดลองที่ 1 การเลี้ยงโดยไม่ให้อาหาร (ชุดควบคุม) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 ± 0.09 กรัม/ตัว/วัน เมื่อทดสอบค่าทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 12) ส่วนอัตราการรอดพบว่าทั้งสองหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารจะทำให้ได้น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีกว่าการเลี้ยงในระบบน้ำเขียวเพียงอย่างเดียวซึ่งจะทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 11 น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลานิลแดงแปลงเพศ (กรัม/ตัว)



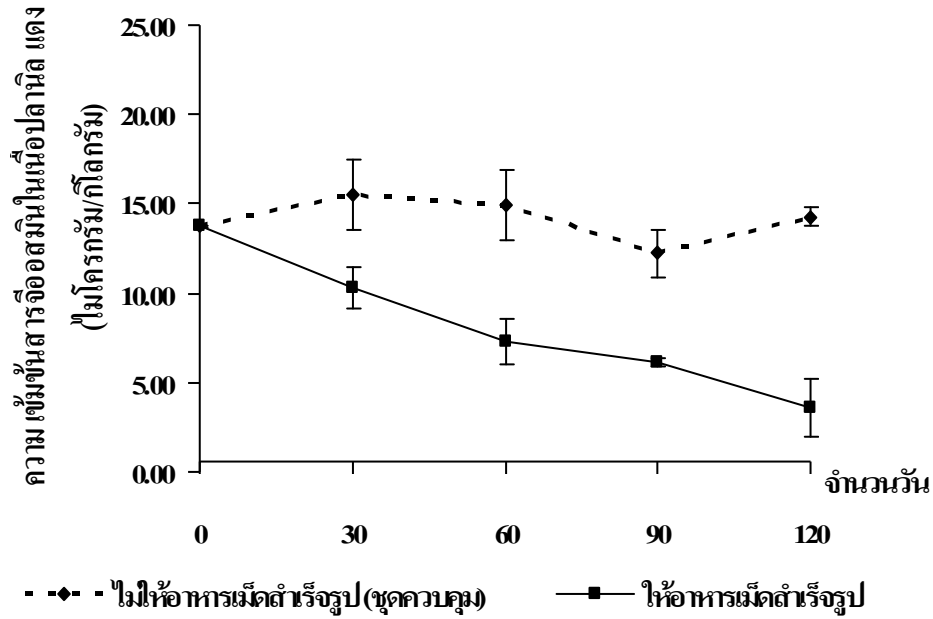
ภาพที่ 12 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลแดงแปลงเพศ (กรัม/ตัว/วัน)

1.4 ความเข้มข้นของสารจีโอสมิน และเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว

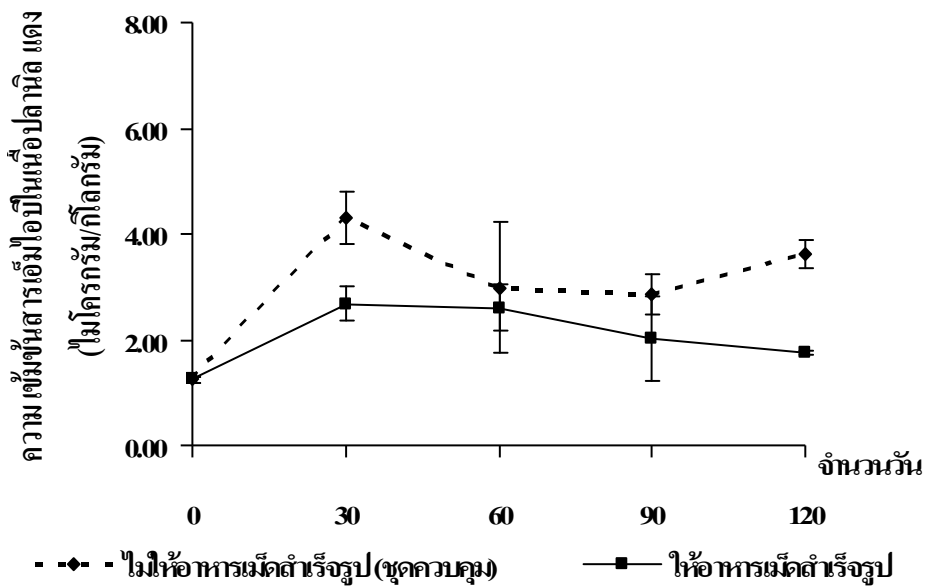
เมื่อทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบีพบว่า ความเข้มข้นของสารจีโอสมินในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.14 ± 1.24 ไมโครกรัม/ลิตร และในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.85 ± 12.37 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ส่วนความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 ± 0.42 ไมโครกรัม/ลิตร และในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.17 ± 2.38 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลก่อนการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.75 ± 1.07 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 1.25 ± 0.07 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า หน่วยการทดลองที่ 1 ปลานิลที่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) จะมีการสะสมของความเข้มข้นของสารจีโอสมิน และเอ็มไอบีมากกว่าหน่วยทดลองที่ 2 ปลานิลที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่าความเข้มข้นของสารจีโอสมินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในช่วงระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของของสารจีโอสมินในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศของหน่วยการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 14.29 ± 0.54 และ 3.62 ± 1.62 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ส่วนความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน แต่จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศของหน่วยการทดลองที่ 2 มีค่าต่ำกว่าหน่วยการทดลองที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 ± 0.26 และ 1.74 ± 0.04 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีแนวโน้มช่วยลดความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงได้ดีกว่าการเลี้ยงในน้ำเขียวอย่างเดียว



ภาพที่ 13 ความเข้มข้นของสารไดออกไซด์ในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศ

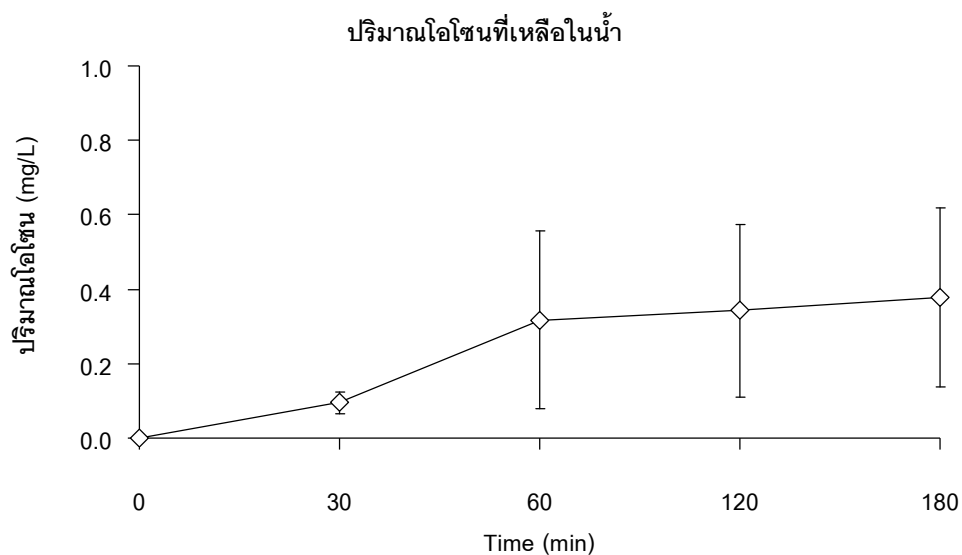


ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของสารเอมไอบีในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศ

การทดลองที่ 2: การศึกษาผลของโอโซนต่อการลดกลิ่นโคลน

2.1 การวัดปริมาณโอโซนที่เหลือในน้ำ

จากการศึกษาผลของโอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในน้ำ โดยใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิลด้วยระบบน้ำเขียว และทำการเติมปริมาณโอโซนโดยใช้เครื่องกำเนิดโอโซน ผลการทดลอง พบว่า ณ เวลา 0, 30, 60, 120 และ 180 นาที มีปริมาณโอโซนที่เหลือในน้ำ มีค่าเท่ากับ 0, 0.095 ± 0.03 , 0.318 ± 0.238 , 0.343 ± 0.233 และ 0.378 ± 0.242 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 15 ปริมาณโอโซนที่เหลือในน้ำ

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (O_3) เป็นระยะเวลา 30 นาที

ตัวแปร	ปริมาณเริ่มต้น (นาทีที่ 0 : mg/L)	ปริมาณที่เหลือเมื่อผ่าน Ozonation (นาทีที่ 30 : mg/L)	เปอร์เซ็นต์การลด (% Removal)
pH (ความเป็นกรด-ด่าง)	7.99 ± 0.35 a	8.11 ± 0.19 a	-1.83 ± 2.22
Ammonia	0.58 ± 0.08 a	0.35 ± 0.07 a	39.54 ± 8.56
Nitrite	0.17 ± 0.09 a	0.24 ± 0.17 a	-2.55 ± 27.11
Nitrate	0.53 ± 0.26 a	0.45 ± 0.19 a	-20.45 ± 36.26
Alkalinity (ความเป็นด่าง)	108.50 ± 22.63 a	79.90 ± 28.83 a	22.55 ± 3.79
Chlorophyll a	118.04 ± 14.79 a	77.91 ± 20.04 a	37.25 ± 14.55

ตารางที่ 3 การศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในน้ำ พบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพน้ำเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซนเป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.99 ± 0.35 ส่วนปริมาณแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ค่าความเป็นด่าง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ มีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 ± 0.08 , 0.17 ± 0.09 , 0.53 ± 0.26 , 108.50 ± 22.63 และ 118.04 ± 14.79 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.11 ± 0.19 ส่วนปริมาณแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ค่าความเป็นด่าง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 ± 0.07 , 0.24 ± 0.17 , 0.45 ± 0.19 , 79.90 ± 28.83 และ 77.91 ± 20.04 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของการลดโดยใช้โอโซน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.83 ± 2.22 , 39.54 ± 8.56 , -2.55 ± 27.11 , -20.45 ± 36.26 , 22.55 ± 3.79 และ 37.25 ± 14.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่า การใช้โอโซนไม่มีผลต่อปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ค่าความเป็นด่างและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ

ตารางที่ 4 ปริมาณสารก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำเขียว เมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (O_3) เป็นระยะเวลา 30 นาที

ตัวแปร	ปริมาณเริ่มต้น (นาที่ที่ 0 : $\mu\text{g/L}$)	ปริมาณที่เหลือเมื่อผ่าน Ozonation (นาที่ที่ 30 : $\mu\text{g/L}$)	เปอร์เซ็นต์การลด (% Removal)
สารจืออสมิน	5.827 ± 0.891	4.722 ± 0.090	15.11 ± 12.66
สารเอ็มไอบี	2.399 ± 0.485	4.256 ± 0.713	-102.67 ± 70.08

จากการศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในน้ำ พบว่า ปริมาณสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีในน้ำก่อนการบำบัดด้วยโอโซนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.827 ± 0.891 และ 2.399 ± 0.485 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า ความเข้มข้นของสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีที่เหลือในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.722 ± 0.090 และ 4.256 ± 0.713 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของ

การลดสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในน้ำด้วยโอโซน พบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การลดเท่ากับ 15.11 ± 12.66 และ -102.67 ± 70.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 5 ปริมาณสารก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในดินจากบ่อเลี้ยงปลาในระบบน้ำเขียว เมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (O_3) เป็นระยะเวลา 30 นาที

ตัวแปร	ปริมาณเริ่มต้น (นาที่ที่ 0 : $\mu\text{g/kg}$)	ปริมาณที่เหลือเมื่อผ่าน Ozonation (นาที่ที่ 30 : $\mu\text{g/kg}$)	เปอร์เซ็นต์การลด (% Removal)
สารจีโอสมิน	1.874 ± 0.596	0.322 ± 0.127	78.48 ± 8.64
สารเอ็มไอบี	3.240 ± 0.285	2.585 ± 1.156	24.30 ± 30.40
ปริมาณ Actinomycetes	5.30 ± 0.28	3.92 ± 1.11	25.49 ± 21.11

ตารางที่ 17 จะเห็นได้ว่าการศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในดิน พบว่า ปริมาณของสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในดินก่อนการบำบัดด้วยโอโซน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.874 ± 0.596 และ 3.240 ± 0.285 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า ความเข้มข้นของสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีที่เหลือในดินจากบ่อเลี้ยงปลานิล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.322 ± 0.127 และ 2.585 ± 1.156 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของการลดสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในดินพื้นบ่อด้วยโอโซน พบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การลดเท่ากับ 78.48 ± 8.64 และ 24.30 ± 30.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอคติโนมัยซีสในดินพื้นบ่อก่อนการบำบัดด้วยโอโซน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $5.30 \pm 0.28 \times 10^4$ CFU/g. นน.ดินแห้ง และเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่าปริมาณของแอคติโนมัยซีสในดินพื้นบ่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 ± 1.11 CFU/g. นน.ดินแห้ง และพบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การลดของปริมาณของแอคติโนมัยซีสในดินด้วยโอโซน มีค่าเท่ากับ 25.49 ± 21.11 เปอร์เซ็นต์

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1: การลดปริมาณสารจืออสมิน และเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดง โดยการจัดการทางอาหาร

จากการศึกษาการลดปริมาณสารจืออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงโดยการจัดการทางอาหาร พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าความเป็นกรดต่าง มีค่าเฉลี่ย 7.02 ± 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 7.82 ± 0.51 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยค่าออกซิเจนในน้ำที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของสัตว์น้ำอยู่มีค่าระหว่าง 5-8 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับบ่อที่มีแพลงก์ตอนพืชเจริญอย่างหนาแน่น ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอาจถึง 20 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ควรอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ส่วนค่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอซึ่งเป็นดัชนีของอาหารธรรมชาติภายในบ่อพบว่า มีความเหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 227.86 ± 28.30 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งยนต์ (2539) รายงานว่า คลอโรฟิลล์-เอ หรือแพลงก์ตอนพืช สามารถเจริญเติบโตได้ดีหรือมีปริมาณสูงในน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง บางชนิดไวต่อของเสียที่เป็นสารอินทรีย์และสารเคมี การมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงจะเป็นอาหารของสัตว์น้ำทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปก็ทำให้เกิดปัญหาการลดต่ำหรือขาดออกซิเจนในน้ำในช่วงเวลากลางคืนหรือเช้ามืด เพราะแพลงก์ตอนพืชต้องใช้ ออกซิเจนในการหายใจ

การศึกษาค้นคว้าพบว่าแอมโมเนียและค่าความเป็นกรดต่าง มีแนวโน้มสูงขึ้นจึงอาจเป็นอันตรายต่อปลานิลแดงแปลงเพศและการสะสมกลิ่นในตัวปลา ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในบ่อจะอยู่ใน 2 รูป คือ แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำมีสูงขึ้น จะส่งผลทำให้อัตราส่วนแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย ทำให้มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมาก และจะเป็นประโยชน์ให้กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจน จะใช้ในโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (Oliver and Ganf, 2000)

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 ± 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีปริมาณที่ไม่อันตรายต่อปลานิลแดง ส่วนปริมาณไนเตรทและฟอสฟอรัสพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูง มันสินและไพพรรณ (2536) กล่าวว่า การสะสมตัวของไนไตรท์เชื่อว่าเกิดจากความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาใน

ตรีฟิเคชัน ซึ่งบ่อปลาอาจพบไนโตรเจนได้สูงถึง 0.5-5 มิลลิกรัม/ลิตร Julie และคณะ (2006) กล่าวว่าในปุ๋ยมูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารที่สูงโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เมื่อสะสมที่พื้นก้นบ่อมากซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นโคลน

จากการตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบภายในบ่อดทดลอง พบว่า สาหร่ายกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินพบปริมาณมากที่สุดถึง 73.42 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบชนิดที่ก่อให้เกิดสารพิษออสมินและเอ็มไอบี และส่วนปริมาณแอกติโนมัซีสในดินพื้นบ่อพบในปริมาณ 2.30×10^3 เซลล์/กรัม ดินแห้ง ซึ่งการเกิดสารพิษออสมินและเอ็มไอบีภายในบ่อดทดลองในครั้งนี้อาจเกิดจากแอกติโนมัซีสในดินพื้นบ่อ Milie และคณะ (1992) กล่าวว่า สารประกอบพิษออสมินและเอ็มไอบีที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นโคลน เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดจากตัวกลางในวิถีเทอร์ปีน โดยสารประกอบเอ็มไอบีสร้างขึ้นจากสารประกอบ เจอรานิล-ไพโรฟอสเฟต และสารประกอบออสมินสร้างขึ้นจากสารฟานิลิล-ไพโรฟอสเฟต โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถผลิตสารก่อเกิดกลิ่นโคลน ได้แก่ *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp. และ *Phormidium* sp., (Lovell และ Broce, 1985)

จากผลการทดลอง พบว่า ปลานิลแดงแปลงเพศที่เลี้ยงในระบบน้ำเขียวร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบน้ำเขียวเพียงอย่างเดียว ($p \leq 0.05$) ศักดิ์ชัย (2536) กล่าวว่า ไพรตีนมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลามากกว่าสารอาหารชนิดอื่นๆ โดยปลามีความต้องการไพรตีนอย่างน้อยที่สุดเท่ากับปริมาณไพรตีนที่สะสมในร่างกายของปลา ถ้าให้อาหารปลาในปริมาณที่น้อยจะมีผลทำให้ปลาเจริญเติบโตช้า แต่หากให้อาหารปลาในปริมาณมากเกินไป จนกินอาหารไม่หมด อาหารที่เหลืออยู่จะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้น้ำในบ่อเน่าเสีย

ส่วนปริมาณของสารพิษออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดง พบว่า การเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีปริมาณสารพิษออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อต่ำกว่าการเลี้ยงปลานิลแดงในน้ำเขียวเพียงอย่างเดียว การดูดซึมสารพิษออสมินและเอ็มไอบีของปลาจากการกินสาหร่ายหรือพัดผ่านเข้าไปในเหงือก (วรพงษ์, 2545) แต่เมื่อปลาได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในปริมาณที่เหมาะสมก็จะทำให้ลดการกินพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือการสัมผัสกับสารพิษออสมินและเอ็มไอบีเข้าไปในตัวปลาโดยตรง สอดคล้องกับ Lovell (1976) กล่าวว่าควรมีวิธีการให้อาหาร และการ

ควบคุมปริมาณอาหารที่ให้เหมาะสมและให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ทำให้เกิดกลิ่น ส่วน Rungreungwudhikrai (1995) พบว่า ปลาไนจากบ่อเลี้ยงในภาคกลางมีความเข้มข้นของสารกลีโคลินในเนื้อที่สูง เมื่อให้อาหารสำเร็จรูปรวมกับการใช้ปุ๋ยในบ่อ โดยบ่อที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีผลให้ปริมาณสารกลีโคลินในเนื้อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ส่วนบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวพบว่ามีผลให้สารกลีโคลินในเนื้อปลาต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าปริมาณของสาร จีออสมินและเอ็มไอบีของปลาปลาไนแดงที่เลี้ยงในบ่อที่ใส่มูลไก่อ่วมกับการให้อาหารมีค่าที่ต่ำกว่าปลาปลาไนแดงที่ไม่มีการให้อาหารเนื่องจากการให้อาหารอาหารปลาปลาไนแดงจะให้ในปริมาณที่ปลาอิ่มจึงลดการเหลือของอาหารภายในบ่อ Dew (2005) ศึกษาการใช้โอโซนในการลดกลิ่นโคลนในปลา catfish พบว่าโอโซนสามารถลดกลิ่นโคลนได้ 10.88 และ 48.59 เปอร์เซ็นต์ ในเมื่อเวลาผ่านไป 30 และ 60 นาทีตามลำดับ โดยทำการเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีความเข้มข้นของสารเอ็มไอบี 10.03 ± 3.56 นาโนกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าการใช้โอโซนในการกำจัดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแต่ต้นทุนในการผลิตก็จะต้องเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นได้ว่าการลดความเข้มข้นของสารจีออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาปลาไนแดงโดยการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปมีแนวโน้มช่วยให้อาหารการสะสมของสารจีออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาลดลง แต่หากต้องการกำจัดกลิ่นโคลนไม่ให้หลงเหลือในเนื้อปลาเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ ส่วนใหญ่เกษตรกรมักจะใช้วิธีการเคลื่อนย้ายปลาจากบ่อเลี้ยงไปไว้ในน้ำสะอาดเป็นอย่างน้อย 7 วัน แต่การนี้จะทำให้ปลาสูญเสียน้ำหนักไป 9-17 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นวิธีการลดปริมาณสารกลีโคลินโคลนโดยการจัดการด้านอาหาร จึงเป็นวิธีที่สามารถช่วยลดปริมาณสารจีออสมินและเอ็มไอบีในสัตว์น้ำให้ต่ำลงได้ ส่วนด้านการจัดการภายในบ่อ คือ ควรพิจารณาอัตราส่วนในการใส่ปุ๋ยมูลไก่อให้เหมาะสมหรือควรหยุดการใส่ และควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อ

