

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มวัตถุดิบท้องถิ่น

Research and Development on the Production Systems of Fishery Resources for Food Safety and Local Materials Promotion

โดย

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2554

รหัสโครงการวิจัย มจ. 1-52-041 / 53. 017

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มวัตถุดิบท้องถิ่น

Research and Development on the Production Systems of Fishery Resources for Food Safety and Local Materials Promotion

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2552
จำนวน 1,870,000 บาท

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2553
จำนวน 1,310,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายบัญญัติ มนเทียรอาสน์

ผู้ร่วมโครงการ นายประจวบ ฉายบุ
นายเทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์
นายกระสินธุ์ หังสพฤกษ์
นายขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม
นายนิวุฒิ หวังชัย
นายเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

คำนิยม

ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มวัตถุดิบท้องถิ่น (Research and Development on the Production Systems of Fishery Resources for Food Safety and Local Materials Promotion) ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2552 และ 2553 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ตลอด 2 ปี

นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทุกท่าน ทั้งที่เกี่ยวข้องโดยทางตรงและทางอ้อม ต่อการพิจารณากำหนดทิศทางการพัฒนางานวิจัยทางการเกษตร ซึ่งใช้ระบบชีววิถีเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อลดต้นทุนการผลิต และลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลกที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงในขณะนี้ โดยการสนับสนุนทุนวิจัยทางด้านการพัฒนาระบบชีววิถีที่ใช้ทางการเกษตรมาโดยตลอด จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในขณะนี้ไม่มีใครปฏิเสธแล้วว่า ต้นเหตุแห่งปัญหานั้นเกิดจากการกระทำของมนุษย์เรานั่นเอง และอีกหนึ่งในหลายสาเหตุ ก็มาจากระบบการผลิตทางการเกษตรที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเฉพาะด้านทางธุรกิจหรือที่เรียกกันว่าระบบเกษตรแบบเข้มข้น ที่ปฏิเสธระบบธรรมชาติอย่างสิ้นเชิงนั่นเอง จึงส่งผลให้โลกพบกับปัญหาสภาวะโลกร้อนเช่นนี้ การพัฒนาระบบเกษตรชีววิถีนับเป็นการกลับมาแก้ปัญหาที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		1
Abstract		2
คำนำ		3
วัตถุประสงค์ของชุดโครงการวิจัย		11
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากชุดโครงการวิจัย		12
กรอบแนวคิดของชุดโครงการวิจัย		13
แนวทางการดำเนินการวิจัย		14
แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำชุดโครงการวิจัย		16
กลยุทธ์ของแผนงานชุดโครงการวิจัย		17
สถานที่และระยะเวลาการทำชุดโครงการวิจัย		18
ผลการดำเนินงานในแต่ละโครงการวิจัยย่อยตลอด 2 ปี		
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1	การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์	19
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2	แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัม เชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก	63
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3	แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศเพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์	166
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4	การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามของการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิด	199
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5	ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์	227
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6	การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน(ชีววิถี)ด้วยการจัดการด้านอาหาร	313

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7	ลักษณะการเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก	341
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8	รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและเป็นอาหารปลอดภัย	385
สรุปและวิจารณ์ผลชุดโครงการวิจัยตลอด 2 ปี		405

การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มวัตถุดิบท้องถิ่น

Research and Development on the Production Systems of Fishery Resources for Food Safety and Local Materials Production

บัญญัติ มนเทียรอาสน์[1] ประจวบ ฉายบุ[1] เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์[1] กระสินธุ์ หังสพฤกษ์[1] ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม[1] นิวุฒิ หวังชัย[1] และ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน[1]

[1] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

.....

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเช่น ปลานิล ปลาบู่ กุ้งก้ามกราม ปลาหนัง กบนา และแพลงก์ตอนพืชบางชนิดให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ ในระดับอาหารปลอดภัย ภายใต้ระบบการผลิตทั้งแบบปิดและแบบเปิด ซึ่งใช้วัสดุท้องถิ่นที่มีราคาถูกเป็นอุปกรณ์หลักในระบบกรองของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเหล่านี้ ตลอดเวลา 2 ปีของการวิจัยพบว่า วัสดุท้องถิ่นบางชนิด เช่นฝาขวดพลาสติคและตาข่ายกรองแสง สามารถแสดงประสิทธิภาพการกรองในบ่อเลี้ยงปลานิลและปลาบู่ระบบปิดได้ดีเช่นเดียวกับวัสดุมาตรฐานทั่วไป การไหลเวียนของน้ำเค็มที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามที่ระดับ 15 ppt ในระบบปิดที่มีการเติมแร่ธาตุแมกนีเซียมและโปแตสเซียมด้วยนั้น สามารถช่วยให้อัตรารอดตายของลูกกุ้งเพิ่มสูงขึ้นได้ สำหรับการทดลองอื่นๆในระบบเปิดนั้นพบว่า การเสริม Probiotic และ Prebiotic ในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศระบบชีววิถีสามารถทำให้ปลานิลเจริญเติบโตและมีภูมิคุ้มกันดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย($P<0.05$) การเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่ 40 กิโลกรัม / ไร่ / 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิล การเลี้ยงปลานิลแบบชีววิถีโดยเทคนิคจัดการด้านอาหารในช่วง 30 วันก่อนจับขายสามารถลดการปนเปื้อนสารพิษไมโครซิสตินได้เป็นอย่างดี การเลี้ยงปลาหนังด้วยส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลินาพบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแต่ไม่มี

นัยสำคัญทางสถิติวิจัย(P>0.05) การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของกลุ่มปลาหนังเช่น ปลาบึก ปลาสวาย และปลาเผาะพบว่า มีลักษณะพันธุกรรมใกล้เคียงกัน สามารถใช้เครื่องหมายพันธุกรรม AFLP ในการศึกษาต่อไปได้ นอกจากนี้การทดลองใช้สมุนไพรกวาวเครือขาวเพื่อเปลี่ยนเพศกบนาให้เป็นเพศเมียนั้นพบว่า กวาวเครือขาวทุกความเข้มข้นในการทดลองนี้ไม่แสดงนัยสำคัญใดๆทางสถิติวิจัยต่อการเปลี่ยนเพศของกบนา

คำสำคัญ ชีววิถี ปลานิล ปลาบู่ กุ้งก้ามกราม ปลาหนัง กบนา

Abstract

The main objective of this research was to developed on fishery productions such as nile tilapia, sand goby, freshwater prawn, catfishs, lowland frog and some phytoplanktons for the quality products as food safety level, respectively. Also, some local materials were used in this research. Two years of this research showed high efficiency on filter working of some local materials such as plastic corks and plastic nets. Recirculation in the close system of salt water at 15 ppt for the juvenile freshwater prawns which added magnesium and potassium showed high survival rate of this prawns. On the other hand, the use of probiotic and prebiotic for nile tilapia feeding in the open system showed fish fed with diets with the probiotic and synbiotics of prebiotics and probiotic supplement (YSOO, YSFO and YSCH) exhibited greater growth and inducing the non specific immune responses (hematocrit, white blood cells and serum lysozyme) than those fed with the control diet ($p<0.05$). Intensive nile tilapia culture systems by creating a natural food with 40 kg / rai / 2 weeks dry chicken manure application was appropriate. Biological technique for nile tilapia production in 30 days before harvest showed mocrocystin was not accumulated in all treatments. Research on evaluate effects of *Spirulina* sp. supplementary pellet feed application reproduction and maturation performance in three different brood stock catfishs showed good growth rate but non significant ($P>0.05$) in statistics. The characteristics and genetic relationships of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*), Chao Phraya Catfish (*Pangasis*

hypothalamus), Pla Poa (*Pangasius bocourti*) and crossbred fish were identified by Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). This research illustrates AFLP was appropriate for genetic relationship identification of catfish and this information will be used for genetic improvement. Research on the appropriate techniques for sex-reversal of common lowland frog (*Rana rugulosa*) showed non significant relationship between female frogs and all concentrations of the mixture of *Pueraria candollei* in this research.

Key words : Biological technique, Nile tilapia, Sand goby, Freshwater prawn, Catfish, Lowland frog

คำนำ

การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของวัตถุดิบในท้องถิ่นให้มีการนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างต่อเนื่องและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกนั้น นับเป็นแนวทางการลดต้นทุนและลดการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานในการผลิตทรัพยากรประมงของเกษตรกรและฟาร์มธุรกิจเอกชนได้อีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อเนื่องไปสู่การช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนจากการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและการใช้ต้นทุนทางวัตถุดิบอุตสาหกรรมอย่างไร้มิติพอเพียงเช่นที่ผ่านมา การวิจัยและพัฒนาโดยเชื่อมโยงระบบหรือเทคนิคชีววิถีมาใช้ทางการประมงนับเป็นอีกหนึ่งในหลายๆวิธีที่ควรหันกลับนำมาใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและลดต้นทุนโดยการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นให้มากยิ่งขึ้น เพราะรากฐานของเทคนิคชีววิถีนี้มุ่งหวังการใช้หลักการ “*ธรรมชาติช่วยธรรมชาติ*” ดังนั้น หากมีของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบการผลิตทรัพยากรประมงด้วยเทคนิคชีววิถีนี้นั้น ย่อมคาดหมายได้ในระดับหนึ่งว่าจะไม่เกินความสามารถของระบบต่างๆโดยธรรมชาติที่จะช่วยขจัดและลดความรุนแรงของปัญหาเหล่านี้ได้อย่างรวดเร็ว

ปัจจุบันการผลิตทรัพยากรประมงชนิดต่างๆทั้งน้ำจืดและทะเลของประเทศไทยได้เจริญรุดหน้าไปอย่างมาก ซึ่งระบบการผลิตทรัพยากรประมงดังกล่าวนี้มีทั้งที่ทำในระบบปิด(Close system or re-circulated system)และระบบ

เปิด(Open system or non-circulated system)ที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งในบ่อดินและบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ต่อมาเมื่อระบบมีการเร่งผลผลิตให้ได้มากยิ่งขึ้นในระยะเวลาที่จำกัดให้ลดลง ส่งผลต่อการเร่งใช้พลังงานไฟฟ้าและต้นทุนทรัพยากรวัตถุดิบอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงกว่าการทำเกษตรแบบอื่น ๆ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538 – 2547 พบว่ามีผลผลิตสัตว์น้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจำนวน 1,609,100 ตัน และพบว่าผลผลิตจากสัตว์น้ำเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยนั่นเอง อนึ่ง เป็นที่น่าสังเกตุว่าในกลุ่มสัตว์น้ำจืดที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือปลานิล (30.26%) รองลงมาได้แก่สัตว์น้ำจืดชนิดอื่นๆเช่น กุ้งก้ามกราม กลุ่มปลาหนัง ปลาหนังลูกผสม กลุ่มปลาบู่ กลุ่มปลาสวยงาม และกลุ่มสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำเช่น กบนา และกบบูลฟอก เป็นต้น โดยในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมากถึง 200,200 ตัน จากพื้นที่เพาะเลี้ยง 555,685 ไร่ (ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง, 2548) จากข้อมูลเบื้องต้นนี้ทำให้ทราบว่า การผลิตทรัพยากรประมงน้ำจืดเช่น ปลานิล ปลาหนัง ปลาบู่ทราย กุ้งก้ามกราม และกบนา โดยเฉพาะปลานิลนั้น เป็นที่นิยมของเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากให้ผลผลิตสูงและมีรสชาดดี อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลโดยเฉพาะที่เลี้ยงในกระชังเชิงธุรกิจนั้น ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในกระชังเองและต่อคุณภาพน้ำบริเวณใกล้เคียง จนกระทั่งอาจเกินความสามารถในการรองรับของเสียหรือการฟอกตัวตามธรรมชาติของแหล่งน้ำเหล่านั้นได้ จึงก่อให้เกิดสภาพปัญหามลพิษทางน้ำ และอาจส่งผลต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำและการเลี้ยงปลาในกระชังโดยตรงได้ ที่ผ่านมาได้มีปัญหาจากกรณีศึกษาที่ปลานิลและปลาทับทิมในกระชังของเกษตรกรตายลงจำนวนมาก ทั้งในจังหวัดในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคอิสาน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการปล่อยน้ำเน่าเสียของโรงงานข้างเคียง น้ำเสียจะทำให้ปลาตายและเมื่อปลาตายจำนวนมากในครั้งเดียวกันก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียเพิ่มมากยิ่งขึ้น เป็นปัญหาต่อแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชนโดยทั่วไปอยู่เสมอ การแก้ปัญหาเบื้องต้นมักมีการปล่อยน้ำดีเหนือเขื่อนลงไล่น้ำเสีย ซึ่งหมายถึงการสิ้นเปลืองต้นทุนทรัพยากรน้ำดิบที่ควรจะเก็บไว้ใช้เพื่อบริโภคและอุปโภคมากกว่า หรือมักจะแก้ปัญหาโดยการใช้เครื่องกังหันตีน้ำหรือเครื่องพ่นลมในน้ำกำลังสูงเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่มวลน้ำ ซึ่งก็เป็นการเร่งใช้พลังงานไฟฟ้า

เกินความคาดหมายของระบบผลิตในฟาร์ม ย่อมส่งผลต่อต้นทุนการผลิตและมีผลต่อภาวะโลกร้อนตามไปด้วย อีกทั้งในช่วง 4-5 ปีที่ผ่านมานี้ประเทศไทยเกิดการระบาดของโรคไข้หวัดนก ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่รายย่อยโดยใช้โรงเรือนแบบเปิดขนาดเล็ก ประสบภาวะขาดทุน

อุปสรรคและปัญหาจากเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ จึงมีเกษตรกรบางรายได้ประยุกต์ค้นคิดวิธีการเลี้ยงปลานิล ปลาทับทิม ปลาบู่ทราย หรือแม้กระทั่งการเพาะพันธุ์ลูกกุ้งก้ามกรามโดยใช้บ่อเลี้ยงระบบปิดแบบประมงชีววิถีประยุกต์ กล่าวคือทำการเลี้ยงปลานิล ปลาทับทิม ปลาบู่ทราย และลูกกุ้งก้ามกรามโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดในบ่อซีเมนต์ ซึ่งได้ปรับปรุงโรงเรือนจากเดิมที่เคยใช้เลี้ยงไก่เนื้อมาก่อน แต่ประสบปัญหาขาดทุนเนื่องจากวิกฤตการณ์ไข้หวัดนกในช่วงก่อนหน้านี้ เกษตรกรจึงประยุกต์เปลี่ยนพื้นโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อมาสร้างเป็นบ่อซีเมนต์กลมขนาดความจุประมาณ 18 ลูกบาศก์เมตร เพื่อเลี้ยงปลานิล ปลาทับทิม ปลาบู่ทราย และลูกกุ้งก้ามกรามภายในโรงเรือนด้วยอัตราที่หนาแน่นตามระบบเชิงพาณิชย์ โดยมีการจัดการระบบน้ำให้เป็นแบบหมุนเวียนในระบบปิด เน้นการผลิตปลาและกุ้งก้ามกรามแบบปลอดสารพิษ มีการออกแบบบ่อบำบัดน้ำตามรูปแบบทั่วๆไปซึ่งประกอบด้วยบ่อดักตะกอน บ่อบำบัดน้ำ และมีการสั่งซื้อวัสดุกรองน้ำที่มีราคาค่อนข้างสูงมาใช้ เช่น แผ่นกรองใยแก้ว เศษปะการัง เปลือกหอยต่างๆ และวัสดุกรองสำเร็จรูปที่ทำจากพลาสติครูปแบบต่างๆหลากหลาย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นวัสดุที่ใช้ประกอบชั้นกรองน้ำในบ่อเลี้ยงปลาและกุ้งเศรษฐกิจระบบปิดเหล่านี้ ทุกชนิดต้องสั่งซื้อจากต่างภูมิภาคหรือแม้กระทั้งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งและภาษี อีกทั้งวัสดุบางชนิดเช่นเศษปะการังนั้นเป็นวัสดุที่มีข้อจำกัดทางด้านกฎหมายอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่ง ปัญหาต่างๆเหล่านี้ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำในบ่อระบบปิดที่เกษตรกรดัดแปลงทำขึ้นภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อดังกล่าว หากนักวิจัยสามารถนำวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาประยุกต์ทำเป็นชั้นกรองที่มีประสิทธิภาพและช่วยลดการอุดตันที่เร็วกว่ากำหนดของบ่อกรองน้ำได้นั้น ย่อมส่งผลดีต่อระบบน้ำหมุนเวียนและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าช่วยบรรเทาภาวะโลกร้อนได้โดยตรง อีกทั้งหากสามารถนำเทคนิคชีววิถีโดยการประยุกต์ใช้จุลชีพชนิดที่มีประโยชน์(EMs หรือ MMOs)และแร่ธาตุที่จำเป็นบางอย่างเข้าช่วยระบบกรองน้ำและเสริมเข้าช่วยในระบบย่อยอาหารปลา(Prebiotic และ Probiotic)ทั้งสองทาง โดยใช้ในปริมาณที่

เหมาะสมย่อมจะช่วยให้ผลผลิตปลาและสัตว์น้ำดีขึ้นพร้อมๆกับเป็นระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันหากเกษตรกรอีกส่วนหนึ่งที่ทำอาชีพเพาะเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำโดยใช้บ่อดินในระบบเปิดมาก่อนเป็นเวลานานแล้ว ก็สามารถนำเอาหลักการของเทคนิคชีววิถีเพื่อเพิ่มผลผลิตอาหารปลอดภัยและลดต้นทุนการผลิตได้โดยประยุกต์ใช้ปุ๋ยคอกซึ่งเป็นวัสดุเกษตรในท้องถิ่นมาใช้ หากนักวิจัยสามารถค้นหาระบบการบริหารและจัดการในเรื่องการให้อาหารแก่สัตว์น้ำควบคู่ไปกับการเว้นช่วงระยะเวลาการใส่ปุ๋ยคอกในบ่อปลาที่เหมาะสมและประหยัดปุ๋ยได้นั้น นอกเหนือจากประหยัดต้นทุนแต่ยังคงได้ผลผลิตสัตว์น้ำเท่าเดิมแล้ว ยังจะช่วยลดโอกาสการเกิดแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่เป็นต้นเหตุทำให้ผลผลิตสัตว์น้ำมีกลิ่นสาบโคลนในเนื้อได้ การใช้เทคนิคชีววิถีเสริมในระบบกรองน้ำ ระบบการบริหารและจัดการด้านอาหารสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อมต่างๆภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเหล่านี้ จะสามารถสร้างผลผลิตสัตว์น้ำที่เป็นอาหารปลอดภัยได้ดียิ่งขึ้น หากนักวิจัยมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มุ่งหวังเพื่อให้เกิดสายพันธุ์ดี มีการตอบสนองตรงต่อความต้องการของตลาดทั้งทางด้านขนาดและปริมาณการผลิตต่อหน่วยคุ้มค่าการลงทุนในเชิงธุรกิจ และที่สำคัญสามารถเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อผู้บริโภคในระยะยาวได้ด้วยนั้น ก็เป็นอีกหนึ่งในหลายๆแนวทางที่ไม่ควรมองข้าม โดยเฉพาะการวิจัยและพัฒนาลูกผสมสัตว์น้ำและการแปลงเพศสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ขนาดน้ำหนักผลผลิตในระยะเวลาที่ต้องการ ลดการใช้สารเคมีที่มีพิษตกค้างหันกลับมาใช้สารจากธรรมชาติช่วยเสริม เหล่านี้ย่อมส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนการผลิต เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ในเวลาเดียวกัน จึงเป็นที่มาของชุดโครงการวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งประกอบไปด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 8 โครงการ โดยแต่ละโครงการย่อยจะมุ่งเน้นวิจัยเพื่อตอบโจทย์ของการวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารที่ปลอดภัยและส่งเสริมการใช้วัสดุภายในท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่ให้มากขึ้นเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยโครงการย่อยที่ 1,2,3 และ 4 จะมุ่งเน้นการวิจัยโดยใช้บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิดและมีการประยุกต์ใช้จุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ตามเทคนิคชีววิถีเพื่ออาหารปลอดภัย ส่วนโครงการย่อยที่ 5 และ 6 จะเน้นการวิจัยการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบชีววิถีในระบบเปิดบ่อดิน และศึกษาแนวทางการลดสารพิษและกลิ่นสาบโคลนในเนื่อปลาที่เกิดขึ้นจากระบบเปิดดังกล่าวด้วย สำหรับโครงการย่อยที่ 7 และ 8 เป็นการมุ่งเน้นวิจัย

เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงพันธุ์และแปลงเพศสัตว์น้ำโดยลดการใช้สารเคมีและฮอร์โมนชนิดที่เป็นพิษแต่กลับมาใช้สารเคมีและฮอร์โมนชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทน ดังสรุปสาระโครงการย่อยต่อไปนี้

1. <u>กลุ่มโครงการย่อย : วิจัยและพัฒนาระบบบ่อผลิตสัตว์น้ำแบบปิด (Close system or re-circulated system) เพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าวัสดุท้องถิ่น</u> ประกอบไปด้วย

1.1. โครงการย่อยที่ 1 เรื่อง "การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ มีจุดประสงค์หลักต้องการประยุกต์ใช้เทคนิคชีววิถีที่พึ่งพาความสามารถในการย่อยสลายของเสียต่างๆในบ่อเลี้ยงปลาโดยจุลอินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์และผลิตในทางการค้าได้โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ซึ่งมีชื่อทางการค้าคือ "MMOs" นอกจากนี้ยังต้องการศึกษาชนิดของวัสดุเหลือใช้ราคาถูกที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุยึดเกาะของจุลอินทรีย์ในชั้นกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลาระบบปิดดังกล่าว โดยมีสมมุติฐานที่ว่า หากระบบกรองน้ำมีประสิทธิภาพที่ดีย่อมส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่ดี และคุณภาพน้ำที่ดีย่อมส่งผลต่อสุขภาพและอัตราการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงให้ดีตามไปด้วยเช่นกัน จากสมมุติฐานของโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ดังกล่าวนี้สามารถนำไปเปรียบเทียบเชื่อมต่อกับผลการวิจัยของโครงการวิจัยย่อยที่ 2,3 และ 4 ได้

1.2. โครงการย่อยที่ 2 เรื่อง "แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัมเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ ฉายบุ โครงการย่อยที่ 2 นี้มุ่งเน้นศึกษาด้านอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ที่เลี้ยงอย่างหนาแน่นในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียนที่สร้างตามรูปแบบทางวิศวกรรมธุรกิจทั่วไป และมีการใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมด้วยบางส่วน ผลงานวิจัยของโครงการย่อยที่ 1 และ 2 สามารถเป็นข้อเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนการจัดการระบบน้ำและการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบ่อแบบปิด สามารถค้นหาแนวทางการประหยัดทรัพยากรน้ำดิบและช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนจากการเร่งใช้พลังงานไฟฟ้าเกินมิติแห่งความพอเพียงในช่วงเวลาที่

ผ่านมาก่อนหน้านี้ และเพื่อผลผลิตการเลี้ยงปลาแนวทางเกษตรชีววิถีและเชื่อมต่อกับแนวทางของเกษตรอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี เพราะทั้งแนวทางเกษตรชีววิถีและเกษตรอินทรีย์นั้นต่างก็ใช้พื้นฐานในหลักการเดียวกันคือการพึ่งพาธรรมชาติให้ช่วยธรรมชาติเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด มีการประยุกต์ใช้จุลอินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์(EMs , MMOs , Prebiotic และ Probiotic)มาช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตสัตว์น้ำทางด้านสุขภาพ อาหาร และขนาดน้ำหนักของสัตว์เลี้ยง ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับโครงการย่อยที่ 3 และ 4 ได้อีกทางหนึ่งเช่นกัน

1.3. โครงการย่อยที่ 3 เรื่อง "แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ โครงการนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้แบคทีเรียในกลุ่ม Prebiotic และ Probiotic ผสมในอาหารตามสูตรผสมต่างๆเลี้ยงปลานิลแปลงเพศเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล ลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคปลา ทั้งนี้โดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติที่แบคทีเรียและจุลอินทรีย์ชนิดที่มีประโยชน์หลายชนิดที่สามารถพบได้ในระบบทางเดินอาหารของปลานิลอยู่แล้ว แบคทีเรียเหล่านี้มีทั้งกลุ่ม Prebiotic และ Probiotic โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้หากสำเร็จจะมีประโยชน์ต่อชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯทางด้านการเลือกชนิดสายพันธุ์ของแบคทีเรียและจุลอินทรีย์ชนิดที่มีประโยชน์ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในระบบกรองน้ำของบ่อผลิตสัตว์น้ำระบบปิดตามแบบชีววิถีนอกเหนือจากการผสมโดยตรงในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำอีกทางหนึ่งด้วย โดยหลักการของเทคนิคชีววิถีที่นอกเหนือจากการเลือกใช้จุลอินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์มาช่วยย่อยของเสียในชั้นกรองน้ำและช่วยย่อยอาหารในระบบทางเดินอาหารสัตว์น้ำแล้ว การเลือกใช้แร่ธาตุที่จำเป็นบางอย่างต่อสัตว์น้ำบางชนิดที่มีเปลือกห่อหุ้มตัวเช่น กุ้งก้ามกราม ก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะช่วยให้สัตว์น้ำมีภาวะสุขภาพที่ดี จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยย่อยที่ 4