การทดลองที่ 2: การศึกษาผลของโอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในเนื้อปลา

จากการศึกษาปริมาณโอโซนที่ละลายในน้ำ พบว่า เมื่อระยะเวลาของการให้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณโอโซนเพิ่มขึ้น Venosa (1983) ได้เปรียบเทียบการละลายของออกซิเจนและโอโซนในน้ำที่อุณหภูมิ 0, 10, 20 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า โอโซนสามารถละลายได้มากกว่าออกซิเจน

ประมาณ 13 เท่า ซึ่งการละลายน้ำของโอโซนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและ Partial pressure ของโอโซนในสถานะก๊าซ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (Lin และ Yeh, 1993)

ในการศึกษาปัจจัยของคุณภาพน้ำเมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ค่าความเป็นด่าง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของการลดโดยใช้โอโซน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.83 ± 2.22 , 39.54 ± 8.56 , -2.55 ± 27.11 , -20.45 ± 36.26 , 22.55 ± 3.79 และ 37.25 ± 14.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชนินทร์ (2550) ได้ศึกษาการประเมินการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำ น้ำทิ้ง ตะกอนเลน และพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งทำการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า โอโซนสามารถลดปริมาณของผลรวมของแอมโมเนียและสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen ; TKN), แอมโมเนีย, ไนไตรท์ และ BOD_5 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้อากาศ Whangchai (2001) รายงานว่า การใช้โอโซนร่วมกับตัวกระจายโอโซน (jet aerator) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบหนาแน่น สามารถลดแอมโมเนียในน้ำได้ โดยโอโซนจะลดแอมโมเนีย แต่จะผลิต H^+ ซึ่งจะลด Alkalinity ในบ่อ สอดคล้องกับ ชัชวาล และคณะ (2544) ศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อสารประกอบไนโตรเจนละลายในน้ำจากการเลี้ยงกุ้ง โดยการเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 0, 15, 30, 60 และ 120 นาที พบว่าโอโซนสามารถเพิ่มปริมาณไนเตรท แต่ลดแอมโมเนียและไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง คิดเป็น 15 และ 98% ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของไนเตรทมีความสัมพันธ์กับการลดลงของไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าโอโซนทำให้เกิดการลดลงของไนไตรท์โดยจะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท

จากการศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดกลิ่นโคลนในน้ำ พบว่า ปริมาณของสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีในน้ำ ที่ผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า เปอร์เซ็นต์ของการลดสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีในน้ำด้วยโอโซน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.11 ± 12.66 และ -102.67 ± 70.08 เปอร์เซ็นต์ โดย Pei (2003) กล่าวว่าปริมาณ Ozonation ที่จะตอบสนองกับ เอ็มไอบีและจืออสมินจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะคุณภาพน้ำ และในการศึกษาการลดของเอ็มไอบีและจืออสมินระหว่าง โอโซน-ตัวกรองชีวภาพ พบว่า ปริมาณของโอโซนที่เพิ่มขึ้นจะสามารถลดเอ็มไอบีและจืออสมิน โดยจืออสมินจะลดลงได้น้อยกว่าเอ็มไอบี Ho (2004) ได้ศึกษาการลด metabolism cyanobacterial จากน้ำดื่ม โดยการใช้โอโซน และ granular activated carbon พบว่าในการใช้โอโซนเพื่อกำจัดเอ็มไอบีในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยใช้เอ็มไอบีตั้งต้นที่ความเข้มข้น 100 ng/L และใช้โอโซนที่ระดับ 1, 2 และ 5 mg/L ที่ระยะเวลาสัมผัส 5 นาที พบว่า สามารถทำลายโครงสร้างของ

สารประกอบเอ็มไอปี Tung (2006) ได้ศึกษาผลของ ไฮเดียมไฮโปคลอไรต์, โปตัสเซียมเปอร์เมงกาเนต และโอโซน ในการลดสารเอ็มไอปีและจีโอสมินในน้ำที่มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ *Oscillatorias* พบว่า การเพิ่มโอโซนเป็นเวลา 10 นาที ในความเข้มข้น 0.91 ไมโครกรัม/ลิตร/นาที่ สามารถลดเอ็มไอปีและจีโอสมินได้ 100 % ส่วนคลอไรด์และเปอร์เมงกาเนตสามารถลดได้เพียง 11 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 60 นาที ส่วนผลของการใช้โอโซนต่อการลดสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอปี ในดิน พบว่า เปอร์เซ็นต์ของการลดสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอปีในดินที่บำบัดด้วยโอโซน เท่ากับ 78.48 ± 8.64 และ 24.30 ± 30.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่บำบัด เมื่อผ่านการบำบัดด้วยโอโซน เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์ของการลดปริมาณของแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินเท่ากับ 25.49 ± 21.11 เปอร์เซ็นต์ จิราภา และคณะ (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) ทำการศึกษา ประสิทธิภาพของโอโซนต่อจุลินทรีย์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับกุ้งกุลาดำ พบว่าเมื่อใช้เวลาสัมผัส 1 นาที ที่ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำโอโซนในการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยมีค่าเท่ากับ 548.53 mg/l TOC ทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง โดยแปรผันตามความเข้มข้นของโอโซน สอดคล้องกับ เบญจมาศ และคณะ (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) ศึกษาผลของการฟ่นโอโซนต่อแบคทีเรียในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง พบว่า โอโซนสามารถลดปริมาณแบคทีเรียธรรมชาติในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งได้อย่างรวดเร็ว โดยปริมาณแบคทีเรียจะลดลงร้อยละ 97.1 หลังจากฟ่นโอโซนในน้ำเป็นเวลา 60 นาที

เรื่อง การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตปลานิลเพศผู้โดยใช้ฮอร์โมน

Methyltestosterone และกวาวเครือแดง (*Pueraria mirifica*)

BROODSTOCK SELECTION OF TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) FOR MALE SEX REVERSAL BY METHYTESTOSTERONE AND RED Kwao Kreua (*Pueraria mirifica*)

อุปกรณ์การวิจัยและวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 ประสิทธิภาพของการใช้กวาวเครือแดง (*Butea superba*) และฮอร์โมน 17-Methyltestosterone (MT) ต่อการแปลงเพศปลานิล 3 สายพันธุ์ (แดง, กาน้ำ และ จิตรดา)

การวางแผนการทดลองและกระชัง

ใช้กระชังขนาด 1x1x1 เมตร. จำนวนทั้งหมด 54 กระชัง ที่กางในบ่อดินขนาด 30 x 20 m² ในระดับน้ำลึก 0.6 เมตร นำลูกปลาที่เริ่มกินอาหารใส่ในกระชังละ 100 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Block Design (CRBD) แบ่งการทดลองเป็น 5 หน่วยการทดลองแต่ละหน่วยทดลองมี 3 ซ้ำ ได้แก่ : T0 = ชุดควบคุมให้ปลาปน 100 %; T1 = MT 40 mg/ปลาปน 1 กก; T2 = MT 60 mg/ปลาปน 1 กก; T3 = 100 กรัมกวาวเครือ/ปลาปน 1 กก. T4 = 200 กรัมกวาวเครือ/ปลาปน 1 กก; T5 = 300 กรัมกวาวเครือ/ปลาปน 1 กก

การเตรียมอาหารผสมฮอร์โมน :

เตรียม 40 และ 60 mg ของ MT นำไปละลายใน 200 ml ethanol (95%) แล้วพ่นในปลาปน 1 กก. ที่กรองเอาเศษกระดูกเปลือกหอยออกแล้วทิ้งทิ้งผึ่งลมนาน 24 ชม. ก่อนนำไปให้ลูกปลากินส่วนที่เหลือเก็บในตู้เย็น ส่วนกวาวเครือแดงนำไปบดให้ละเอียดตากให้แห้ง แล้วกรองเอาเศษไม้สิ่งเจือปนออกก่อนนำไปผสมในปลาปนในอัตรา 100, 200 และ 300 กรัมต่อปลาปน 1 กิโลกรัม.

อัตราการให้อาหาร :

จำนวนอาหารที่ให้ทั้งหมดคิดจากน้ำหนักของลูกปลาที่โตขึ้นในแต่ละสัปดาห์เป็นกรัม (สัปดาห์ที่ 1 = 0.01, 2 = 0.06, 3 = 0.20, 4 = 0.30). ในสัปดาห์ที่ 1 ให้อาหาร 30% ของน้ำหนักตัวปลา ให้จำนวน 5 ครั้งต่อวัน ในสัปดาห์ที่ 2 ให้อาหาร 20% ของน้ำหนักตัวปลา ให้จำนวน 4 ครั้งต่อวัน ใน

สัปดาห์ที่ 3 ให้อาหาร 15 % ของน้ำหนักตัวปลาให้จำนวน 3 ครั้งต่อวัน ในสัปดาห์ที่ 4 ให้อาหาร 10 % ของน้ำหนักตัวปลาให้จำนวน 2 ครั้งต่อวัน

การตรวจสอบอวัยวะสืบพันธุ์ :

หลังจากการเลี้ยงได้ 60 วัน สุ่มปลา 10 % จากแต่ละกระชัง (ซ้ำ) มาหาอัตราส่วนของเพศ โดยการผ่าท้องนำเอารังไข่และอวัยวะมาทำโดยวิธี squash method (Guerrero III and Shelton, 1974) และแยกเพศโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 x

การวิเคราะห์ทางสถิติ :

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของอัตราการแปลงเพศ อัตราการรอด (SR), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (GW) ของแต่ละหน่วยการทดลองใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ SPSS 9.0 แบบ One-way analysis of variance (ANOVA) ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT)

การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพของสารสกัดกาวเครือแดง (*Butea superba*) และผลของฮอร์โมน 17- β -Methyltestosterone (MT) ต่ออัตราการแปลงเพศและการเจริญเติบโตในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำในกระชังบ่อดินและในตู้กระจก

การวางแผนการทดลอง :

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยชุดการทดลองที่ 0 (ชุดควบคุม) ให้ปลาปน 100 % ชุดการทดลองที่ 1 ให้ฮอร์โมน MT 60 mg/ปลาปน 1 กก. ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ผงกาวเครือแดง 200 กรัม /ปลาปน 1 กก. ชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 5 ใช้สารสกัดกาวเครือแดง 4, 8 และ 12 มิลลิกรัม/ปลาปน 1 กก.ตามลำดับให้อาหารเป็นเวลา 28 วัน

การทดลองที่ 2.1 ทำการทดลองในกระชังบ่อดินขนาด 30×10 m² น้ำลึก 0.6 เมตร โดยใช้กระชัง 18 กระชังแบ่งออกเป็น 6 การทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีลูกปลาจำนวน 100 ตัว

การทดลองที่ 2.2 ทดลองในตู้กระจกนำปลานิลสายพันธุ์กาน้ำที่เพิ่งเริ่มกินอาหารสัมนับลงตู้ขนาด (24×12×18 นิ้ว) จำนวน 18 ตู้ แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีลูกปลาจำนวน 50 ตัว ให้อากาศตลอดการทดลองซึ่งน้ำในตู้สูง 12 นิ้ว

อัตราการใช้อาหาร :

โดยการให้อาหารผสมในอัตรา 30, 20, 15 และ 10 % ของน้ำหนักตัวโดยคิดจากน้ำหนักของลูกปลาที่โตขึ้นในแต่ละสัปดาห์เป็นกรัม (0.01, 0.06, 0.20, 0.30) ให้อาหารในสัปดาห์ที่ 1, ที่ 2, ที่ 3 และที่ 4 ตามลำดับ

การเตรียมสารสกัดกวาวเครือแดง :

สารสกัดกวาวเครือแดงเตรียมโดยนำผงกวาวเครือแดง 1 กิโลกรัมมาละลายในเอทานอล 95 % เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปกรองนำสารสกัดหยาบมา 40-50 มิลลิลิตร มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง (R-114 , Switzerland)

การเตรียมอาหาร :

60 mg ของ MT นำไปละลายใน 200 ml ethanol (95%) แล้วพ่นในปลาป่น 1 กก. ที่กรองเอาเศษกระดูกเปลือกหอยออกแล้วทิ้งผึ่งลมนาน 24 ชม. ก่อนนำไปให้ลูกปลากิน นำสารสกัดกวาวเครือแดงมา 4, 8 และ 12 มิลลิลิตร มาผสมกับปลาป่น 1 กก. ชุตควบคุมนำแอลกอฮอล์มาพ่นลงในปลาป่น 1 กก.

การตรวจสอบอวัยวะสืบพันธุ์ :

หลังจากการเลี้ยงได้ 60 วัน สุ่มปลามา 10 และ 20% จากแต่ละซ้ำทุกซ้ำจากทุกชุดการทดลอง ในบ่อดินและในตู้กระจก ตามลำดับ มาหาอัตราส่วนของเพศ โดยการผ่าท้องนำเอารังไข่และอวัยวะมาทำโดยวิธี squash method (Nuanmanee et.al., 2004) และแยกเพศโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 x

การคำนวณอัตราการรอด (SR), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (GW) ดังนี้

1. อัตราการรอด (Survival rate) %

$$= \frac{(\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง})}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

2. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

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

3. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม
 = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติ :

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการแปลงเพศ อัตราการรอด (SR), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (GW) แต่ละชุดการทดลองโดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ SPSS 9.0 แบบ One-way analysis of variance (ANOVA) ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ในการเปรียบเทียบ

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ประสิทธิภาพของการใช้กวาวเครือแดง (*Butea superba*) และฮอร์โมน 17-Methyltestosterone (MT) ต่อการแปลงเพศปลานิล 3 สายพันธุ์ (แดง, กาน้ำ และ จิตรดา)

จากตารางที่ 21 ในปลานิลแดงอัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงสุดในหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60 mg/kg) รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 1 (MT 40 mg/kg) โดยมีค่า 73.3 ± 23.0 และ 69.3 ± 31.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในปลานิล กาน้ำ อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงสุดในหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60 mg/kg) มีค่า 93.3 ± 5.8 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าในหน่วยทดลองที่ 3 (กวาวเครือ 100 g/kg) และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้ของหน่วยทดลองที่ 1 (MT 40 mg/kg) สูงกว่าในชุดควบคุมด้วยเช่นกัน ส่วนในปลานิลจิตรดา อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงสุดในหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60 mg/kg) มีค่าเท่ากับ 94.4 ± 9.6 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าในหน่วยทดลองที่ 3 (กวาวเครือ 100 g/kg) และหน่วยทดลองที่ 5 (กวาวเครือ 300 g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นกัน

นอกจากนี้อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้ระหว่างปลาแต่ละสายพันธุ์ในหน่วยทดลองเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามค่อนข้างชัดว่าปลาที่ได้รับ MT จะมีอัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงกว่าปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับกวาวเครือแดง และอัตราการใช้ระหว่างความเข้มข้น 40 และ 60 mg/kg ยังให้ผลไม่แตกต่างกันแต่อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้ก็ยังได้ผลไม่ดีเท่าที่ควรเพราะยังต่ำกว่า 95 เปอร์เซ็นต์โดย Cagauan *et.al.* (2004) กล่าวไว้ว่าการแปลงเพศปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่อยู่ใต้น้ำจะมีอัตราการแปลงเพศไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากลูกปลาได้รับอาหารจากธรรมชาติทำให้กิน

อาหารผสมฮอร์โมนได้ไม่เต็มที่ และอัตราปล่อยที่น้อยก็ทำให้ปลามีโอกาสได้รับอาหารที่ไม่ทั่วถึงอีกด้วย Phelps *et.al.*, 1995, Macintosh *et. al.*, 1988 และ Abucay and Mair, 1997 ก็รายงานว่า การใช้ MT 40 mg/kg สามารถแปลงเพศปลานิลได้ดีมากในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดเช่นในตู้กระจก ในขณะที่ Pongtana *et.al.*, 2004 กล่าวว่า การผสม MT 60 mg/kg สามารถแปลงเพศปลานิลได้ในอัตรา 97.9 ± 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อาหารผสม MT นาน 21 วัน และเป็นวิธีที่นิยมกันมากในการผลิตเชิงพาณิชย์ในการแปลงเพศโดยฮอร์โมน MT พบลูกปลาบางส่วนมี 2 เพศ (พบ oocyte และ spermatocyte) เนื่องจากลูกปลาได้ฮอร์โมนน้อยจากการที่มีอาหารธรรมชาติมากในบ่อลูกปลาจึงได้รับฮอร์โมนไม่เพียงพอ เช่นเดียวกับการให้กาวเครือที่ทำให้อัตราการแปลงเพศผู้มีความแปรปรวนและมีประสิทธิภาพไม่ดีพอสำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการโต เนื่องจากฮอร์โมนจะไม่มีผลสำคัญมากในสภาพบ่อดิน ดังเช่นในทดลองในระบบปิดหรือตู้กระจก (Jo *et. al.*, 1988). อย่างไรก็ตามในหน่วยทดลองที่ใช้กาวเครือแดงยังมีอัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงสุด 72.2 ± 25.5 เปอร์เซ็นต์ ได้จากหน่วยทดลองที่ 4 ที่ใช้ความเข้มข้นของกาวเครือแดง 200 กรัมต่อปลาปน 1 กิโลกรัมในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำ ส่วนผลของการใช้ MT ก็ให้อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงที่สุดในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำเช่นเดียวกัน พบในหน่วยทดลองที่ 2 ซึ่งใช้ MT 60 มิลลิกรัมต่อปลาปน 1 กิโลกรัม ให้อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงที่สุดถึง 94.4 ± 9.6 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการแปลงเพศผู้ (%) $\pm$ SD แต่ละหน่วยทดลองของ ปลานิล 3 สายพันธุ์

หน่วยทดลอง	นิลแดง	นิลกาน้ำ	นิลจิตรดา
T0	29.5 ± 26.4^{Aa}	47.2 ± 21.0^{Aa}	69.2 ± 8.1^{Ab}
T1	69.3 ± 31.2^{Ab}	83.3 ± 15.3^{Abc}	70.1 ± 7.6^{Ab}
T2	73.3 ± 23.0^{Ab}	93.3 ± 5.8^{Ac}	94.4 ± 9.6^{Ab}
T3	57.9 ± 11.8^{Aab}	62.2 ± 3.8^{Aab}	60.2 ± 13.1^{Aa}
T4	48.2 ± 9.9^{Aab}	72.2 ± 25.5^{Aabc}	70.9 ± 16.3^{Ab}
T5	52.4 ± 4.1^{Aab}	68.1 ± 6.4^{Aabc}	52.2 ± 32.7^{Aa}

หมายเหตุ; T0 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาปนอย่างเดียว

T1 คือ ใช้ปลาปนผสมกับฮอร์โมน Methyltestosterone ปริมาณ 40 mg/kg.

T2 คือ ใช้ปลาปนผสมกับฮอร์โมน Methyltestosterone ปริมาณ 60 mg/kg.

T3 คือ ใช้ปลาปนผสมกับกาวเครือแดงปริมาณ 100 กรัม/กิโลกรัม

T4 คือ ใช้ปลาปนผสมกับกาวเครือแดงปริมาณ 200 กรัม/กิโลกรัม

T5 คือ ใช้ปลาปนผสมกับกาวเครือแดงปริมาณ 300 กรัม/กิโลกรัม

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ (A) เปรียบเทียบสายพันธุ์ ส่วนอักษรตัวเล็กเปรียบเทียบระดับฮอร์โมน (a, b, c) ทางสถิติที่ระดับ $P < 0.05$ อักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 7, 8 และ 9 เป็นการแสดงข้อมูล SR, FCR and GW ตามลำดับ ในตารางที่ 11 ปลานิลแดงในหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60 mg/kg) พบมีอัตราการรอดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 33.3 ± 0.2 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุเนื่องมาจากในหน่วยทดลองดังกล่าวถูกปลูกัดกระชังทำให้มีลูกปลาส่วนหนึ่งหลุดออกจากกระชัง นอกจากนี้ยังพบว่าในหน่วยทดลองที่ 5 (กาวเครือแดง 300 g/kg) สูงกว่าอัตราการรอดในหน่วยทดลองที่ 1 (MT 40mg/kg) ด้วยเช่นกัน ในปลานิลกาน้ำมีอัตราการรอดในหน่วยทดลองที่ 1 (MT 40 mg/kg) มีค่ามากกว่าอัตราการรอดในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 98.0 ± 3.5 และ 81.3 ± 13.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนในปลานิลจิตรลดาไม่พบความแตกต่างของอัตราการรอดระหว่างหน่วยทดลองแต่อย่างใด

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการรอดระหว่างสายพันธุ์ในหน่วยทดลองเดียวกันปรากฏว่าในหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60 mg/kg) ในปลานิลกาน้ำมีอัตราการรอดเท่ากับ 92.3 ± 13.3 เปอร์เซ็นต์มากกว่าปลานิลแดงซึ่งมีค่าเท่ากับ 33.3 ± 0.2 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และในหน่วยทดลองที่ 4 (กาวเครือ 200 g/kg) ปลานิลกาน้ำมีอัตราการรอดสูงสุดรองลงมาเป็นปลานิลแดงและปลานิลจิตรลดา โดยมีค่าเท่ากับ 92.3 ± 2.5 , 85.0 ± 4.4 และ 76.3 ± 3.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับโดยที่อัตราการรอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการรอด (%) $\pm$ SD ในแต่ละหน่วยทดลองในปลานิล 3 สายพันธุ์

หน่วยทดลอง	นิลแดง	นิลกาน้ำ	นิลจิตรดา
T0	77.3 $\pm$ 6.4 ^{Abc}	81.3 $\pm$ 13.4 ^{Aa}	78.0 $\pm$ 6.0 ^{Aa}
T1	67.7 $\pm$ 21.0 ^{Ab}	98.0 $\pm$ 3.5 ^{Ab}	85.7 $\pm$ 24.8 ^{Aa}
T2	33.3 $\pm$ 0.2 ^{Aa}	92.3 $\pm$ 13.3 ^{Bab}	72.0 $\pm$ 38.6 ^{ABa}
T3	86.7 $\pm$ 6.0 ^{Abc}	92.3 $\pm$ 2.5 ^{Aab}	88.7 $\pm$ 2.0 ^{Aa}
T4	85.0 $\pm$ 4.4 ^{Bbc}	92.3 $\pm$ 2.5 ^{Cab}	76.3 $\pm$ 3.2 ^{Aa}
T5	89.3 $\pm$ 2.3 ^{Ac}	93.3 $\pm$ 1.5 ^{Aab}	90.0 $\pm$ 8.7 ^{Aa}

จากตารางที่ 8 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในปลานิลกาน้ำมีค่าสูงสุดในหน่วยทดลองที่ 3 (กวางเครือ 100g/kg) โดยมีค่าเท่ากับ 1.4 ± 0.0 สูงกว่าหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในปลานิลจิตรดาพบว่าในหน่วยทดลองที่ 5 (กวางเครือ 300 g/kg) และชุดควบคุมมีอัตราการเปลี่ยน

อาหารเป็นเนื้อสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 (MT 40mg/kg) และหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60mg/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ส่วนในปลานิลแดงไม่มีความแตกต่างกันระหว่างหน่วยทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อระหว่างสายพันธุ์ในหน่วยทดลองเดียวกันพบว่าในการให้ฮอร์โมนจากกวางเครือแดงที่ความเข้มข้น 100 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในหน่วยทดลองที่ 3 จะทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุดในปลานิล กาน้ำ และที่ความเข้มข้น 200 และ 300 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในหน่วยทดลองที่ 4 และ 5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจะสูงสุดในปลานิลจิตรดา

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (%) $\pm$ SD ในแต่ละหน่วยทดลองในปลานิล 3 สายพันธุ์

หน่วยทดลอง	นิลแดง	นิลกาน้ำ	นิลจิตรดา
T0	0.9 ± 0.1^{Aa}	1.0 ± 0.3^{Aa}	1.3 ± 0.2^{Ab}
T1	1.3 ± 0.5^{Aa}	0.9 ± 0.0^{Aa}	0.8 ± 0.3^{Aa}
T2	1.4 ± 0.6^{Aa}	0.8 ± 0.2^{Aa}	0.8 ± 0.3^{Aa}
T3	1.2 ± 0.2^{Aa}	1.4 ± 0.0^{Bb}	1.0 ± 0.1^{Aab}
T4	0.9 ± 0.0^{Aa}	0.9 ± 0.0^{Aa}	1.0 ± 0.0^{Bab}
T5	1.1 ± 0.2^{Aa}	0.9 ± 0.0^{Aa}	1.4 ± 0.2^{Bb}

จากตารางที่ 9 ปลานิลกาน้ำมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดในหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60mg/kg) คือมีค่าเท่ากับ 76.3 ± 14.3 กรัมสูงกว่าทุกหน่วยทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และในปลานิลจิตรดาสูงสุดในหน่วยทดลองที่ 1 (MT 40mg/kg) และหน่วยทดลองที่ 2 (MT 60mg/kg) โดยมีค่า 74.3 ± 27.3 และ 68.6 ± 20 กรัมตามลำดับ แตกต่างจากหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ($p < 0.05$)

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างสายพันธุ์ในหน่วยทดลองเดียวกันพบความแตกต่างในหน่วยทดลองที่ 3 (กวารเครือ 100 g/kg) โดยที่ในปลานิลจิตรดามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าในปลานิลกาน้ำ โดยมีค่าเท่า 50.5 ± 7.0 และ 36.0 ± 1.0 กรัมตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในหน่วยทดลองที่ 5 (กวารเครือ 300g/kg) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในปลานิลกาน้ำสูงกว่าในปลานิลแดงและปลานิลจิตรดา โดยมีค่าเท่ากับ 58.2 ± 6.3 , 48.5 ± 8.4 และ 38.3 ± 6.1 กรัมตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในหน่วยทดลองอื่น ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) $\pm$ SD ในแต่ละหน่วยทดลอง
ในปลานิล 3 สายพันธุ์

หน่วยทดลอง	นิลแดง	นิลกาน้ำ	นิลจิตรดา
T0	56.0 $\pm$ 7.5 ^{Aa}	53.9 $\pm$ 13.0 ^{Ab}	39.9 $\pm$ 6.2 ^{Aa}
T1	42.9 $\pm$ 16.9 ^{Aa}	57.8 $\pm$ 2.0 ^{Ab}	74.3 $\pm$ 27.3 ^{Ab}
T2	43.7 $\pm$ 24.4 ^{Aa}	76.3 $\pm$ 14.3 ^{Ac}	68.6 $\pm$ 20.9 ^{Ab}
T3	45.6 $\pm$ 8.1 ^{ABa}	36.0 $\pm$ 1.0 ^{Aa}	50.5 $\pm$ 7.0 ^{Ba}
T4	58.4 $\pm$ 6.4 ^{Aa}	57.5 $\pm$ 5.3 ^{Ab}	47.5 $\pm$ 4.0 ^{Aa}
T5	48.5 $\pm$ 8.4 ^{ABa}	58.2 $\pm$ 6.3 ^{Bb}	38.3 $\pm$ 6.1 ^{Aa}

การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพของสารสกัดกวางเครือแดง(*Butea superba*) และผลของฮอร์โมน 17- α -Methyltestosterone (MT) ต่ออัตราการแปลงเพศและการเจริญเติบโตในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำในกระชังในบ่อดินและในตู้กระจก

การทดลองที่ 2.1 ในกระชัง จากตารางที่ 10 อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้ในหน่วยการทดลองที่ 1 (MT 60mg/kg) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 90.0 $\pm$ 10.0 เปอร์เซ็นต์แตกต่างจากหน่วยการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในระหว่างหน่วยทดลองอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่การที่อัตราการเปลี่ยนเพศของปลานิลจากการทดลองมีค่าต่ำกว่า 95 เปอร์เซ็นต์นั้น แสดงว่าลูกปลานิลได้รับฮอร์โมนไม่เพียงพอเพราะได้รับอาหารจากธรรมชาติในปริมาณที่เพียงพออยู่แล้ว

อัตราการรอดพบมีค่าสูงสุดในหน่วยทดลองที่ 1 (MT 60mg/kg) มีค่าเท่ากับ 89.0 $\pm$ 10.1 เปอร์เซ็นต์มากกว่าในหน่วยทดลองที่ 5 (กวางเครือแดง 12ml/kg) และชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 66.7 $\pm$ 11.9 และ 64.7 $\pm$ 5.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับและมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับหน่วยทดลอง 2, 3 และ 4

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในหน่วยทดลองที่ 3 (กวางเครือแดง 4ml/kg) มีค่า 0.71 $\pm$ 0.0 มีค่าน้อยที่สุดแตกต่างจากหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างหน่วยทดลอง แต่จะมีค่าสูงๆ ในหน่วยทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสม

กวางเครือแดง แสดงว่ากวางเครือแดงสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของปลานิลได้นอกเหนือจากการช่วยในการเสื่อมสมรรถภาพในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้

การใช้ฮอร์โมน MT ในบ่อดินเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศซึ่งมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้การศึกษายังไม่มีการตีพิมพ์ (Meng-Umphun *et.al.*, 2005). ยิ่งไปกว่านั้นค่าของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นยังไม่มี ความแตกต่างกันทั้งฮอร์โมน MT หรือกวางเครือแดง(*Butea superba*) การศึกษาอื่นๆ ซึ่งทำให้ได้ใช้ประโยชน์ของฮอร์โมน MT สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้หรือชดเชยขึ้นอยู่กับจำนวนอาหารที่มีอยู่ในบ่อดิน ปริมาณกวางเครือแดง 200 กรัม/กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศสูงที่สุด $58.2 \pm 10.5\%$ แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมและชุดที่ใช้สารสกัดกวางเครือแดง แต่อัตราการรอดในทุกชุดการทดลองและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีค่าดีกว่าชุดควบคุมซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งแนะนำว่าสารประกอบในกวางเครือแดงมีสารที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของปลา

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ, อัตรารอด, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อชุดการทดลอง($\pm$ SD)ของปลานิลในกระชังในบ่อดิน

ชุดการทดลอง	อัตราการแปลงเพศ(%)	อัตราการรอด(%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
T0	45.2 ± 5.0^a	64.7 ± 5.0^a	0.79 ± 0.0^a	66.9 ± 6.0^a
T1	90.0 ± 10.0^b	89.0 ± 10.1^c	0.78 ± 0.2^a	69.7 ± 16.5^a
T2	58.2 ± 10.5^a	82.0 ± 12.1^{abc}	0.76 ± 0.1^a	70.7 ± 15.1^a
T3	31.2 ± 28.5^a	74.3 ± 8.3^{abc}	0.71 ± 0.0^b	74.3 ± 9.9^a
T4	50.0 ± 26.5^a	84.7 ± 7.4^{bc}	0.73 ± 0.0^a	72.0 ± 6.6^a
T5	56.7 ± 5.8^a	66.7 ± 11.9^{ab}	0.74 ± 0.0^a	71.0 ± 7.0^a

T0 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาป่นอย่างเดียว

T1 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาป่นผสมกับฮอร์โมน Methyltestosterone ปริมาณ 60 mg/กก.

T2 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาป่นผสมกับกวางเครือแดงปริมาณ 200 กรัม/กิโลกรัม

T3 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาป่นผสมกับกวางเครือแดงปริมาณ 4 ml/กิโลกรัม

T4 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาป่นผสมกับกวางเครือแดงปริมาณ 8 ml/กิโลกรัม

T5 คือ หน่วยทดลองที่ใช้ปลาปนผสมกับกวาวเครือแดงปริมาณ 12 ml/กิโลกรัม

a, b, c = เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับ $P < 0.05$ อักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 2.2 จากตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ, อัตรารอด, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลในตู้กระจก

อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้สูงสุดในหน่วยทดลองที่ 1 (MT 60mg/kg) มีค่าเท่ากับ 97.0 ± 5.2 เปอร์เซ็นต์แตกต่างจากทุกหน่วยทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 2, 4, ชุดควบคุม และหน่วยทดลองที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 68.1 ± 18.8 , 58.9 ± 8.3 , 54.8 ± 21.9 และ 50.0 ± 17.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่าต่ำสุดพบในหน่วยทดลองที่ 5 มีค่า 28.6 ± 14.3 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการทดลองของนวนมณีและคณะ (2547) ที่ทำการทดลองใช้ฮอร์โมนแอนโดรเจนในการแปลงเพศปลานิลระยะไข่แดงยุบอายุ 4 – 5 วันได้ระบุว่าปลานิลที่กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ความเข้มข้น 60 mg/kg จะมีสัดส่วนเพศผู้เฉลี่ยถึง 97.9 ± 1.5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการแปลงเพศปลานิลได้ผลดีเมื่อใช้ความเข้มข้นของฮอร์โมน MT ที่ระดับ 60mg/kg จะสังเกตเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศด้วย MT มีค่าสูงกว่าค่าคาดหวัง (95 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเกิดในระบบที่ไม่มีอาหารจากธรรมชาติจากการที่ใช้ 200 กรัม/กิโลกรัม ของผงกวาวเครือแดงแล้วเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศสูงกว่าชุดควบคุม และชุดที่ใช้สารสกัดกวาวเครือแดง เปอร์เซ็นต์การแปลงเพศต่ำสุดในชุดการทดลองที่ 5 (28.6%) กล่าวได้ว่าในพืชชนิดนี้มีสาร phytoandrogen และ 200 กรัม/กิโลกรัม ของผงกวาวเครือแดงแนะนำว่าเป็นระดับที่เหมาะสมต่อเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ (Meng-Umphun *et.al.*, 2005).

อัตราออดมีค่าสูงสุดในหน่วยทดลองที่ 4 (กวาวเครือ 8 ml/kg) ตามด้วยหน่วยทดลองที่ 1 มีค่า 98.7 ± 2.3 และ 96.7 ± 5.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แตกต่างจากหน่วยที่ 2 และชุดควบคุมที่มีค่า 87.3 ± 5.0 และ 86.7 ± 4.2 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตรารอดในชุดการทดลองที่ผสมฮอร์โมน MT และชุดการทดลองที่ใช้สารสกัดกวาวเครือแดงมีค่ามากกว่า 90% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับในบ่อดิน ชุดการทดลองที่ใช้สารสกัดกวาวเครือแดงมีค่าอัตราการแลกเนื้อดีกว่า, ชุดการทดลองที่ผสมฮอร์โมน MT ไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแนะนำว่าการสร้างและการใช้ฮอร์โมน MT ไม่ใช่ปัจจัย

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในหน่วยทดลองที่ 3 (กวาวเครือแดง 4 ml/kg) เท่ากับ 1.2 ± 0.1 มีค่าน้อยที่สุดต่างจากหน่วยทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีค่าสูงในหน่วยทดลองที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งเป็นหน่วยทดลองที่ได้รับ

กาวเครือแดง แสดงให้เห็นว่ากาวเครือแดงสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของปลานิลได้นอกจากนี้ในกาวเครือแดงยังมีพลังงานที่สูงถึง 1092.2 J/kg หรือ 216.5 kcal/g นั้นจะสามารถเสริมสร้างการเจริญเติบโตในสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี ในหน่วยการทดลองที่ 2 (200 g/kg *Butea superba*) มีปริมาณสารอาหารสูงเพียงพอต่อการผสมกับปลาป่น ซึ่งจะทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีค่าต่ำที่สุด ตรงกันข้ามกับในบ่อดินเพราะมีอาหารตามธรรมชาติชดเชยเมื่ออาหารไม่เพียงพอ

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ, อัตรารอด, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อชุดการทดลอง($\pm$ SD)ของปลานิลในกระชังในบ่อดิน

ชุดการทดลอง	อัตราการแปลงเพศ(%)	อัตรารอด(%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
T0	54.8 $\pm$ 21.9 ^{ab}	86.7 $\pm$ 4.2 ^a	1.4 $\pm$ 0.1 ^a	19.0 $\pm$ 1.7 ^a
T1	97.0 $\pm$ 5.2 ^c	96.7 $\pm$ 5.8 ^b	1.4 $\pm$ 0.2 ^a	19.0 $\pm$ 2.6 ^a
T2	68.1 $\pm$ 18.8 ^b	87.3 $\pm$ 5.0 ^a	1.7 $\pm$ 0.6 ^a	17.3 $\pm$ 5.7 ^a
T3	50.0 $\pm$ 17.3 ^{ab}	93.3 $\pm$ 4.6 ^{ab}	1.2 $\pm$ 0.1 ^b	21.3 $\pm$ 2.1 ^a
T4	58.9 $\pm$ 8.3 ^b	98.7 $\pm$ 2.3 ^b	1.2 $\pm$ 0.0 ^a	22.3 $\pm$ 1.5 ^a
T5	28.6 $\pm$ 14.3 ^a	94.0 $\pm$ 5.3 ^{ab}	1.3 $\pm$ 0.0 ^a	20.3 $\pm$ 0.7 ^a

เรื่อง กลยุทธ์การจัดการด้านอาหารเพื่อลดต้นทุนการผลิต

ปลานิลแปลงเพศในเขตภาคเหนือ

FEEDING STRATEGIES FOR REDUCE PRODUCTION COST OF SEX REVERSAL TILAPIA

อุปกรณ์การวิจัยและวิธีการวิจัย

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้กระชังทำด้วยเนื้อวอน PE ช่อตา 1 ซม. ขนาด $1.0 \times 3.0 \times 1.5$ เมตร (กว้าง×ยาว×ลึก) ซึ่งในบ่อดินขนาด 1,000 ตร.ม. ด้วยเสาไม้ไผ่ให้กั้นกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 0.5 ซม. ใช้ตาข่ายมุ้งสีฟ้ากรูโดยรอบกระชังส่วนที่อยู่ผิวหน้าน้ำ เพื่อป้องกันอาหารหลุดออกนอกกระชังบริเวณ และรักษาระดับให้ขอบด้านบนของกระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 30 ซม. เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 120 ซม. ตลอดการทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้ปลานิลแปลงเพศขนาดความยาวประมาณ 6 ซม. ชื้อจากโรงเพาะฟักเอกชน โดยนำลูกปลามาฟักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 3 ตร.ม. ก่อนทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในกระชังทดลอง ด้วยความหนาแน่น 10 ตัว/ตร.ม. ให้อาหารด้วยอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเป็นเวลา 7 วันเพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลองของการทดลอง คือ 5% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 14 วัน

การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของเนื้อปลา

ภายหลังการทดลองเสร็จสิ้นทุกการทดลอง จะทำการสุ่มตัวอย่างปลาในแต่ละทรีตเมนต์ เพื่อนำไปประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของเนื้อปลา โดยสุ่มอาสาสมัครในการประเมินจากนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ จำนวน 20 คน ที่มีความสนใจ และมีทักษะด้านการสังเกต การดมและจดจำกลิ่นที่ดี แล้วอบรมวิธีการประเมินก่อนล่วงหน้า โดยการประเมินทุก

ครั้งจะทำในห้องปรับอากาศ มีโต๊ะวางตัวอย่างและฉากกันเหมือนคูหาเลือกตั้ง เพื่อป้องกันการสอบถามความเห็นระหว่างผู้ประเมิน และมีน้ำดื่มเตรียมตลอดเวลาไว้สำหรับล้างปาก

แล้วเนื้อปลาข้างลำตัว (Fillet) จากแต่ละทรีตเมนต์ แล้วตัดเฉพาะเนื้อส่วนกลางใส่ซามปิดฝา ทำให้สุกด้วยเตาไมโครเวฟ กำลังไฟ 850 w เป็นเวลา 2.5 นาที (Regost *et al.*, 2001) แล้วให้อาสาสมัครประเมิน บันทึกคะแนนในแบบฟอร์มที่มีค่าคะแนนตั้งแต่ 0-10 ตามระดับการยอมรับ โดยหัวข้อที่ทำการประเมินได้แก่ สี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมัน และรสชาติโดยรวมของเนื้อปลา

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial 2×4 จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตุกและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นอาหารพื้นฐาน และเป็นอาหารควบคุม ใช้กระชังในการทดลองทั้งหมด 24 กระชัง ผลิตอาหารทดลองทั้งหมด 8 สูตร โดยใช้คาร์โบไฮเดรต 3 ชนิดคือ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และน้ำตาลทราย ในระดับ 20% ของน้ำหนักอาหาร

โดยคลุกเคล้าแป้งหรือน้ำตาลให้เข้ากันดีกับเม็ดอาหารพื้นฐาน แล้วค่อยเติมน้ำกลั่นประมาณ 400 มล./กก. เพื่อให้แป้งหรือน้ำตาลเสริมเม็ดอาหาร แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°ซ ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10% บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -20°ซ ตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 12 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 1

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ชนิดของคาร์โบไฮเดรต			
	ไม่เสริม	แป้งข้าวเจ้า (RS)	แป้งข้าวโพด (CS)	น้ำตาลทราย (SC)
อาหารปลากินพืช (CF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ
อาหารปลาดุก (HF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ

ตารางที่ 13 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ชนิดของคาร์โบไฮเดรต	%ความชื้น	% as dry weight				
			เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
CF	CF	7.19	8.81	33.38	5.03	6.06	46.72
	RS	7.60	8.30	28.41	5.43	6.60	51.25
	CS	7.32	9.03	28.68	5.70	5.07	51.47
	SC	7.22	8.42	30.24	5.89	4.98	48.67
HF	HF	6.56	8.66	24.31	4.48	8.68	53.87
	RS	7.02	8.66	17.32	4.53	8.24	61.25
	CS	6.85	8.94	17.53	4.73	8.47	60.33
	SC	6.82	8.65	18.40	4.55	9.54	58.85

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลอง แบบ Factorial 2×3 จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาอุกและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นอาหารพื้นฐาน และเป็นอาหารควบคุม ใช้กระชังในการทดลองทั้งหมด 18 กระชัง ผลิตอาหารทดลองทั้งหมด 6 สูตรใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ผสมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาอุกและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชให้มีระดับต่างกัน 3 ระดับ คือ 20%, 25% และ 30 % คลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วค่อยเติมน้ำกลั่นประมาณ 400 มล./กก. เพื่อให้แบ่งหรือน้ำตาลเสริมเม็ดอาหาร แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10% บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20°C ตลอดระยะเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 14 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 2

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับแป้งข้าวเจ้า (RS)		
	20%	25%	30%
อาหารปลากินพืช (CF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ
อาหารปลาอุก (HF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ

ตารางที่ 15 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับแบ่งข้าวเจ้า	%ความชื้น	% as dry weight				
			เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
CF	RS 20%	5.50	8.47	25.84	4.67	6.44	54.58
	RS 25%	6.19	9.02	24.80	4.61	5.13	56.44
	RS 30%	6.57	8.56	23.67	2.26	6.49	59.03
HF	RS 20%	5.25	6.93	14.24	4.44	6.04	68.35
	RS 25%	5.60	6.09	13.93	2.58	6.92	70.48
	RS 30%	5.61	5.20	13.57	3.45	6.75	71.04

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ไขมันพืชจากแหล่งต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลอง แบบ Factorial 2×4 จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตุ๊กและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นอาหารพื้นฐาน และเป็นอาหารควบคุม ใช้กระชังในการทดลองทั้งหมด 24 กระชัง ผลิตอาหารทดลองทั้งหมด 8 สูตร โดยใช้แหล่งไขมัน 3 ชนิดคือ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าวในระดับ 10% ของน้ำหนักอาหาร

โดยค่อยๆ เติมไขมันคลุกเคล้ากับเม็ดอาหารให้เข้ากันดีและเสริมเม็ดอาหาร แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10% บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -20°C ตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 16 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 3

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ชนิดของไขมัน			
	ไม่เสริม	น้ำมันปาล์ม (PO)	น้ำมันถั่วเหลือง (SO)	น้ำมันรำข้าว (RBO)
อาหารปลากินพืช (CF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ
อาหารปลาตุ๊ก (HF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ

ตารางที่ 17 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 3

ชนิดอาหาร สำเร็จรูป	ชนิดของ ไขมัน	%ความชื้น	% as dry weight				
			เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
CF	CF	7.82	8.78	26.55	4.80	7.48	52.40
	PO	8.88	8.66	22.36	14.46	7.04	47.49
	SO	8.82	8.15	22.50	14.14	7.39	47.82
	RBO	8.64	8.71	22.58	14.08	7.34	47.31
HF	HF	7.14	8.75	15.76	4.13	7.53	63.85
	PO	8.47	8.77	13.79	13.59	7.91	55.95
	SO	8.26	8.78	13.85	13.37	7.58	56.43
	RBO	7.58	8.48	13.86	13.35	7.73	56.60

การทดลองที่ 4 ศึกษาการใช้ระดับของไขมันพืชที่ต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลอง แบบ Factorial 2×3 จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตุ๊กและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นอาหารพื้นฐาน ใช้กระชังในการทดลอง ทั้งหมด 18 กระชัง ผลิตอาหารทดลองทั้งหมด 6 สูตร ใช้แหล่งไขมันพืชที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองที่ 3 ผสมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตุ๊กและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชให้มีระดับต่างกัน 3 ระดับ คือ 10% 15% และ 20% คลุกน้ำมันพืชกับอาหารพื้นฐาน แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10% บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -20°C ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 18 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 4

ชนิดของอาหารสำเร็จรูป	ระดับของน้ำมันรำข้าว (RBO)		
	10%	15%	20%
อาหารปลากินพืช (CF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ
อาหารปลาตุ๊ก (HF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ

ตารางที่ 19 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 4

ชนิดอาหาร สำเร็จรูป	ระดับ น้ำมันรำข้าว	%ความชื้น	% as dry weight				
			เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
CF	RBO 10%	7.73	8.94	27.40	14.54	6.65	42.46
	RBO 15%	8.20	8.91	26.14	19.34	6.63	38.98
	RBO 20%	8.27	8.45	25.01	24.01	6.97	35.56
HF	RBO 10%	7.62	8.84	13.79	13.93	6.99	56.45
	RBO 15%	8.35	9.00	12.46	19.02	6.48	53.04
	RBO 20%	8.47	8.94	11.08	23.92	6.80	49.25

การทดลองที่ 5 ศึกษาการใช้ระดับของคาร์โบไฮเดรต และไขมันพืชที่ต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลอง แบบ Factorial 2×2 จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตุ๊กและอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นอาหารพื้นฐาน ใช้กระชังในการทดลอง ทั้งหมด 12 กระชัง ผลิตอาหารทดลองทั้งหมด 4 สูตร ใช้แหล่งและเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตและใช้แหล่งและเปอร์เซ็นต์ไขมันจากการทดลองที่ 2 และ 4 โดยคลุกเคล้าแบ่งและน้ำมันพืชกับอาหารพื้นฐาน แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10% บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -20°C ตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 20 สูตรอาหารและการวางแผนการทดลองที่ 5

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร	
	แป้งข้าวเจ้า (RS) 20%	น้ำมันรำข้าว (RBO) 10%
อาหารปลาตุ๊ก (CF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ
อาหารปลากินพืช (HF)	3 ซ้ำ	3 ซ้ำ

ตารางที่ 21 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 5

ชนิดอาหาร สำเร็จรูป	แหล่งและระดับที่ เสริมในอาหาร	%ความชื้น	% as dry weight				
			เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
CF	RS 20%	9.51	8.90	28.15	5.22	4.69	53.04
	RBO 10%	7.39	9.45	29.04	11.97	5.68	43.85
HF	RS 20%	9.10	8.95	13.51	4.90	7.55	65.09
	RBO 10%	6.99	9.45	13.75	12.63	8.67	55.51

การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

การวิเคราะห์อาหารทดลองและองค์ประกอบของเนื้อปลา (Carcass composition)

วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลองและเนื้อปลาเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย micro-Kjeldahl ไขมันโดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method เยื่อใยโดยวิธี fritted glass crucible เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550°C 12 ชม. และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105°C 24 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1990)

ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในกระชังทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลองทั้งในและนอกกระชัง ได้แก่ อุณหภูมิและ dissolved oxygen (DO) ด้วยเครื่อง oxygen meter (YSI Model 59) Total ammonia วิเคราะห์หาค่าโดยใช้ spectrophotometer (Hach DR/2000) ส่วนค่า pH ทำการวัดโดยใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG 840)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพและการเติบโต

นับและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

$$= 100 \times \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ข. อัตรารอด (Survival) %

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100$$

ค. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

$$= \text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}$$

ง. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase)

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านเศรษฐกิจ

ก. Profit index (PI) = Value of fish / Cost of feed

ข. Incident cost (IC) = Cost of feed / kg. of fish produced

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5.0 แต่ในการทดลองแบบ factorial design หากพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรีตเมนต์มีนัยสำคัญทางสถิติ จะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธีของ Student T-Test

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ผลของชนิดอาหารที่ต่างกัน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูปมีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูป พบว่าเมื่อมีการเสริมคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 แหล่ง (แป้ง ข้าวเจ้า แป้งข้าวโพดและน้ำตาลทราย) จะทำให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการเสริมแป้งข้าวโพดมีผลทำให้น้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อมีแนวโน้มลดลง

สำหรับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูป พบว่าน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและชนิดคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดอาหารและชนิดคาร์โบไฮเดรตต่อน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ โดยปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทรายจะมีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทรายตามลำดับ ($P<0.05$) แต่อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและชนิดคาร์โบไฮเดรต

ด้านต้นทุน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปมีต้นทุน / กระชังต่ำกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าจะมีต้นทุน / กิโลกรัมต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับทุกสูตรอาหาร ยกเว้น ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวโพด (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งคาร์โบไฮเดรต (%โปรตีน)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตรา การรอดตาย (%)	อัตรา การแลกเนื้อ	ต้นทุน / กระชัง (บาท)	ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)
CF	CF (33.38)	0.74±0.01	91.82±1.92 ^a	91.07±1.88 ^a	3.93±0.07 ^a	96.67±2.40	1.88±0.02 ^a	145.29±3.47 ^a	31.91±0.38 ^{ab}
	RS (28.41)	0.87±0.02	84.29±2.86 ^{ab}	83.43±2.87 ^{ab}	3.72±0.04 ^{abc}	98.00±1.15	1.91±0.05 ^a	133.62±1.54 ^a	32.08±0.74 ^{ab}
	CS (28.68)	0.86±0.06	79.00±2.89 ^b	78.14±2.86 ^b	3.69±0.05 ^{abc}	100.00±0.00	1.99±0.02 ^{ab}	133.73±4.18 ^a	34.24±0.32 ^a
	SC (32.04)	0.77±0.06	84.53±2.53 ^{ab}	83.76±2.49 ^{ab}	3.83±0.06 ^{ab}	98.67±1.33	1.84±0.03 ^a	132.86±6.28 ^a	31.69±0.57 ^{ab}
HF	HF (24.31)	0.76±0.07	58.75±2.63 ^c	57.99±2.61 ^c	3.54±0.08 ^{cd}	98.67±1.33	2.41±0.04 ^c	87.32±4.21 ^b	30.12±0.48 ^{ab}
	RS (17.32)	0.89±0.06	55.87±1.27 ^c	54.98±1.21 ^c	3.37±0.04 ^d	96.67±0.67	2.14±0.02 ^{abc}	77.82±1.69 ^b	28.31±0.24 ^b
	CS (17.53)	0.79±0.04	61.28±1.64 ^c	60.49±1.64 ^c	3.54±0.05 ^{bcd}	88.00±5.29	2.31±0.21 ^{bc}	94.81±6.51 ^b	31.48±2.86 ^{ab}
	SC (18.40)	0.93±0.06	54.18±1.16 ^c	53.25±1.20 ^c	3.31±0.07 ^d	90.00±4.16	2.16±0.02 ^{abc}	78.26±1.26 ^b	29.40±0.27 ^{ab}
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)									
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.418	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.004
แหล่งคาร์โบไฮเดรต		0.204	0.058	0.051	0.029	0.393	0.171	0.033	0.114
ชนิดอาหาร × แหล่งคาร์โบไฮเดรต		0.300	0.016	0.015	0.044	0.064	0.335	0.123	0.828

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

การประเมินคุณภาพเนื้อปลานิล

การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรต 3 แหล่ง ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า (RS) แป้งข้าวโพด (CS) และน้ำตาลทราย (SC) พบว่ากลิ่นและความอ่อนนุ่มของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำตาลทรายและเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาเกินพืชสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้ามีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปที่ไม่เสริมคาร์โบไฮเดรตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และรสชาติโดยรวมของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาเกินพืชสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้ามีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปที่ไม่เสริมคาร์โบไฮเดรตและเสริมแป้งข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับสีและระดับไขมันของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งคาร์โบไฮเดรต	สี	กลิ่น	ความอ่อนนุ่ม	ไขมันในเนื้อ	รสชาติโดยรวม
CF	CF	6.47 $\pm$ 0.42	6.11 $\pm$ 0.40 ^a	6.43 $\pm$ 0.36 ^a	5.37 $\pm$ 0.58	6.44 $\pm$ 0.34 ^a
	RS	6.75 $\pm$ 0.36	6.81 $\pm$ 0.39 ^{ab}	6.56 $\pm$ 0.33 ^{ab}	5.37 $\pm$ 0.58	7.06 $\pm$ 0.23 ^{ab}
	CS	6.06 $\pm$ 0.38	6.31 $\pm$ 0.41 ^{ab}	6.44 $\pm$ 0.47 ^{ab}	6.06 $\pm$ 0.53	6.44 $\pm$ 0.41 ^a
	SC	6.62 $\pm$ 0.41	7.19 $\pm$ 0.28 ^b	7.31 $\pm$ 0.36 ^b	5.94 $\pm$ 0.47	7.31 $\pm$ 0.31 ^{ab}
HF	HF	6.22 $\pm$ 0.50	6.67 $\pm$ 0.42 ^{ab}	6.56 $\pm$ 0.35 ^{ab}	6.31 $\pm$ 0.55	7.07 $\pm$ 0.38 ^{ab}
	RS	7.00 $\pm$ 0.50	7.31 $\pm$ 0.48 ^b	7.50 $\pm$ 0.44 ^b	6.06 $\pm$ 0.54	7.62 $\pm$ 0.39 ^b
	CS	6.87 $\pm$ 0.52	7.06 $\pm$ 0.46 ^{ab}	7.19 $\pm$ 0.45 ^{ab}	6.25 $\pm$ 0.54	7.31 $\pm$ 0.36 ^{ab}
	SC	6.56 $\pm$ 0.34	6.81 $\pm$ 0.39 ^{ab}	7.19 $\pm$ 0.28 ^{ab}	6.56 $\pm$ 0.44	7.19 $\pm$ 0.26 ^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้ Mann – Whitney U – test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ผลของชนิดอาหารที่ต่างกัน พบว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 แหล่ง มีปริมาณความชื้น ไขมันและเยื่อใยไม่แตกต่างกับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาเกินพืชสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 แหล่ง ($P > 0.05$) สำหรับปริมาณเถ้าและ

โปรตีนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมคาร์โบไฮเดรตมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมคาร์โบไฮเดรต แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตมีค่าต่ำกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมคาร์โบไฮเดรต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลของแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน พบว่าแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล ($P > 0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารสำเร็จรูปและแหล่งคาร์โบไฮเดรต พบว่าไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล ($P > 0.05$)

ตารางที่ 24 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งคาร์โบไฮเดรต	% ความชื้น	% as dry weight				
			% เถ้า	% โปรตีน	% ไขมัน	% เยื่อใย	% คาร์โบไฮเดรต
CF	CF	78.18±0.15	8.85±0.08 ^a	61.83±0.15 ^a	11.82±0.13	6.65±0.35	10.86±0.53 ^a
	RS	78.40±0.01	9.04±0.04 ^a	61.87±0.11 ^a	12.12±0.03	6.70±0.19	10.27±0.18 ^a
	CS	78.36±0.06	8.85±0.04 ^a	61.90±0.17 ^a	12.23±0.04	6.62±0.71	10.40±0.12 ^a
	SC	78.04±0.30	8.95±0.15 ^a	61.74±0.15 ^a	12.17±0.07	6.63±0.08	10.52±0.12 ^a
HF	HF	78.13±0.18	8.62±0.04 ^b	61.27±0.10 ^b	12.05±0.03	6.62±0.15	11.44±0.06 ^b
	RS	78.14±0.06	8.59±0.02 ^b	61.31±0.03 ^b	12.11±0.08	6.76±0.09	11.26±0.07 ^b
	CS	78.26±0.14	8.60±0.12 ^b	61.46±0.27 ^b	11.94±0.14	6.75±0.06	10.96±0.32 ^b
	SC	78.17±0.16	8.58±0.20 ^b	61.55±0.18 ^b	12.19±0.10	6.65±0.24	11.07±0.59 ^b
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)							
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.541	0.000	0.001	0.844	0.586	0.009
แหล่งคาร์โบไฮเดรต		0.547	0.818	0.862	0.069	0.779	0.492
อาหารสำเร็จรูป × คาร์โบไฮเดรต		0.677	0.695	0.638	0.062	0.894	0.871