1.4. โครงการย่อยที่ 4 เรื่อง "การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิด" โดย อาจารย์กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ โครงการย่อยนี้มุ่งเน้นการเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามในบ่อระบบปิดที่มีน้ำผสมแร่ธาตุที่จำเป็น

แบบหมุนเวียนภายในบ่อ โดยที่บ่อวิจัยนี้มีการสร้างระบบกรองน้ำเทคนิคชีววิถีที่สามารถลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรต์ โดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่าแร่ธาตุหลักบางส่วนที่ใช้เติมลงในน้ำจะเป็นส่วนหนึ่งของการกระตุ้นให้ลูกกุ้งก้ามกรามมีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นรวมทั้งแร่ธาตุเหล่านี้ยังมีส่วนเสริมสร้างจุลอินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ในระบบกรองแบบปิดของบ่อเลี้ยง ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นสามารถลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อลง โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้หากสำเร็จจะเป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะตอบโจทย์การประยุกต์ใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองแบบปิดได้อีกทางหนึ่ง

2. <u>กลุ่มโครงการย่อย : วิจัยและพัฒนาระบบบ่อดินการผลิตสัตว์น้ำแบบเปิด (Open system) เพื่ออาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มแก่การใช้วัสดุท้องถิ่น</u> ประกอบไปด้วย

2.1. โครงการวิจัยย่อยที่ 5 เรื่อง "ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์" โดย อาจารย์ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อค้นหาคำตอบการเกิดแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่เป็นอาหารของปลานิลและกลุ่มที่เป็นพิษต่อปลานิล(โดยเฉพาะกลุ่มที่ทำให้เนื้อปลานิลเกิดกลิ่นสาปโคลน) จากการใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงในบ่อดินที่เลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยในช่วงปีแรกของการศึกษาจะกำหนดกรอบเวลาใส่ปุ๋ยมูลไก่ไว้ที่ 1 และ 2 สัปดาห์ / ครั้ง ส่วนในช่วงปีที่สองของการศึกษาจะกำหนดกรอบเวลาใส่ปุ๋ยมูลไก่ไว้ที่ 1 และ 2 เดือน / ครั้ง ตามลำดับ โดยใช้หลักเทคนิคชีววิถีที่มูลไก่คือธาตุอาหารตั้งต้นที่จะเป็นแหล่งผลิตแพลงก์ตอนพืชในห่วงโซ่อาหารตามธรรมชาติภายในบ่อดินที่เลี้ยงปลานิล เป็นการใช้อาหารธรรมชาติมาช่วยลดต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงปลาได้อีกทางหนึ่ง งานวิจัยนี้หากสำเร็จจะมีประโยชน์ต่อชุดโครงการฯ ทางด้านระบบการผลิตอาหารที่ปลอดภัยโดยการทราบชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่มีประโยชน์และที่เป็นพิษ อีกทั้งยังมุ่งเน้นการใช้มูลไก่ที่เป็นวัสดุหาง่ายในท้องถิ่นนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยเทคนิคการกำหนดกรอบเวลากระตุ้นให้เกิดแพลงก์ตอนพืชชนิดที่มีประโยชน์ ควบคู่ไปกับการควบคุมชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดที่เป็นพิษและชนิดที่สร้างกลิ่นสาปโคลน

ในเนื้อปลานิลไปพร้อมๆกัน โครงการวิจัยที่ 5 จะเชื่อมโยงต่อเนื่องกับโครงการวิจัยที่ 6

2.2. โครงการวิจัยย่อยที่ 6 เรื่อง "การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน(ชีววิถี)ด้วยการจัดการด้านอาหาร" โดย รองศาสตราจารย์ ดร. นิวุฒิ หวังชัย โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นทางด้านทำอย่างไรจึงจะสามารถลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินตามระบบชีววิถีได้ โดยพยายามใช้เทคนิคการใช้อาหารสำเร็จรูปที่ต่างชนิดกันให้ปลานิลกินนาน 30 วันก่อนจับออกมาขาย เพื่อศึกษาว่าปริมาณการสะสมสารพิษฯ ดังกล่าวในเนื้อปลานิลจะมีผลแตกต่างกันหรือไม่กับกลุ่มปลานิลที่หยุดให้อาหารเม็ดอย่างสิ้นเชิงนาน 30 วันก่อนจับขาย ทั้งนี้โดยมีสมมุติฐานว่า การได้รับสารพิษไมโครซิสตินเหล่านี้น่าจะได้รับจากการกินเข้าไปทางอาหารของปลานิลเป็นหลัก ดังนั้นประเภทของอาหารที่ใช้ก่อนจับปลา 30 วันน่าจะมีผลต่อการลดการสะสมปริมาณสารพิษฯได้ดีกว่ากลุ่มปลาที่ปล่อยให้หากินแพลงก์ตอนพืชโดยตรงนาน 30 วันก่อนจับออกขาย งานวิจัยนี้หากค้นพบความจริงที่เป็นประโยชน์ต่อการลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลได้ จะเป็นประโยชน์ต่อชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯ ทางด้านอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้แนวทางการศึกษาวิจัยด้านอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภคของชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯชิ้นนี้ยังพยายามศึกษาไปทางด้านการปรับปรุงพันธุ์และเปลี่ยนเพศสัตว์น้ำโดยการใช้สารเคมีและฮอร์โมนบางชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามโครงการย่อยที่ 7 และ 8

1. **<u>กลุ่มโครงการย่อย : วิจัยและพัฒนาระบบการผลิตโดยการปรับปรุงพันธุ์และเปลี่ยนเพศสัตว์น้ำเศรษฐกิจเพื่ออาหารปลอดภัย</u>** ประกอบไปด้วย

3.1. โครงการย่อยที่ 7 เรื่อง "ลักษณะการเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก" โดย รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ปลาหนังลูกผสมระหว่างปลาเผาะเพศผู้และปลาสวายเพศเมีย โดยต้องการลูกปลาผสมที่มีคุณภาพเนื้อที่ดีเช่นมีสีขาวและมีน้ำหนักเนื้อแน่นได้

คุณภาพตามความต้องการของตลาดต่างประเทศในขณะนี้ โดยการวิจัยจะพยายามใช้สารเคมีและฮอร์โมนบางชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของปลาทั้งสองชนิดที่จะใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เท่าที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น เพื่อมุ่งหวังให้เกิดการผสมพันธุ์แบบข้ามสายพันธุ์ในการวิจัย โดยไม่สามารถรอให้เกิดการผสมข้ามสายพันธุ์ตามธรรมชาติได้ หวังผลไปยังลูกผสมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หากงานวิจัยนี้สำเร็จจะเป็นการสร้างลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่คาดว่าคุณภาพเนื้อจะตรงตามความต้องการของตลาด และหากลูกผสมดังกล่าวนี้สามารถสืบพันธุ์เองตามธรรมชาติได้ด้วยนั้นจะเป็นการสร้างอาหารชนิดใหม่ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคในอนาคตต่อไป แนวทางการวิจัยเพื่อเป็นแหล่งอาหารใหม่ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคในอนาคตนี้จะเชื่อมต่อกับโครงการวิจัยย่อยที่ 8 เช่นกัน

3.2. โครงการย่อยที่ 8 เรื่อง "รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารปลอดภัย" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และนายอานุภาพ วรรณคนาพล โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาหาแนวทางการผลิตกบนาเพศเมียให้ได้มากที่สุด เนื่องจากกบนาเพศเมียมีการเจริญเติบโตรวดเร็วกว่ากบนาเพศผู้มากถึง 20-40% แนวทางการศึกษาระบบการเปลี่ยนเพศกบนาโดยเลือกใช้สารเคมีและฮอร์โมนเฉพาะชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อผู้บริโภคจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ควรศึกษา หากงานวิจัยนี้สำเร็จจะเป็นประโยชน์ต่อชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯทางด้านอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยมุ่งหวังว่ากบนาเพศเมียที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้หากสามารถสืบพันธุ์ได้เองในอนาคตและมีลูกกบนาเพศเมียที่เกิดขึ้นในอัตราส่วนที่มากกว่าเพศผู้แล้วนั้น จะเป็นประโยชน์ทางด้านพันธุกรรมกบนาที่ตรงกับความต้องการของตลาดผู้บริโภคด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะเป็นการลดการใช้สารเคมีเพื่อเปลี่ยนเพศกบนาในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของชุดโครงการวิจัย

1. เพื่อทดสอบปริมาณจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่จะมีผลต่อการลดความขุ่น ตะกอน ของเสีย และ

ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆสำหรับจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบบ่อกรองของเสียแบบปิดภายในบ่อเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมเชิงพาณิชย์แบบชีววิถี

2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปลาบู่ทรายที่เลี้ยงเชิงพาณิชย์ในบ่อปิดระบบน้ำหมุนเวียน
3. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้จุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ทั้งกลุ่ม Prebiotic และกลุ่ม Probiotic ในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่ออาหารปลอดภัยตามแนวทางเกษตรอินทรีย์
4. เพื่อเพิ่มศักยภาพของบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามระบบปิดน้ำหมุนเวียน และเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกกุ้งรวมทั้งเพื่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบกรองน้ำแบบปิด
5. เพื่อศึกษาผลของช่วงเวลาการใส่ปุ๋ยมูลไก่ในบ่อดินแบบเปิดสำหรับการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินเชิงพาณิชย์ ที่จะมีผลต่อชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่มีประโยชน์และกลุ่มที่เป็นพิษ
6. เพื่อศึกษาผลของเทคนิคการให้อาหารต่อการสะสมสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินเชิงพาณิชย์
7. เพื่อผลิตลูกปลาสายเลือดผสมระหว่างปลาเผาะและปลาสวาย เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในอนาคต
8. เพื่อผลิตกบนาเพศเมียให้เป็นอาหารปลอดภัยในอนาคต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรภาคเหนือในการเพิ่มประสิทธิภาพบ่อผลิตปลานิล ปลาทับทิม ปลาบู่ทราย กุ้งก้ามกราม ปลาหนังลูกผสม และกบนาในบ่อผลิตระบบปิดที่มีระบบกรองและน้ำหมุนเวียน เพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป
2. เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรภาคเหนือในการใช้วัสดุภายในท้องถิ่นที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกเพื่อนำมาเพิ่มมูลค่าในการผลิตสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

3. เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการใช้เทคนิคชีววิถีเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารและรักษาคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืนต่อองค์กรทั้งภาครัฐและธุรกิจเอกชนทั่วไป
4. เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการปรับปรุงสายพันธุ์และการแปลงเพศสัตว์น้ำชนิดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง เพื่อประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมการผลิตและการส่งออกต่างประเทศ เกษตรกรและบริษัทธุรกิจเอกชนทุกกลุ่มสามารถนำองค์ความรู้ไปพัฒนางานการผลิตของตนเองได้

กรอบแนวความคิดของชุดโครงการวิจัย

<u>การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มวัตถุดิบท้องถิ่น</u>

→ **โครงการวิจัยย่อยในบ่อทดลองน้ำหมุนเวียนระบบกรองแบบปิด**

ประกอบด้วย 4 โครงการย่อยดังนี้

1. การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิล ในเชิงพาณิชย์
2. แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัมเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็น อาหารปลอดภัยในการส่งออก
3. แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้า สู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์
4. การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบ ปิด

→ **โครงการวิจัยย่อยในบ่อดินทดลองน้ำถ่ายเทไม่มีระบบกรองแบบเปิด**

ประกอบด้วย 2 โครงการย่อยดังนี้

1. ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์
2. การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน(ชีววิถี)ด้วยการจัดการด้านอาหาร

โครงการวิจัยย่อยทางด้านปรับปรุงพันธุ์และแปลงเพศสัตว์น้ำเพื่อผลผลิตอาหาปลอดภัย

ประกอบด้วย 2 โครงการย่อยดังนี้

1. ลักษณะการเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก
2. รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารปลอดภัย

แนวทางการดำเนินการวิจัย

แผนการวิจัย

<u>ระยะที่ 1</u> : ทบทวนเอกสารและร่างแบบเสนอโครงการวิจัย

1. ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและหนังสือต่างๆที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ตั้งโจทย์ปัญหาและออกแบบวางแผนทดลองและการวิจัยร่วมกับนักศึกษาและเกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ
3. วางแผนการดำเนินงานและขออนุมัติโครงการวิจัย

<u>ระยะที่ 2</u> : ระยะศึกษาและทดลองในปีที่ 1 (ตุลาคม 2551 – กันยายน 2552)

ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองตามแผนการทดลองของแต่ละโครงการย่อย จำนวน 8 โครงการ ดังนี้

1. **โครงการย่อยเรื่องที่ 1 :** การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์

2. **โครงการย่อยเรื่องที่ 2 :** แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัมเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นอาหาร
ปลอดภัยในการส่งออก

3. **โครงการย่อยเรื่องที่ 3 :** แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์

4. **โครงการย่อยเรื่องที่ 4 :** การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิด

5. **โครงการย่อยเรื่องที่ 5 :** ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์

6. **โครงการย่อยเรื่องที่ 6 :** การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน(ชีววิถี)ด้วยการจัดการด้านอาหาร

7. **โครงการย่อยเรื่องที่ 7 :** ลักษณะการเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก

8. **โครงการย่อยเรื่องที่ 8 :** รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารปลอดภัย

<u>ระยะที่ 3</u> : ระยะศึกษาและทดลองต่อเนื่องในปีที่ 2 (ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553)

ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองตามแผนการทดลองของแต่ละโครงการย่อย จำนวน 7 โครงการ ดังนี้

1. **โครงการย่อยเรื่องที่ 1 :** การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์

2. **โครงการย่อยเรื่องที่ 2 :** แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัมเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นอาหาร
ปลอดภัยในการส่งออก

3. **โครงการย่อยเรื่องที่ 3 :** แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์

4. **โครงการย่อยเรื่องที่ 4 :** การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิด

5. **โครงการย่อยเรื่องที่ 5 :** ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์

6. **โครงการย่อยเรื่องที่ 6 :** การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน (ชีววิถี) ด้วยการจัดการด้านอาหาร (หมายเหตุ : โครงการย่อยนี้ไม่ได้รับการสนับสนุนในปีที่ 2)

7. **โครงการย่อยเรื่องที่ 7 :** ลักษณะการเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก

แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำชุดโครงการวิจัย

1. แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ในระบบการศึกษาระดับอุดมศึกษาและปฐม/มัธยมศึกษา
2. นำนักศึกษาระดับปริญญาตรี-โท-เอก เข้ามาเป็นผู้ช่วยวิจัยทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม
3. ชี้แนะบางประเด็นปลีกย่อยเพื่อเป็นหัวข้องานวิจัยของนักศึกษาทั้งระดับปัญหาพิเศษและวิทยานิพนธ์
4. จัดทำเอกสารแผ่นปลิวประกอบรูปภาพอย่างง่าย เพื่อเผยแพร่แก่นักเรียนที่มาดูงานเพื่อกระตุ้นจิตวิญญาณการวิจัยแก่เยาวชนรุ่นอนาคตต่อไป

2. แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่นอกระบบการศึกษา (นักวิจัยของชุมชน)

1. จัดการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเป็นเทคโนโลยีที่ชุมชนต้องการ(โดยเฉพาะภาคเหนือ)ให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป มีการเฟ้ามองค้นหาเกษตรกรรุ่นใหม่ที่มีศักยภาพจะพัฒนาไปเป็นนักวิจัยของชุมชนในท้องถิ่นได้ เพื่อนำมาร่วมงานวิจัยต่อไปในอนาคต
2. มีการประสานความร่วมมือระหว่าง "*ชุมชน-หน่วยงานวิจัย-บริษัทเอกชน*" ในลักษณะไตรภาคีทางการประมง เพื่อค้นหาโจทย์วิจัยที่เป็นที่ต้องการทั้งของเกษตรกรในชุมชนและบริษัทเอกชน นักวิจัยรุ่นใหม่ ของชุมชนต้องสามารถค้นหาโจทย์วิจัยและแนวทางแก้ปัญหาวิจัยเบื้องต้นของชุมชนได้ด้วยตนเอง

กลยุทธ์ของแผนงานชุดโครงการวิจัย



(ต่อ) เพื่ออาหารปลอดภัยตามแนวทางเกษตรอินทรีย์



วัตถุประสงค์ข้อที่ 4. เพื่อเพิ่มศักยภาพของบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามระบบปิดน้ำหมุนเวียน และเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกกุ้งรวมทั้งเพื่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบกรองน้ำแบบปิด

สถานที่ และ ระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่วิจัย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ ฟาร์มเอกชน

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 ถึง เดือนกันยายน 2553 รวมเวลาวิจัย 2 ปี

ผลการดำเนินการในแต่ละโครงการวิจัยย่อยตลอด 2 ปี มีดังต่อไปนี้

แผนงานวิจัยกลุ่มที่ 1 : <u>กลุ่มการวิจัยและพัฒนาระบบบ่อผลิตสัตว์น้ำแบบปิด (Close system or re-circulated system) เพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าวัสดุท้องถิ่น</u> ประกอบไปด้วย

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 1 : การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์ (24 เดือน)

Utilization on Biological Technique in the Close System of Water Circulation for Commercial Production of Nile Tilapia (24 Months)

บัญญัติ มนเทียรอาสน์[1] และ ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม[1]

Bunyat Montien-Art[1] and Khajornkiat Srinuansom[1]

[1] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

.....

บทคัดย่อ

การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคารไม่มีแสงแดดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์ เป็นงานวิจัยที่แบ่งระยะการดำเนินการออกเป็น 4 ชุดการทดลองในระยะเวลา 24 เดือน ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ค้นหาวิธีการลดต้นทุนค่าวัสดุกรองบางชนิดในบ่อเลี้ยงปลานิล โดยทดลองใช้วัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในจังหวัดเชียงใหม่ ร่วมกับการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้และ 30% ผักตบชวาเพื่อลดปริมาณของเสียตกค้างในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิด ผลการทดลองพบว่า การใช้จุลินทรีย์สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ สูตร 3 (MMOs) ทั้งในปริมาณ 18.20 และ 36.40 ซีซี / น้ำเลี้ยงปลานิล 364 ลิตร / เดือน ไม่มีผลใดๆทางสถิติวิจัยต่อการปรับสภาพน้ำในบ่อระบบปิดภายในอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมซึ่งไม่มีการใช้จุลินทรีย์ใดๆเลย แต่เมื่อดูแนวโน้มข้อมูลดิบเฉลี่ยตลอดการทดลองใน 12 เดือนแรกนี้ พบว่า หากมีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์หรือเพิ่มความถี่การใส่จุลินทรีย์

ในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคารอีกนั้น อาจจะส่งผลบางประการที่ชัดเจนขึ้นมากกว่านี้ได้ ในทำนองเดียวกัน การทดลองใช้วัสดุกรองบางชนิดเช่น ฝาขวดพลาสติคและลูกพลาสติคไบโอบอล โดยนำมาผสมรวมอย่างละเท่าๆกันกับวัสดุมาตรฐานหินภูเขาไฟในระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคารนี้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างในประสิทธิภาพการกรองและการลดของเสียในน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลอย่างมีนัยสำคัญใดๆในทางสถิติวิจัยเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ใช้วัสดุกรองมาตรฐานเป็นหินภูเขาไฟแต่เพียงอย่างเดียว ดังนั้น จึงมีข้อน่าสังเกตว่าหากเกษตรกรเลือกที่จะลดต้นทุนค่าวัสดุกรอง โดยการเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคผสมกับหินภูเขาไฟ อาจจะเป็นวิธีที่เหมาะในการลดต้นทุนได้และการทดลองโดยเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคอย่างเดียวในระบบกรองจึงควรมีการศึกษาต่อไป นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ 30% ผักตบชวาในระบบชีววิถีร่วมกับจุลินทรีย์ 36.40 ซีซี / น้ำเลี้ยงปลานิล 364 ลิตร / เดือน สำหรับบ่อระบบปิดภายในอาคารโรงเรือนที่ไม่มีแสงแดด จะส่งผลให้มีปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 3.60 – 4.02 มิลลิกรัม / ลิตร ซึ่งเหมาะสมใช้เลี้ยงปลานิลได้ แต่ทุกการทดลองในครั้งนี้ พบว่า ไม่สามารถลดปริมาณของเสียในกลุ่มฟอสฟอรัสและไนโตรเจนลงต่ำกว่า 0.20 และ 0.02 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลระบบปิดในอาคารที่ไม่มีแสงแดดเชิงพาณิชย์ได้ จากการทดลองนี้มีข้อน่าสังเกตว่า ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงในการทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งใช้วัสดุมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอลเป็นวัสดุกรองนั้น ให้ผลผลิตน้ำหนักปลานิลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 59.93** , F = 6.15**) ตามลำดับ

คำสำคัญ : ชีววิถี ปลานิล ระบบกรองน้ำ ระบบปิด

Abstract

“ Utilization on biological technique in the close system of water circulation for commercial production of nile tilapia ” has been designing by four experimentations in 24 months. The objectives of this study are to looking for how to reduce cost of nile tilapia production by using some local materials as

filter materials in the close system of fish ponds without sunlight condition, together with how to reduce some nutrients in fish ponds by using the effective micro-organisms namely “MMOs” for water treatment and 30% aquatic plant such as water hyacinth. Results from the first 12 months of this study showed that both of the “MMOs” ponds, 18.20 and 36.40 cc / 364 liters of water / 1 month, are not significantly difference with control pond. However, we noted that the sign of 12 months of raw data showed if we can increase the “MMOs” contents or increase the frequency of the “MMOs” dropping into water, some more results may be clearly than now. Also, results of the second experiment which used some local material, bottle covers, compared with standard materials, a bio-balls and volcano rocks as filter materials of the close system of water circulation in fish ponds without sunlight condition showed non-significant difference with control ponds. Therefore, a bottle covers which mixed together with volcano rocks in this study can apply for filter material of the close system of water circulation without sunlight condition. However, we noted that the future experiment which will apply a bottle covers only for the filter material may be effective. Because a bottle covers are cheap prices and easy buy in Chiang-Mai province. On the other hand, use of 30% water hyacinth together with MMOs, 36.40 cc / 364 liters / month, without sunlight condition, can promoted the dissolved oxygen in water between 3.60 and 4.02 milligram / liter. However, the close system without sunlight of this study can not reduce some minerals such as phosphorus and nitrogen to under 0.20 and 0.02 milligram / liter, respectively, which both are the standard levels of fish ponds. The statistic analysis of fish weight in this study showed highly significant in treatment 3 and 4 ($F = 59.93^{**}$, $F = 6.15^{**}$), respectively.

Keywords : Biological , “Biological-Way-of-Life”, Nile tilapia, Water filter, Close system

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในปัจจุบันได้พัฒนามาเป็นการเพาะเลี้ยงในเชิงธุรกิจมากขึ้น เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงกว่าการทำเกษตรแบบอื่น ๆ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538 – 2547 พบว่ามีผลผลิตสัตว์น้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจำนวน 1,609,100 ตัน และพบว่าผลผลิตจากสัตว์น้ำเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยนั่นเอง อนึ่ง สัตว์น้ำจืดที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือปลานิล (30.26%) และในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมากถึง 200,200 ตัน จากพื้นที่เพาะเลี้ยง 555,685 ไร่ (พัชราวลัย และคณะ, 2550) จากข้อมูลเบื้องต้นนี้ทำให้ทราบว่า การเลี้ยงปลานิลนั้นเป็นที่นิยมของเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลโดยเฉพาะที่เลี้ยงในกระชังนั้น ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในกระชังเองและต่อคุณภาพน้ำบริเวณใกล้เคียง จนกระทั่งอาจเกินความสามารถในการรองรับของเสียหรือการฟอกตัวตามธรรมชาติของแหล่งน้ำเหล่านั้นได้ จึงก่อให้เกิดสภาพปัญหามลพิษทางน้ำ และอาจส่งผลต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำและการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมในกระชังโดยตรงได้ ที่ผ่านมาได้มีกรณีศึกษาที่ปลานิลและปลาทับทิมในกระชังของเกษตรกรตายลงจำนวนมาก ทั้งในจังหวัดในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคอีสาน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการปล่อยน้ำเน่าเสียของโรงงานข้างเคียง น้ำเสียจะทำให้ปลาตายและเมื่อปลาตายจำนวนมากในครั้งเดียวกันก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียเพิ่มมากยิ่งขึ้น เป็นปัญหาต่อแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชนโดยทั่วไปอยู่เสมอ

อุปสรรคและปัญหาจากเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ จึงมีเกษตรกรบางรายได้ประยุกต์ค้นคิดวิธีการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมระบบปิดแบบประมงชีววิถี ประยุกต์ กล่าวคือ ทำการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดในบ่อซีเมนต์ ซึ่งได้ปรับปรุงโรงเรือนจากเดิมที่เคยใช้เลี้ยงไก่เนื้อมาก่อน แต่ประสบปัญหาขาดทุนเนื่องจากวิกฤตการณ์ไข้หวัดนกในช่วงก่อนหน้านี้ เกษตรกรจึงประยุกต์เปลี่ยนพื้นโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อมาสร้างเป็นบ่อซีเมนต์กลมขนาดความจุประมาณ 18 ลูกบาศก์เมตร เพื่อเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมภายในโรงเรือนด้วยอัตราที่หนาแน่นตามระบบเชิงพาณิชย์ โดยมีการจัดการระบบน้ำให้

เป็นแบบหมุนเวียนในระบบปิด เน้นการผลิตปลาแบบปลอดสารพิษ มีการออกแบบบ่อบำบัดน้ำตามรูปแบบทั่วๆไปซึ่งประกอบด้วย บ่อดักตะกอน บ่อบำบัดน้ำ และมีการสั่งซื้อวัสดุกรองน้ำที่มีราคาค่อนข้างสูงมาใช้ เช่น แผ่นกรองใยแก้ว เศษปะการัง เปลือกหอยต่างๆ และวัสดุกรองสำเร็จรูปที่ทำจากพลาสติครูปแบบต่างๆหลากหลาย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น วัสดุที่ใช้ประกอบชั้นกรองน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบปิดเหล่านี้ ทุกชนิดต้องสั่งซื้อจากต่างภูมิภาค หรือแม้กระทั้งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ซึ่งจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งและภาษี อีกทั้งวัสดุบางชนิดเช่นเศษปะการังนั้น เป็นวัสดุที่มีข้อจำกัดทางด้านกฎหมายอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่ง จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพของจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MMOs)ต่อการย่อยสลายของเสียจากปลาในชั้นกรองชีววิถีระบบปิด และทดสอบการใช้วัสดุเหลือใช้ที่หาง่ายในท้องถิ่นของจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุยึดเกาะของจุลชีพชนิดต่างๆที่มีประโยชน์ต่อการย่อยสลายเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายต่างๆของปลาในบ่อเลี้ยงระบบปิด ภายในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุม ทั้งนี้หากคุณภาพน้ำในบ่อระบบปิดของปลานิลอยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดีตามมาตรฐานการประมงที่ปลอดภัยแล้วนั้น ย่อมส่งผลให้ผลผลิตปลานิลและปลาทับทิมทั้งขนาดและน้ำหนักปลาที่เลี้ยงตามแบบเทคนิคชีววิถีนี้ดีตามไปด้วยเช่นกัน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อทดสอบปริมาณจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่จะมีผลดีต่อการลดของเสียต่างๆในน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี (ปีที่ 1)
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพวัสดุในระบบกรองชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุมาตรฐานทั่วไป (ปีที่ 1)
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMOs) ชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่ (ปีที่ 2)

4. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMOs) ชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่ ร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่น้ำ (ปีที่ 2)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้สามารถทราบปริมาณจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่จะมีผลดีต่อ การลดปริมาณของเสียต่างๆในน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลระบบปิดชีววิถี
2. ทำให้สามารถทราบถึงการเลือกใช้วัสดุยึดเกาะที่เหมาะสมสำหรับจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) และราคาถูกที่ใช้ในบ่อเลี้ยงปลาระบบปิดแบบชีววิถีของจังหวัดเชียงใหม่
3. เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงระบบปิดแบบชีววิถีในเกณฑ์มาตรฐานอาหารปลอดภัย
4. เพื่อตรวจสอบผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงในระบบปิดแบบชีววิถีในระยะเวลา 4-8 เดือน
5. เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปลานิลระบบปิด เพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกต่อไป

การตรวจเอกสาร

ระบบชีววิถีหรือที่นักวิชาการต่างประเทศมักเรียกว่า “Biological Way of Life” เป็นระบบเกษตรเชิงนิเวศที่หันกลับมาเลือกใช้สิ่งมีชีวิตชนิดที่เหมาะสมนำมาประยุกต์ใช้ปล่อยเลี้ยงร่วมกันกับสิ่งมีชีวิตชนิดที่ต้องการผลิตใช้เชิงธุรกิจ ทั้งนี้โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้สิ่งมีชีวิตต่างๆมาช่วยลดต้นทุนค่าอาหารและค่าบำรุงรักษาสุขภาพสัตว์เลี้ยงอย่างยั่งยืนนั่นเอง มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ได้ทำการศึกษาระบบชีววิถีทางการประมงมาอย่างต่อเนื่อง เช่น พัชรี และคณะ(2550) ได้ทดลองเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด จ. แพร่ และพบว่าทั้งกบนา ปลาดุกบิ๊กอุย ผักบุ้ง และจุลินทรีย์ MMOS สามารถเลี้ยง

ร่วมกันได้ โดยกบนามีอัตราการเจริญเติบโตในช่วงระหว่าง 49.51 – 62.54 กรัม และปลาดุกบิ๊กอุยมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 32.33 – 44.66 กรัม ตามลำดับ

บัญญัติ และคณะ(2550) ได้ทดลองเปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิลนาน 12 เดือน พบว่า องค์ประกอบทางชีวภาพของบ่อชนิดที่เป็นอาหารปลาโดยธรรมชาติเช่น สัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ มีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มน้ำหนักและขนาดและความยาวของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินแบบผสมผสานของ มหาวิทยาลัยแม่โจ้จริง และน้ำหนักรวมของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ใช้ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมปลา ไม่มีความสัมพันธ์ใดๆต่อการเพิ่มน้ำหนักและความยาวปลานิล องค์ประกอบทางชีวภาพเหล่านี้สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตปลานิลแบบผสมผสานได้ 1.83 บาท / 1 มื้อ / ปลานิล 1 กิโลกรัม

บัญญัติ และ ขจรเกียรติ์(2553) ทดลองการใช้เทคนิคชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบึก พบว่า บ่อดินที่ใช้เทคนิคชีววิถีทั้งสองกลุ่มทดลอง สามารถช่วยลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนชนิด Geosmin ได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 19.68**) ปริมาณสาร Geosmin ที่พบในเนื้อปลาบึกในบ่อชีววิถีพบระหว่าง 15.70 – 15.75 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับ 41.88 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ของบ่อที่ไม่ใช้เทคนิคชีววิถี นอกจากนี้ระบบชีววิถีโดยการใช้สิ่งมีชีวิตเพื่อดูดซับโลหะหนักในบ่อเลี่ยงปลาก็เคยมีการศึกษามาด้วยเช่นกันคือ Bunyat et al(2007) ทำการศึกษาโดยเลี้ยงปลานิลเพื่อดูดซับโลหะหนักชนิดแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ นาน 12 เดือนและพบว่า ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่ดูดซับในตัวปลานิลอยู่ในระหว่าง 51.20 – 57.47 มิลลิกรัมต่อกรัม ในส่วนระบบการเลี้ยงปลาน้ำจืดในเชิงธุรกิจนั้น ที่ผ่านมามักไม่ค่อยให้ความสนใจการใช้ระบบชีววิถีมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของไทยยังไม่ถูกบังคับใช้อย่างจริงจัง อีกทั้งการใช้ระบบชีววิถีมักเสียเงินด้านบริหารจัดการมากกว่าระบบเชิงเดี่ยวแบบทั่วไป แต่เมื่อปัญหาสิ่งแวดล้อมเริ่มรุนแรงขึ้น อีกทั้งต่างประเทศคู่ค้าเริ่มเข้มงวดเรื่องสารเคมีตกค้างในสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น เกษตรกรและนักธุรกิจจึงจำเป็นต้องพยายามลดความเสี่ยงในเรื่องสารตกค้าง และมุ้งเน้นเรื่องคุณภาพด้านอาหารปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ระบบชีววิถีจึงถูกหลายฝ่ายเริ่มหันมาให้ความสนใจเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตของตนเองมากขึ้น ที่ผ่านมาสัตว์น้ำจืดชนิด

ที่ให้ผลผลิตสูงสุดได้แก่ ปลานิล (30.26%) และในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมากถึง 200,200 ตัน จากพื้นที่เพาะเลี้ยง 555,685 ไร่ (พัชราวลัย และคณะ, 2550) จากข้อมูลเบื้องต้นนี้ทำให้ทราบว่า การเลี้ยงปลานิลนั้นเป็นที่นิยมของเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลโดยเฉพาะที่เลี้ยงในกระชังนั้น ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในกระชังเองและต่อคุณภาพน้ำบริเวณใกล้เคียง จนกระทั่งอาจเกินความสามารถในการรองรับของเสียหรือการฟอกตัวตามธรรมชาติของแหล่งน้ำเหล่านั้นได้ จึงก่อให้เกิดสภาพปัญหามลพิษทางน้ำ และอาจส่งผลต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำและการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมในกระชังโดยตรงได้ ที่ผ่านมาได้มีกรณีศึกษาที่ปลานิลและปลาทับทิมในกระชังของเกษตรกรตายลงจำนวนมาก ทั้งในจังหวัดในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคอีสาน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการปล่อยน้ำเน่าเสียของโรงงานข้างเคียง น้ำเสียจะทำให้ปลาตายและเมื่อปลาตายจำนวนมากในครั้งเดียวกันก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียเพิ่มมากยิ่งขึ้น เป็นปัญหาต่อแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชนโดยทั่วไปอยู่เสมอ

อุปสรรคและปัญหาจากเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ จึงมีเกษตรกรบางรายได้ประยุกต์ค้นคิดวิธีการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมระบบปิดแบบประมงชีววิถีประยุกต์ กล่าวคือทำการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดในบ่อซีเมนต์ ซึ่งได้ปรับปรุงโรงเรือนจากเดิมที่เคยใช้เลี้ยงไก่เนื้อมาก่อน แต่ประสบปัญหาขาดทุนเนื่องจากวิกฤตการณ์ไข้หวัดนกในช่วงก่อนหน้านี้ เกษตรกรจึงประยุกต์เปลี่ยนพื้นโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อมาสร้างเป็นบ่อซีเมนต์กลมขนาดความจุประมาณ 18 ลูกบาศก์เมตร เพื่อเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมภายในโรงเรือนด้วยอัตราที่หนาแน่นตามระบบเชิงพาณิชย์ โดยมีการจัดการระบบน้ำให้เป็นแบบหมุนเวียนในระบบปิด เน้นการผลิตปลาแบบปลอดสารพิษ มีการออกแบบบ่อบำบัดน้ำตามรูปแบบทั่วๆไปซึ่งประกอบด้วยบ่อดักตะกอน บ่อบำบัดน้ำ และมีการสั่งซื้อวัสดุกรองน้ำที่มีราคาค่อนข้างสูงมาใช้ เช่น แผ่นกรองใยแก้ว เศษปะการัง เปลือกหอยต่างๆ และวัสดุกรองสำเร็จรูปที่ทำจากพลาสติครูปแบบต่างๆหลากหลาย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นวัสดุที่ใช้ประกอบชั้นกรองน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบปิดเหล่านี้ ทุกชนิดต้องสั่งซื้อจากต่างภูมิภาคหรือแม้กระทั้งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งและภาษี อีกทั้งวัสดุบางชนิด

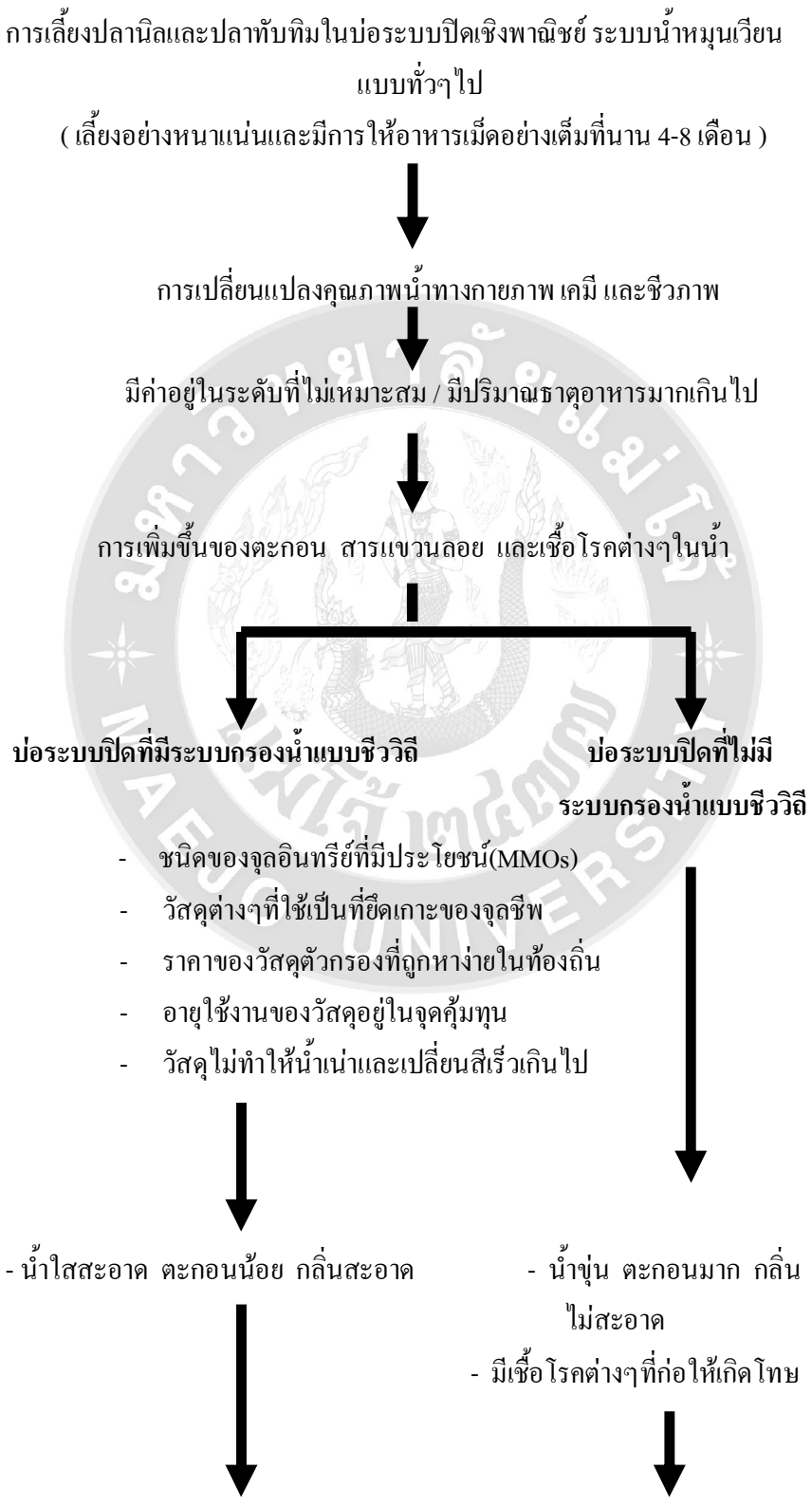
เช่นเศษปะการังนั้นเป็นวัสดุที่มีข้อจำกัดทางด้านกฎหมายอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่ง จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพของจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MMOs)ต่อการย่อยสลายของเสียจากปลาในชั้นกรองชีววิถีระบบปิด และทดสอบการใช้วัสดุเหลือใช้ที่หาง่ายในท้องถิ่นของจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุยึดเกาะของจุลชีพชนิดต่างๆที่มีประโยชน์ต่อการย่อยสลายเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายต่างๆของปลาในบ่อเลี้ยงระบบปิดภายในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุม ทั้งนี้หากคุณภาพน้ำในบ่อระบบปิดของปลานิลอยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดีตามมาตรฐานการประมงที่ปลอดภัยแล้วนั้น ย่อมส่งผลให้ผลผลิตปลานิลและปลาทับทิมทั้งขนาดและน้ำหนักปลาที่เลี้ยงตามแบบเทคนิคชีววิถีนี้ดีตามไปด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ระบบการทำประมงอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่าระบบชีววิถี โดยการใช้ผักตบชวาเพื่อดูดซับฟอสฟอรัสส่วนเกินจากน้ำออกสู่ภายนอกบ่อเลี้ยงปลา ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ สามารถลดการใช้สารเคมีบำบัดน้ำ ลดปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกสู่ภายนอกฟาร์มได้ รวมทั้งผักตบชวายังใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยชีวภาพได้ (American Public Health Association. 1989 ; Abdelhamid and Gabra,1991; Abdel-Hamid et al., 1992; Agami et al., 1990; Ahmed et al.,1995 ; Akcin et al.,1994; Aoyama et al.,1993; Babu et al.,. 1988; Baldwin et al.,. 1975; Bashmacova, 1990; Benicio et al.,1993 ; Berto et al.,1988; Bierman and Dolan,1981; Biobaku and Ekpenyong, 1991; Biswas and Mandal,1988; Biswas and Mandal,1989; Blachier,1990; Bloesch,1977; Bolenz et al.,1990; Borhami et al.,. 1995; Borhami et al.,1995; Bratli,1994; Bucka and Zurek,1992; Maden et al.,1998; Sesli and Tuzen 1999)

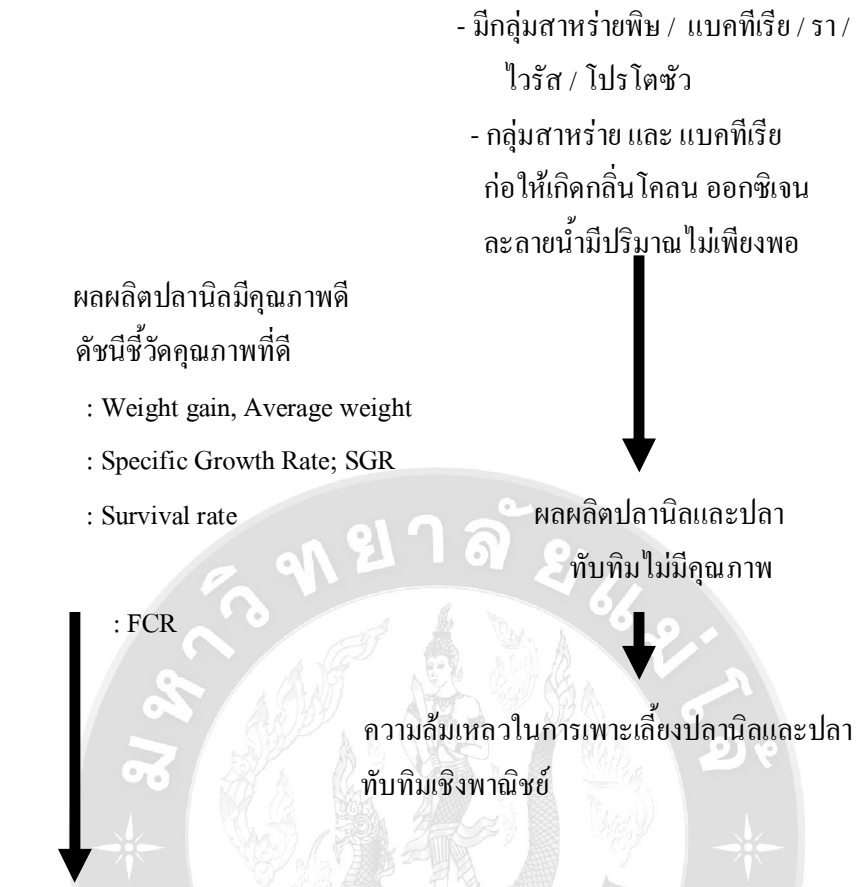
แนวทางการดำเนินงานวิจัย

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sciencetific method) เพื่อศึกษาความสามารถของจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ที่ผลิตโดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MMOs) เพื่อช่วยลดความขุ่นตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดน้ำหมุนเวียน ชนิดของวัสดุท้องถิ่นที่จุลินทรีย์ใช้ยึดเกาะในระบบกรองของบ่อระบบปิด คุณภาพน้ำ และอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลทางด้านขนาดและน้ำหนัก

<u>ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย</u>

<u>กรอบแนวความคิดในการศึกษา</u>





: พัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับการใช้เทคนิคชีววิถีเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

: พัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุหาง่ายในท้องถิ่น

: ประหยัดการใช้ทรัพยากรน้ำ ใช้ทรัพยากรน้ำอย่างเต็มประสิทธิภาพ ประหยัดการใช้ไฟฟ้า ช่วยลดภาวะโลกร้อน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

แผนการวิจัย (ปีที่ 1)

ระยะที่ 1 : ทบทวนเอกสารและร่างแบบเสนอโครงการวิจัย

1. ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและหนังสือต่างๆที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ตั้งโจทย์ปัญหาและออกแบบวางแผนทดลองและการวิจัยร่วมกับนักศึกษา และ เกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ
3. วางแผนการดำเนินงานและขออนุมัติโครงการวิจัย

ระยะที่ 2 : ระยะศึกษาทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 : <u>การทดสอบประสิทธิภาพของจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMOs) สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต่อการย่อยของเสียในบ่อเลี้ยงปลาระบบปิดแบบชีววิถี</u>

เป็นการทดลองในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุม ใช้บ่อทดลองขนาดเล็กประมาณ 50x50x100 ซม. ที่มีส่วนแยกสำหรับระบบกรองชีววิถีนี้จำนวน 9 บ่อ (ภาพที่ 1) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

1.1. กำหนดกลุ่มทดลอง(Treatments) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

1. กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิด ไม่มีวัสดุกรองทั้งชนิดที่ 1 และ 2 และไม่มีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMOs)
2. กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี ไม่มีวัสดุกรองทั้งชนิดที่ 1 และ 2 เติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะที่ 1 ปริมาตร 36.40 ลบ.ซม. / บ่อ

3. กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี ไม่มีวัสดุกรองทั้งชนิดที่ 1 และ 2 เติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะ 2 ปริมาตร 18.20 ลบ.ซม. / บ่อ

1.2. ใช้ปลานิลอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 20 ตัว / บ่อ ให้อาหารเม็ดลอยน้ำ จำนวน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมปลาในบ่อ

1.3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นทางการประมง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P)

1.4. ตรวจสอบผลผลิตปลานิล เช่น ขนาด น้ำหนัก ทุกๆสัปดาห์



ภาพที่ 1 บ่อระบบปิดโดยรวมทั้งหมดที่ใช้ทดลองเลี้ยงปลานิลระบบชีววิถีในอาคารทดลอง มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การทดลองที่ 2 : <u>ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุที่ใช้ในระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลาแบบชีววิถีชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่</u>

เป็นการทดลองในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุมเช่นกัน ใช้บ่อทดลองขนาดเล็กประมาณ 50x50x100 ซม. ที่มีส่วนแยกสำหรับระบบกรองชีววิถีนี้จำนวน 9 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DNMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

1. กำหนดกลุ่มทดลอง(Treatments) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี ใช้วัสดุกรองมาตรฐานคือหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคเท่านั้น โดยไม่มีวัสดุกรองที่ใช้ทดลองทั้งชนิดที่ 1คือลูกไบโอบอล(Bioballs) และชนิดที่ 2 คือฝาขวดพลาสติคที่หาง่ายในท้องถิ่น และไม่มีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMOs) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี ใช้วัสดุกรองมาตรฐาน แต่ไม่มีวัสดุกรองทดลองทั้งชนิดที่ 1 และ 2

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานร่วมกับวัสดุกรองที่ใช้ทดลองชนิดที่ 1 (Bioballs) ไม่มีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานร่วมกับวัสดุกรองทดลองชนิดที่ 1 (Bioballs) (Treatment 1)

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานร่วมกับวัสดุกรองชนิดที่ 2 คือฝาขวดพลาสติค แต่ไม่มีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานร่วมกับวัสดุกรองทดลองชนิดที่ 2 ฝาขวดพลาสติค (Treatment 2)

2. ใช้ปลานิลอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 20 ตัว / บ่อ ให้อาหารเม็ดลอยน้ำ ให้อาหารจำนวน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมปลา

3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นทางการประมง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P)

4. ตรวจสอบผลผลิตปลานิล เช่น ขนาด น้ำหนัก ทุกๆสัปดาห์

แผนการวิจัย (ปีที่ 2)

การทดลองที่ 3 : <u>ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) ชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่</u>

เป็นการทดลองในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุมเช่นกัน ใช้บ่อทดลองขนาดเล็กประมาณ 50x50x100 ซม. ที่มีส่วนแยกสำหรับระบบกรองชีววิถีนี้จำนวน 9 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

1. กำหนดกลุ่มทดลอง(Treatments) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ(Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาระบบปิดแบบชีววิถี ใช้วัสดุกรองมาตรฐานคือหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคเท่านั้น ไม่มีวัสดุกรองทั้งชนิดที่ 1 (Bioballs) และชนิดที่ 2 (ฝาขวดพลาสติค) แต่มีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs)สูตรเฉพาะที่เลือกจากการทดลองที่ 1 คือสูตรปริมาตร 36.40 ลบ.ซม / บ่อ

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานและวัสดุกรองชนิดที่ 1 ร่วมผสม และมีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะที่เลือกจากการทดลองที่ 1 คือสูตรปริมาตร 36.40 ลบ.ซม. / บ่อ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานและวัสดุกรองชนิดที่ 2 ร่วมผสม และมีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะที่เลือกจากการทดลองที่ 1 คือสูตรปริมาตร 36.40 ลบ.ซม. / บ่อ

2. ใช้ปลานิลอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 20 ตัว / บ่อ ให้อาหารเม็ดลอยน้ำ จำนวน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมปลา

3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นทางการประมง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P)