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสมมุติฐานเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้คือ pH อยู่ในช่วง 7.4-7.5 อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 27-28 °C DO อยู่ในช่วง 3.7-4.0 มก./ล. แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.40-0.55 มก./ล. ไนโตรที่อยู่ในช่วง 0.08-0.20 มก./ล. (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งคาร์โบไฮเดรต	pH	อุณหภูมิ (°C)	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตร (มก./ล.)
CF	CF	7.4 $\pm$ 0.3	28.0 $\pm$ 0.4	3.8 $\pm$ 0.5	0.55 $\pm$ 0.28	0.08 $\pm$ 0.01
	RS	7.4 $\pm$ 0.3	27.9 $\pm$ 0.5	4.0 $\pm$ 0.5	0.47 $\pm$ 0.24	0.11 $\pm$ 0.04
	CS	7.5 $\pm$ 0.3	28.2 $\pm$ 0.4	3.9 $\pm$ 0.5	0.44 $\pm$ 0.20	0.18 $\pm$ 0.07
	SC	7.5 $\pm$ 0.2	28.0 $\pm$ 0.4	3.7 $\pm$ 0.4	0.53 $\pm$ 0.30	0.17 $\pm$ 0.03
HF	HF	7.4 $\pm$ 0.2	27.9 $\pm$ 0.5	3.9 $\pm$ 0.5	0.53 $\pm$ 0.25	0.18 $\pm$ 0.05
	RS	7.4 $\pm$ 0.3	27.7 $\pm$ 0.6	3.9 $\pm$ 0.5	0.40 $\pm$ 0.21	0.17 $\pm$ 0.04
	CS	7.4 $\pm$ 0.3	28.0 $\pm$ 0.4	3.7 $\pm$ 0.5	0.54 $\pm$ 0.31	0.20 $\pm$ 0.05
	SC	7.4 $\pm$ 0.2	28.0 $\pm$ 0.4	3.9 $\pm$ 0.5	0.40 $\pm$ 0.20	0.20 $\pm$ 0.04
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)		1.000	0.998	1.000	1.000	0.622

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ผลของชนิดอาหารสำเร็จรูปที่แตกต่างกัน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูป มีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาผงสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับเดียวกัน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปมีแนวโน้มของน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาผงสำเร็จรูป

สำหรับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน พบว่าที่ระดับแป้งข้าวเจ้า 20% จะมีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตรา

การแลกเนื้อดีกว่าที่ระดับแบ่งข้าวเจ้า 30% ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับที่ระดับแบ่งข้าวเจ้า 25% ซึ่งที่ระดับแบ่งข้าวเจ้า 30% จะทำให้น้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินทรีสำเร็จรูปที่เสริมแบ่งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน พบว่าน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อ มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่เสริมแบ่งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน ส่วนอัตราการรอดตายของปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปที่เสริมแบ่งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกันจะไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและระดับแบ่งข้าวเจ้า พบว่าไม่มี ผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดอาหารและระดับแบ่งข้าวเจ้าต่อน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อ

ด้านต้นทุน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% จะมีต้นทุน / กระชังต่ำกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่เสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 30% ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับที่ระดับแบ่งข้าวเจ้า 25% และปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินทรีสำเร็จรูปที่เสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับต่างกันจะมีทิศทางของต้นทุน / กระชังเหมือนกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับต่างกัน และพบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุก และปลาอินทรีสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% จะมีต้นทุน / กิโลกรัมต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสูตรอาหาร ($P<0.05$) ยกเว้นปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% จะมีต้นทุน / กิโลกรัมไม่แตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินทรีสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 25% ($P>0.05$) ตามตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับแป้งข้าวเจ้า (%โปรตีน)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ	ต้นทุน / กระชัง (บาท)	ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)
CF	RS 20% (25.84)	12.56±0.11	46.82±1.57 ^a	34.26±1.53 ^a	1.03±0.03 ^a	83.33±1.93	2.22±0.11 ^a	62.30±3.08 ^{ab}	32.22±0.84 ^{ab}
	RS 25% (24.80)	12.39±0.24	44.70±0.60 ^a	32.31±0.76 ^a	1.01±0.02 ^{ab}	85.56±1.11	2.58±0.24 ^{ab}	71.97±6.62 ^{bc}	38.47±1.01 ^c
	RS 30% (23.67)	12.56±0.11	40.16±0.11 ^{bc}	27.61±0.07 ^{bc}	0.92±0.01 ^{bc}	86.67±0.00	3.35±0.12 ^c	93.30±3.27 ^c	42.79±0.98 ^c
HF	RS 20% (14.24)	12.33±0.19	43.98±0.69 ^{ab}	31.65±0.70 ^{ab}	1.00±0.02 ^{ab}	86.67±1.93	2.07±0.19 ^a	45.53±4.23 ^a	28.86±0.81 ^a
	RS 25% (13.93)	12.39±0.15	40.16±0.53 ^{bc}	27.77±0.68 ^{bc}	0.93±0.02 ^{bc}	83.33±1.93	2.81±0.20 ^{abc}	62.73±4.45 ^{ab}	37.42±1.67 ^{bc}
	RS 30% (13.57)	12.11±0.11	36.44±0.72 ^c	24.33±0.83 ^c	0.87±0.02 ^c	84.44±2.94	3.25±0.35 ^{bc}	73.40±7.99 ^{bc}	41.26±1.27 ^c
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)									
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.116	0.000	0.000	0.006	0.812	0.971	0.004	0.054
ระดับแป้งข้าวเจ้า		0.789	0.000	0.000	0.000	0.840	0.001	0.000	0.000
ชนิดอาหาร x ระดับแป้งข้าวเจ้า		0.404	0.601	0.550	0.515	0.268	0.638	0.594	0.575

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสมมุติเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การประเมินคุณภาพเนื้อปลานิล

การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน (20%, 25% และ 30%) พบว่าสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมัน และรสชาติโดยรวมของเนื้อปลานิล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับแป้งข้าวเจ้า	สี	กลิ่น	ความอ่อนนุ่ม	ไขมันในเนื้อ	รสชาติโดยรวม
CF	RS 20%	7.20 $\pm$ 0.39	7.60 $\pm$ 0.48	7.10 $\pm$ 0.50	7.20 $\pm$ 0.59	7.50 $\pm$ 0.52
	RS 25%	7.50 $\pm$ 0.60	7.20 $\pm$ 0.49	7.40 $\pm$ 0.62	7.40 $\pm$ 0.81	7.40 $\pm$ 0.70
	RS 30%	7.90 $\pm$ 0.41	7.30 $\pm$ 0.50	7.30 $\pm$ 0.40	7.30 $\pm$ 0.60	7.50 $\pm$ 0.52
HF	RS 20%	7.80 $\pm$ 0.49	7.60 $\pm$ 0.48	7.40 $\pm$ 0.52	7.60 $\pm$ 0.56	7.30 $\pm$ 0.78
	RS 25%	7.50 $\pm$ 0.45	7.50 $\pm$ 0.52	7.50 $\pm$ 0.34	7.20 $\pm$ 0.70	7.10 $\pm$ 0.62
	RS 30%	7.80 $\pm$ 0.39	7.20 $\pm$ 0.44	7.70 $\pm$ 0.42	6.90 $\pm$ 0.84	7.40 $\pm$ 0.54

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE วิเคราะห์โดยใช้ Mann – Whitney U – test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ผลของชนิดอาหารที่ต่างกัน พบว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณความชื้น ไขมันและเยื่อใยไม่แตกต่างกับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าทั้ง 3 ระดับ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณเถ้าและโปรตีนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าทั้ง 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% มีปริมาณต่ำกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของระดับแป้งข้าวเจ้าที่ต่างกัน พบว่าระดับของแป้งข้าวเจ้าที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล ($P>0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารสำเร็จรูปและระดับแป้งข้าวเจ้า พบว่า ไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ต่อความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล ($P>0.05$)

ตารางที่ 28 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าว
เจ้าในระดับที่ต่างกัน

ชนิดอาหาร สำเร็จรูป	ระดับ แป้งข้าวเจ้า	%ความชื้น	% as dry weight				
			%เถ้า	%โปรตีน	%ไขมัน	%เยื่อใย	%คาร์โบไฮเดรต
CF	RS 20%	78.84±0.02	9.15±0.04 ^a	61.20±0.54 ^a	12.69±0.28	6.29±0.09	10.67±0.57 ^a
	RS 25%	78.76±0.06	9.02±0.05 ^a	61.13±0.11 ^a	12.32±0.05	6.20±0.04	11.32±0.20 ^{ab}
	RS 30%	78.34±0.40	9.06±0.15 ^a	60.81±0.23 ^a	12.24±0.07	6.18±0.04	11.72±0.31 ^{ab}
HF	RS 20%	78.53±0.06	8.68±0.05 ^b	60.65±0.36 ^b	12.12±0.13	6.24±0.08	12.31±0.28 ^{ab}
	RS 25%	78.66±0.14	8.75±0.16 ^b	60.12±0.07 ^b	12.43±0.19	6.30±0.04	12.40±0.34 ^{ab}
	RS 30%	78.54±0.15	8.79±0.30 ^b	60.05±0.04 ^b	12.26±0.10	6.30±0.02	12.60±0.39 ^b
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)							
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.650	0.020	0.007	0.287	0.293	0.002
ระดับแป้งข้าวเจ้า		0.313	0.976	0.261	0.591	0.928	0.225
อาหารสำเร็จรูป x ระดับแป้งข้าวเจ้า		0.424	0.762	0.738	0.106	0.368	0.579

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้คือ pH อยู่ในช่วง 7.3-7.5 อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 26.7-26.8 °C DO อยู่ในช่วง 6.0-7.3 มก./ล. แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.60-1.13 มก./ล. ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.21-0.35 มก./ล. (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าในระดับที่ต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับแป้งข้าวเจ้า	pH	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนไตรท์ (มก./ล.)
CF	RS 20%	7.3 $\pm$ 0.1	26.7 $\pm$ 1.1	7.3 $\pm$ 1.1	1.13 $\pm$ 0.45	0.30 $\pm$ 0.08
	RS 25%	7.4 $\pm$ 0.2	26.8 $\pm$ 1.1	7.3 $\pm$ 1.1	0.74 $\pm$ 0.31	0.20 $\pm$ 0.05
	RS 30%	7.4 $\pm$ 0.2	26.8 $\pm$ 1.2	7.1 $\pm$ 1.0	0.83 $\pm$ 0.28	0.21 $\pm$ 0.06
HF	RS 20%	7.5 $\pm$ 0.2	26.7 $\pm$ 1.1	7.3 $\pm$ 1.1	0.89 $\pm$ 0.41	0.34 $\pm$ 0.14
	RS 25%	7.5 $\pm$ 0.2	26.8 $\pm$ 1.2	6.7 $\pm$ 1.1	0.71 $\pm$ 0.30	0.35 $\pm$ 0.10
	RS 30%	7.4 $\pm$ 0.1	26.8 $\pm$ 1.2	6.0 $\pm$ 0.9	0.60 $\pm$ 0.25	0.22 $\pm$ 0.05
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)		0.994	1.000	0.938	0.924	0.688

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ไขมันพืชจากแหล่งต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ผลของชนิดอาหารที่แตกต่าง พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปจะมีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ในกลุ่มของปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน พบว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวทำให้น้ำหนักสิ้นสุดและน้ำหนักที่เพิ่มมีค่าสูงกว่าการเสริมน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนในกลุ่มของปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน พบว่า น้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและแหล่งไขมัน พบว่ามีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดอาหารและแหล่งไขมันต่อน้ำหนักที่สิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการแลกเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าว จะมีน้ำหนักสิ้นสุดและน้ำหนักที่เพิ่มดีกว่าทุกสูตรอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่น้ำหนักที่เพิ่มจะไม่แตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปไม่เสริมไขมัน ($P > 0.05$) ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกันจะมีอัตราการแลกเนื้อ

ดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินพีชสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดตาย ไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและแหล่งไขมัน ($P > 0.05$)

ด้านต้นทุน พบว่าต้นทุน / กระชังของปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่ไม่เสริมไขมันจะมีความแตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน ($P < 0.05$) ซึ่งปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวจะมีต้นทุน / กระชังสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปเสริมน้ำมันปาล์ม แต่ไม่แตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปเสริมน้ำมันถั่วเหลือง ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินพีชสำเร็จรูปที่ไม่เสริมไขมันจะมีความแตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินพีชสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน และต้นทุน / กระชังของปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินพีชสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างๆ จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกัน ($P > 0.05$) สำหรับด้านต้นทุน / กิโลกรัม พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน มีต้นทุน / กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) และพบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินพีชสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกันจะมีแนวโน้มของต้นทุน / กิโลกรัม ในทิศทางเดียวกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารปลาอินพีชสำเร็จรูปที่ไม่เสริมไขมันจะมีต้นทุน / กิโลกรัม ต่ำกว่าทุกสูตรอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งของไขมัน	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตรา การแลกเนื้อ	ต้นทุน / กระชัง (บาท)	ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)
CF	CF (26.55)	68.00±0.67	300.99±1.45 ^a	233.00±0.88 ^{ab}	1.20±0.01 ^a	100.00±0.00	2.92±0.05 ^a	450.89±8.87 ^a	40.72±0.71 ^a
	PO (21.86)	67.44±0.11	285.56±11.95 ^a	218.11±11.90 ^a	1.16±0.04 ^a	100.00±0.00	3.01±0.07 ^a	484.13±9.27 ^b	45.76±0.71 ^c
	SO (22.50)	68.33±0.96	294.44±5.88 ^a	226.11±6.26 ^a	1.18±0.02 ^a	100.00±0.00	2.97±0.06 ^a	498.65±1.45 ^{bc}	45.84±0.80 ^c
	RBO (22.58)	70.83±0.25	327.00±2.22 ^b	256.17±1.98 ^b	1.23±0.00 ^a	100.00±0.00	2.85±0.02 ^a	528.49±6.52 ^c	44.28±0.34 ^c
HF	HF (15.76)	67.89±1.06	213.33±1.93 ^c	145.45±2.86 ^c	0.93±0.02 ^b	100.00±0.00	3.47±0.02 ^b	277.63±2.03 ^d	32.90±0.10 ^d
	PO (13.79)	67.00±0.33	214.44±1.11 ^c	147.45±1.31 ^c	0.94±0.01 ^b	100.00±0.00	3.34±0.03 ^b	317.10±3.15 ^e	37.56±0.39 ^b
	SO (13.85)	68.44±1.46	205.56±2.93 ^c	137.11±4.38 ^c	0.89±0.03 ^b	100.00±0.00	3.38±0.04 ^b	311.34±7.77 ^e	37.87±0.78 ^b
	RBO (13.86)	67.22±0.55	207.78±2.94 ^c	140.56±3.10 ^c	0.91±0.02 ^b	100.00±0.00	3.44±0.02 ^b	318.79±5.15 ^e	38.64±0.26 ^{ab}
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (<i>P</i> level)									
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.092	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
แหล่งไขมัน		0.187	0.010	0.022	0.270	-	0.719	0.000	0.000
ชนิดอาหาร × แหล่งไขมัน		0.107	0.002	0.006	0.145	-	0.028	0.016	0.130

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การประเมินคุณภาพเนื้อปลานิล

การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมัน 3 แหล่ง ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว พบว่าระดับไขมันของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมไขมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าวมีคะแนนสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปที่ไม่เสริมไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม และรสชาติโดยรวมของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งไขมัน	สี	กลิ่น	ความอ่อนนุ่ม	ไขมันในเนื้อ	รสชาติโดยรวม
CF	CF	6.20 $\pm$ 0.24	6.45 $\pm$ 0.24	6.60 $\pm$ 0.31	6.10 $\pm$ 0.27 ^{ab}	7.25 $\pm$ 0.25
	PO	6.55 $\pm$ 0.27	6.35 $\pm$ 0.25	6.80 $\pm$ 0.33	6.55 $\pm$ 0.24 ^{ab}	7.40 $\pm$ 0.27
	SO	6.40 $\pm$ 0.32	6.45 $\pm$ 0.20	7.00 $\pm$ 0.30	6.75 $\pm$ 0.20 ^a	7.10 $\pm$ 0.24
	RBO	6.55 $\pm$ 0.24	6.90 $\pm$ 0.19	7.00 $\pm$ 0.22	6.75 $\pm$ 0.22 ^a	7.30 $\pm$ 0.23
HF	HF	6.45 $\pm$ 0.27	6.40 $\pm$ 0.28	6.40 $\pm$ 0.22	5.65 $\pm$ 0.39 ^b	6.90 $\pm$ 0.29
	PO	6.80 $\pm$ 0.23	6.25 $\pm$ 0.22	6.75 $\pm$ 0.34	6.15 $\pm$ 0.29 ^{ab}	7.10 $\pm$ 0.32
	SO	6.55 $\pm$ 0.25	6.35 $\pm$ 0.17	6.65 $\pm$ 0.26	6.30 $\pm$ 0.26 ^{ab}	6.85 $\pm$ 0.29
	RBO	6.45 $\pm$ 0.33	6.25 $\pm$ 0.27	6.65 $\pm$ 0.29	6.50 $\pm$ 0.26 ^{ab}	7.05 $\pm$ 0.33

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้ Mann – Whitney U – test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ผลของชนิดอาหารสำเร็จรูปที่ต่างกัน พบว่าในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมไขมันจากทั้ง 3 แหล่ง มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเสริมไขมันจากทั้ง 3 แหล่ง แต่ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมไขมันจากทั้ง 3 แหล่ง จะมีปริมาณสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเสริมไขมันจากทั้ง 3 แหล่ง ($P < 0.05$) ผลของแหล่งไขมันที่ต่างกัน พบว่าแหล่งของไขมันที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล ($P > 0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและแหล่งของไขมันพบว่า ไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 32 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งของไขมัน	%ความชื้น	% as dry weight				
			%เถ้า	%โปรตีน	%ไขมัน	%เยื่อใย	%คาร์โบไฮเดรต
CF	CF	79.54±0.18	8.66±0.08	61.33±0.15 ^a	13.39±0.13	5.53±0.20	11.10±0.53
	PO	79.82±0.01	8.85±0.04	61.37±0.26 ^a	13.69±0.03	5.58±0.11	10.51±0.33
	SO	79.78±0.06	8.66±0.04	61.36±0.16 ^a	13.80±0.04	5.50±0.04	10.68±0.11
	RBO	79.36±0.40	8.76±0.15	61.31±0.23 ^a	13.74±0.07	5.51±0.04	10.69±0.31
HF	HF	79.55±0.18	8.95±0.04	60.67±0.05 ^b	13.58±0.06	5.50±0.09	11.30±0.08
	PO	79.57±0.06	8.88±0.05	61.15±0.36 ^b	13.61±0.15	5.57±0.08	10.79±0.27
	SO	79.68±0.14	8.87±0.11	60.69±0.03 ^b	13.51±0.14	5.63±0.04	11.29±0.13
	RBO	79.56±0.15	8.86±0.23	60.75±0.12 ^b	13.76±0.10	5.53±0.14	11.10±0.44
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (<i>P</i> level)							
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.790	0.055	0.002	0.603	0.752	0.108
แหล่งของไขมัน		0.443	0.869	0.551	0.103	0.915	0.396
อาหารสำเร็จรูป x แหล่งไขมัน		0.682	0.666	0.650	0.142	0.883	0.921

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±SEตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ pH ประมาณ 6.5 อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 28.7-28.8 °C DO อยู่ในช่วง 5.2-5.4 มก./ล.แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.146-0.163 มก./ล. ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.020-0.026 มก./ล. (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 33 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งไขมัน	pH	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนไตรท์ (มก./ล.)
CF	CF	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.0	5.3 $\pm$ 0.0	0.150 $\pm$ 0.005	0.023 $\pm$ 0.003
	PO	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.0	5.3 $\pm$ 0.0	0.146 $\pm$ 0.003	0.020 $\pm$ 0.000
	SO	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.0	5.2 $\pm$ 0.0	0.150 $\pm$ 0.005	0.020 $\pm$ 0.000
	RBO	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.0	5.2 $\pm$ 0.0	0.153 $\pm$ 0.003	0.026 $\pm$ 0.003
HF	HF	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.1	5.4 $\pm$ 0.0	0.163 $\pm$ 0.003	0.026 $\pm$ 0.003
	PO	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.0	5.4 $\pm$ 0.0	0.153 $\pm$ 0.003	0.026 $\pm$ 0.003
	SO	6.5 $\pm$ 0.0	28.7 $\pm$ 0.0	5.3 $\pm$ 0.0	0.156 $\pm$ 0.006	0.020 $\pm$ 0.000
	RBO	6.5 $\pm$ 0.0	28.8 $\pm$ 0.0	5.3 $\pm$ 0.0	0.150 $\pm$ 0.000	0.020 $\pm$ 0.000
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)		0.221	0.331	0.222	0.280	0.125