4. ตรวจสอบผลผลิตปลานิล เช่น ขนาด น้ำหนัก ทุกๆสัปดาห์

การทดลองที่ 4 : <u>ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) ชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่ร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่น้ำ</u>

เป็นการทดลองในโรงเรือนที่มีหลังคาปกคลุมเช่นกัน ใช้บ่อทดลองขนาดเล็กประมาณ 50x50x100 ซม. ที่มีส่วนแยกสำหรับระบบกรองชีววิถีนี้จำนวน 9 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

1. กำหนดกลุ่มทดลอง(Treatments) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐาน แต่ไม่มีวัสดุกรองทั้งชนิดที่ 1 และ 2 มีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs)สูตรเฉพาะที่เลือกจากการทดลองที่ 1 สูตร 36.40 ลบ.ซม / บ่อ ร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่น้ำ

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐาน ร่วมกับวัสดุกรองชนิดที่ 1 และมีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะที่เลือกจากการทดลองที่ 1 สูตร 36.40 ลบ.ซม / บ่อ ร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่น้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาระบบปิดแบบชีววิถี มีวัสดุกรองมาตรฐานและวัสดุกรองชนิดที่ 2 และมีการเติมจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะที่เลือกจากการทดลองที่ 1 สูตร 36.40 ลบ.ซม / บ่อ ร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่น้ำ

2. ใช้ปลานิลอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 20 ตัว / บ่อ ให้อาหารเม็ดลอยน้ำ ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมปลา

3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นทางการประมง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P)

4. ตรวจสอบผลผลิตปลานิล เช่น ขนาด น้ำหนัก ทุกๆสัปดาห์

ระยะเวลาการทำวิจัย 2 ปี (2552 – 2553)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองที่ 1 : การทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs) สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่คาดว่าจะมีผลดีต่อการลดของเสียต่างๆในน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลระบบปิดแบบชีววิถี (ปีที่ 1)

จากคำแนะนำข้างขวดจุลินทรีย์ สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MMOs) สูตร 3 (ภาพที่ 5) ระบุปริมาณการใช้น้ำจุลินทรีย์ชนิดนี้ไว้ที่จำนวน 100 ลบ.ซม. สำหรับบำบัดน้ำเสีย 1,000 ลิตร ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงกำหนดดัดแปลงสูตรการทดลองเป็น 2 สูตรเฉพาะย่อยเพื่อการทดลองที่ 1 ดังนี้

สูตรเฉพาะที่ 1 ใช้จุลินทรีย์จำนวน 36.40 ลบ.ซม. / บ่อ หรือปริมาตร MMOs ต่อปริมาตรน้ำในตู้ทดลองคือ 364 ลิตร / เดือน

สูตรเฉพาะที่ 2 ใช้จุลินทรีย์จำนวน 18.20 ลบ.ซม. / บ่อ หรือปริมาตร MMOs ต่อปริมาตรน้ำในตู้ทดลองคือ 364 ลิตร / เดือน



ภาพที่ 5 จุลินทรีย์สูตรเฉพาะ (MMOs) สูตร 3 สำหรับการบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

จากผลการทดลองที่ 1 เมื่อเลี้ยงปลานิลในระบบปิดชีววิถีนาน 3 เดือน พบว่า บ่อเลี้ยงที่ใช้จุลินทรีย์สูตรเฉพาะที่ 1 (36.40 ลบ.ซม / บ่อ) พบค่าเฉลี่ยปริมาณของเสียชนิดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรต-ไนโตรเจน, และออโธฟอสเฟต ต่ำกว่าบ่อเลี้ยงที่ใช้จุลินทรีย์สูตรเฉพาะที่ 2 (18.20 ลบ.ซม / บ่อ) และบ่อควบคุมที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ใดๆ ในทางตรงกันข้ามที่พบระดับค่าเฉลี่ย pH ของน้ำ, ปริมาณกาซออกซิเจนละลายในน้ำ, และปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ในบ่อเลี้ยงสูตรเฉพาะที่ 1 สูงกว่าบ่อเลี้ยงที่ใช้จุลินทรีย์สูตรเฉพาะที่ 2 และบ่อควบคุมที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ใดๆ สำหรับค่าความเจริญเติบโตของปลานิลที่ประเมินจากค่าเฉลี่ยความยาวและน้ำหนักปลาโดยรวมนั้น พบว่า เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองที่ 1 ปลานิลในบ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1 มีทั้งขนาดความยาวและน้ำหนักตัวต่ำกว่าปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2 และบ่อควบคุมที่ไม่ใช้จุลินทรีย์(ตารางที่ 1)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	0.019
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**0.008**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	0.010
ปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน (NO_2-N ; ppm)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	0.669
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**0.632**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	0.678
ปริมาณออโธฟอสเฟส (PO_4-P ; ppm)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	0.849
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**0.798**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	0.987
ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	7.16
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**7.09**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	7.04
ปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; ppm)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	5.84
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**6.03**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	5.93

ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	0.527
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**0.640**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	0.572
อุณหภูมิน้ำ (C)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	25
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**25**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	25
ความยาวลูกปลานิล (ซม.)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	11.55
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**10.90**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	12.02
น้ำหนักลูกปลานิล (กรัม)	บ่อควบคุม ไม่ใส่จุลินทรีย์	53.04
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1	**44.83**
	บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 2	53.41

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยรวมตลอดการทดลองที่ 1 ของปัจจัยคุณภาพน้ำและปลานิล

จากข้อมูลดิบเฉลี่ยตลอดการทดลองในตารางที่ 1 เป็นที่น่าสังเกตว่า บ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1 ที่มีการใส่น้ำหมักจุลินทรีย์ MMOs ในปริมาณตามข้างขวดแนะนำไว้คือ 36.40 ลบ.ซม / บ่อ / เดือน นั้นให้ผลตัวเลขเฉลี่ยปริมาณของเสียชนิดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(0.008 มิลลิกรัม / ลิตร) ไนไตรต-ไนโตรเจน(0.632 มิลลิกรัม / ลิตร) และออโธฟอสเฟต(0.798 มิลลิกรัม / ลิตร) ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับบ่อทดลองอื่นๆ และยังให้ผลข้อมูลดิบเฉลี่ยในทางคุณประโยชน์ต่อการเพิ่มระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH; 7.09) ในบ่อสูตรเฉพาะที่ 1 ให้ดียิ่งขึ้นควบคู่ไปกับการเพิ่มปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(6.03 มิลลิกรัม / ลิตร) และการเพิ่มปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(0.640 มิลลิกรัม / ลิตร)ให้มากขึ้นตามมาด้วย การที่น้ำเลี้ยงปลานิลสามารถเปลี่ยนของเสียจากรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรต-ไนโตรเจน ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนเตรต-ไนโตรเจน ซึ่งมีความเป็นพิษต่อปลานิลค่อนข้างน้อยนั้น ถือว่าเป็นคุณประโยชน์ที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงปลานิล เพราะนอกเหนือจากความเป็นพิษที่มีน้อยลงแล้วนั้น ไนเตรต-ไนโตรเจน ยังเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชสามารถดูดนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารได้โดยตรง ซึ่งแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำ

เหล่านี้ต่างก็เป็นอาหารโดยธรรมชาติของปลานิลในบ่อเลี้ยงกลางแจ้งระบบเปิดทั่วไป ปลานิลที่กินอาหารธรรมชาติร่วมกับอาหารเม็ดที่เกษตรกรใช้เลี้ยงจึงอ้วนโตสมบูรณ์ดี เกษตรกรสามารถลดจำนวนอาหารเม็ดลงเพราะปลานิลสามารถกินอาหารธรรมชาติได้ จึงเป็นการลดต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงปลานิลได้โดยตรง

แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลของการทดลองที่ 1 เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติวิจัย ตามวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0 เพื่อหาความแตกต่างระหว่างปัจจัยต่างๆที่ศึกษาในกลุ่มทดลอง กลับพบว่า ไม่มีนัยสำคัญใดๆปรากฏขึ้นในแต่ละกลุ่มของการทดลองที่ 1 นี้เลย นั่นหมายความว่า บ่อทดลองทุกกลุ่มทดลอง(Treatments) ของการทดลองที่ 1 นี้ให้ผลไม่มีความแตกต่างใดๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยต่อการใช้จุลินทรีย์ MMOs และที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ MMOs ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการทดลองโดยภาพรวม ผนวกเข้ากับแนวโน้มของการให้ผลปรากฏจากข้อมูลดิบเฉลี่ยข้างต้นแล้วนั้น การวางแผนทดลองในอนาคตในประเด็นนี้ แนะนำว่าควรมีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่ใช้ หรือเพิ่มความถี่การใส่จุลินทรีย์ลงสู่บ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดในอาคารเช่นนี้ให้มากกว่าเดิม ซึ่งอาจจะให้ผลปรากฏความแตกต่างระหว่างบ่อทดลองที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นกว่าการทดลองครั้งนี้แน่นอน

ในด้านอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลนั้น จากผลการทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบปิดน้ำหมุนเวียนชีววิถี ภายในร่มใต้อาคารทดลองครั้งนี้ พบว่าปลานิลในบ่อทดลองสูตรเฉพาะที่ 1 (36.40 ลบ.ซม / บ่อ) มีค่าเฉลี่ยรวมข้อมูลดิบทั้งขนาดและน้ำหนักต่ำกว่าบ่อทดลองอื่นๆ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนที่มีอยู่ค่อนข้างมากภายในบ่อยังไม่สามารถถูกกำจัดได้หมด และรวมทั้งที่ยังไม่ได้ถูกนำไปใช้โดยพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช เพราะเป็นการเลี้ยงภายในอาคารที่มีข้อจำกัดเรื่องแสงสว่าง จึงอาจจะส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อระบบปิดภายในอาคารแบบนี้ แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ในอนาคตนั้น จึงควรทดลองหาวิธีการที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำเหล่านี้ให้ลงให้เร็วกว่านี้ (การทดลองที่ 4 ในปีที่ 2) โดยใช้เทคนิคชีววิถีใช้ผักตบชวา ซึ่งเป็นพืชน้ำอีกชนิดหนึ่งที่มีความสามารถใน

การดูดซับธาตุอาหารส่วนเกินจากน้ำได้ดีมาก และยังมีความทนทานต่อสภาพพื้นที่ที่มีข้อจำกัดเรื่องแสงสว่าง จึงควรถูกเลือกมาใช้เพื่อการทดลองต่อไป

ผลการทดลองที่ 2 : ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุที่ใช้ในระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลาแบบชีววิถีชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่

โดยทั่วไปนั้นวัสดุกรองที่ใช้ในบ่อเลี้ยงปลาปัจจุบัน เช่น หินภูเขาไฟ ลูกพลาสติคไบโอบอลแบบต่างๆและแผ่นใยแก้วนั้น (ภาพที่ 6) เป็นวัสดุกรองที่มีราคาต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะหินภูเขาไฟนั้นจำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ วัสดุต่างๆเหล่านี้คือต้นทุนของเกษตรในจังหวัดเชียงใหม่และภาคเหนือที่จำเป็นต้องลงทุนหากมีการเลี้ยงปลานิลในบ่อระบบปิดภายในอาคารโรงเรือนเลี้ยงไก่เดิมที่เปลี่ยนมาสร้างบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลานิลในขณะนี้

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการทดลองที่ 2 ซึ่งมีจุดประสงค์ค้นหาวิธีการใหม่ที่จะทำอย่างไร เพื่อลดต้นทุนค่าวัสดุกรองลงมาในราคาถูก แต่ประสิทธิภาพการกรองยังคงดีในระดับที่ยอมรับได้ โดยทดลองนี้ได้ใช้ฝาขวดพลาสติคชนิดต่างๆที่มีรอยหยักบริเวณพื้นผิวฝาขวด (ภาพที่ 7) ซึ่งมีขายอยู่ทั่วไปตามร้านรับซื้อขวดเก่าและเศษเหล็กต่างๆมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุกรองเพื่อเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ หากการทดลองที่ 2 นี้พบประสิทธิภาพการกรองของฝาขวดพลาสติคเก่าต่างๆเหล่านี้ดีกว่าหรือไม่แตกต่างไปจากวัสดุกรองมาตรฐานทั่วไปแล้วนั้น ย่อมเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าวัสดุกรองในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคารของเกษตรกรภาคเหนือได้โดยตรง



ภาพที่ 6 วัสดุกรองมาตรฐานที่นิยมใช้ในบ่อเลี้ยงปลาทั่วไปในขณะนี้เช่น หิน ภูเขาไฟ ลูกพลาสติคไบโอบอล และ แผ่นเส้นใยพลาสติคตามลำดับ



ภาพที่ 7 ขวดพลาสติคชนิดต่างๆ ที่ดัดแปลงมาใช้เป็นวัสดุกรองหาง่ายและราคาประหยัด

จากผลการทดลองที่ 2 นี้พบว่า หากพิจารณาข้อมูลดิบเฉลี่ยโดยภาพรวมตลอดการทดลองนั้น บ่อทดลองที่ใช้วัสดุกรองเป็นฝาขวดพลาสติคชนิดต่างๆ แสดงประสิทธิภาพการกรองของเสีย ได้ต่ำกว่าบ่อทดลองที่ใช้วัสดุกรองเป็นลูกพลาสติคไบโอบอล กล่าวคือ บ่อทดลองที่ใช้ฝาขวดพลาสติคร่วมผสมในระบบกรองมาตรฐาน จะพบปริมาณของเสียสะสมจำพวกไนไตรต-ไนโตรเจน (0.142 มิลลิกรัม / ลิตร), ไนเตรต-ไนโตรเจน(0.121 มิลลิกรัม / ลิตร) และออโธฟอสเฟต(0.819 มิลลิกรัม / ลิตร) มากกว่าบ่อทดลองที่ใช้ลูกพลาสติคไบโอบอลร่วมกับวัสดุกรองมาตรฐานและบ่อควบคุมที่ใช้วัสดุกรองมาตรฐานเพียงอย่างเดียว และบ่อทดลองที่ใช้ฝาขวดพลาสติคก็พบระดับความเป็นกรด-ด่าง(pH; 6.84) และปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ(5.06 มิลลิกรัม / ลิตร) ต่ำกว่าบ่อทดลองที่ใช้ลูกพลาสติคไบโอบอล ยกเว้นเป็นที่น่าสังเกตว่า เฉพาะปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่านั้น ที่พบในบ่อทดลองที่ใช้ฝาขวดพลาสติคน้อยกว่าบ่อทดลองที่ใช้ลูกพลาสติคไบโอบอล โดยเป็นปริมาณที่เท่ากับที่พบในบ่อควบคุมจำนวนเฉลี่ย 0.019 มิลลิกรัม / ลิตร สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลในการทดลองที่ 2 พบว่า ทั้งขนาดและน้ำหนักตัวเฉลี่ยข้อมูลดิบตลอดการทดลองของปลานิลในบ่อทดลองที่ใช้ฝาขวดพลาสติคนี้มีมากกว่าบ่อควบคุมและบ่อใช้ลูกพลาสติคไบโอบอลตามลำดับ (ตารางที่ 2)

แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลของการทดลองที่ 2 นี้เมื่อนำมาวิเคราะห์สถิติวิจัย ตามวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0 เพื่อหาความแตกต่างระหว่างปัจจัยต่างๆที่ศึกษาในกลุ่มทดลองที่ 2 นี้ กลับพบว่า ไม่มีนัยสำคัญใดๆปรากฏขึ้นในแต่ละกลุ่มของการทดลองที่ 2 นี้เลย นั่นหมายความว่าบ่อทดลองทุกกลุ่มทดลอง(Treatments) ของการทดลองที่ 2 ให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยใดๆ ต่อการที่จะใช้หรือไม่ใช้วัสดุกรองทั้งลูกพลาสติคไบโอบอลและฝาขวดพลาสติคมาร่วมผสมกับหินภูเขาไฟซึ่งเป็นวัสดุมาตรฐานในบ่อควบคุมนั่นเอง ซึ่งนั่นหมายความว่า ไม่มีความจำเป็นใดๆในทางสถิติวิจัย ที่เกษตรกรจะต้องลงทุนซื้อลูกพลาสติคไบโอบอลเท่านั้นเพื่อมาใช้ในระบบกรองของเสียสำหรับบ่อเลี้ยงปลานิลโรงเรือนระบบปิดในอาคารเช่นนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคชนิดต่างๆแทน

เพราะผลของการทดลองที่ 2 ครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันมาก จนกระทั่งไม่มีความแตกต่างใดๆในทางสถิติวิจัยเลย หากเกษตรกรสามารถเปลี่ยนมาใช้ฝาขวดพลาสติคผสมกับวัสดุหินภูเขาไฟก็ยังสามารถส่งผลปกติต่อประสิทธิภาพการกรองของเสียได้ใกล้เคียงกับการใช้หินภูเขาไฟร่วมกับลูกพลาสติคไบโอบอลนั่นเอง แต่หากคำนวณต้นทุนค่าวัสดุกรองแล้วนั้น การซื้อฝาขวดพลาสติคย่อมเป็นการลงทุนในราคาที่ถูกกว่าการซื้อลูกพลาสติคไบโอบอลได้ไม่ต่ำกว่า 100 – 200 % นอกจากนี้ในอนาคตควรมีการวิจัยวัสดุกรองเชิงเดี่ยวที่ไม่ต้องผสมใช้งานร่วมกับวัสดุกรองมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองระหว่างฝาขวดพลาสติคและลูกพลาสติคไบโอบอลล้วนๆต่อไป ทั้งนี้หากผลการทดลองในอนาคต ให้ผลที่ไม่แตกต่างกับการผสมหินภูเขาไฟซึ่งเป็นวัสดุมาตรฐานแล้วนั้น การเลือกใช้เฉพาะฝาขวดพลาสติคเพียงอย่างเดียวย่อมช่วยประหยัดต้นทุนค่าวัสดุกรองของเกษตรกรได้เพิ่มขึ้น

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.019
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.022
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.019**
ปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน (NO_2-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.046
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.098
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.142**
ปริมาณออโธฟอสเฟส (PO_4-P ; ppm)	บ่อควบคุม	0.778
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.673
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.819**
ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	บ่อควบคุม	6.80
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	6.96
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**6.84**
	บ่อควบคุม	5.32

ปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	5.21
(DO ; ppm)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**5.06**
ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน	บ่อควบคุม	0.083
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.082
(NO_3-N ; ppm)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**0.121**
อุณหภูมิน้ำ	บ่อควบคุม	27.06
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	27.06
(C)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**27.06**
ความยาวลูกปลานิล	บ่อควบคุม	12.81
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	11.96
(ซม.)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**13.88**
น้ำหนักลูกปลานิล	บ่อควบคุม	61.15
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	55.25
(กรัม)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**63.89**

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยรวมตลอดการทดลองที่ 2 ของปัจจัยต่างๆและอัตราการเจริญเติบโตปลานิล

ผลการทดลองที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMO_S)

จากผลการทดลองที่ 3 ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ โดยใช้วัสดุชนิดต่างๆจำนวน 2 ชนิด คือ ลูกพลาสติคไบโอบอล และฝาขวดพลาสติค โดยมีวัสดุกรองมาตรฐานคือ หินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคเป็นส่วนประกอบร่วมด้วยนั้น พบว่า ประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่ประเมินได้จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทดลอง โดยมีสมมุติฐานการทดลองว่า หากการยึดเกาะของจุลินทรีย์ทำได้ดีและมีประสิทธิภาพ จำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์

เหล่านี้ย่อมต้องมีปริมาณสูง จุลินทรีย์ที่ยังเหลืออยู่ในปริมาณที่สูง ย่อมแสดงออกมาทางการปรับสภาพคุณภาพน้ำที่ควรจะให้ผลออกมาในทางที่ดีตามมาด้วยนั่นเอง ทั้งนี้หากพิจารณาจากข้อมูลดิบคุณภาพน้ำตลอดการทดลองที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ในทุกกลุ่มการทดลอง แสดงผลออกมาในระดับที่ใกล้เคียงกันมาก จนแทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลยในประสิทธิภาพของวัสดุยึดเกาะทั้งสามกลุ่มทดลองในครั้งนี้ (ตารางที่ 3)

จากข้อมูลคุณภาพน้ำของการทดลองที่ 3 นี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์สถิติวิจัย ตามวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0 เพื่อหาความแตกต่างระหว่างปัจจัยต่างๆที่ศึกษาในกลุ่มทดลองที่ 3 นี้พบว่า ไม่มีนัยสำคัญใดๆปรากฏขึ้นในแต่ละกลุ่มของการทดลองที่ 3 นี้เลย นั่นหมายความว่าการเลือกใช้วัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุมาตรฐานเพียงชนิดเดียวคือหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติค หรือวัสดุกรองมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอล หรือวัสดุกรองมาตรฐานผสมฝาขวดพลาสติค กลุ่มทดลองต่างๆเหล่านี้ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ในบ่อทดลองครั้งนี้เลย ดังนั้น หากเกษตรกรต้องการลดต้นทุนค่าวัสดุกรอง อาจจะสามารถเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคเป็นวัสดุกรองผสมร่วมกับวัสดุมาตรฐาน แทนการใช้วัสดุมาตรฐานเพียงอย่างเดียว หรือทดแทนการใช้วัสดุมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอล ซึ่งมีราคาแพงได้ แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อมีการวิเคราะห์สถิติวิจัยของผลผลิตปลาทับทิมที่ผลิตได้ในรูปของน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มต้นการทดลองในบ่อทดลองต่างๆของการทดลองที่ 3 นี้กลับพบว่า น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นจากทุกกลุ่มการทดลองที่ใช้วัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆเหล่านี้ ให้ผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 59.93**)(ตารางที่ 4) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) แล้วพบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5) ผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาเช่นนี้ย่อมแสดงให้เห็นว่า ทุกกลุ่มการทดลองที่มีการใช้วัสดุกรองแตกต่างกันไปนี้ มีความเป็นอิสระต่อกันอย่างสิ้นเชิง วัสดุทุกชนิดที่ใช้ในการกรองของแต่ละกลุ่มไม่มีผลใดๆต่อกันและกันในทางสถิติวิจัย แต่เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเฉลี่ยของน้ำหนักปลานิลที่เพิ่มขึ้น

ตลอดการทดลอง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยปลานิลจากบ่อทดลองใช้วัสดุกรองมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอลให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 166.59 กรัม รองลงไปคือบ่อใช้วัสดุกรองมาตรฐานเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 139.77 กรัม และบ่อที่ใช้ฝาขวดพลาสติคผสมวัสดุมาตรฐานเท่ากับ 116.81 กรัม ตามลำดับ

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.026
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.026
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.028**
ปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน (NO_2-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.125
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.152
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.096**
ปริมาณออโธฟอสเฟส (PO_4-P ; ppm)	บ่อควบคุม	1.490
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	1.646
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**1.723**
ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	บ่อควบคุม	8.05
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	8.05
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**8.00**
ปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; ppm)	บ่อควบคุม	1.74
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	1.68
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**1.66**
ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.325
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.420
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.336**
	บ่อควบคุม	27.23

อุณหภูมิน้ำ	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	27.23
(C)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**27.23**
ความยาวลูกปลานิล	บ่อควบคุม	20.21
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	19.94
(ซม.)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**20.36**
น้ำหนักลูกปลานิล	บ่อควบคุม	139.77
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	166.59
(กรัม)	**บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค**	**116.81**

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยรวมตลอดการทดลองที่ 3 ของปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆและอัตราการเจริญเติบโตปลานิล

Sirichai Statistics Version 6.00 Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatments	2	16135.5778	8067.5778	59.93	3.23	5.18	0.000
Ex.Error	36	4846.2486	134.6180				
Total	38	20981.4042	552.1422				

Grand Mean = 141.05974 /CV = 8.2252% / LSD 0.05 = 9.01 / LSD 0.01 = 11.90

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่สำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMO_S)

NAME	MEAN	Ranked at Probability level	
		0.05	0.01
วัสดุมาตรฐาน+Bioballs	166.5900	A	A
วัสดุมาตรฐาน	139.7723	B	B
วัสดุมาตรฐาน+ฝาขวดพลาสติค	116.8169	C	C

Means not sharing letter in common differ significantly by DMRT

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่สำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMO_S)

จากผลการทดลองที่ 3 นี้จะเห็นได้ชัดเจนว่า ชนิดของวัสดุกรองในระบบปิดของบ่อที่ใช้เลี้ยงปลานิล ไม่มีความแตกต่างใดๆต่อประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่ใช้ทดลอง วัสดุกรองทั้งสามชนิดมีประสิทธิภาพการยึดเกาะต่อจุลินทรีย์ในระดับใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นหากพิจารณาต้นทุนค่าวัสดุกรองเพียงด้านเดียวเท่านั้น ผลจากการทดลองที่ 3 นี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ฝาขวดพลาสติคทั่วๆไป เกษตรกรสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบกรองแบบปิดของบ่อเลี้ยงปลานิลในอาคารได้เช่นกัน แต่ถ้าหากพิจารณาทางด้านผลผลิตในแง่น้ำหนักปลานิลที่ผลิตได้ เกษตรกรคงยังจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุกรองมาตรฐานผสมรวมกับลูกพลาสติคไบโอบอลที่มีต้นทุนค่อนข้างสูงเช่นเดิมอยู่อีกต่อไป เพราะเป็นระบบกรองที่ให้ผลทางด้านการเพิ่มน้ำหนักปลาทับทิมที่ดีที่สุดของการทดลองที่ 3 นี้

ผลการทดลองที่ 4 : <u>ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลอินทรีย์ที่มีประโยชน์(MMOs)ชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่ร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่น้ำ</u>

จากผลการทดลองที่ 4 ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ โดยใช้วัสดุชนิดต่างๆจำนวน 2 ชนิด คือ ลูกพลาสติคไบโอบอล และฝาขวดพลาสติค โดยมีวัสดุกรองมาตรฐานคือ หินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคเป็นส่วนประกอบร่วมกับการใช้ผักตบชวา 30% ของพื้นที่บ่อทุกกลุ่มทดลอง ทั้งนี้ประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ประเมินได้จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทุกทดลอง โดยมีสมมุติฐานการทดลองว่า หากการยึดเกาะของจุลินทรีย์ทำได้ดี

และมีประสิทธิภาพ จำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้ย่อมต้องมีปริมาณสูง จุลินทรีย์ที่ยังเหลืออยู่ในปริมาณที่สูง ย่อมแสดงออกมาทางการปรับสภาพคุณภาพน้ำที่ควรจะให้ผลออกมาในทางที่ดีตามมาด้วยนั่นเอง นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ 30% ของผักตบชวาเพื่อช่วยดูดซับของเสียในบ่อปลาแล้วนั้น ระบบรากผักตบชวาจะยังช่วยเพิ่มพื้นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์อีกด้วยจึง คาดว่าน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่แสดงออกมาทางคุณภาพน้ำในทางใดทางหนึ่ง

ผลการทดลองที่ 4 เมื่อพิจารณาเฉพาะข้อมูลดิบคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ในทุกกลุ่มการทดลอง แสดงผลออกมาในระดับที่ใกล้เคียงกันมาก จนแทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลยในประสิทธิภาพของวัสดุยึดเกาะทั้งสามกลุ่มทดลองที่มี 30% ผักตบชวาในครั้งนี้ (ตารางที่ 6)

จากข้อมูลคุณภาพน้ำของการทดลองที่ 4 นี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์สถิติวิจัย ตามวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0 เพื่อหาความแตกต่างระหว่างปัจจัยต่างๆของคุณภาพน้ำที่ศึกษาในกลุ่มทดลองที่ 4 นี้ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญใดๆปรากฏขึ้นในแต่ละกลุ่มของการทดลองที่ 4 นี้เลย นั่นหมายความว่า การเลือกใช้วัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุมาตรฐานเพียงชนิดเดียวคือ หินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติค หรือวัสดุกรองมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอล หรือวัสดุกรองมาตรฐานผสมฝาขวดพลาสติค ในทุกๆบ่อที่มี 30% ผักตบชวาเหล่านี้ วัสดุกรองไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ในบ่อทดลองครั้งนี้เลย ดังนั้น หากเกษตรกรต้องการลดต้นทุนค่าวัสดุกรองอาจจะสามารถเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคเป็นวัสดุกรองผสมร่วมกับวัสดุมาตรฐาน และ 30% ผักตบชวาแทนการใช้วัสดุมาตรฐานเพียงอย่างเดียว หรือทดแทนการใช้วัสดุมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอล ซึ่งมีราคาแพงได้

แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อมีการวิเคราะห์สถิติวิจัยของผลผลิตปลานิลที่ผลิตได้ในรูปของน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มต้นการทดลองในบ่อทดลองต่างๆของการทดลองที่ 4 นี้กลับพบว่า น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นจากทุกกลุ่มการทดลองที่ใช้วัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆร่วมกับ 30% ผักตบชวาเหล่านี้ ให้ผลความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 6.15**)(ตารางที่ 7) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) แล้วพบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้วัสดุกรองลูกพลาสติคไบโอบอลผสมวัสดุมาตรฐานและ 30% ผักตบชวา แสดงความแตกต่างทางด้านน้ำหนักปลานิลที่เพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างกับกลุ่มทดลองอื่นๆทั้งหมด (ตารางที่ 8) และเมื่อพิจารณาข้อมูลเฉลี่ยของน้ำหนักปลานิลที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยปลานิลจากบ่อทดลองใช้วัสดุกรองมาตรฐานผสมลูกพลาสติคไบโอบอลและ 30% ผักตบชวาให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 136.37 กรัม รองลงไปคือบ่อใช้วัสดุกรองมาตรฐานและฝาขวดพลาสติคฯ เท่ากับ 111.78 กรัม และบ่อที่ใช้วัสดุมาตรฐานฯ เท่ากับ 116.81 กรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาเช่นนี้ย่อมแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตน้ำหนักปลานิลจากบ่อที่ใช้วัสดุกรองมาตรฐานและบ่อที่ใช้วัสดุมาตรฐานผสมกับฝาขวดพลาสติค ให้ผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติวิจัย ดังนั้น หากเกษตรกรต้องตัดสินใจเลือกชนิดวัสดุกรองราคาถูกเพื่อลดต้นทุนในระบบปิดบ่อเลี้ยงปลานิล ซึ่งมีให้เลือกเพียงสองชนิดคือ วัสดุมาตรฐานผสมกับ 30% ผักตบชวา และฝาขวดพลาสติคผสมกับ 30% ผักตบชวาแล้วนั้น การเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคย่อมเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและลดต้นทุนได้ดี

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.035
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.039
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.040**
ปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน (NO_2-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.280
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.160
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.250**
ปริมาณออโธฟอสเฟส (PO_4-P ; ppm)	บ่อควบคุม	1.857
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	1.916
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**1.829**

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	บ่อควบคุม	8.03
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	8.08
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**7.97**
ปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; ppm)	บ่อควบคุม	3.60
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	4.02
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**4.00**
ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3-N ; ppm)	บ่อควบคุม	0.740
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	0.740
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**0.940**
อุณหภูมิน้ำ (C)	บ่อควบคุม	29
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	29
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**29**
ความยาวลูกปลานิล (ซม.)	บ่อควบคุม	18.22
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	18.53
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**18.75**
น้ำหนักลูกปลานิล (กรัม)	บ่อควบคุม	111.13
	บ่อทดลองผสมลูกพลาสติคไบโอบอล	136.37
	บ่อทดลองผสมฝาขวดพลาสติค	**111.78**

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยรวมตลอดการทดลองที่ 4 ของปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆและอัตราการเจริญเติบโตปลานิล

Sirichai Statistics Version 6.00 Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatments	2	5380.6368	2690.318	6.15	3.23	5.18	0.0053
Ex.Error	36	15750.4810	437.5134				
Total	38	21131.1178	556.0820				

Grand Mean = 119.76 /CV = 17.46% / LSD 0.05 = 16.24 / LSD 0.01 = 21.47

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆ ที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่สำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMO_S) ร่วมกับการใช้ 30% ผักตบชวาดูดซับของเสีย

NAME	MEAN	Ranked at Probability level	
		0.05	0.01
วัสดุมาตรฐาน+Bioballs	136.3700	A	A
วัสดุมาตรฐาน	111.7838	B	B
วัสดุมาตรฐาน+ฝาขวดพลาสติค	111.1354	B	B

Means not sharing letter in common differ significantly by DMRT

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกของจังหวัดเชียงใหม่

สำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMO_S) ร่วมกับการใช้ 30% ผักตบชวาดูดซับของเสียจากผลการทดลองที่ 4 นี้จะเห็นได้ชัดเจนว่า ชนิดของวัสดุกรองในระบบปิดของบ่อที่ใช้เลี้ยงปลานิลซึ่งประยุกต์ใช้ 30% ผักตบชวาดูดซับของเสียด้วย ไม่มีความแตกต่างใดๆต่อประสิทธิภาพการยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่ใช้ทดลองที่ประเมินผลจากคุณภาพน้ำ วัสดุกรองทั้งสามชนิดมีประสิทธิภาพการยึดเกาะต่อจุลินทรีย์ในระดับใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นหากพิจารณาต้นทุนค่าวัสดุกรองเพียงด้านเดียวเท่านั้น ผลจากการทดลองที่ 3 และ 4 นี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าฝาขวดพลาสติคทั่วๆไป เกษตรกรสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบกรองแบบปิดของบ่อเลี้ยงปลานิลในอาคารได้เช่นกัน แต่ถ้าหากพิจารณาทางด้านผลผลิตใน

แง่น้ำหนักปลานิลที่ผลิตได้ เกษตรกรคงยังจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุกรองมาตรฐานผสมรวมกับลูกพลาสติคไบโอบอลที่มีต้นทุนค่อนข้างสูงเช่นเดิมอยู่อีกต่อไป เพราะเป็นระบบกรองที่ให้ผลทางด้านการเพิ่มน้ำหนักปลานิลที่ดีที่สุดของการทดลองที่ 3 และ 4 นี้

จากผลการทดลองที่ 3 และ 4 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ว่ามีความเหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงปลามากน้อยแค่ไหนนั้น พบว่า คุณภาพน้ำบางประการเช่น ปริมาณออโธฟอสเฟต(PO_4-P) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) และไนไตรต์-ไนโตรเจน(NO_2-N) ในการทดลองที่ 3 และ 4 มีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานที่เหมาะสมทางการประมง ทั้งนี้อาจเพราะการทดลองครั้งนี้ เป็นการทดลองเลี้ยงปลานิลอย่างหนาแน่นเชิงธุรกิจในร่มชายคาโรงเรือนระบบปิดไม่มีแสงแดด จึงส่งผลให้มีปริมาณของเสียในกลุ่มฟอสฟอรัสและไนโตรเจนตกค้างอยู่ค่อนข้างมาก การทดลองหาวิธีลดปริมาณของเสียในบ่อระบบปิดที่อยู่ภายในอาคารโรงเรือนครั้งนี้ โดยการใช้จุลินทรีย์และผักตบชวานำมาช่วยกำจัดของเสียเหล่านี้ อาจจะยังไม่ส่งผลได้ดีเท่าที่ควร เพราะปัจจัยเรื่องแสงแดดคาดว่ายังคงมีความสำคัญต่อการทำงานของจุลินทรีย์และผักตบชวาตามธรรมชาติอยู่นั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองครั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อพิจารณาจากข้อมูลปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำของการทดลองที่ 3 และ 4 นี้ พบว่า การทดลองที่ 3 มีค่าปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง(ตารางที่ 3) ต่ำกว่าการทดลองที่ 4 อย่างชัดเจน ค่าปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำในการทดลองที่ 4 ยังเหมาะต่อการประมงอีกด้วย(ตารางที่ 6) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการมี 30% ผักตบชวาในการทดลองที่ 4 นั่นเองจึงส่งผลให้มีปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 3

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้จุลินทรีย์สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ สูตร 3 (MMOs) ทั้งในปริมาณ 18.20 และ 36.40 ซีซี / ปริมาตรน้ำในตู้ทดลอง 364 ลิตร / เดือน ไม่มีผลใดๆทางสถิติวิจัยต่อการปรับสภาพน้ำในบ่อระบบปิดภายในอาคารที่ใช้เลี้ยงลูกปลานิลทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ใดๆเลย แต่เมื่อดูจากแนวโน้มของข้อมูลดิบเฉลี่ยที่ได้จาก

การทดลองนี้พบว่า การทดลองเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณ 36.40 ซีซี / บ่อ หรือการเพิ่มความถี่การใส่จุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคาร อาจจะให้ผลบางประการที่ชัดเจนขึ้นมากกว่านี้ได้ จึงควรมีการศึกษาอีกต่อไป

2. การใช้วัสดุกรองบางชนิดเช่น ฝาขวดพลาสติคและลูกพลาสติคไบโอบอล ผสมใช้งานร่วมกับการใช้วัสดุมาตรฐานคือหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติค ในระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคาร ไม่แสดงประสิทธิภาพการลดของเสียได้อย่างแตกต่างกันทางสถิติวิจัยกับบ่อควบคุมที่ใช้หินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคเพียงอย่างเดียว ดังนั้น จึงมีข้อน่าสังเกตว่า หากเกษตรกรเลือกที่จะลดต้นทุนค่าวัสดุกรอง โดยการเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคซึ่งสามารถเก็บสะสมเองหรือหาซื้อจากร้านรับซื้อของเก่าเหลือทิ้งทั่วไป นำผสมกับหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคอาจจะเป็นวิธีที่ดีที่สามารถลดต้นทุนได้ อนึ่ง การทดลองซ้ำโดยเลือกใช้เฉพาะฝาขวดพลาสติคเพียงอย่างเดียวในระบบกรองก็เป็นสิ่งที่ควรศึกษาต่อไป
3. การทดลองใช้ 30% ผักตบชวาในระบบชีววิถี ที่มีการเติมจุลินทรีย์เท่ากันลงในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคารโรงเรือนที่ไม่มีแสงแดด ส่งผลให้มีปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำเหมาะสมแก่การเลี้ยงปลานิลได้ไม่ต่ำกว่า 3.60 – 4.02 มิลลิกรัม / ลิตร ตลอดการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเพียง 1.66 – 1.74 มิลลิกรัม / ลิตร ที่พบในบ่อทดลองที่ไม่มีผักตบชวา แต่อย่างไรก็ตามทุกการทดลองในครั้งนี้ปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัสและไนโตรเจน พบปริมาณสูงเกินกว่า 0.20 และ 0.02 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล
4. ผลผลิตของปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบปิด ภายในอาคารโรงเรือนที่ไม่มีแสงแดดในการทดลองที่ 3 และ 4 กลุ่มทดลองที่ใช้วัสดุมาตรฐานผสมกับลูกพลาสติคไบโอบอล แสดงผลผลิตในรูปของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย ($F = 59.93^{**}$, $F = 6.15^{**}$) ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ข่าวสด (1 สิงหาคม 2545). 2548. ยี่สิบห้าประเทศค้านระเบิดแก่งแม่น้ำโขงชี้ปลาบึกสูญพันธุ์. จาก http://www.searin.org/Th/Mekong/Mek_rapid_n3.htm [30 มกราคม 2550].

ข่าวเกษตร นสพ. เดลินิวส์ (2 กันยายน 2546). 2548. การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งออก. จาก http://www.vitayakorn.doae.go.th/asp/detail_whatsnews.asp?id=176 [30 มกราคม 2550]

ครูสันติธรรม เทพฉิม. 2554. คุณภาพของน้ำในบ่อปลา. จาก http://www.sonfree.com/samaban/lesson/74 [24 กุมภาพันธ์ 2554]

จีรนาถ มากมูล, บัญญัติ มนเทียรอาสน์, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และภูสิต ปุกมณี. 2550. การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยในบ่อพักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยแม่โจ้**, เชียงใหม่. 20- 28 น.

พัชรี สิงห์สม, อภินันท์ สุวรรณรักษ์ และดนุวัต เพ็งอ้น. 2550. การเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยโดยเทคนิคชีววิถี. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยแม่โจ้**, เชียงใหม่. 59- 66 น.

พัชราวลัย ศรียะศักดิ์, บัญญัติ มนเทียรอาสน์, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และภูสิต ปุกมณี. 2550. การเลี้ยงปลาไนในกระชังในบ่อพักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยแม่โจ้,** เชียงใหม่. 22-29 น.

ภูมิไทย ฟาร์ม. 2554. ฟอสฟอรัส : ต้นเหตุของปัญหาแพลงก์ตอนและการเลี้ยงกุ้ง. จาก http://www.siamtilapia.com/th/news_activities/article_detail.php?frm_id=80&frmc_code_id=3 [24 กุมภาพันธ์ 2554]

บัญญัติ มนเทียรอาสน์, วิชาญ นุ่นสังข์ และ ดนุวัฒน์ เพ็งอ้น . 2547. ระบบเกษตรชีววิถีเพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบผสมผสาน. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 5,มหาวิทยาลัยแม่โจ้**, เชียงใหม่,198-204 น.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ดนุวัต เพ็งอ้น. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (พ.ย. 2545 – พ.ย. 2547). **รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยแม่โจ้**, เชียงใหม่,180-186 น.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ภูสิต ปุกมณี จิราภรณ์ กิติกุล และพิมพร มนเทียรอาสน์. 2549. **ระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงบูรณาการร่วมกับผักตบชวาในบ่อพักน้ำเสียเพื่อการบำบัดน้ำและเพื่อผลผลิตจระเข้น้ำจืด**. รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 1-17 น.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ภูสิต ปุกมณี จิราภรณ์ กิติกุล และพิมพร มนเทียรอาสน์. 2549. การใช้ปลานิลดูดซับแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสีย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7**, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 123-131 น.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ อภินันท์ สุวรรณรัตน์ และขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2550. **เปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิล 12 เดือน.** วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 171-181 น.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์, ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, อภินันท์ สุวรรณรัตน์, นิวุฒิ หวังชัย, ภูสิต ปุกมณี และจิราภรณ์ กิติกุล. 2552. เทคนิคชีววิถีกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลาบึกเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาแบบยั่งยืน.**รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้,**เชียงใหม่.1-33 น.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2552. การใช้เทคนิคชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบึก. **รายงานการประชุมทางวิชาการประมง**, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 1-8 น.

ชวลิต วิทยานนท์. 2548. ปลาบึกสัตว์ใกล้จะสูญพันธุ์. วารสารสารคดี (Feature Magazine). จาก http://sarakadee.net/feature/1998/12/pla-buek.htm.

[30 มกราคม 2550]

ไชยณรงค์ เศรษฐกร. 2548. ข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับปลาบึก. จาก http://www.searin.org/Th/Mekong/mek_catfish_info2.htm. [30 มกราคม 2550]

สำนักบริการคอมพิวเตอร์. 2548. นักวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ถอดรหัสพันธุกรรมปลาบึกได้สำเร็จ. จาก http://www.ku.ac.th/emagazine/january48/agri/fish.html. [30 มกราคม 2550]

วรพงษ์ นลินานนท์, มยุรี จัยวัฒน์, นงนุช รักสกุลไทย และ จิราวรรณ แย้มประยูร. 2548. **การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 1-7 น.

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2548. เลี้ยงปลาบึกแบบลดต้นทุน. สื่อเกษตร. จาก http://www.agmassmedia.com/Technology/knowed/articles20.html. [30 มกราคม 2550]

AOAC, 1990. **Official Methods of Analysis.**15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. 1360 p.

American Public Health Association. 1989. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Seventeenth Edition. Port City Press , Baltimore, Maryland. USA.

Abdelhamid, A.M. and Gabra, A.A. 1991. Evaluation of waterhyacinth as a feed for ruminants. **Arch.Anim.Nutri**.,41 (7-8): 745-756.

Abdel-Hamid, M.I., Shaaban-Dessouki, S.A. and Skulberg, O.M. 1992. Water quality of the River Nile in Egypt : II. Water fertility and toxicity evaluated by an algal growth potential test. **Arch. Hydrobiol. Suppl**., 3 : 311-337.

Agami, M., Reddy, K.R. and Graetz, D.A. 1990. Phosphorus and nitrogen storage and release capacity of aquatic macrophytes in two wetland and streams of the Taylor Creek-Nubbins Slough and Kissimmee river basin, Floroda. **Proc. 8th. Inter.Symp.Aqua.Weed.Upp.Sweden.**, pp. 1-2.

Ahmed, M.I., Rekhate, D.H., Dhore, R.N.,Honmode, J. and Sarde, P.P. 1995. Nutritive value of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) hay in sheep Indian. **J. Anim.Nutri.,** 12(3) : 187-188.

Akcin, G., Saltabas, O. and Afsar, H. 1994. Removal of lead by waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). **J. Environ. Sci. Health.,** 29 (10) : 2177-2183.

Aoyama, I., Nishizaki, H., Bhamidimarri, R., Li, X. and Liu, S. 1993. Uptake of nitrogen and phosphate and water purification by waterhyacinth (*Eicchornia crassipes*). **Water.Sci.Tech**., 28(7) : 47-53.

Babu, N.S., Paliwal, O.P., Charan, K., Singh, K.P. and Parihar, N.S. 1988. Effects of waterhyacinth feeding in sheep with special reference to renal lesion. Indian. **J. Vet. Pathol**., 12 : 33-36.

Baldwin, J.A., Hentges, J.F. and Bagnall, L.O. 1974. Preservation and cattle acceptability of waterhyacinth silage. **Hyacinth. Control. J.,** 12 : 79-81.

Baldwin, J.A. 1975. Comparison of pangola grass and waterhyacinth silage as diet for sheep. **J.Anim.Sci**., 40(5) : 968-971.

Bashmacova, I.K. 1990. Estimation of the readity oxidizable organic matter reserve and its effect on the intensity of organic matter destruction by bacteria in the Danube River. **Water. Sci. Tech**., 22(5) : 31-33.

Benicio, L.A.S., Fonseca, J.B., Silva, M.A., Rostagno, H.S., Gracas, A.D. and Soares, P.R.1993. Use of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in pelleted diets for broiler chickens during the starting period. **Revista.Socie.Brasileira.Zootech.,** 22(1) : 167-175.

Berto, D.A., Gorni, M., Moura, M.P., Moura-Camargo,J.C. and Oliveira-Lobao, A. 1988. Dried waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the diet growing and finishing pigs. **Boletium. Indust. Anim.,** 45(1) : 165-174.

Bierman, V.J. and Dolan, D.M. 1981. Modeling of phytoplankton-nutrient dynamics in Saginaw Bay, Lake Huron. **J. Great Lakes. Res.,** 7(4) : 409-439.

Biobaku, W.O. and Ekpenyong, T.E. 1991. Effect of feeding graded levels of water lettuce and waterhyacinth on the growth of rabbits. **J. Appl. Rabbit. Res**., 14(2) : 98-100.

Biswas, P. and Mandal, L. 1988. Use of fresh waterhycinth (*Eichhornia crassipes*) in the ration of growing calves. **Indian. Vet.J**., 65(6) : 496-500.

Biswas, P. and Mandal, L. 1989. Nutritive value of fresh waterhycinth (*Eichhornia crassipes*) plants and leaves in adult cattle. **Indian. J.Diary.Sci**., 42(2) : 359-361.

Blachier, P.1990. Experimental rearing of *Tilapia zillii* in the warm waters of Pierrelatte, France. **Bois. Forets. Des. Trop.,** 224 : 65-72.

Bloesch, J. 1977. Primary production, mineralization and sedimentation in the eutrophic zone of Swiss Lake. **Limnol. Oceanogr**., 22 : 511-526.

Bolenz, S., Omram, H. and Gierschner, K. 1990. Treatments of waterhyacinth tissue to obtain useful products. **Biol. Wastes.,** 33 (4) : 263-274.

Borhami, B.E.A., El-Shinnawy, S., Yacout, M.H.M. and Zahran, S.M. 1995. Microbiological studies on the mixed diets containing waterhyacinth fibrous residues and different protein sources as ruminant feeding. Alexandria. **J.Agricul.Res**., 40(2) : 17-32.

Borhami, B.E.A., El-Shinnawy, S., Yacout.M.H.M. and Zahran, S.M. 1995. Source of protein effects on utilization of waterhyacinth residues in lactating animals. Alexandria. **J. Agricul.Res**., 40(2) : 33-50.

Bratli, J.L. 1994. Water quality, phosphorus input reductions, analytical methods and lake internal and self-purification measures : A case study of Lake Froylandavatn, Norway. **Marine. Pollut. Bull.,** 29(6-12) : 435-438.

Bucka, H. and Zurek, R. 1992. Trophic relations between phytoplankton and zooplankton in a field experiment in the aspect of the formation and decline of water blooms. **Acta. Hydrobiol**., 34 : 139-155.

Bunyat Montien-Art, Phusit Phukmanee, Jiraporn Kitikul and Pimporn Montien-Art. 2007. Use of nile tilapia for cadmium adsorption in wastewater stocking pond. **Proceedings : International Conference on Bridging Gaps in Agriculture Research and Development Toward SustainablecDevelopment**, April 10-11, Central Luzon State University, Philippines. 184-189 p.

Bunyat Montien-Art. 2008. Survival and growth of Siamese crocodile, *Crocodylus siamensis* , fed formulated diets with and without cadmium supplement. **Proceedings : The 5th Taiwan-Thailand Bilateral Conference on Agriculture for Improving Human Life**. May 7-9, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan. 241-247 p.

Lovell, R.T. and L.A. Sackley. 1973. Absorption by channel catfish of early-musty flavor compound synthesized by cultured of blue-green algae. **Trans. Amer. Fish. Sci**. 4 : 169-174.

Maden, P., Szakova, J. and Miholova, D. 1998. Classical dry ashing of biological and agricultural materials, Part II, Losses of analytes duue to their retention in an insoluble residue. **Analysis** 26 : 121-129.

Sesli, E. and Tuzen, M. 1999. Levels of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi growing in the East Black Sea region of Turkey. **Food Chemistry**. 65 : 453 – 460.