การทดลองที่ 4 ศึกษาการใช้ระดับของไขมันพืชที่ต่างกันเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ผลของชนิดอาหารที่แตกต่าง พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูป มีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาผงสำเร็จรูป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลของระดับน้ำมันรำข้าว พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% จะมีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% และ 20% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อัตราการแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาผงสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างกัน พบว่าน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อไม่มีทิศทางเดียวกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างกัน ($P < 0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและระดับน้ำมันรำข้าว พบว่ามีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดอาหารและระดับน้ำมันรำข้าวต่ออัตราการแลกเนื้อ ($P < 0.05$) โดยปลานิลปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างกัน จะมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาผงสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับต่างกัน ส่วนน้ำหนัก

สิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดตาย ไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและระดับน้ำมันรำข้าว ($P>0.05$)

ด้านต้นทุน ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% และ 20% มีต้นทุน / กระชังต่ำกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับจะมีต้นทุน / กระชังไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับด้านต้นทุน / กิโลกรัม พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% มีต้นทุน / กิโลกรัม ต่ำที่สุด ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% (ตารางที่ 34)



ตารางที่ 34 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับน้ำมันรำข้าว	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ	ต้นทุน / กระชัง (บาท)	ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)
CF	RBO 10%	15.56±0.11	138.39±3.32 ^a	122.84±3.29 ^a	1.79±0.02 ^a	96.67±0.00	2.92±0.04 ^a	195.49±3.19 ^a	47.11±0.47 ^{ab}
	RBO 15%	15.56±0.29	123.45±2.39 ^b	107.89±2.21 ^b	1.70±0.01 ^b	96.67±0.00	2.94±0.04 ^a	181.41±1.27 ^b	49.01±0.65 ^a
	RBO 20%	15.11±0.22	123.33±0.30 ^b	108.22±0.12 ^b	1.72±0.01 ^b	96.67±0.00	2.19±0.01 ^a	182.89±1.27 ^b	49.43±0.21 ^a
HF	RBO 10%	15.45±0.22	80.22±0.46 ^c	64.78±0.60 ^c	1.35±0.02 ^c	97.78±1.11	3.61±0.02 ^b	101.29±1.49 ^c	42.09±0.48 ^c
	RBO 15%	15.00±0.00	69.32±0.20 ^d	54.32±0.20 ^d	1.25±0.00 ^d	97.78±1.11	3.62±0.03 ^b	97.23±0.93 ^c	44.70±0.38 ^{bc}
	RBO 20%	15.11±0.11	67.47±0.93 ^d	52.35±0.82 ^d	1.23±0.01 ^d	95.56±1.11	3.27±0.02 ^b	97.81±0.51 ^c	46.89±0.88 ^{ab}
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)									
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.171	0.000	0.000	0.000	0.576	0.000	0.000	0.000
ระดับน้ำมันรำข้าว		0.153	0.000	0.000	0.000	0.300	0.704	0.000	0.000
ชนิดอาหาร×ระดับน้ำมันรำข้าว		0.323	0.522	0.432	0.112	0.300	0.012	0.016	0.109

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การประเมินคุณภาพเนื้อปลานิล

การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน (10%, 15% และ 20%) พบว่าสีของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 20% มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กลิ่นของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความอ่อนนุ่มของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% และ 20% มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนระดับไขมันของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 20% มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% และ 15% และระดับไขมันของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% มีคะแนนสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับรสชาติโดยรวมของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน (คะแนนเต็ม 10)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับน้ำมันรำข้าว	สี	กลิ่น	ความอ่อนนุ่ม	ไขมันในเนื้อ	รสชาติโดยรวม
CF	RBO 10%	6.80 $\pm$ 0.30 ^a	6.45 $\pm$ 0.25 ^a	6.55 $\pm$ 0.27 ^a	6.30 $\pm$ 0.29 ^a	6.85 $\pm$ 0.25
	RBO 15%	7.25 $\pm$ 0.23 ^{ab}	6.85 $\pm$ 0.23 ^{ab}	6.85 $\pm$ 0.21 ^{ab}	6.55 $\pm$ 0.26 ^{ab}	7.45 $\pm$ 0.26
	RBO 20%	7.55 $\pm$ 0.21 ^b	7.00 $\pm$ 0.19 ^{ab}	7.20 $\pm$ 0.25 ^{ab}	7.05 $\pm$ 0.26 ^{abc}	7.35 $\pm$ 0.22
HF	RBO 10%	7.35 $\pm$ 0.22 ^{ab}	7.20 $\pm$ 0.21 ^b	7.05 $\pm$ 0.25 ^{ab}	6.85 $\pm$ 0.26 ^{abc}	7.45 $\pm$ 0.22
	RBO 15%	7.50 $\pm$ 0.20 ^{ab}	7.10 $\pm$ 0.20 ^b	7.40 $\pm$ 0.26 ^b	7.20 $\pm$ 0.21 ^{bc}	7.40 $\pm$ 0.23
	RBO 20%	7.45 $\pm$ 0.21 ^{ab}	7.20 $\pm$ 0.26 ^b	7.45 $\pm$ 0.26 ^b	7.25 $\pm$ 0.26 ^c	7.50 $\pm$ 0.26

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้ Mann – Whitney U – test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ผลของชนิดอาหารที่ต่างกัน พบว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๋นสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมันและเยื่อใย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตากแห้งสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ ส่วนปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๋นสำเร็จรูปจะมีปริมาณสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตากแห้งสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของระดับน้ำมันรำข้าวที่ต่างกัน พบว่าระดับน้ำมันรำข้าวที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีนและเยื่อใยในเนื้อปลานิล ($P>0.05$) สำหรับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๋นสำเร็จรูปและอาหารปลาตากแห้งสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 20% จะมีปริมาณไขมันสูงกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% ($P>0.05$) ส่วนเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๋นสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตากแห้งสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 20% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% ($P>0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและระดับน้ำมันรำข้าว พบว่าไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 Chemical composition (%) ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	ระดับน้ำมันรำข้าว	%ความชื้น	% as dry weight				
			%เถ้า	%โปรตีน	%ไขมัน	%เยื่อใย	%คาร์โบไฮเดรต
CF	RBO 10%	73.69±0.02	7.66±0.08	60.61±0.07 ^a	13.69±0.28 ^a	5.71±0.11	12.33±0.16 ^{ab}
	RBO 15%	73.60±0.06	7.71±0.10	60.58±0.02 ^a	14.32±0.05 ^{ab}	5.66±0.04	11.73±0.11 ^{ab}
	RBO 20%	73.19±0.40	7.66±0.04	60.42±0.15 ^a	15.04±0.14 ^b	5.64±0.04	11.25±0.18 ^a
HF	RBO 10%	73.38±0.06	7.49±0.12	59.66±0.20 ^b	13.69±0.30 ^a	5.56±0.07	13.60±0.45 ^c
	RBO 15%	73.50±0.14	7.65±0.11	59.70±0.07 ^b	14.43±0.19 ^{ab}	5.76±0.04	12.46±0.27 ^{bc}
	RBO 20%	73.38±0.15	7.88±0.05	59.63±0.04 ^b	15.10±0.14 ^b	5.76±0.04	11.64±0.10 ^{ab}
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)							
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.650	0.967	0.000	0.739	0.693	0.002
ระดับน้ำมันรำข้าว		0.313	0.129	0.515	0.000	0.492	0.000
ชนิดอาหาร×ระดับน้ำมันรำข้าว		0.424	0.114	0.778	0.962	0.103	0.234

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ pH อยู่ในช่วง 7.1-7.3 อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 22.5-22.6[°]C DO อยู่ในช่วง 5.23-7.97 มก./ล. แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.315-0.400 มก./ล. ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.032-0.052 มก./ล. (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวในระดับที่ต่างกัน (ค่าเฉลี่ย±SE)

ชนิดของอาหารสำเร็จรูป	ระดับน้ำมันรำข้าว	pH	อุณหภูมิ (°C)	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตรเจน (มก./ล.)
CF	RBO 10%	7.3±0.1	22.6±0.1	7.80±0.03	0.363±0.038	0.052±0.013
	RBO 15%	7.2±0.0	22.6±0.0	7.50±0.03	0.315±0.014	0.036±0.001
	RBO 20%	7.1±0.0	22.6±0.0	6.60±0.00	0.333±0.010	0.048±0.011
HF	RBO 10%	7.1±0.0	22.6±0.0	6.13±0.03	0.378±0.026	0.052±0.012
	RBO 15%	7.2±0.0	22.5±0.1	7.97±0.00	0.400±0.013	0.032±0.003
	RBO 20%	7.2±0.0	22.6±0.0	5.23±0.03	0.363±0.012	0.032±0.001
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)		0.715	0.052	0.357	0.147	0.338

การทดลองที่ 5 ศึกษาการใช้แบ่งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% เสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ผลของชนิดอาหารที่ต่างกัน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรเสริมแบ่งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าว มีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรเสริมแบ่งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลของการเสริมแบ่งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าวในอาหารสำเร็จรูปทั้งสองชนิด พบว่าน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อ ($P > 0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและแหล่งคาร์โบไฮเดรตกับไขมัน พบว่าไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดอาหารและแหล่งคาร์โบไฮเดรตกับไขมัน ต่อน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการแลกเนื้อ ($P > 0.05$)

ด้านต้นทุน ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้า มีต้นทุน / กระชังไม่แตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมน้ำมันรำข้าว ($P > 0.05$) ซึ่งในปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปจะมีทิศทางเดียวกัน สำหรับต้นทุน / กิโลกรัม พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปและอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมแบ่งข้าวเจ้ามีต้นทุน / กิโลกรัมต่ำกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้ามีต้นทุน / กิโลกรัมต่ำที่สุด ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปเสริมแบ่งข้าวเจ้า (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 38 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนในการเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10%

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ	ต้นทุน / กระชัง (บาท)	ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)
CF	RS 20%	37.89±0.29	318.99±5.41 ^a	281.10±5.13 ^a	1.73±0.01 ^a	97.67±2.33	2.60±0.08 ^a	428.17±6.48 ^a	43.74±1.27 ^{ab}
	RBO 10%	37.22±0.55	298.92±6.16 ^a	261.70±6.53 ^a	1.69±0.03 ^a	96.67±2.03	2.57±0.09 ^a	437.19±11.17 ^a	48.64±1.70 ^c
HF	RS 20%	37.33±0.51	158.27±10.43 ^b	120.93±9.94 ^b	1.17±0.04 ^b	96.67±2.03	3.08±0.02 ^b	176.49±5.36 ^b	40.70±0.24 ^a
	RBO 10%	38.11±0.11	145.83±4.23 ^b	107.72±4.15 ^b	1.09±0.02 ^b	95.67±1.33	3.19±0.01 ^b	193.42±3.03 ^b	47.37±0.17 ^{bc}
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)									
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.693	0.000	0.000	0.000	0.625	0.000	0.000	0.079
แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร		0.893	0.048	0.043	0.070	0.625	0.538	0.107	0.001
ชนิดอาหาร×แหล่งและระดับที่เสริม		0.115	0.599	0.662	0.460	1.000	0.285	0.595	0.431

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การประเมินคุณภาพเนื้อปลานิล

การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้า 20% และน้ำมันรำข้าว 10% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมัน และรสชาติโดยรวมของเนื้อปลานิล (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ของคะแนนที่ได้จากการประเมินคุณภาพเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% (คะแนนเต็ม 10)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร	สี	กลิ่น	ความอ่อนนุ่ม	ไขมันในเนื้อ	รสชาติโดยรวม
CF	RS 20%	5.80 $\pm$ 0.43	5.15 $\pm$ 0.30	6.40 $\pm$ 0.33	5.65 $\pm$ 0.39	6.30 $\pm$ 0.36
	RBO 10%	5.65 $\pm$ 0.29	5.70 $\pm$ 0.25	5.95 $\pm$ 0.29	5.45 $\pm$ 0.29	6.20 $\pm$ 0.27
HF	RS 20%	5.60 $\pm$ 0.37	5.30 $\pm$ 0.31	5.50 $\pm$ 0.40	5.55 $\pm$ 0.35	6.05 $\pm$ 0.34
	RBO 10%	5.45 $\pm$ 0.33	5.60 $\pm$ 0.29	5.95 $\pm$ 0.27	5.65 $\pm$ 0.29	6.25 $\pm$ 0.25

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสัณทกเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้ Mann – Whitney U – test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ผลของชนิดอาหารที่ต่างกัน พบว่าในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าว มีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่าง ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าว

ผลของแป้งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าวที่เสริมในอาหารสำเร็จรูป พบว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปที่เสริมน้ำมันรำข้าว จะมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสดสำเร็จรูปและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของชนิดอาหารและแหล่งแป้งข้าวเจ้ากับน้ำมันรำข้าว พบว่าไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิล (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 Chemical composition (%) ของเนื้ปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10%

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร	%ความชื้น	% as dry weight				
			%เถ้า	%โปรตีน	%ไขมัน	%เยื่อใย	%คาร์โบไฮเดรต
CF	RS 20%	75.95±0.46	6.46±0.37	61.08±0.54	12.66±0.28 ^a	5.84±0.18	13.96±0.16
	RBO 10%	75.63±1.17	7.64±0.08	60.49±0.07	14.56±0.18 ^b	6.07±0.33	11.25±0.38
HF	RS 20%	76.47±1.01	7.33±0.92	60.50±0.38	12.43±0.20 ^a	6.26±0.08	13.49±1.26
	RBO 10%	75.18±0.72	6.80±0.60	59.82±0.06	14.13±0.10 ^b	5.92±0.28	13.34±0.79
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)							
ชนิดอาหารสำเร็จรูป		0.962	0.981	0.098	0.132	0.583	0.325
แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร		0.387	0.592	0.093	0.000	0.810	0.101
ชนิดอาหารxแหล่งและระดับที่เสริม		0.598	0.181	0.896	0.631	0.267	0.137

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ pH ประมาณ 7.4 อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 29.0-29.2°C DO อยู่ในช่วง 2.95-3.17 มก./ล. แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.476-0.500 มก./ล. ไนโตรที่อยู่ในช่วง 0.066-0.077 มก./ล.

ตารางที่ 41 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20% และเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% (ค่าเฉลี่ย±SE)

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	แหล่งและระดับที่เสริมในอาหาร	pH	อุณหภูมิ (°C)	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตร (มก./ล.)
CF	RS 20%	7.4±0.0	29.1±0.1	3.17±0.12	0.494±0.007	0.074±0.006
	RBO 10%	7.4±0.0	29.2±0.0	2.95±0.05	0.500±0.005	0.066±0.003
HF	RS 20%	7.4±0.0	29.0±0.1	3.01±0.03	0.476±0.015	0.072±0.004
	RBO 10%	7.4±0.0	29.1±0.0	3.02±0.01	0.481±0.013	0.077±0.007
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P level)		0.205	0.897	0.178	0.446	0.547

วิจารณ์ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล

จากการทดลองที่ 1 ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมคาร์โบไฮเดรตมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูป เพราะอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปมีระดับโปรตีนที่สูงกว่า ซึ่งระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลคือ 25% ขึ้นไป จึงทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลไม่แตกต่างกัน (เวียง, 2540) และ Abdelghany (2000) รายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลานิลอยู่ในช่วง 30-40% จากการทดลอง พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวโพดอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มต่ำกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทราย อาจเนื่องมาจากแป้งข้าวโพดมีโมเลกุลของอะไมโลสอยู่ประมาณ 26% แต่โมเลกุลของอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้ามีอยู่ประมาณ 17-30% ดังนั้นสัตว์น้ำจะสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้าได้ดีกว่าแป้งข้าวโพด เพราะโมเลกุลของแป้งข้าวเจ้ามีความซับซ้อนน้อยกว่า (เวียง, 2540) สอดคล้องกับการทดลองของ Tung และ Shiau (1991) กล่าวว่าปลานิลที่ได้รับอาหารผสมแป้ง, dextrin และ glucose ในระดับ 44 % โดยให้อาหาร 2 และ 6 มื้อ/วัน ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงทั้งหมด 8 สัปดาห์ พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสม dextrin มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับอาหารผสมแป้ง ส่วน glucose ทำให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะ dextrin มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าแป้ง

ปลามีประสิทธิภาพการย่อยแป้งและน้ำตาลแตกต่างกัน โดยวีรพงศ์ (2536) กล่าวว่า การย่อยแป้งมีขบวนการซับซ้อนมากกว่า เพราะแป้งมีโมเลกุลขนาดใหญ่เมื่อถูกย่อยจะได้สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจนกลายเป็น glucose ซึ่ง glucose จะถูกดูดซึมผ่านทางเดินอาหารเข้าไปอย่างช้าๆ ส่วนน้ำตาลมีโมเลกุลขนาดเล็ก สัตว์น้ำจึงสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ทำให้เกิดการดูดซึมอย่างรวดเร็ว (Pieper และ Pfeffer, 1980) อีกทั้งยังทำให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำตาลบางส่วนที่ยังไม่ได้ดูดซึมถูกขับออกทางปัสสาวะ ดังนั้นปลาจึงใช้ประโยชน์จากแป้งได้ดีกว่าน้ำตาล สอดคล้องกับการทดลองของ Shiau และ Chuang (1995) เมื่อปลานิลได้รับอาหารผสมคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งต่างๆ กัน คือแป้ง, glucose, maltose, sucrose และ lactose พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารผสมแป้ง มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า รองลงมาคือ maltose, sucrose, lactose และ glucose ตามลำดับ และสอดคล้องกับการทดลองของ Shiau และ Lin (1993), Shiau และ Chen

(1993) รายงานว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมแป้งมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสม glucose

เมื่อมีการเสริมคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปทำให้อัตราการแลกเนื้อดีขึ้น คาดว่าเป็นเพราะได้รับพลังงานจากแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เสริมในอาหาร โดย Erfanullah และ Jafri (1995) กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลาที่สกเทสทำให้อัตราการแลกเนื้อของปลาที่สกเทสมีแนวโน้มดีขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

Likimani และ Wilson (1982) กล่าวว่าปลากดหลวงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ได้พลังงานจากโปรตีน ไขมันและแป้ง มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีแป้ง แต่มีระดับพลังงานเท่ากันจากโปรตีนและไขมัน

การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าในอาหารสำเร็จรูปมีขีดจำกัด (ในการทดลองที่ 2) เพราะอาหารปลาที่สำเร็จรูปมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณ 47 % ส่วนอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 54.5 % เมื่อมีการเสริมแป้งข้าวเจ้าในอาหารปลาและปลากินพืชสำเร็จรูปในระดับที่สูงถึง 30% ทำให้อาหารทั้งสองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มเป็น 77% และ 84.5% ตามลำดับ ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลลดลง โดยปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตในอาหารมากเกินความต้องการ จะส่งผลให้ปลาย่อยคาร์โบไฮเดรตได้น้อยลงและปลาจะนำคาร์โบไฮเดรตส่วนที่เกินเปลี่ยนเป็นไขมันสะสมไว้ในเนื้อเยื่อของร่างกาย หรือสะสมเป็นไกลโคเจนอยู่ในตับ ซึ่งปลาอาจนำมาสลายเป็นพลังงานเมื่อขาดอาหารได้ (วีรพงศ์, 2536) ดังนั้นการเพิ่มแป้งข้าวเจ้าในอาหารปลาและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเพื่อใช้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศ จึงไม่ควรใช้เกิน 25%