Topcat . 2545. ความเห็นเกี่ยวกับปลาบึก. จาก http://www.expert2you.com/view_article.php?cat_sel=90200&art_id=779 [30 มกราคม 2550]

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 2 : แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัม เชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก

Commercial Production of Sand Goby (*Oxyeleotoris marmoratus* Bleeker) Culture in Recirculated System for Exports Food Safety

ประจวบ ฉายบุ[1]

PRACHUB CHAIBU

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 20590

บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางการผลิตปลาบู่ที่เลี้ยงระบบปิดแบบระบบน้ำหมุนเวียน ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน โดยระดับแรกการศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโต ระดับที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบู่ โดยพิจารณาคุณสมบัติของน้ำ ระดับที่ 3 ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบู่ที่เลี้ยงในระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียน โดยใช้วัสดุกรองชีวภาพที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่าปลาบู่ที่เลี้ยงความหนาแน่น 5, 10 และ 15 ตัวต่อตารางเมตรมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้น เท่ากับ 32.14±16.34, 21.63±7.14 และ 18.6±10.87 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) พบว่าปลาบู่ที่เลี้ยง 5 ตัวต่อตารางเมตรให้แนวโน้มที่ดีกว่า 10 และ 15 ตัวต่อตารางเมตร อัตราการรอดตายของปลาบู่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.33%, 76.07% และ 60.00% ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการรอดวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยปลาบู่ที่เลี้ยง 10 ตัวต่อตารางเมตร มีแนวโน้มอัตราการรอดตายดีที่สุด การทดลองส่วนที่ 2 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 100, 120 และ 80 กรัม ศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยน

อาหารเป็นเนื้อ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอด จากการศึกษา พบค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 32.14±16.34, 21.63±7.14 และ 18.6±10.87 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 1.40±0.12, 2.50±0.25 และ 1.94±0.18 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 1.07±0.20, 0.72±0.09 และ 0.62±0.08 กรัมและอัตราการรอด มีค่า 73.33, 76.67 และ 60.00 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพน้ำทำการศึกษา ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสฟอรัส และแอมโมเนีย พบว่าคุณภาพน้ำไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การทดลองส่วนที่ 3 ศึกษาการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิดที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัว /ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นทั้ง 3 ระดับ พบว่าคุณภาพน้ำของถังเลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางทั้ง 3 ชนิด พบว่าวัสดุกรองตาข่ายกรองแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทและปริมาณของแข็งแวนลอยได้ดีกว่าวัสดุตัวกรองอื่น ในเบื้องต้นสามารถประเมินได้ว่าการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่น 14 ตัว /ตารางเมตร ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อพิจารณาถึง น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโต ในส่วนของวัสดุตัวกลางจะพบว่าวัสดุกรองตาข่ายกรองแสง มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งจะสามารถพัฒนาสู่การเลี้ยงปลาบู่ในระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้วัสดุกรองชีวภาพเพื่อช่วยบำบัดคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อไป

Abstract

The Sand Goby (*Oxyeleotoris marmoratus* Bleeker) culture in recirculated system was studied. The study was divided into 3 parts. The 1st part was to determine effect of stocking densities on growth; 2nd experiment was to examine the suitable culture and water qualities in Sand Goby (*Oxyeleotoris marmoratus* Bleeker) culture, 3 rd experiment was to investigate the growth and different supporting media used in water treatment for Sand Goby culture. The result showed the weight gain of Sand Goby cultured 5, 10

and 15 fishes/m^2 were 32.14±16.34, 21.63±7.14 and 18.6±10.87 g respectively. There were no significant difference in average daily gain of marble Goby. But 5 fishes/m^2 stocking trended to gain the highest production. The survival rates of Sand Goby were 73.33% , 76.07% , 60.00 % respectively. There were no significant differences in survival rate. But the treatment of 10 fishes/m^2 trended to provide the highest survival rate. In the second experiment; the 1st treatment was to determine the water quality in fish cultured at on 5 fishes/m^2 with brick filter system, 2nd treatment was to determine the water quality 10 fishes/m^2 with shading net filter system. While the 3 rd treatment was to determine the water quality in 15 fishes/m^2 with fiber glass filter system. The mean weight gain were 32.14±16.34, 21.63±7.14 and 18.6±10.87 g respectively. FCR were 1.40±0.12, 2.50±0.25 and 1.94±0.18 g, ADG were 1.07 ± 0.20, 0.72±0.09 and 0.62±0.08 g/day respectively. Survival rate were 7.33% , 76.17% and 60.00% respectively. It was not significantly different in the water quality in fish rearing ponds ($p>0.05$). In the third experiment, the closed system culture of Sand Goby with three stocking densities was undected. The treatment of 14 fishes/m^2 had the highest average gain and average daily gain weight.. It was significantly different in the water quality. Shading net media performed better in water treatment efficiency than bio-ball and net media. In summary 14 fishes/m^2 Sand goby culture gained the best growth and shading net media performed better water treatment efficiency.

คำนำ

ปลาบู่ทราย *Oxyeleotris marmoratus* (Bleeker, 1852) จัดเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (ณรงค์, 2542) ความต้องการปลาบู่ทรายมีเพิ่มมากขึ้นทุกปีเป็นผลให้ปลาบู่ทรายมีราคาแพงขึ้น จึงมีเทคนิคต่างๆเพื่อเพิ่มผลผลิตปลาบู่ทรายให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด รูปแบบการเลี้ยงปลาบู่ทรายมีทั้งการเลี้ยงในกระชังและในบ่อดิน สำหรับปัญหาที่พบในการเลี้ยงปลาบู่ทรายมีดังนี้คือ ปัญหาการติดเชื้อซึ่งมีสาเหตุจาก *Aeromonas hydrophila*

และ *Lernaea cyprinacea* , การเจริญเติบโตช้า, อัตราการตายสูง, ไม่กินอาหารสำเร็จรูป, ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ (Cheah *et al.,* 1994: Lin and Kaewpaitoon, 2000)

อีกทั้งปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีแนวโน้มเปลี่ยนจากการเลี้ยงในระดับความหนาแน่นต่ำซึ่งนิยมทำในระบบเปิดโดยใช้น้ำจากธรรมชาติเข้าสู่การเลี้ยงแบบพัฒนา (ระดับความหนาแน่นสูง) และในระบบปิดซึ่งมีการบำบัดและหมุนเวียนน้ำอยู่ภายในระบบ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดมีข้อดีคือสามารถเพิ่มผลผลิต ป้องกันการติดโรค และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยง แต่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบนี้มักประสบปัญหาแอมโมเนียสะสมในระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งมีสาเหตุจากการให้อาหารในปริมาณมาก การขับถ่ายของสัตว์น้ำ และจากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากการบริโภคโดยแบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง

การพัฒนาระบบการเลี้ยงเป็นการเลี้ยงระบบปิดซึ่งจะสามารถเพิ่มผลผลิต ป้องกันการติดโรค ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยง และควบคุมคุณภาพน้ำได้ (Su Shiung Lam *et al.,* 2007) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาระบบปิดจะมีของเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวัน ซึ่งของเสียเหล่านี้มาจากสิ่งที่ปลาขับถ่ายออกมา และมาจากเศษอาหารที่เหลือสะสมอยู่ในบ่อเลี้ยงปลา การกำจัดของเสียขั้นต้นสามารถทำได้โดยการกรองทางกายภาพ ส่วนของเสียที่ผ่านการกรองกายภาพจะถูกย่อยสลายผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันและไนตริฟิเคชันด้วยจุลินทรีย์ เกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจน เช่นแอมโมเนียและไนไตรท์ ของเสียเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่จนถึงระดับหนึ่งจะเกิดความเป็นพิษต่อปลา แต่การเลี้ยงปลาในรูปแบบนี้มักประสบปัญหาแอมโมเนียสะสมในระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งมีสาเหตุจากการให้อาหารในปริมาณมาก การขับถ่ายของปลา และจากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากการบริโภคโดยแบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง ด้วยเหตุนี้การเลี้ยงปลาบู่ในระบบปิดจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดและหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น

ตรวจเอกสาร

ปลาบู่ทราย มีชื่อสามัญว่า Sand Goby, Marbled Sleepy Goby และชื่อวิทยาศาสตร์ Oxyleotris mamorata Bleeker ปลาบู่เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศสามารถทำรายได้เข้าประเทศแต่ละปีมีมูลค่าหลายสิบล้านบาท ได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ มาเลเซีย ฯลฯ เนื่องจากความต้องการปลาบู่ทรายจากต่างประเทศมีเพิ่มขึ้นทุก ปี เป็นผลให้ปลาบู่ทรายมีราคาแพงขึ้น ในอดีตการเลี้ยงปลาบู่ทรายนิยมเลี้ยงกันมากในกระชังแถบลุ่มน้ำและลำน้ำสาขาบริเวณภาคกลาง ตั้งแต่จังหวัดนคร สวรรค์ อุทัยธานี เรื่อยมาจนถึงจังหวัดปทุมธานี โดยมีจังหวัดนครสวรรค์ เป็นแหล่งเลี้ยงส่งออกที่ใหญ่ที่สุด สำหรับปัญหาการเลี้ยงปลาบู่ทรายขณะนี้มี 3 ประการ คือ

1. พันธุ์ปลาที่นับวันจะหายาก ไม่เพียงพอต่อความต้องการ
2. ผู้เลี้ยงยังขาดความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการเพาะเลี้ยง
3. สภาพสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง ไม่เอื้ออำนวยต่อการเพาะเลี้ยงปลา

ชีววิทยาของปลาบู่ทราย

1. อนุกรมวิธานของปลาบู่ทราย

ปลาบู่ทรายจัดอยู่ใน Order Perciformes Suborder Gobioidei แต่เดิมจัดอยู่ใน Family Eleotridae (Roberts , 1989) ต่อมา Hoese, 1993 ได้รวมเข้ามาอยู่ใน Family Gobiidae แล้วแยกออกเป็น 2 Subfamily คือ Gobiinar กับ Eleotrinae ซึ่งปลาบู่จัดอยู่ใน Subfamily Eleotrinae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oxyeleotris marmoratus* Bleeker, 1852 (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

2. ลักษณะทั่วไปของปลาบู่

ปลาบู่ มีลักษณะลำตัวกลมยาว ความลึกลำตัวประมาณ 1 ใน 3.5 ของความยาวมาตรฐาน ลำตัว ส่วนหัวยาวเป็น 1 ใน 2.8 ของความยาวมาตรฐานของลำตัว หัวค่อนข้างโต และด้านบนของหัวแบนราบ หัวมีจุดสีดำประปราย ปากกว้างใหญ่เปิด ทางด้านบนตอนมุมปากเฉียงลงและยาวถึงระดับกึ่งกลางตา

ขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่าขากรรไกรบน ทั้งขากรรไกรบนและล่างมีฟันแหลมซี่เล็กๆ ลักษณะฟันเป็นฟันแถวเดียว ลูกตาลักษณะโปนกลมอยู่บนหัวถัดจากริมฝีปากบนเล็กน้อย รูจมูกคู่หน้าเป็นหลอดยื่นขึ้นมาอยู่ติดกับร่องที่แบ่งจะงอยปากกับริมฝีปากบน ครีบหูและครีบหางมีลักษณะกลมมนใหญ่ มีลวดลายดำและสลับขาว มีก้านอ่อนอยู่ 15-16 ก้าน ครีบหลัง 2 ครีบ ครีบอันหน้าสั้นเป็นหนาม 6 ก้าน เป็นก้านครีบสั้นและเป็นหนาม ครีบอันหลังเป็นก้านครีบอ่อน 11 ก้าน ครีบท้องหรือครีบอกอยู่แนวเดียวกับครีบหูและมีก้านครีบอ่อน 5 ก้าน ครีบอกของปลาบู่ใน Subfamily Eleotrinae แยกจากกันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งแตกต่างจากปลาบู่ชนิดอื่นในครอบครัว Gobiidae ซึ่งมีครีบท้องติดกันเป็นรูปจาน ครีบก้นอยู่ในแนวเดียวกับครีบหลังอันที่ 2 มีก้านครีบอ่อน 7 ก้าน และมีอยู่ในแนวเดียวกับครีบหลังอันที่ 2 และมีความยาวเท่ากับครีบหลังอันที่ 2 ส่วนของครีบมีลายสีน้ำตาลดำแดงสลับขาวเป็นแถบๆ และมีจุดสีดำกระจายอยู่ทั่วไป ลำตัวมีเกล็ดแบบหนามคล้ายซี่หวีและมีแถบสีดำขวางลำตัว 4 แถบ ด้านท้องมีสีอ่อน สีตัวของปลาบู่ทรายแตกต่างกันไปตามถิ่นที่อยู่อาศัย ปลาบู่ทรายจัดเป็นปลาขนาดกลาง และเป็นปลาชนิดเดียวในครอบครัวนี้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ปกติมีขนาดประมาณ 30 เซนติเมตร เคยพบยาวถึง 60 เซนติเมตร(เฉิดฉันและคณะ, 2538)

3. การแพร่กระจายและแหล่งที่อยู่อาศัย

ปลาบู่ทรายเป็นปลาที่สามารถพบได้ทั่วไปในน้ำจืดและน้ำกร่อยเล็กน้อยในหลายประเทศโดยเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และหมู่เกาะมลายู ได้แก่ บอร์เนียว เกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย มาเลเซีย จีน ไทย สำหรับในประเทศไทยพบแพร่ขยายพันธุ์ทั่วไปตามแม่น้ำ ลำคลอง และสาขาทั่วทุกภาคตามหนองบึงและอ่างเก็บน้ำต่างๆ อย่างเช่น แม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำ ปากน้ำโพ บึงบอระเพ็ด แม่น้ำลพบุรี แม่น้ำท่าจีน นอกจากนี้พบตามอ่างเก็บน้ำทุกภาคของประเทศ อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น เขื่อนลำตะคอง จ. นครราชสีมา อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์ อ่างเก็บน้ำบางพระ จ. ชลบุรี อ่างเก็บน้ำบางลาง จ.ยะลา จ.สุโขทัย จ.พิจิต จ. พิษณุโลก และยังมีรายงานพบในทะเลน้อย จ. สงขลา สำหรับอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นใหม่พบปลาบู่ทรายทีการเจริญเติบโตเร็วและแพร่ขยายพันธุ์ได้ดี เช่นเดียวกับปลากินเนื้อชนิดอื่น (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

4. รูปแบบการเลี้ยงปลาบู่

การเลี้ยงปลาบู่ทรายเดิมจะรวบรวมได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็น ส่วนใหญ่แต่มาในระยะหลังความต้องการของผู้บริโภคมีมาก ประกอบกับปลาบู่เป็นปลาที่ราคาแพงและเป็นที่ต้องการของ ตลาดต่างประเทศ จึงมีผู้สนใจเลี้ยงกันอย่างเป็นล่ำเป็นสันโดยมี การทดลองเลี้ยงกันในบ่อและในกระชัง การเลี้ยงปลาบู่ทรายในบ่อ (วรวุฒิ, 2547)

เนื่องจากปลาบู่เป็นปลาที่มีราคาแพงเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ที่ผ่านมามีผู้สนใจเลี้ยงปลาบู่กันเป็นจำนวนมาก การเลี้ยงปลาบู่นั้นมีเลี้ยงกันในบ่อบ่อซีเมนต์ บ่อดินและกระชัง แต่ที่นิยมเลี้ยงกันมากเป็นการเลี้ยงในกระชัง ส่วนบ่อดินก็มีผู้เลี้ยงกันอยู่บ้างทั้งในรูปการลี้ยงแบบเดี่ยว (monoculture) แบบรวม (polyculture) และแบบผสมผสาน การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีการเลี้ยงอยู่น้อยมากเพราเป็นการลงทุนสูงและต้องการน้ำสะอาดในการเลี้ยง (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

1. การเลี้ยงปลาบู่ในกระชัง

เริ่มจากต้องตรวจดูสภาพน้ำที่จะใช้เลี้ยงปลาบู่ แบ่งเป็นกระชังน้ำไหลและกระชังน้ำนิ่ง กระชังน้ำไหลคือกระชังที่ลงไว้ในคลอง หรือในแม่น้ำ ส่วนกระชังน้ำนิ่งคือลงกระชังไว้ในบ่อขนาดใหญ่ (พื้นที่ไม่ควรต่ำกว่า 3 ไร่ และลึกไม่ต่ำกว่า 2 เมตร) มีกระชัง 2 ลักษณะ คือกระชังไม้และกระชังอวน ซึ่งกระชังไม้จะมีความมั่นคงแข็งแรงกว่า แต่ก็มีค่าก่อสร้างสูงกว่า โดยปกติ จะปล่อยลงเลี้ยงได้ประมาณ ตารางเมตรละ 20-70 ตัว แต่ที่ลงเลี้ยงแล้วเจริญเติบโตดีที่สุด ที่ ตารางเมตรละ 30 ตัว พันธุ์ปลาที่จะลงเลี้ยง ควรคัดที่มีสภาพดี มีขนาดใกล้เคียงกัน ปล่อยปลาช่วงเช้า สาย หรือเย็น จะดีกว่าช่วงบ่ายๆเพราะอากาศไม่ร้อน ปลาจะไม่เครียดมาก หลังจากปล่อยปลาลงกระชังแล้ว 2 วัน ก็เริ่มให้อาหารโดยผสมสูตรอาหารดังนี้

1.ปลาเป็ด 10 ส่วน

2.ปลาป่น 2 ส่วน

3.เกลือเม็ด 1 ส่วน

นำส่วนผสมทั้งหมดมาสับหรือบดให้ละเอียด จะดีกว่าสับเป็นชิ้นเพราะก้างปลาอาจจะไปทิ่มทะลุท้องของปลาบู่ได้(เคยเจอมาแล้ว) และควรผสมวิตามิน

ลงไปในอาหารด้วยที่สำคัญคือปลาที่ปล่อยเลี้ยงลงใหม่จะมีปลาลอยขึ้นมาตาย เนื่องจากปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ไม่ได้ จะเสียหาย 15-80 (ปกติจะเสียหายประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์) วิธีแก้ไขปัญหาตรงนี้คือต้องผสมยาเหลืองลงในอาหารทุกมื้อจนกว่าปลาจะหยุดตาย(ประมาณ 1 เดือน) และควรหมั่นถ่ายน้ำบ่อยๆ ยิ่งสามารถถ่ายได้ทุกวันยิ่งดี เพราะจะลดความเครียดของปลา ทำให้ปลาตายน้อยลง หลังจากนั้นเมื่อปลาหยุดตายแล้วก็ไม่ต้องผสมยาลงในอาหารให้ปลาบู่กินให้อาหารปลาวันเว้นวัน หรือทุกวันก็ได้ (เลี้ยงทุกวันปลากินอาหารประมาณ 5 % และเว้นวันกิน 10 %ของน้ำหนักตัวของปลา) และใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 7-10 เดือนจะได้ไซส์ 4 ขีด - 1 กก. ก็สามารถจับขายได้แล้ว

2. การเลี้ยงปลาบู่ในบ่อดิน

ในที่นี้จะไม่พูดถึงการเลี้ยงร่วมกับปลาชนิดอื่น เพราะมักไม่ค่อยได้ผลเท่าที่ควร จริงอยู่ไม่มีค่าอาหารก็จริง แต่บางครั้งปลาที่เราปล่อยไว้ก็ไม่โต บางทีผอมเหลือแต่ก้างก็มี และราคาที่เราจะจำหน่ายจะถูกกว่าปลาที่เลี้ยงสมบูรณ์ กิโลกรัมละประมาณ 40-50 บาท และที่จะกล่าวถึงคือการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ โดยเลี้ยงปลาบู่ในบ่อดินเพียงชนิดเดียว ไม่ให้มีปลาอื่นมาแย่งอาหาร โดยเริ่มแรกต้องตรวจดูสภาพบ่อก่อนว่าเป็นยังไง บ่อที่จะเลี้ยงควรมีขนาดประมาณ 1 งาน ถึง 2 ไร่ ระดับน้ำลึกประมาณ 1.5 เมตร ไม่ควรใหญ่กว่านี้เพราะจะดูแลยาก และต้องสามารถถ่ายน้ำออกได้ อย่าง น้อย 2 อาทิตย์/ครั้ง โดยหากสามารถถ่ายได้บ่อยเท่าไหร่ยิ่งเป็นการดี เนื่องจากปลาบู่กินอาหารสดจะทำให้น้ำเสียง่ายหากเราเลี้ยงไปเรื่อยๆ โดยไม่ถ่ายน้ำเลยปลาจะเครียด กินอาหารลดลง และอาจจะเกิดโรคได้ เรื่องพันธุ์ปลากับสูตรอาหารก็เหมือนกับสูตรที่เลี้ยงในกระชัง แต่ปริมาณอาหารจะไม่เท่ากัน หากเลี้ยง ทุกวันปลาจะกินอาหาร 2% หากเลี้ยงวันเว้นวันปลาจะกินอาหารประมาณ 3% ของน้ำหนักตัว ในการเลี้ยงบ่อดินจะเสียเปรียบตรงที่จะต้องถ่ายน้ำถ้าต้องใช้เครื่องสูบก็จะมีต้นทุนเพิ่มขึ้น และปลาจะโตช้ากว่าเลี้ยงในกระชัง แต่ดีกว่าตรงที่สามารถควบคุมสภาพน้ำได้ดีกว่า น้ำไม่ดีก็ไม่ต้องสูบใส่บ่อ และปลาที่เลี้ยงกระชังถ้าน้ำไม่ดีปลาอาจตายยกระชังได้ (วรวุฒิ, 2547)

อรภา และคณะ (2526) ทดลองเลี้ยงปลาบู่ขนาด 9-10 ซม. ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 10.5 กรัม จำนวน 200 ตัวในบ่อดินขนาด 200 ตรม. และให้อาหาร 2 สูตร คือ สูตรที่ 1 ได้แก่ ปลาสับผสมรำและปลายข้าวต้มในอัตรา 8:1:1 สูตรที่ 2 ได้แก่ ไส้ไก่ผสมรำและปลายข้าวต้มสุกในอัตรา 8:1:1 ใช้เวลาเลี้ยง 8 เดือน พบว่าอาหาร

สูตรที่ 1 ให้ผลด้านการเจริญเติบโตดีกว่าสูตรที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามปลาบู่นี้มีการเจริญเติบโตช้ามากและผู้ทดลองแนะนำใส่ปลาที่สามารถออกลูกได้เร็วเป็นจำนวนมาก สำหรับให้เป็นอาหารปลาบู่อีกด้วย

ทวี และคณะ (2530) ทดลองเลี้ยงปลาบู่ขนาด 5 ซม. จำนวน 3,000 ตัว ในบ่อปูนซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร (60 ตัว/ ตรม.) โดยสูบน้ำเขียวใส่ในบ่อเลี้ยงวันเว้นวันและใส่ไรแดงเป็นระยะๆ นอกจากนั้นให้อาหารปลาโดยใช้สูตร ปลาเป็ด 94 % รำละเอียด 5% และวิตามินเกลือแร่ 1% ด้วยระยะเวลาการเลี้ยง 90 วัน ได้อัตราการรอด 84.53% จากลูกปลาที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 1.46 กรัม เพิ่มขึ้นเป็น 4.97 กรัม และจากความยาวเริ่มต้น 5.01 ซม. เพิ่มเป็น 7.55 ซม. นอกจากนี้ ทวี และคณะ (2530) ทดลองติดตั้งระบบน้ำหมุนเวียนโดยดึงน้ำจากบ่อพักขนาดครึ่งไร่ขึ้นมาเลี้ยงลูกปลาบู่แล้วปล่อยกับสู่บ่อดินหมุนเวียนตลอดเวลาในบ่อปูนซีเมนต์ 6 ตร.ม. ในเวลา 199 วัน ได้อัตรารอดเฉลี่ย 93.67% น้ำหนักปลาเริ่มต้น 1.75 กรัม เพิ่มเป็น 9.04 กรัม และความยาวเฉลี่ยจาก 5.35 ซม. เพิ่มขึ้นเป็น 9.77 ซม.

สำเนาว์ และคณะ (2545) ทดลองเลี้ยงปลาบู่ทรายขนาด 2-3 เซนติเมตร เลี้ยงในบ่อพลาสติกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร น้ำลึก 50 เซนติเมตร โดยปล่อยลูกปลาบ่อละ 30 ตัว เลี้ยงด้วยอาหารผสม (อาหารปลาดุกซึ่งมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 4 ซ้ำ นาน 120 วัน ให้อาหารประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 1 ครั้ง พบว่าปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมีน้ำหนักเฉลี่ย 45.93 กรัม และเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดมีน้ำหนัก 41.63 กรัม โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยประมาณ 10.00-12.00 กรัมต่อเดือน และมีอัตราการรอดตายร้อยละ 9.20 และร้อยละ 6.67 ตามลำดับ

5. อัตราการปล่อย

พันธ์ปลาบู่ที่นิยมนำมาเลี้ยงส่วนใหญ่มีขนาด 100-300 กรัม ปลาบู่มีนิสัยชอบนอนนิ่งอยู่บริเวณก้นกระชังทำให้สามารถปล่อยปลาบู่ได้หนาแน่นประมาณ 70-100 ตัว/ตร.ม. หรือประมาณ 10-30 กก./ลบ.ม. อัตราปล่อยดังกล่าวนี้ใช้กับแหล่งน้ำที่มีการไหลถ่ายเทของน้ำดีมากผ่านใน กระชัง แต่ถ้าแหล่งน้ำใดมีคุณสมบัติน้ำที่ไม่ดีและไหลถ่ายเทช้า ควรปล่อยอัตรา 40-50 ตัว/ตร.ม. ก่อนปล่อยพันธุ์ปลาลงในกระชังควรทำให้ปลามีความคุ้นเคยกับน้ำที่เลี้ยงและควรมีการฆ่าเชื้อป้องกันโรคเสียก่อน (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

จิระภา และคณะ (2551) ทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราการปล่อย 25,50,75 และ 100 ตัว/ตารางเมตร ให้อาทีเมียตัวเต็มวัยกินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง ปลาทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.34±0.02, 0.34 ±0.04, 0.36 ±0.03 และ 0.34 ±0.01 กรัม ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 3.00±0.08, 3.04±0.01, 2.98±0.06, และ 3.05±0.01 เซนติเมตร ตามลำดับ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 2 × 3 เมตร จำนวน 12 บ่อ ระดับน้ำ 50 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 3,000 ลิตร โดยใช้ความเค็ม 10 ppt ใช้ระบบกรองน้ำในบ่อ ผลการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอัตราปล่อย 25 ตัว/ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยอัตราปล่อย 50 ตัว/ตารางเมตร แต่มากกว่าปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยอัตราปล่อย 75 ตัว/ตารางเมตร และ 100 ตัว/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p< 0.05$) และความยาวเฉลี่ยสุดท้ายของทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ อัตราการเจริญเจริญเติบโตจำเพาะของทุกชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอัตราปล่อย 25 ตัว/ตารางเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยอัตราปล่อย 50 และ 70 ตัว/ตารางเมตร แต่มากกว่าปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยอัตราปล่อย 100 ตัว/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p< 0.05$) ส่วนการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการกินอาหาร และอัตราการรอดตายทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p< 0.05$) ด้านต้นทุนการผลิตต่อตัวมีค่าเท่ากับ 7.22, 4.44, 3.68 และ 3.15 บาท และผลตอบแทนต่อการลงทุนมีค่าเท่ากับ -41.75, -30.75, -29.47 และ -19.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน พบว่าการอนุบาลปลาบู่ที่อัตราการปล่อย 100 ตัว/ตารางเมตร ในบ่อซีเมนต์เป็นอัตราที่เหมะสมที่สุด

6. อาหารและการให้อาหาร

ปลาบู่จัดเป็นปลากินเนื้อ ดังนั้นอาหารที่ดีควรมี โปรตีน 38-40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5-8 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 9 - 12 เปอร์เซ็นต์ วิตามินและแร่ธาตุ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ อาหารใช้เลี้ยงปลาบู่แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. อาหารแบบพื้นบ้าน เป็นอาหารสดได้จากการนำปลาเป็ดจากทะเลหรือปลาน้ำจืดมาสับให้ปลากิน หรือใช้เครื่องบดอาหารซึ่งมีผลดีทำให้กระดูกปลาเป็ดป่นย่อยละเอียดไม่เป็นอันตรายต่อสำไส้ปลาบู่ ประหยัดเวลาและแรงงาน ส่วนสูตรอาหารปลาที่ใช้คือ ปลาเป็ดสดบดละเอียด 94 เปอร์เซ็นต์ รำละเอียด 5

เปอร์เซ็นต์ วิตามินและเกลือแร่ 1 เปอร์เซ็นต์ (เกษตรกรบางรายผสมหัวอาหารหมูหรือไก่ลงไปด้วย) นอกจากนี้ควรใส่เกลือป่นในอัตรา100 กรัม ต่ออาหาร 3 กิโลกรัม ผสมลงไปเพื่อทำให้อาหารจับตัวเหนียวขึ้นป้องกันการละลายหรือลอยตัวของอาหาร

2. อาหารผสมสูตรสำเร็จแบบเปียก อาหารชนิดนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เตรียมจากวัสดุอาหารแห้งและเปียก สะดวกในการจัดเก็บได้นานในตู้เย็น เตรียมง่าย และถูกสุขลักษณะทั้งยังสามารถเติมยาปฏิชีวนะและฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต เนื่องจากปลาบู่กินอาหารเชื่องช้ากว่าปลาชนิดอื่น จึงควรปั้นเป็นก้อนใส่ถาดแขวนไว้ในกระชังให้ต่ำกว่าระดับผิวน้ำประมาณ 50 เซนติเมตร การให้อาหารทำได้ 2 แบบคือ แบบที่ 1 จะให้อาหารทุก ๆ วัน ละ 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาในกระชัง และแบบที่ 2 เป็นการให้ให้ 2 วันครั้ง โดยให้ 8 - 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา อย่างไรก็ตามการให้อาหารควรสังเกตว่าปลากินอาหารหมดหรือไม่และค่อยปรับเพิ่มหรือลดอาหาร (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

7. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

อัตราการแลกอาหารเป็นเนื้อปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยปลาเป็ดอยู่ระหว่าง 8-9: 1 แต่จากการศึกษาอาหารและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลาบู่ในกระชังที่จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าปลาบู่ที่เลี้ยงด้วยปลาเป็ด 94 % ผสมรำละเอียด 5% และเกลือแร่ 1% ได้อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ระหว่าง 7.3 - 12.2 : 1 สาเหตุเนื่องจากปัจจัยของขนาดปลาที่ใช้ทดลอง อัตราการปล่อยปลาหนาแน่น คุณสมบัติน้ำ และการหมุนเวียนน้ำ (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

8. อัตรารอด

อัตราการรอดตายในการเลี้ยงปลาบู่ขึ้นอยู่กับปัจจัยความแข็งแรงของพันธุ์ปลา คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ความสามารถและความชำนาญในการเลี้ยง และสภาพสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสภาพสิ่งแวดล้อมในแต่ละปีอีกด้วย

9. อัตราการเจริญเติบโต

อัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ อาทิ อัตราปล่อย คุณภาพและปริมาณอาหาร คุณสมบัติน้ำ ฯลฯ จากการเลี้ยงปลาบู่ที่แม่น้ำ

น่าน จ. นครสวรรค์ พบว่าอัตราปล่อย ตารางเมตรละ32 ตัว ใช้เวลา 7 เดือนจะให้ผลผลิตสูงสุด

10. โรคพยาธิและการป้องกัน

เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาบู่ส่วนใหญ่มีความวิตกเรื่องโรคที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นการป้องกันโรคไว้ก่อนจึงเป็นทางเดียวที่จะไม่ทำให้ปลาบู่เป็นโรค ซึ่งผู้เลี้ยงต้องคอยเอาใจใส่ดูแลสุขภาพของปลาบู่การจัดการที่ดีทำให้ปลามีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงอีกทั้งต้องหมั่นสังเกตสภาพแวดล้อมโดยรอบของกระชัง เช่น คุณภาพน้ำทางด้นน้ำอาการเป็นโรคของปลาในธรรมชาติ สำหรับโรคพยาธิที่พบในปลาบู่แบ่งเป็น 6 ประเภท คือ

1.พยาธิภายนอก

1.1 พยาธิภายนอกที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ได้แก่

- หนอนสมอ พบมากตามซอกเกล็ด ครีบและในช่องปาก พยาธิพวกนี้จะดูดเลือดปลาทำให้ปลาอ่อนแอ

- เออกาซิลัส ดูดเลือดตามเหงือกปลา ถ้าเกาะนาน ๆ ทำให้ เหงือกกร่อนก่อให้เกิดปัญหากับระบบหายใจ

- โกลซิเดีย เป็นตัวอ่อนของหอย 2 ฝา เกาะตามซี่เหงือก ทำให้ลดพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนออกซิเจน

1.2 พยาธิภายนอกที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่ ทริกโคไดนา ฮีนีกูยา อีพัสไทลิส ชิโลโดเนลลา แคคไทโรจัยลัสอาการปลาบู่ ที่มี พยาธิเหล่านี้คือลอยหัว เกล็ดหลุด เหงือกซีด บางครั้งพบจุดขาว ๆ ประปรายทั่วไป

2. พยาธิภายใน ได้แก่ พยาธิตัวกลม พยาธิหัวหนาม ทำให้ปลาผอม ไม่กินอาหาร

3. เชื้อรา ได้แก่ แซปโปรเลกเนีย ขึ้นเป็นกระจุกมีแขนงมากมายบริเวณผิวหนังของลำตัว เชื้อนี้จะฝังลึกเข้าไปในเนื้อเยื่อทำให้เกล็ดหลุด เกิดบาดแผลปลาอ่อนแอ

4. เชื้อบัคเตรี ได้แก่ แอโรโมแนสไฮโดรฟิลา คอรีนีแบคทีเรียม สเตรปโตคอคคัส อาการที่พบคือ ท้องบวม ตาโปน แผลตามลำตัว เกิด น้ำเหลืองในช่องท้องไตบวม เป็นต้น สำหรับเชื้อแอโรโมแนส ไฮโดรฟิลา เป็นตัวที่ก่อให้เกิดโรคในปลาบู่มากกว่าชนิดอื่น ๆ

5. มะเร็งต่อมน้ำเหลือง ปลาที่ป่วยเป็นโรคนี้หาก สังเกตจะพบว่าบริเวณแผ่นปิดเหงือกเริ่มกางออกเนื่องจากโคนครีบหูบวมพองขึ้นมา คล้ายกับก้อนเนื้อพองออกโดยเฉพาะด้านหน้าโคนครีบ ก้อนมะเร็งดังกล่าวจะเติบโตมีขนาดใหญ่ทำให้แผ่นปิดเหงือก กระดูกเหงือกบนครีบหูและบริเวณส่วน หัว โรคนี้ยังไม่มีวิธีการรักษา

6.โรคตับโต ปลาที่เป็นโรคนี้ไม่มีความผิดปกติตามลักษณะภายนอก พบว่าเหงือกซีดกว่าปกติเนื่องจากเลือดจาง ตับโตมีสีเหลืองอ่อน ม้าม มีขนาดใหญ่และเลือดออก สาเหตุของโรคมาจากการได้รับอาหารไม่ถูกส่วน

การป้องกันรักษา การป้องกันไม่ให้ปลาเป็นโรคเป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อม และความเอาใจใส่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา

11. คุณค่าเนื้อปลาบู่

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารเนื้อของปลาบู่สด จากปลาความยาว 35 เซนติเมตร หนัก 610 กรัม ซึ่งเป็นขนาดที่ตลาดต้องการ เนื้อส่วนที่กินได้ประมาณ 57.5% ประกอบด้วย

โปรตีน 15.04%
ไขมัน 0.15%
ความชื้น 82.35%
คาร์โบไฮเดรต 2.14%
เถ้า 0.57%

ระบบในการกำจัดของเสียในการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิด

Landau (1992)ได้ให้คำจำกัดความของระบบปิดไว้ว่า เป็นระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่เกือบทั้งหมด (95 - 100 %) โดยมีการกรองเอาเศษอาหารที่เหลือตกค้าง สิ่งขับถ่ายของปลาและของเสียอื่น ๆ ออกก่อนที่จะหมุนเวียนน้ำมาใช้ใหม่ จะมีน้ำเพียงบางส่วนเท่านั้นที่หายไปเนื่องจากการระเหยและการทำงานของระบบ ซึ่งน้ำส่วนที่หายไปนี้อาจมีการเติมเข้าไปทดแทนได้เพื่อเป็นการรักษาปริมาณน้ำในระบบให้คงที่ สอดคล้องกับที่ Lee and Newman (1997) ได้กล่าวไว้ว่า ระบบปิดเป็นระบบที่ไม่มีการเติมน้ำใหม่เข้าไปในระบบ แต่จะมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยจะมีการกรองเอาเศษอาหารที่เหลือ สิ่ง

ขับถ่ายของสัตว์น้ำ และของเสียอื่น ๆ ออกก่อนที่จะนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยข้อดีของระบบปิดคือ ใช้น้ำในปริมาณที่น้อย และไม่ก่อปัญหามลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียของระบบปิดก็คือ จะมีการสะสมเศษอาหารที่เหลือและของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา ซึ่งถ้าสะสมมากขึ้นจะทำให้น้ำที่ใช้เลี้ยงปลาเกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลา การแก้ปัญหานี้โดยทั่วไปใช้วิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 - 10 วัน ซึ่งระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของปลาขนาดของปลา ความหนาแน่นของการเลี้ยง เป็นต้น การเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อย ๆ อาจก่อความยุ่งยากและเสียเวลา ในที่สุดผู้เลี้ยงปลาจึงอาจเกิดความเบื่อหน่ายในการเลี้ยงได้

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงปลาระบบปิด

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงปลาระบบปิดคือ การเกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา อันเนื่องมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ ดังนี้

1. อาหารที่ใช้เลี้ยงปลา ถ้ามีการให้อาหารปลามากเกินไป และคุณภาพของอาหารปลาไม่ดีทำให้อาหารจมตัวเร็ว ก็จะเหลือเศษอาหารตกค้างอยู่ในตู้เลี้ยงปลา และเมื่อมีเศษอาหารเหลือจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำก็จะใช้เศษอาหารที่เหลือเพื่อการเจริญเพิ่มจำนวนทำให้น้ำขุ่นได้ และสารต่าง ๆที่เกิดจากเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ก็อาจเป็นพิษต่อปลาได้เช่นกัน นอกจากนั้นถ้าเกิดการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคอาจทำให้ปลาติดโรค ปลาจะอ่อนแอและในที่สุดอาจตายได้ ดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาจึงควรเหมาะสมกับชนิดและขนาดของปลา คุณภาพของอาหารและปริมาณที่ให้แก่ปลาโดย Pe'nzes (1986) แนะนำว่าปริมาณอาหารปลาที่ให้ปลาควรจะกินให้หมดภายใน 2 – 3 นาทีหรือไม่ควรเกิน 30 นาที
2. การขับถ่ายของเสียจากปลา ของเสียนี้เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของปลาและขับถ่ายออกมาจากตัวปลา โดย Spotte (1979) ได้อธิบายไว้ว่าปลาจะขับถ่ายของเสียออกมาทั้งทางเหงือก ทางไต และทางผิวหนังการสะสมของเศษอาหารที่เหลือ และสิ่งขับถ่ายจากปลาในตู้เลี้ยงปลาระบบปิด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในตู้เลี้ยงปลา โดยน้ำเกิดการเน่าเสียและเกิดสารประกอบไนโตรเจนขึ้นในตู้เลี้ยงปลา เช่น

แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งถ้าเกิดการสะสมจนถึง ระดับหนึ่งจะเกิดความเป็นพิษต่อปลาได้ Gross *et al.* (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสาร ประกอบไนโตรเจนในบ่อปลาและได้รายงานว่าอาหารปลาสำเร็จรูปที่ให้แก่ปลาจะประกอบด้วยโปรตีน 3-25 เปอร์เซ็นต์ หรือไนโตรเจนอินทรีย์ 4 – 5.8 เปอร์เซ็นต์ และปลาจะนำไนโตรเจนในอาหารไปใช้ได้ 25 – 30 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นจะเข้าสู่ระบบนิเวศในบ่อปลา ปริมาณไนโตรเจนในบ่อปลาจะมาจากอาหารที่ให้แก่ปลามากที่สุด และเกิดการ mineralization ไปเป็นแอมโมเนีย โดยเฉลี่ย 59 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งปลาจะขับแอมโมเนียออกมาจากเหงือกมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากแอมโมเนียแล้วก็ยังมีของเสียอื่น ๆ ที่ปลาขับออกมาปนอยู่ด้วยเล็กน้อย เช่น กรดอะมิโน ยูเรีย และกรดยูริค (วีระพงศ์, 2536)

การกำจัดของเสียและสารประกอบไนโตรเจนในบ่อปลาระบบปิด

วิธีการกำจัดของเสียและสารประกอบไนโตรเจนในบ่อปลาระบบปิด โดยเฉพาะแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทจะมีวิธีการขั้นพื้นฐานอยู่ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการทางกายภาพ วิธีการทางเคมี และวิธีการทางชีวภาพ ซึ่งอาจใช้เพียงวิธีเดียวหรือใช้ร่วมกันหลายวิธีก็ได้ (Alderton, 1983;Wilkie, 1985; Scott, 1996)

1. วิธีการทางกายภาพ (mechanical method)

วิธีการนี้เป็นวิธีการขั้นต้นที่อาศัยการกรองเพื่อกรองของเสียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำแต่ไม่สามารถใช้กำจัดสารประกอบไนไตรเจนได้ การกรองของเสียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะใช้เครื่องกรองน้ำซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป แต่หลักการทั่วไปจะเหมือนกันคือ เครื่องกรองจะดูดน้ำที่มีอนุภาคของของเสียและตะกอนต่าง ๆที่แขวนลอยอยู่ในน้ำให้ผ่านวัสดุกรอง แล้วไหลกลับเข้าสู่ตู้ปลาเหมือนเดิม น้ำที่ผ่านวัสดุกรองแล้วนั้นจะเป็นน้ำที่สะอาดขึ้น วัสดุกรองที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายชนิด เช่น ใยสังเคราะห์ หิน กรวด ทราย และพลาสติกเป็นต้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องกรองน้ำให้สามารถกรองน้ำได้รวดเร็วขึ้น และมีความละเอียดมากขึ้น เช่น ใช้ไดอะตอมเป็นวัสดุกรอง ทำให้สามารถกรองตะกอนที่มีขนาดเล็กได้ เครื่องกรองนอกจากจะช่วยกรองสิ่งสกปรก

ต่าง ๆ ในตู้ปลาแล้ว ยังทำให้เกิดการหมุนเวียนน้ำ ทำให้น้ำในตู้ปลามีอุณหภูมิเท่ากันตลอดทั้งตู้ และทำให้น้ำมีโอกาสสัมผัสออกซิเจนได้มากขึ้น (ศิริวัฒน์, 2544)

อย่างไรก็ตาม วิธีการทางกายภาพเป็นเพียงวิธีการขั้นต้นในการกำจัดของเสียในตู้เลี้ยงปลาจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการอื่น ๆ ในการกำจัดของเสียส่วนที่ละลายปนอยู่ในน้ำซึ่งไม่อาจใช้วิธีการกรองกำจัดได้ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Wungkobkiat *et al*. (1997) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนภายใต้การบำบัดโดยใช้เครื่องกรองน้ำในตู้เลี้ยงปลาทองระบบปิด ในการศึกษาใช้ปลาทอง 30 ตัวต่อตู้เลี้ยงปลาซึ่งมี ขนาด 40 x 75 x 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร และบรรจุน้ำในตู้ประมาณ 90 ลิตร ปลาทองที่ใช้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 15 กรัมต่อตัว และให้อาหารปลาสำเร็จรูปวันละ 5 กรัม พบว่า ถึงแม้จะใช้เครื่องกรองน้ำและมีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นเองภายหลัง ก็ไม่สามารถกำจัดแอมโมเนียและไนไตรท์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อปลาได้

2. วิธีการทางเคมี (chemical l method)

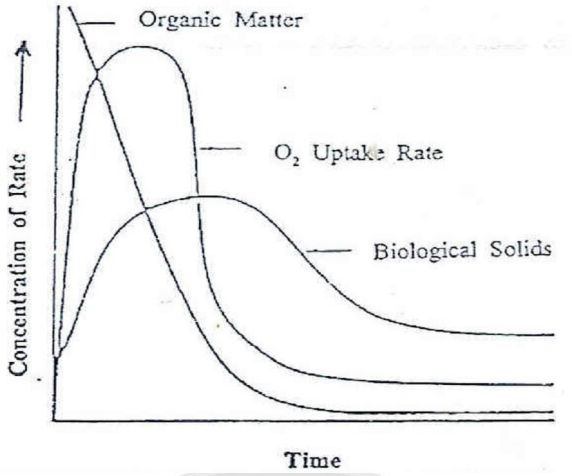
ระบบนี้เป็นการนำเอากระบวนการทางเคมีมาประยุกต์ใช้ เช่น การนำผงถ่านกัมมันต์(activated carbon) มาใช้ดูดซับและเก็บสารอินทรีย์ และสารประกอบอื่น ๆที่ละลายปนอยู่ในน้ำไว้ผงถ่านกัมมันต์จึงมีอายุการใช้งานสั้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการทางเคมีอื่น ๆ อีก เช่น การใช้ ionexchange resin หรือ reverse osmosis หรือ electrodialysis เพื่อกำจัดสารพิษในน้ำ (Haugen *et al.*,2002)

3. วิธีการทางชีวภาพ (biological method)

วิธีการทางชีวภาพเป็นวิธีการที่อาศัยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติและที่ใส่เพิ่มลงไปภายหลังเพื่อช่วยย่อยสลาย และกำจัดของเสียต่าง ๆ ในน้ำ และเปลี่ยนสารประกอบที่เป็นพิษให้กลายเป็นสารประกอบที่ไม่เป็นพิษ เช่น ammonia stripping, breakpoint chlorination (Gonzales, 1995) หรือการใช้ระบบไนตริฟิเคชัน/ดีไน-ตริฟิเคชัน เพื่อเปลี่ยนแอมโมเนียให้กลายเป็นไนไตรท์ และเปลี่ยนไนไตรท์ให้กลายเป็นไนเตรท ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยที่สุด

การบำบัดน้ำเสียทางชีววิภาพ

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ สามารถกำจัดสิ่งสกปรกซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ รวมทั้งของแข็งแขวนลอยในรูปสารอินทรีย์ที่มีเสถียรภาพ โดยอาศัยสิ่งมีชีวิต ได้แก่ จุลินทรีย์ เช่นแบคทีเรีย (bacteria) เชื้อรา (fungi) โปรโตซัว (protozoa) โรติเฟอร์ (rotifer) และสาหร่าย (algae)ในการกิน ทำลาย ย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมวลสารต่างๆ ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลงด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีกระบวนการบำบัดสารอินทรีย์สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารในการดำรงชีวิตเพื่อการเจริญ เติบโตและสร้างพลังงาน ในการใช้สารอาหารหรือในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์อาจจะมีการทำงานร่วมกันหลายชนิดก็ได้ โดยจุลินทรีย์บางชนิดเริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนก่อน จากนั้นจะมีชนิดอื่นๆย่อยสลายส่วนที่เหลือ หรือมิฉะนั้นก็อาจจะเป็นการเอาผลหรือของเสียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้อีกต่อไป (end products)เมื่อเริ่มการทำงานค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนปริมาณจุลินทรีย์จะมีค่าต่ำและมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำ ต่อจากนั้นจุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเริ่มใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นและเจริญเติบโต เป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วแต่เมื่ออาหารเริ่มขาดแคลนจนไม่เพียงพอในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์และอัตราความต้องการออกซิเจนก็จะลดลงตามลำดับ ดังภาพที่ 1 สำหรับในระบบบำบัดน้ำเสียจริงซึ่งมีน้ำเสียไหลเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง จุลินทรีย์ก็จะย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มปริมาณอยู่ตลอดเวลาและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงตลอดเวลาเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ
ที่มา : สุรพล (2531)

วิธีการทางชีวภาพเป็นวิธีการที่อาศัยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติและที่ใส่เพิ่มลงไปภายหลังเพื่อช่วยย่อยสลาย และกำจัดของเสียต่างๆในน้ำ และเปลี่ยนสารประกอบที่เป็นพิษให้กลายเป็นสารประกอบที่ไม่เป็นพิษ เช่น ammonia stripping, breakpoint chlorination หรือ การใช้ระบบไนตริฟิเคชัน/ดีไนตริฟิเคชัน เพื่อเปลี่ยนแอมโมเนียให้กลายเป็นไนไตรท์ และเปลี่ยนไนไตรท์ให้กลายเป็นไนเตรท ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยที่สุด (วิฐู , 2546)

วิฐู (2546) กล่าวว่าการเกิดไนเตรทการเลี้ยงปลาระบบปิดเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับวงจรไนโตรเจน โดยเมื่อปลากินอาหารแล้วจะขับถ่ายของเสียออกมา รวมทั้งเศษอาหารที่ปลากินไม่หมด ของเสียและเศษอาหารเหล่านี้จะถูกแบคทีเรีย ในกลุ่ม heterotrophs ย่อยสลาย ต่อไปกลายเป็นแอมโมเนียในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนก็ได้โดยกระบวนการที่เรียกว่าแอมโมนิฟิเคชัน(ammonification) จากนั้นแอมโมเนียจะถูกออกซิไดส์กลายเป็นไนไตรท์และไนเตรทในที่สุด โดยกระบวนการที่เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน(nitrificaiton)โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรียกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนียให้กลายเป็นไนไตรท์และออกซิไดส์ไนไตรท์ให้กลายเป็นไนเตรท โดยแบคทีเรียพวกเฮเทอโรโทรป (heterotrophs) หรือออโตโทรป (autotrophs) ก็ได้ แต่ส่วนใหญ่จะเกิดจากพวกออโตโทรปเป็นสำคัญ กระบวนการไนตริฟิเคชันจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ ขั้นตอนการออกซิไดส์แอมโมเนียได้เป็นไนโตรท์ ดังแสดงในสมการที่ 1 โดย ammonia oxidizing

bacteria ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันดีได้แก่ *Nitrosomonas* sp. และขั้นตอนการออกซิไดส์ไนไตรท์ได้เป็นไนเตรท ดังแสดงในสมการ ที่ 2 โดย nitrite oxidizing bacteria ตัวอย่างของแบคทีเรียในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันดี ได้แก่ *Nitrobacter* sp.