สัตว์น้ำหลายชนิดที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำแต่พลังงานสูงจะกินอาหารลดลง เพราะได้รับพลังงานในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ซึ่งอาจทำให้สัตว์น้ำได้รับโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือไม่สามารถกินอาหารได้มากพอต่อความต้องการของร่างกายเพราะขีดจำกัดด้านกายภาพ เช่น ความจุของกระเพาะอาหาร แม้ว่าสัตว์น้ำบางชนิดสามารถขยายขนาดของกระเพาะอาหารได้ แต่ก็ยังต้องใช้พลังงานที่มากขึ้นในการย่อยอาหารที่มีสารอาหารต่ำแต่มีปริมาณมาก ทำให้เหลือพลังงานไปสร้างการเจริญเติบโตลดลง ดังนั้นจึงควรเพิ่มระดับโปรตีนควบคู่ไปกับการเพิ่มระดับพลังงาน เพื่อให้สัตว์น้ำได้รับสารอาหารอย่างพอเพียงแม้จะกินอาหารลดลง (McGoogan และ Gatlin III, 2000)

อัตราการแลกเนื้อของปลานิลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับแป้งข้าวเจ้าในอาหารปลาและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูป เมื่อระดับโปรตีนในอาหารลดต่ำลง ค่าอัตราการแลกเนื้อจะมีค่า

สูงขึ้น เพราะว่าค่าอัตราการแลกเนื้อเป็นตัวชี้ถึงคุณภาพอาหาร โดยอาหารที่มีโปรตีนต่ำ จะมีค่าอัตราการแลกเนื้อสูงกว่าอาหารที่มีโปรตีนสูง (เทพรรัตน์และคณะ, 2545) อีกประการหนึ่งอาจมีผลมาจากการให้อาหารปลามากเกินไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลการทดลองที่ผิดพลาด เนื่องจากปลาได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามปกติ สอดคล้องกับ Webster *et al.* (2000) แนะนำว่า ในการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสูตรอาหารในการเลี้ยงปลา การให้อาหารมากเกินไป ดีกว่าการให้อาหารที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามปกติของปลา ส่วนปลาที่มีการเติบโตต่ำนั้น อาจเป็นผลมาจากการใช้ลูกปลานาขนาดเริ่มต้นใหญ่กว่าในการทดลองครั้งนี้ ทำให้การเจริญเติบโตจำเพาะของปลาลดต่ำลง

จากการทดลองที่ 3 ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาถั่วเหลืองสำเร็จรูป ($P < 0.05$) โดยปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมน้ำมันปาล์ม มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว อาจเกิดจากในน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดกรดไลโนลินิก (n-6) ในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว ปลานิลมีความต้องการกรดไขมันจำเป็นในกลุ่มโอเมกา 6 (n-6) มากกว่าโอเมกา 3 (เวียง, 2542) ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปที่เสริมน้ำมันรำข้าวจะมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับน้ำมันถั่วเหลือง ($P > 0.05$) ถึงแม้ว่าในน้ำมันถั่วเหลืองจะมีไขมันจำเป็นกลุ่มโอเมกา 6 มากกว่าน้ำมันรำข้าว แต่ในน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันจำเป็นในกลุ่มโอเมกา 3 มากกว่าน้ำมันรำข้าว ซึ่งมานพและคณะ (2536) กล่าวว่าถ้าในอาหารปลานิลมีโอเมกา 3 มากเกินไปจะทำให้ปลาโตช้า ส่วนในอาหารปลาถั่วเหลืองสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปและอาหารปลาถั่วเหลืองสำเร็จรูปที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกัน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับ Martino *et al.* (2002) ที่เสริมไขมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมัน linseed ในอาหารปลา surubim ที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 63 วัน และ Caballero *et al.* (2002) รายงานว่า การเสริมไขมันถั่วเหลือง น้ำมันrapeseed น้ำมันปาล์มและไม่เสริมไขมันในอาหารปลา rainbow trout ที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 64 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารปลาถั่วเหลืองสำเร็จรูป ($P < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบแหล่งของไขมันที่เสริมในอาหารปลาสูตรสำเร็จรูปและปลาถั่วเหลืองสำเร็จรูป

สำเร็จรูป พบว่าอัตราการแลกเนื้อของปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมไขมันจากทั้ง 3 แหล่งและไม่เสริมไขมันจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Caballero *et al.* (2002) พบว่า ปลา rainbow trout ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมน้ำมันต่างชนิดกันจะมีอัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และ Martino *et al.* (2002) พบว่าปลา surubim มีอัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อได้รับอาหารผสมน้ำมันต่างชนิดกัน

จากการทดลองที่ 4 พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปจะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาเกินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งปลานิลที่ได้รับอาหารปลาสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% จะมีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% และ 20% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อัตราการแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยเมื่อมีการเสริมน้ำมันในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตที่ลดลง สอดคล้องกับ Regost *et al.* (2001) รายงานว่า ปลา *Psetta maxima* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 10% จะมีน้ำหนักที่เพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่าการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 20% และ 25% โดยที่มีอัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) Chou B.S. และ Shiau (1996) รายงานว่าปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันข้าวโพดผสมน้ำมันตับปลา cod และผสมน้ำมันหมู (1:1:1) ที่ระดับ 10 จะมีน้ำหนักที่เพิ่มดีกว่าปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมน้ำมันดังกล่าวระดับ 20% แต่อัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และ Lim *et al.* (2001) ได้ทดลองเลี้ยงปลา *Clarias gariepinus* ด้วยอาหารที่เสริมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 4 ระดับ และเสริมน้ำมันปาล์มธรรมชาติ 3 ระดับ พบว่าอัตราการแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ในการเลี้ยงปลาทั่วไปจะมีการเติมไขมันให้กับปลาที่เลี้ยงในระดับ 1.5-4% ส่วนในปลาในปลายี่สกเทศหรือปลาตะเพียนควรมีไขมันสูง ระดับที่แนะนำนั้นอาจสูงถึง 15% (อิทธิพร, 2532) และนอกจากปลาจะมีความต้องการไขมันเพื่อเป็นพลังงาน ได้มีการศึกษาความต้องการไขมันที่เหมาะสม (optimal lipid requirement) และคุณภาพซาก (carcass quality) พบว่าระดับของไขมันที่เหมาะสมคือ 10-15% ทำให้ปลามีการใช้โปรตีนได้มีประสิทธิภาพมาก (นิวุฒิ, 2547)

ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาส่วนมากควรอยู่ในช่วง 10-15% เพราะระดับไขมันดังกล่าวจะทำให้ปลาใช้โปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการเจริญเติบโตเป็นปกติและมีผลต่อคุณภาพซากน้อยมาก (Cowey และ Sargent, 1979)

Gatlin และ Stickney (1982) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของปลา channel catfish ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับไขมันและแหล่งไขมันแตกต่างกันในฤดูหนาว พบว่าแหล่งไขมันไม่ใช่ปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของปลา ส่วนระดับไขมันในอาหารตั้งแต่ 6-14% จะทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน และ Stickney และ Andrews (1971) ได้เลี้ยงปลา channel catfish ด้วยอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบเท่าๆกัน ที่อุณหภูมิของน้ำ 20 24 26 30 และ 33°C พบว่าอุณหภูมิจะมีผลต่อการสะสมไขมัน โดยปริมาณไขมันในตัวปลาจะสะสมเพิ่มขึ้นสูงสุด ณ อุณหภูมิ 30°C แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 33°C ปลาจะมีการนำไขมันที่เก็บสะสมไว้ออกมาใช้ประโยชน์ จึงทำให้ปริมาณไขมันในตัวปลาลดลง นอกจากนี้ Halver (1972) ยังได้รายงานว่า ความต้องการไขมันของปลาจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาด อายุของปลา การทำงานของร่างกาย วิธีการให้อาหาร ปริมาณแสง สภาวะแวดล้อม คุณสมบัติทางชีวเคมีของน้ำ องค์ประกอบของอาหารและชนิดของปลา

อำนาจ (2525) รายงานว่าระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาเขตร้อน เช่น ปลานิล ปลาดุก และปลาไหล ควรมีประมาณ 10% และสำหรับปลาคาร์พควรมีประมาณ 10-15% นอกจากนี้ระดับไขมันในอาหารปลายังมีผลต่อการผลิตอาหารปลาด้วย เช่นการผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำไม่ควรมีไขมันเกิน 5% เพราะอาหารเม็ดลอยน้ำจำเป็นต้องมีคาร์โบไฮเดรตปริมาณมากเพื่อจะได้พองตัวเวลาถูกไอน้ำ และ Jauncey และ Ross (1982) รายงานว่าการเลี้ยงปลาเชิงการค้า เช่น ปลาดุก ปลานิล ปลาเทรา เป็นต้น ควรได้รับอาหารที่มีไขมันไม่เกิน 8% เพราะไขมันที่มากเกินไปทำให้การอัดเม็ดยากขึ้น ซึ่งถ้าต้องการอาหารที่มีไขมันมากกว่า 8% ก็อาจใส่เพิ่มได้โดยการพ่นเคลือบ (spray) ที่ผิวอาหารเม็ด หลังจากเสร็จสิ้นการอัดเม็ด

การใช้ไขมันเคลือบในอาหารเม็ด มีข้อดีที่มีกลิ่นไปกระตุ้นให้ปลากินอาหารดีขึ้น แต่อาจมีปัญหาในการเก็บรักษา ซึ่งอาจเหม็นหืนได้เนื่องจากการออกซิเดชันในไขมัน จึงควรใส่สารกันหืน เช่น บิเชท (BHT) หรืออีทอกไซควิน (ethoxyquin) ในอัตรา 200 กรัม/ตัน และเก็บอาหารในที่มืด หรืออุณหภูมิต่ำจะช่วยรักษาคุณภาพอาหารได้ (วีระพงษ์, 2536)

จากการทดลองที่ 5 พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารปลาดุกเสริมแป้งข้าวเจ้า (20%) และน้ำมันรำข้าว (10%) มีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชเสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เพราะว่าอาหารปลาดุกสำเร็จรูป (28.60%) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าอาหารปลากินพืช

สำเร็จรูป (13.63%) เนื่องจากปลามีความต้องการโปรตีนอย่างน้อยที่สุดเท่ากับปริมาณโปรตีนที่สะสมอยู่ในร่างกายของปลา โดยที่ปลากินพืช ปลากินพืชและเนื้อ และปลากินเนื้อมีความต้องการโปรตีนประมาณ 18-25, 25-32 และ 30-35% ตามลำดับ (ศักดิ์ชัย, 2536) และระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลคือ 25% ขึ้นไป จึงทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลแตกต่างกัน (เวียง, 2540) และ Abdelghany (2000) รายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลานิลอยู่ในช่วง 30-40 %

Seenappa และ Devaraj (1995) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงปลา *Catla catla* ด้วยอาหารที่มีโปรตีน (25, 30 และ 35%) คาร์โบไฮเดรต (15, 25 และ 35%) และไขมัน (4, 8 และ 12%) ในระดับต่างกัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาจะขึ้นอยู่กับระดับโปรตีนในอาหารมากกว่าการเสริมคาร์โบไฮเดรตและไขมัน อย่างไรก็ตามในอาหารของสัตว์น้ำควรมีคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นส่วนประกอบในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อความต้องการของปลา (30 : 35 : 4)

ผลของการเสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าวในอาหารสำเร็จรูปทั้งสองชนิด พบว่าน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Catacutan และ Coloso (1997) พบว่าปลา *Lates calcarifer* ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 42.5% และมีการเสริมคาร์โบไฮเดรต 2 ระดับ คือ 15 และ 20% และเสริมไขมัน 3 ระดับ คือ 6, 12 และ 18% จะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งในสูตรอาหารที่เสริมคาร์โบไฮเดรต 20% และเสริมไขมัน 12 และ 18% จะมีน้ำหนักสิ้นสุดดีที่สุด

ปลาจะสามารถเก็บสะสมไขมันไว้ในร่างกายได้เมื่อได้รับปริมาณระดับไขมันที่เหมาะสมซึ่งไขมันในอาหารควรมีปริมาณ 3.5-12 % ของน้ำหนักอาหาร สำหรับปลานิล (*Tilapia zillii*) ที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหาร 4 สูตร ที่มีระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากัน คือโปรตีน 30% และพลังงานเท่ากับ 300 กิโลแคลอรี แต่มีระดับของคาร์โบไฮเดรต (เดกซ์ตริน) กับไขมัน (ใช้น้ำมันตับปลาผสมกับน้ำมันถั่วเหลือง) แตกต่างกัน พบว่าปลาสามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตและไขมันเพื่อเป็นแหล่งพลังงานได้ โดยอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไขมันที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 2.52 : 1 สำหรับอาหารที่มีไขมันในปริมาณที่มากแต่ไม่มีคาร์โบไฮเดรต กับอาหารที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากแต่ไม่มีไขมันจะทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตน้อย และการเพิ่มอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไขมัน ทำให้ตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีไกลโคเจนสะสมเพิ่มขึ้น (Garling และ Wilson, 1977)

สำหรับอัตราการรอดของปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุกและปลากินพืชสำเร็จรูปที่เสริมด้วยระดับของคาร์โบไฮเดรตและไขมันจากแหล่งที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

สอดคล้องกับ Catacutan และ Coloso (1997) รายงานว่าปลากะพงขาวเมื่อได้รับอาหารที่เสริมคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ต่างกัน จะมีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกัน

การประเมินคุณภาพเนื้อของปลานิล

จากการทดลองที่ 1 การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมคาร์โบไฮเดรต 3 แหล่ง จะมีสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมันและรสชาติโดยรวมของเนื้อ ไม่แตกต่างกัน แต่กลิ่น ความอ่อนนุ่มและรสชาติโดยรวมของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารกินพืชสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าจะดีที่สุด และระดับของการเสริมแป้งข้าวเจ้า (20%, 25% และ 30%) จะไม่มีผลต่อสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมันและรสชาติโดยรวมของเนื้อปลา (การทดลองที่ 2)

จากการทดลองที่ 3 การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมไขมัน 3 แหล่ง พบว่าสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ไขมันในเนื้อและรสชาติโดยรวมของเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับ Turchini (2003) ได้ทดลองเลี้ยงปลา *Salmo trutta* L. ด้วยอาหารที่เสริมไขมันจากแหล่งต่างกันในอัตรา 10.3% (น้ำมันปลา น้ำมันคาโนลา น้ำมันปาล์ม น้ำมันสัตว์ปีกและน้ำมันหมู) เมื่อทำการประเมินคุณภาพเนื้อปลาพบว่าสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ไขมันในเนื้อและรสชาติโดยรวมของเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และสอดคล้องกับ Turchini (2007) ทดลองเลี้ยงปลา *Tinca tinca* ด้วยอาหารที่เสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมัน linseed (10:0, 7.5:2.5, 5:5, 2.5:7.5 และ 0:10) ในอัตรา 10% เมื่อทำการประเมินคุณภาพเนื้อปลาพบว่ากลิ่น ไขมันในเนื้อและรสชาติโดยรวมของเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และระดับของการเสริมน้ำมันรำข้าว (10%, 15% และ 20%) จะไม่มีผลต่อกลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมันและรสชาติโดยรวมของเนื้อปลา (การทดลองที่ 4)

จากการทดลองที่ 5 การประเมินคุณภาพของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปที่เสริมแป้งข้าวเจ้า 20% และน้ำมันรำข้าว 10% พบว่าสี กลิ่น ความอ่อนนุ่ม ระดับไขมันและรสชาติโดยรวมของเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

เอกสิทธิ์ (2543) กล่าวว่า อาหารผสมสำเร็จรูปทั่วไปไม่มีผลกระทบต่อรสชาติของเนื้อปลานิล อาหารปลาที่มีไขมันสูงจะทำให้คุณภาพเนื้อปลาดำ แต่ถ้าเนื้อปลามีไขมันน้อยเกินไปจะแห้งและแข็งไม่ชวนบริโภค

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๊กที่เสริมคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 แหล่ง และเนื้อปลานิลที่ได้รับปลากินพืชสำเร็จรูปที่เสริมคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 แหล่ง (การทดลองที่ 1) พบว่ามีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชนิดอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับ Shiao (1997) รายงานว่าการเสริม glucose และแป้งในอาหารปลานิล ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีนและไขมันในเนื้อปลา Tung และ Shiao (1991) และ Pan *et al.* (2003) พบว่า การเสริมแป้ง dextrin และ glucose ในอาหารปลานิล จะไม่ทำให้ปริมาณความชื้นและเถ้าในเนื้อปลาแตกต่างกัน ($P>0.05$) Shiao และ Chang (1995) รายงานว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริม glucose maltose sucrose lactose และแป้ง จะมีปริมาณโปรตีนและเถ้าในเนื้อปลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๊กเสริมแป้งข้าวเจ้าระดับทั้ง 3 ระดับ และปลากินพืชสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าระดับทั้ง 3 ระดับ (การทดลองที่ 2) พบว่ามีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชนิดอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับ Nematipour *et al.* (1992) รายงานว่า การเสริมระดับคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกันในอาหารปลา hybrid Striped Bass พบว่าองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา คือปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าจะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) Hutchins *et al.* (1998) พบว่าปลา sunshine bass ที่ได้รับอาหารผสม dextrin 20% และ 40% จะมีปริมาณเถ้า โปรตีนและไขมันในเนื้อปลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และ Lee *et al.* (2003) กล่าวว่า ปลา *Paralichthys olivaceus* ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม dextrin ที่ระดับ 5-25% เป็นเวลา 45 วัน เมื่อทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีนและเถ้า ไม่มีความแตกต่างกัน Erfanullah และ Jafri (1995) รายงานว่า เมื่อเสริม dextrin 30%, 35% และ 40% ในอาหารแล้วนำเนื้อปลาไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้า จะไม่มีแตกต่างกัน ($P>0.05$)

เมื่อทำการเสริมแป้งข้าวเจ้าในอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูปและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปในระดับที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลามีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับ Erfanullah และ Jafri (1998) รายงานว่า ปลาตุ๊ก (*Clarias batrachus*) ที่ได้รับอาหารผสม dextrin ตั้งแต่ 0.02%–43% พบว่าเมื่อมีการเพิ่มระดับ dextrin ในอาหารมากขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาลดลง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๊กที่เสริมไขมันทั้ง 3 แหล่ง และเนื้อปลานิลที่ได้รับปลากินพืชสำเร็จรูปที่เสริมไขมันทั้ง 3 แหล่ง (การทดลองที่ 3) พบว่ามี

ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชนิดอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับ Regost *et al.* (2003) รายงานว่า ปลา turbot ที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมัน linseed พบว่ามีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมันในเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และ Martino *et al.* (2002) ผสมน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมัน linseed ในอาหารปลา surubim พบว่าปริมาณความชื้น เถ้าและโปรตีนในเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาทุกลำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ และเนื้อปลานิลที่ได้รับปลาเก๋สำเร็จรูปที่เสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ (การทดลองที่ 4) มีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีนและเยื่อใย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชนิดอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับ Chou และ Shiau (1996) รายงานว่าปลานิลลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันข้าวโพดผสมน้ำมันตับปลา cod และผสมน้ำมันหมู (1:1:1) ที่ระดับ 5% 10% 15% และ 20% จะทำให้เนื้อปลามีปริมาณเถ้าและโปรตีน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และ Regost *et al.* (2001) รายงานว่าปลา *Psetta maxima* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 10% 15% 20% และ 25% จะทำให้เนื้อปลามีปริมาณความชื้น เถ้าและโปรตีน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

สำหรับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาทุกลำสำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาเก๋สำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 20% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% ($P>0.05$) และเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาทุกลำสำเร็จรูปและอาหารปลาเก๋สำเร็จรูปเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 20% จะมีปริมาณไขมันสูงกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 15% ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Regost *et al.* (2001) ที่ได้ทดลองเลี้ยงปลา *Psetta maxima* ด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 10% 15% 20% และ 25% พบว่าเนื้อปลาจะมีปริมาณไขมันแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเมื่อการเสริมน้ำมันระดับสูงขึ้นจะพบปริมาณไขมันในเนื้อปลาสูงขึ้นด้วย และ Peres และ Oliva-Teles (1999) รายงานว่า ปลา *Dicentrarchus labrax* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันจากตับของปลา cod ที่ระดับ 12% 18% 24% และ 30% จะมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นตามระดับน้ำมันที่เสริมในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Chou และ Shiau 1996) ที่เลี้ยงปลานิลลูกผสมด้วยอาหารเสริมน้ำมัน

ข้าวโพดผสมน้ำมันตับปลา cod และผสมน้ำมันหมู (1:1:1) ที่ระดับ 5% 10% 15% และ 20% พบว่าเนื้อปลาจะมีปริมาณไขมันแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ปลา channel catfish ที่มีขนาดใหญ่จะมีการสะสมไขมันมากกว่าปลาที่มีขนาดเล็กเมื่อมีการให้อาหารเต็มที่หรือให้แบบจำกัด และปลาที่กินอาหารเต็มที่จะมีการสะสมไขมันในเนื้อมากกว่าปลาที่กินอาหารแบบจำกัด อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลา channel catfish มีปริมาณสูงขึ้น (Lovell, 1989)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลาตุ๋นสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าและเสริมน้ำมันรำข้าว มีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเสริมแป้งข้าวเจ้าและน้ำมันรำข้าว แต่เนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันรำข้าว จะมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมแป้งข้าวเจ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Catacutan และ Coloso (1997) รายงานว่าปลา *Lates calcarifer* ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนระดับเดียวกัน แต่มีการเสริมคาร์โบไฮเดรตและไขมันในระดับที่ต่างกัน จะทำให้เนื้อปลามีปริมาณไขมันแตกต่างกัน กล่าวคือเนื้อปลาที่ได้รับอาหารเสริมไขมันจะมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อปลาที่ได้รับอาหารเสริมคาร์โบไฮเดรต

สรุปผลการวิจัย

1. การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจะช่วยให้ปลานิลแดงมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และสามารถลดการสะสมสารจืออสมินและเอ็มไอบีในตัวปลาได้

2. การใช้โอโซนในการบำบัดน้ำสามารถลดปริมาณของสารประกอบจืออสมิน แต่เพิ่มปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีที่ก่อให้เกิดปัญหากลิ่นโคลน การใช้โอโซนในการบำบัดดินสามารถลดปริมาณของสารประกอบเอ็มไอบี จืออสมินและแอดิโนมายส์ ที่ก่อให้เกิดปัญหากลิ่นโคลน ได้

3. ประสิทธิภาพของการใช้กวาวเครือแดง (*Butea superba*) และฮอร์โมน 17- α -Methyltestosterone (MT) ต่อการแปลงเพศปลานิล 3 สายพันธุ์ (แดง, กาน้ำ และ จิตรดา) พบว่าในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำมีการตอบสนองต่อการให้ฮอร์โมนทั้งจาก MT และกวาวเครือแดง 200 กรัม/ปลาปน 1 กก. ได้ดีที่สุดในสายพันธุ์กาน้ำ

4. อัตรารอด, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำ โดยใช้ผงกวาวเครือแดง สารสกัดกวาวเครือแดง และฮอร์โมน MT พบว่าอัตรารอด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 93.3 ± 5.8 เปอร์เซ็นต์, 98.0 ± 3.5 เปอร์เซ็นต์, 0.8 ± 0.2 และ 76.3 ± 14.3 กรัมตามลำดับ ส่วนอัตราการรอด การเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์

5. ประสิทธิภาพของสารสกัดกวาวเครือแดง (*Butea superba*) และผลของฮอร์โมน 17- α -Methyltestosterone (MT) ต่ออัตราการแปลงเพศและการเจริญเติบโตในปลานิลสายพันธุ์กาน้ำในบ่อดินและในตู้กระจก พบว่า การแปลงเพศปลานิลด้วย MT ทั้งในบ่อดินและในตู้กระจกจะให้อัตราปลานิลเพศผู้ที่สูงกว่า แต่การใช้สารสกัดกวาวเครือแดงจะช่วยเสริมการเจริญเติบโตของปลานิลได้ดีกว่า MT ส่วนอัตราการรอดมีความใกล้เคียงกัน

6. การศึกษาการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมระดับของคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันจากแหล่งต่างกัน พบว่าการเสริมคาร์โบไฮเดรตและไขมันมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิล ซึ่งควรเสริมแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 20–25% หรือเสริมน้ำมันรำข้าวที่ระดับ 10% ในอาหารปลาดุกสำเร็จรูป เพราะถ้าเสริมเกินระดับดังกล่าวจะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลลดลง และมีผลต่อปริมาณไขมันในเนื้อปลานิลเมื่อมีการเสริมไขมันมากเกินไป

7. ต้นทุน / กิโลกรัม จะไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเสริมคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันจากแหล่งต่างกัน และจะมีต้นทุน / กิโลกรัม ต่ำสุดเมื่อเสริมคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันในระดับต่ำ (แป้งข้าวเจ้า 20% และน้ำมันรำข้าว 10%) แต่การเสริมแป้งข้าวเจ้าจะมีต้นทุน / กิโลกรัมต่ำกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าว



เอกสารอ้างอิง

- จิราภา เสฐจินตนิน, รมณี สงวนดีกุล และสุเมธ ต้นตระกูล. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. ประสิทธิภาพของน้ำ
ไอโซนต่อจุลินทรีย์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับกุ้งกุลาดำ. สามารถเข้าได้ที่ : [http:// www.scisoc
.or.th /stt/30/sec_f/paper/stt30_F0028.pdf](http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec_f/paper/stt30_F0028.pdf)
- ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง. 2550. การประเมินการใช้ไอโซนในการบำบัดน้ำ น้ำทิ้ง ตะกอนเลน และดินพื้นบ่อ
เลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัชวาล อินทมนตรี, พุทธ สองแสงจินดา และ ลักษณา ละอองศิริวงศ์. 2544. ผลของการใช้ไอโซนต่อ
สารประกอบไนโตรเจนละลายและแพลงก์ตอนในน้ำจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการ
ฉบับที่ 3/2544, ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย จังหวัดสงขลา กรม
ประมง. 13 น.
- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ สุเทพ ปันธิวงศ์ สมบูรณ์ ใจปิ่นตา ประจวบ ฉายบุ สุดปรารถน์ มณีศรี และรุ่ง
กานต์ อำไพพงศ์. 2545. แนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืด จังหวัด
เชียงใหม่. รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย PDG45N0008. 85 หน้า.
- นิวุฒิ หวังชัย. 2547. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 226 หน้า.
- นวลมณี พงศ์ธนา. สายฝน เสียงหวาน. และจินตนา นิธรรม. 2547. ผลของการใช้ฮอร์โมน
แอนโดรเจนในการแปลงเพศปลานิล. วารสารการประมง. 57 : (3) 251 – 259
- เบญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล, วัฒนา จิตนิรัตน์, เต็มศิริ กวินพันธ์, ชลธิ์ ไพบูลย์กิจกุล และ สรวิศ เผ่าทองสุข.
ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. ผลของการพ่น ไอโซนต่อแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืชในน้ำจากบ่อเลี้ยง
กุ้ง. สามารถเข้าได้ที่ : [http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec_i/ paper/stt 30_ I0014.pdf](http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec_i/paper/stt30_I0014.pdf)
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, บรรศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณวุฒิ,
วีระ วัชรกรโยธินและวิมล จันทรโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสาร
เผยแพร่ ฉบับที่ 23 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กรมประมง. 96 หน้า.
- มันสิน ตันทุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2536. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียใน
บ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 หน้า.

- ยุพิน ผัดแสน, 2545. ต้นทุนและผลตอบแทนการลงทุนจากการเลี้ยงปลานิล : กรณีศึกษา กลุ่มผู้เลี้ยงปลานิลในอำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย. การค้นคว้าอิสระ บัณฑิตมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 125 หน้า.
- ยนต์ มุกสิก. 2539. คุณภาพน้ำกับการผลิตของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 180 หน้า.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. กรุงเทพฯ. 215 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2540. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 225 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255 หน้า.
- วรพงษ์ นลินานนท์. 2545. การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์ชัย ชูชาติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 201 หน้า.
- อิทธิพร จันทรพิชญ. 2532. อาหารและการให้อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ชอนนทรี, กรุงเทพฯ. 108 หน้า.
- เอกสิทธิ์ เฟ่งเซ่ง. 2543. เทคนิคและแนวทางการเพิ่มผลผลิตของปลานิล. สัมมนาประมงภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.
- อำนวย โชติญาณวงษ์. 2525. อาหารปลา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 180 หน้า.
- Abdelghany, A.E. 2000. Optimum dietary protein requirements for *Oreochromis niloticus* L. fry using formulated semi-purified diets. In K. Fitzsimmons and J.C. Filho (eds.) Tilapia Aquaculture in the 21st century. Proceedings from the fifth international symposium on tilapia aquaculture, 101-108, RJ, Brazil.

- Abucay J. S. and G. C. Mair. 1997. Hormonal sex reversal of tilapias: implications of hormone treatment application in closed water systems. *Aquaculture Research* 28: 841-845.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 15th edn., AOAC, Arlington, VA. 1360 p.
- APHA (American Public Health Association). 1980. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 15th ed. Washington DC: American Public Health Association. 1134 p.
- Arawan shutrirung. 2005. Pesticide Reduction Technology "Isolation and Identification of endophytic actinomycetes" JICA Training program 26 September to 25 October 2005. Chiang Mai University. p. 6.
- Caballero M.J., Obach A., Rosenlund G., Montero D. Gisvold M., and Izquierdo M.S. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 214: 253-271.
- Cagauan A. G., F. N. Baleta and J. S. Abucay. 2004. Sex reversal of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. by egg immersion technique: the effect of hormone concentration and immersion time. *Proceedings 6th International Symposium on tilapia in Aquaculture*. 127-136.
- Catacutan, M.R. and Coloso R.M. 1997. Growth of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture* 149:137-144.
- Chou, B.S. and Shiau, S.Y. 1996. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aurues*. *Aquaculture* 143: 185-195.
- Coway, C.B. and J.R. Sargent. 1979. Nutrition, In *Fish physiology* Vol. VIII. Academic press, New York. 1-69.

- Dew Tameka LaShon. 2005. Ozone Degradation Of Off-Flavors In Catfish. Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College .The Department of Food Science University of Louisiana.
- Erfanullah and A.K. Jafri. 1995. Protein-sparing effect of dietary carbohydrate in diets for Fingerling *Labeo rohita*. *Aquaculture* 136: 331-339.
- Erfanullah and Jafri A.K. 1998. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*). *Aquaculture* 161: 159-168.
- Gatlin, D.M. and R.R. Stickney. 1982. Fall-winter growth of young channel catfish in response to quantity and source of dietary lipid. *Trans. Am. Fish. Soc.* 111: 90-93.
- Garling, D.L. Jr. and R.P. Wilson. 1977. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Prog. Fish Cult.* 39: 43-47.
- Grimm, C.C., Lloyd, S.W., Zimba, P.V., 2004. Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish. *Aquaculture* 236. 309-319.
- Halver, J.E. (ed). 1972. *Fish Nutrition*. Academic press. Inc. New York. 713 p.
- Ho, L.S.W., 2004, *The Removal of Cyanobacterial Metabolites From Drinking Water Using Ozone and Granular Activated Carbon*, University of South Australia, 1-129.
- Hutchins C.G., Rawles S.D. and Gatlin III D.M. 1998. Effect of dietary carbohydrate kind and level on growth, body composition and glycemic response of juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture* 161: 187-199.
- Jauncey, K. and Bl. Ross. 1982. *A Guide to tilapia feeds and feeding* Institute of Agriculture. University of Stirling. Scotland. 41 p.
- Jo J-Y., R. O. Smitherman and L. L. Behrends. 1988. Effects of dietary 17- α -Methyltestosterone on sex reversal and growth of *Oreochromis aureus*. *Proceedings the second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. 15: (623) 203-207.

- Julie J. Enticknap, Hirofumi Nonogaki, Allen R. Place, and Russell T. Hill. 2006. Microbial Diversity Associated with Odor Modification for Production of Fertilizers from Chicken Litter. *Applied and Environmental Microbiology*. (72)6: 4105-4114 p.
- Lee S.M., Kim K.D. and Lall S.P. 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 221: 427-438.
- Likimani. T.A. and R.P. Wilson. 1982. Effect of diet on lipogenic enzyme activities in channel catfish hepatic and adipose tissue. *J. Nutr.*, 112: 112-117.
- Lim, P.K., Boey, P.L. and Ng, W.K., 2001. Dietary palm oil level affects growth performance, protein retention and tissue vitamin E concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 202: 101-112.
- Lin, S.H. and K.L. Yeh. 1993. Looking to treat wastewater try ozone. *Chem. Eng.* (6):112-116.
- Lovell, R. T. 1976. Flavor Problems in Fish Culture. FAO. Technical conference on Aquaculture, Kyoto, Japan. 9 p.
- Lovell, R. T. and D. Broce. 1985. Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp, *Aquaculture* 50 : 169-174.
- Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Auburn University, New York. 159-161.
- Macintosh D. J., T. B. Singh, D. C. Little and P. Edwards. 1988. Growth and sexual development of 17- β -Methyltestosterone and progesterone-treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared on earthen ponds. *Proceedings the second International Symposium on Tilapia in Aquaculture* 15: (623) 457-463.
- Martino R.C. , Cyrino J. E. P. , Portz L. and Trugo L. C. 2002. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture* 209: 233-246.
- McGoogan, B. and Gatlin, D.M. III. 2000. Dietary manipulation affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture* 182: 271-285.

- Meng-umphan K., Y. Samitasiri and R. Carandang. 2006. The potential of red kwao krea (Butea superba) in inducing sex reversal on three strains (red, ghana, chitralada) of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and the effect of 17- α -Methyltestosterone (MT). Asian Fisheries Science Journal (On press).
- Milie, D. F., M. C. Baker, C. S. Tucker, B. T. Vinyard and C. P. Dionigi. 1992. High-resolution Airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton. J. of Phycology. 28 : 28-290.
- Nematipour G.R., Brown M.L. and Gatlin III D.M. 1992. Effects of Dietary Carbohydrate: Lipid Ratio on growth and Body Composition of Hybrid Striped Bass. The World Aquaculture Society. 23(2): 128-132.
- Nuanmanee P., S. Siangwan and J. Nitham. 2004. Effects of androgens on sex reversal of Nile tilapia. Fisheries Magazine 57: p 251.
- Oliver R.L. and Ganf F.F. 2000. Freshwater blooms. In Whitton B.A. and Potts M. (Eds.), The Ecology of Cyanobacteria, their diversity in time and space, the Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 149-188.
- Orachunwong, C., Thammasart, S. and Lohawatanakul, C., 2003. New developments in feeding tilapia. Asian Aquaculture Magazine Jan.-Feb., 31-34.
- Pan, Q., Liu, S., Tan, Y. and Bi, Y., 2003. The effect of chromium picolinate on growth and carbohydrate on growth and carbohydrate utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* $\times$ *O. aureus*. Aquaculture 225: 421-429.
- Pei Peng. 2003. Methyl Isoborneol (MIB) And Geosmin Removal During Ozone – Biofiltration Treatment. A Thesis Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science. Arizona State University.
- Peres, H. and Oliva-Teles, A., 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 179: 325-334.

- Phelps R. P., G. C. Salazar, V. Abe and B. J. Argue. 1995. Sex reversal and nursery growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) free-swimming in earthen ponds. *Aquaculture Research* 26: 293-295.
- Pieper, A. and Pfeffer, E. 1980. Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy From some carbohydrate, protein and fats by rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture* 20: 323-332.
- Pongtana N., Siangwan S. and Nitham J. 2004. Effects of androgens on sex reversal of Nile tilapia. *Fisheries Magazine* 57 number 3. www.actahort.org
- Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Robin J., Laroche, M. and Kaushik, S.J. 2001. Dietary lipid level, hepatic lipogenesis and flesh quality in turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 193: 291-309.
- Regost C., Arzel J., Robin J., Rosenlund G. and Kaushik S.J. 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*) 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. *Aquaculture* 217: 465-482.
- Rungreungwudhikrai, E. 1995. Characterization and classification of off-flavor of Nile tilapia. M.S. Thesis no. AE-95-24. Asian Institute of technology, Bangkok.
- Seenappa, D. and Devaraj, K.V. 1995. Effect of different levels of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilization and body carcass composition of fingerlings in *Catla catla* (Ham.). *Aquaculture* 129: 243-249.
- Shiau, S.Y. and Chuang, J.C., 1995. Utilization of disaccharides by juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* $\times$ *O. auratus*. *Aquaculture* 133: 249-256.
- Shiau, S.Y., 1997. Utilization of carbohydrates in warm water fish with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* $\times$ *O. auratus*. *Aquaculture* 151: 79-96.
- Shiau, S. Y. and Chen, M.J. 1993. Carbohydrate utilization by tilapia (*Oreochromis niloticus*) as influenced by different chromium sources. *J. Nutr* 123: 1747-1753.

- Shiau, S.Y., and Lin, S.E., 1993. Effect of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrates in tilapia, *Oreochromis niloticus* $\times$ *O. auratus*. *Aquaculture* 110: 321-330.
- Singh, R., Dhawan, A. and Saxena, P.K., 1999. Potential of press mud - a sugar factory byproduct – in supplementary diets and its impact of fish growth. *Bioresource Tech.* 67, 61-64.
- Stacey, N.E. 1983. Control of the timing of ovulation by exogenous and endogenous
- Stickney, P.P. and J.W. Andrews. 1971. Combined effected of dietary lipid and environmental temperature on growth, metabolism and Body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J.Nutr* 101: 1703-1710.
- Tung, P.S. and Shiau, S.Y., 1991. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* $\times$ *O. auratus*, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture* 92: 343-350.
- Tung S.C. 2006. Identification and Oxidation of 2-MIB and Geosmin in Source Water. Philosophy of Doctor National Cheng Kung University. Taiwan. 146 p.
- Turchini, G. M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V. M. and Valfre, F. 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture* 225: 251-267.
- Turchini, G.M., Moretti, V.M., Mentasti, T., Orban, E. and Valfre, F. 2007. Effects of dietary lipid source on fillet chemical composition, flavor volatile compounds and sensory characteristics in the freshwater fish tench (*Tinca tinca* L.). *Food Chemistry* 102: 1144-1155.
- Venosa, A.D. 1983. Effectiveness of ozone as a municipal wastewater disinfectant, pp. 32-35. In Proc. 56th Annual Water Pollution Control Federation Conference. Pre-Conference Workshop on Disinfection, Atlanta.

Webster, C.D., Thompson, K.R., Morgan, A.M., Grisby, E.J and Gannam, A.L., 2000. Use of hem seed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* x *M.saxatilis*). Aquaculture 188: 299-309.

Whangchai N. 2001. Development of ozonation for water quality improvement in intensive shrimp cultivation Ph.D. Thesis. University of Tsukuba. Japan.