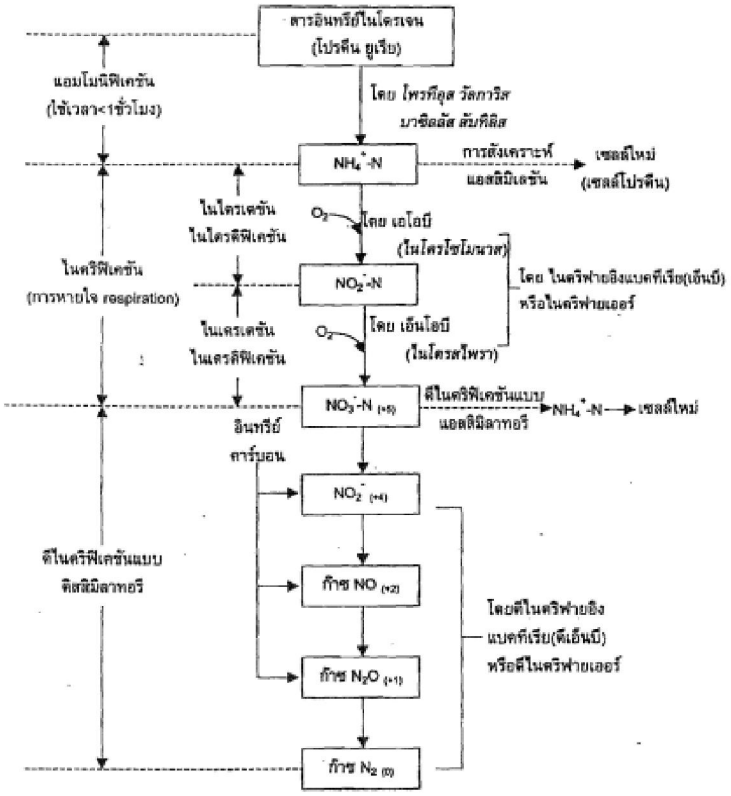
$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$$

(1)

$$2NH_2^- + 3O_2 \longrightarrow 2NO_3^- + 4H^+$$

(2)

ธงชัย (2544) กล่าวว่าเป็นการกำจัดไนโตรเจนทางชีววิทยาที่อาศัยจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียเนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารระบบบำบัดน้ำเสียจึงต้องได้รับไนโตรเจนที่เพียงพอ แหล่งไนโตรเจนอาจเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย รวมทั้งไนเตรทก็อาจเป็นแหล่งไนโตรเจนได้เช่นกันแบคทีเรียทำให้การกำจัดไนโตรเจนเกิดได้สมบูรณ์มีอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกมีหน้าที่ออกซิไดซ์ไนโตรเจน (ในรูปรีดิวซ์) ให้เป็นไนเตรต จากนั้นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกลดรูปไนโตรเจนนี้ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนออกจากระบบ ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบนี้จะเริ่มต้นที่กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonofication) ก่อนกระบวนการอื่นๆ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ
ที่มา: ธงชัย (2544)

1. ปฏิกิริยาแอมโมนิฟิเคชัน

ปฏิกิริยาแอมโมนิฟิเคชัน คือ กระบวนการที่เปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (โปรตีนและยูเรีย) ไปอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน (แอมโนเนีย) หรือสามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าไนโตรเจนมีเนอรัลไลเซชัน (Nitrogen Minerailzation) ซึ่งมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาดังกล่าว และแอมโมเนียในปฏิกิริยาเกิดขึ้นมาจากกรดอะมิโนที่แปรรูปมาจากสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ถูกลดรูปอะมีน ซึ่งมีทั้งแบบออกซิเดทีฟและรีดักทีฟ ส่วนการไฮโดรไลซ์ของยูเรียโดยเอนไซม์ยูรีเอสก็จะปล่อยแอมโมเนียได้เช่นกัน แอมโมเนียที่เกิดจากปฏิกิริยาแอมโมนิฟเคชันอาจถูกกำจัดได้ 2 ทาง ทางที่หนึ่ง คือ ถูกจุลินทรีย์ดึงไปใช้เป็นสารอาหารและใช้ในการสร้างเซลล์ หรือทางที่

สอง คือ ถูกจุลินทรีย์พวกออโตโทรปเปลี่ยนให้เป็นไนโตรท์และไนเตรท ตามลำดับ ซึ่งเรียกการกำจัดทางที่สองนี้ว่า ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (มั่นสิน, 2547)

2. ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน

ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวภาพที่ทำให้สารประกอบแอมโมเนียไนโตรเจนเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรท์ (NO_2) และสารประกอบไนเตรท (NO_3) ตามลำดับ ในปฏิกิริยานี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน จึงเกิดในสภาวะที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ และเกิดขึ้นบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane) ของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย โดยมีแอมโมเนียเป็นตัวให้อิเลคตรอน (Electron Donor) มีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอนตัวสุดท้าย (Terminal Electron Acceptor) และมีเอนไซม์แอมโมเนียโมโนออกซิเจนเนส (Ammonia monooxygenase, AMO) ทำหน้าที่ออกซิไดซ์แอมโมเนีย ได้เป็นไฮดรอกซิลเอมีน (NH_2OH) (สิทธิโชค ,2547)

3. ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน

ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยารีดักชันที่ทำให้สารประกอบไนเตรทเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนไตรท์และก๊าซไนโตรเจน ตามลำดับ โดยอาศัยแบคทีเรียดีไนตริฟายอิง (Denitrifying Bacteria) ซึ่งสามารถใช้ไนเตรท (NO_3) เป็นตัวรับอิเล็คตรอนแทนออกซิเจน ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันประเภทนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ไม่มีแหล่งคาร์บอนภายนอก โดยใช้แหล่งคาร์บอนภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ (มั่นสิน, 2547)

แบคทีเรียที่พบในกระบวนกรองชีวภาพ

1. ไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ไนตริฟายอิงแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียกลุ่ม Stricly acrobic chemolithotrophic bacteria พบได้ทั้งในดิน น้ำจืด น้ำทะเลหรือในน้ำเสีย ใช้ออกซิเจนในการหายใจแหล่งคาร์บอนได้จากสารอินนทรีย์คาร์บอนไดออกซ์หรือไบคาร์บอเนต (ธงชัย, 2544) และใช้การออกซิไดซ์สารประกอบไนโตรเจนให้เป็นพลังงาน เจริญเติบโตช้า โดยเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พีเอช 7.5-8.0 จะหยุดการเจริญเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า 42 องศาเซลเซียส ไนตริฟายอิงแบคทีเรียแบ่งการทำงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ (สุธาสินี, 2546)

(1) แบคทีเรียออกซิไดซ์แอมโมเนีย (Ammonia Oxidizing Bacteria: AOB) แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรด์ แอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ beta-proteobacteria และ gamma-proteobacteria ที่รู้จักกันดีคือ สกุล *Nitromonas*, *Nitrosospira*, *Nitrosococcus* และ *Nitrosolobus* ปริมาณและสกุลที่พบเป็นชนิดเด่นขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียในระบบบำบัด

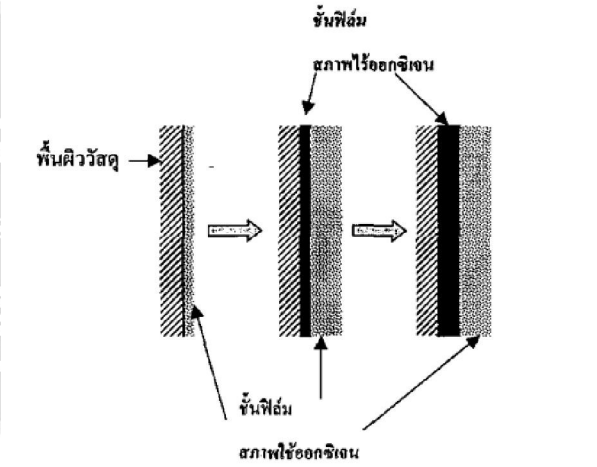
AOB เป็นแบคทีเรียชนิด obligate chemolithoautotroph แต่บางครั้ง AOB สามารถใช้สารประกอบอินทรีย์ได้ ปัจจุบันพบว่า autorophic AOB บางชนิดเมื่ออยู่ในสภาวะออกซิเจนต่ำสามารถใช้ไนไตรต์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนเกิดเป็น N_2O หรือ NO ตัวอย่างเช่น *Nitrosomonas eutropha* และ *Nitrosomonas europaea* สามารถทำให้เกิดได้ทั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเตชันและดีไนตริฟิเคชันเมื่อเจริญในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด โดยสามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็น ไนไตรต์ได้ภายใต้สภาวะ Anoxic

(2) แบคทีเรียออกซิไดซ์ไนโตรต์ (Nitrite Oxidizing Bacteria : NOB) ได้แก่แบคทีเรียสกุล *Nitrococcus* และ *Nitrobacter* ซึ่งเป็น alpha-proteobacteria และ *Nitrospira* โดยสกุลที่รู้จักกันดีคือ *Nitrobacter* แต่ในปัจจุบันพบว่าสกุลที่มีบทบาทมากในน้ำทะเลคือ *Nitrospira* แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถออกซิไดซ์ไนไตรต์ให้เป็นไนเตรตโดยใช้เอ็นไซม์ nitrite oxidoreductase ที่ membrane-bound ได้ ATP และ NADH

2. ดีไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Denitrfying bacteria) ดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Facultative anacrobic bacteria พบในดินแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย และในทะเล ดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียมีหลายสกุลเช่น *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Enterobacter*, *Halobacterium* และ *Pseudomonas* สามารถหายใจได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้จึงต้องใช้สารอินทรีย์ได้แก่ เมทานอล เอทานอล อะซิเตท กลูโคส ฯลฯ เป็นแหล่งคาร์บอน) ดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจนได้โดยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งแบคทีเรียจะใช้ไนเตรต ไนไตรต์ ไนตริคออกไซด์ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนและใช้เมทานอลเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในกระบวนการ (สุธาสินี, 2546)

ตัวกรองชีวภาพ (Biofilter) สำหรับระบบกรองชีวภาพ

สุธาสินี (2546) กล่าวว่าหลักการของระบบกรองทางชีวภาพคือมีวัสดุที่เรียกว่าตัวกรองชีวภาพ Biofilter ซึ่งก็คือวัสดุที่มีแบคทีเรียยึดเกาะอยู่ เช่นไนตริฟายอิงแบคทีเรียจะสร้าง Lipopolysaccharide ออกมาเป็นเมือกจับกับพื้นผิวของตัวกรอง การยึดเกาะดังกล่าวอาจเรียกว่าการตรึง (Immobilization) เกิดเป็นชั้นเรียกว่าฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) ที่สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่ไหลผ่านตัวกรองชีวภาพได้ แบคทีเรียในระบบบำบัดส่วนใหญ่จะเติบโตเพิ่มจำนวนในตัวกรองชีวภาพ โดยเฉพาะไนตริฟายอิงแบคทีเรียซึ่งมีอัตราการเจริญช้า จึงต้องใช้การตรึงเซลล์แบคทีเรียกับวัสดุเพื่อนำมาใช้เป็นตัวกรองชีวภาพ การเกาะของแบคทีเรียบนผิวตัวกรองจะกลายเป็นชั้นหนาขึ้นเรื่อยๆ



ภาพที่ 3 การเพิ่มความหนาของชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ที่เกาะบนตัวกรองชีวภาพที่ระยะเวลาต่างๆ

ที่มา: สุธาสินี (2546)

วัสดุที่ใช้เป็นตัวกรองชีวภาพ ต้องพิจารณาถึงด้านกายภาพของผิวตัวกรองซึ่งมีความสำคัญต่อการยึดเกาะของแบคทีเรีย ยิ่งใช้วัสดุที่มีพื้นที่ผิวมาก มีความพรุนหรือขรุขระ ปริมาณแบคทีเรียที่ยึดเกาะจะมากตามไปด้วย

มุทิตาและคณะ (2546) ศึกษาผลของการใช้ตัวกรองชีวภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นใยพลาสติกสานเป็นรูปท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร ในบ่อเลี้ยงปลาทับทิมขนาด 30x30x1.2 เมตร จังหวัดปทุมธานี โดยจัดให้มีบ่อ

ควบคุมที่มีการเติมอากาศผ่านสายยางพลาสติก ที่วางพาดจากขอบบ่อด้านหนึ่งไปยังฝั่งตรงข้าม ตลอดระยะความยาวของบ่อเป็นแถวขนานกันจำนวน 10 แถว เป่าอากาศผ่านหัวทรายเติมอากาศที่ต่ออยู่กับสายท่ออากาศทุกๆ ระยะ 1.5 เมตร โดยที่หัวทรายทุกหัวจะถูกต่อท่อให้หย่อนลงไปในน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร สำหรับบ่อชุดทดลองจะมีระบบเติมอากาศแบบเดียวกับบ่อชุดควบคุมทุกประการ แต่จะมีการผูกตัวกรองชีวภาพที่มีความยาวเส้นละ 27 เมตร กับไม้ไผ่ที่ปักอยู่เป็นแนว เพื่อตรึงให้ตัวกรองจมลงใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 10 ซม. จัดเป็น 10 แถว วางตัวขนานในแนวเดียวกับท่อเติมอากาศ และจัดแนวให้ฟองอากาศที่พ่นออกมาจากหัวทรายขึ้นผ่านที่ตัวกรองชีวภาพ ปล่อยปลาทับทิมน้ำหนักเริ่มต้นตัวละ 5.9 กรัม ความหนาแน่น 11 ตัว/ตารางเมตร ลงเลี้ยงในบ่อทดลองทั้งสองบ่อ มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ (สารอาหาร พีเอช ออกซิเจนละลายน้ำ อัลคาลินิตี บีโอดี ความโปร่งแสงของน้ำ คลอโรฟิลล์-เอ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์) ทุก 2 สัปดาห์ และสุ่มชั่งวัดปลาทุก 4 สัปดาห์ตลอดระยะเวลาทดลอง 140 วัน ผลการทดลองพบว่าตัวกรองชีวภาพสามารถช่วยลดแอมโมเนียในน้ำของบ่อทดลอง ทำให้ปริมาณแอมโมเนียในบ่อชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ($p< 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) แต่ประสิทธิภาพของตัวกรองยังไม่เพียงพอที่จะบำบัดแอมโมเนียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในบ่อ ส่วนคุณภาพน้ำอื่นๆ ของทั้งสองบ่ออยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลผลิตปลาทับทิมที่ได้จากบ่อทดลองทั้งสองบ่อไม่แตกต่างกัน โดยได้ผลผลิตปลาในบ่อทดลอง 4,320 กิโลกรัม/ไร่ และในบ่อควบคุม 4,368 กิโลกรัม/ไร่ อัตราแลกเนื้อในบ่อทดลองเป็น 1.27 และในบ่อควบคุมเป็น 1.24

1. วัสดุตัวกลาง (Supporting Media)

สิทธิโชค (2547) กล่าวว่าวัสดุตัวกลาง (Supporting Media) คือ วัสดุที่ใส่ลงไปในระบบบำบัดเพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะและเจริญเติบโต วัสดุตัวกลางมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากวัสดุตัวกลางมีส่วนช่วยในการกักชีวมวลไว้ภายในระบบบำบัด โดยชีวมวลจะเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุตัวกลาง ในการเลือกวัสดุหรือชนิดของวัสดุตัวกลางจึงมีความสำคัญมาก ดังนั้นในการสร้างและออกแบบระบบบำบัดเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูง ควรต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุตัวกลางที่จุลินทรีย์สามารถเกาะได้ดี อีกทั้งไม่

ก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันหรือการไหลลัดวงจรภายในระบบ ซึ่งอาจจะเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้แก่ หิน ถ่านหิน อิฐ แก้ว ดินเหนียว เปลือกหอย และวัสดุสงเคราะห์พลาสติก เป็นต้น

(1) วัสดุตัวกลางสังเคราะห์

ปัจจุบันวัสดุตัวกลางสังเคราะห์กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีความเข้มข้นสูง วัสดุตัวกลางสังเคราะห์สามารถผลิตได้จากวัสดุต่างๆ หลายชนิด เช่น พลาสติก เซรามิค และโลหะ เป็นต้น ขนาดและรูปร่างของวัสดุสังเคราะห์จะมีหลากหลายชนิด เช่น ทรงกระบอก ทรงกลม รูปรังผึ้ง ขนาดตั้งแต่ชิ้นขนาดเล็กๆ จนกระทั่งถึงขนาดชิ้นใหญ่ก็ได้ ไม่ว่าจะขนาดและรูปร่างอย่างไรทุกแบบจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก มีช่องว่างมากน้ำหนักเบาและไม่อุดตัน

(2) วัสดุตัวกลางธรรมชาติ

จากคุณสมบัติของวัสดุตัวกลางข้างต้น นอกจากวัสดุตัวกลางสังเคราะห์แล้วยังสามารถนำวัสดุตามธรรมชาติที่มีคุณสมบัติของวัสดุตัวกลางที่เหมาะสมมาใช้เป็นวัสดุตัวกลางธรรมชาติเพื่อทดแทนวัสดุตัวกลางสังเคราะห์ เพราะวัสดุตัวกลางสังเคราะห์ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพสูง แต่จะมีปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจตามมา ได้แก่ ปัญหาขยะมูลฝอยพลาสติก และปัญหากรขาดดุลการค้า เป็นต้น วัสดุตัวกลางธรรมชาติธรรมชาติบางชนิดมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือมากกว่าวัสดุตัวกลางสังเคราะห์ ตัวอย่างวัสดุตัวกลางธรรมชาติ ได้แก่ หิน กรวด อิฐหัก ไม้ ไม้ไผ่ ดินเหนียว กระเบื้องเผา เชือกและเปลือกหอย เป็นต้น

Mohammad and Emmanuel (2000) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของ biofilter media (polypropylene plastic chips และ polyethylene blocks) ซึ่งเป็นการทดสอบเป็นเวลา 172 วัน สำหรับความสัมพันธ์ในการบำบัดแอมโมเนีย, คุณภาพน้ำ, การสะสมของเสีย, ต้นทุน, การเจริญเติบโต, การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ, อัตราการรอดและการผลิตพันธุ์ปลา ผลที่ได้นั้นแสดงอัตราไนตริฟิเคชั่น (กระบวนการออกซิไดซ์แอมโมเนียซึ่งมีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรท โดยอาศัยทำหน้าที่ของแบคทีเรีย) และparameter คุณภาพน้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ระหว่างสื่อตัวกรองทั้ง 2 สื่อตัวกรองทั้ง 2 มีประสิทธิภาพในการดึงเอาความเป็นพิษของแอมโมเนียและการรักษาคุณภาพparameter ที่มีการยอมรับและมีขีดจำกัดความปลอดภัยสำหรับการเจริญเติบโต

และการรอด อย่างไรก็ตามจะมีการประหยัดมากกว่าเมื่อใช้ plastic chips ที่มีราคาถูก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) เมื่อมีการทดลองระหว่าง chip และ block ในค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว (264.1 และ 267.4 g. , ตามลำดับ) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (1.17 และ 1.18 g. /ปลา/วัน) , FCR (2.04 และ 1.98 , ตามลำดับ)และอัตราการรอด(97.6 และ 98.2% , ตามลำดับ) กำลังการผลิตเฉลี่ยของปลา tilapia 215.0 kg.

2. ฟิล์มชีวภาพ (Biofilms)

สิทธิโชค (2547) กล่าวว่าฟิล์มชีวภาพหรือชีวฟิล์ม หมายถึง กลุ่มเซลล์ของจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและขับออกมานอกเซลล์ (Extracellular Polymer) โดยยึดเกาะอยู่บนผิวของของแข็ง (Substratum) ซึ่งของแข็งที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะของจุลินทรีย์ อาจเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ได้

3. กระบวนการเกิดฟิล์มชีวภาพ

จากการศึกษาสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และจุลินทรีย์ที่เกาะติดกับพื้นผิววัสดุ (Fixed film) ซึ่งกลุ่มจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับตัวกลางนั้น มีความสามารถเกาะติดกับพื้นผิววัสดุได้ทุกสภาพ โดยจะมีความสามารถในการเกาะติดกับวัสดุที่มีความหยาบได้ดีกว่าพื้นผิวที่เรียบ ซึ่งการเจริญเติบโตของฟิล์มชีวภาพบนผิวของตัวกลางเป็นผลมาจากกระบวนการทางกายภาพ และชีววิทยา ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การขนส่ง (Transportation) และการดูดซับ (Absorption) ของโมเลกุลสารอินทรีย์ไปยังผิวของตัวกลาง

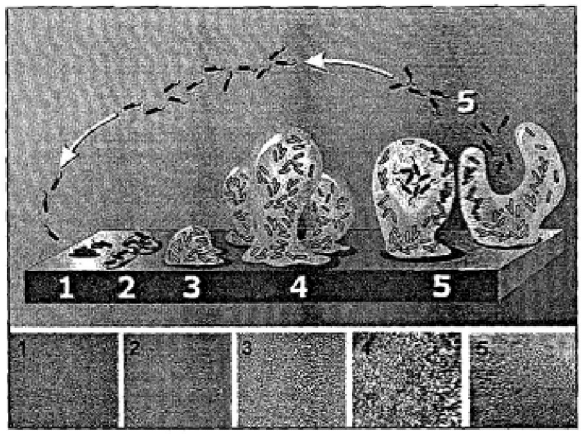
ขั้นตอนที่ 2 การขนส่ง (Transportation) ของเซลล์จุลินทรีย์ไปยังผิวของตัวกลาง

ขั้นตอนที่ 3 การเกาะยึด (Attachment) ของจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 4 การแปลงรูป (Transformation) ของจุลินทรีย์เป็นฟิล์มชีวภาพ ณ บริเวณผิวของตัวกลาง

ขั้นตอนที่ 5 การหลุด (Detachment) ของฟิล์มชีวภาพบางส่วน เนื่องมาจากแรงเฉือนของน้ำ

คุณสมบัติของฟิล์มชีวภาพที่เกาะบนผิวของวัสดุต่างๆ นั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการเช่น ชนิดของสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านผิวของวัสดุ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ลักษณะผิววัสดุที่ฟิล์มชีวภาพยึดเกาะ เป็นต้น

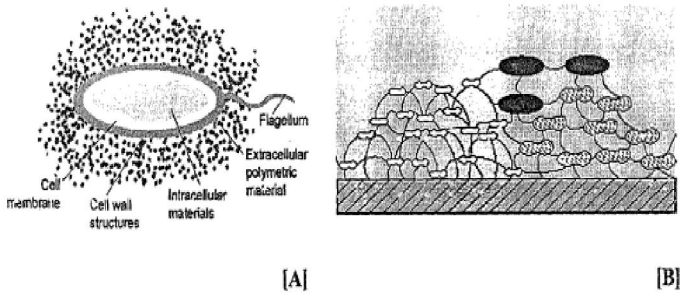


ภาพที่ 4 กระบวนการเกิดฟิล์มชีวภาพ

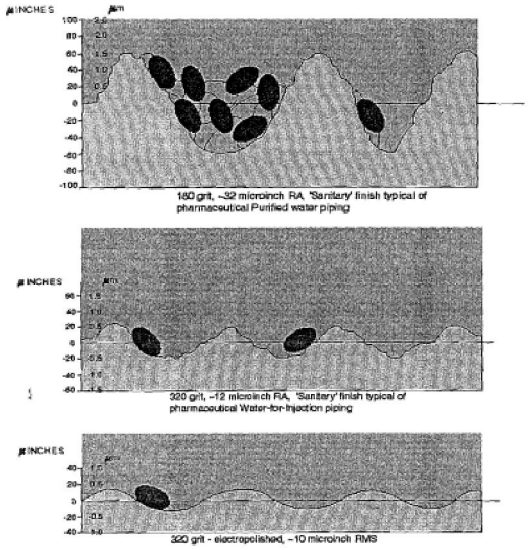
ที่มา: สิทธิโชค (2547)

4. การเกาะยึดของฟิล์มชีวภาพ

กลไกในการเกาะยึดของจุลินทรีย์มีด้วยกันหลายรูปแบบ แต่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์จะสร้างเส้นใยขนาดเล็กรอบตัวเซลล์ เส้นใยเหล่านี้จะเกาะจับกันแน่นกับเส้นใยของเซลล์อื่นๆ ทำให้จุลินทรีย์สามารถเกาะติดหนาเป็นฟิล์มบนผิวตัวกลางได้ เส้นใยเหล่านี้ประกอบด้วย Polysaccharides และ Glycoprotein เรียกเส้นใยเหล่านี้ว่า Glycocaolyx เป็นเส้นใยสายโมเลกุลน้ำตาลชนิดที่มีกิ่ง (Branching sugar molecules) ตัวเซลล์ของจุลินทรีย์จะฝังจมอยู่ในเส้นใยดังกล่าว การรับสารอาหารและอากาศจะซึมผ่านเส้นใย โดยที่เส้นใยมีเอนไซม์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ทำให้โมเลกุลเล็กลงก่อนที่จะเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ และจุลินทรีย์จะสามารถการเกาะติดกับวัสดุที่มีความหยาบได้ดีกว่าพื้นผิวที่เรียบ



ภาพที่ 5 (A) เซลล์ของจุลินทรีย์ (B) ลักษณะการยึดเกาะของจุลินทรีย์ ที่มา: สิทธิโชค (2547)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการเกาะยึดของจุลินทรีย์บนวัสดุที่มีลักษณะพื้นผิวแตกต่างกัน ที่มา: สิทธิโชค (2547)

5. การดำรงชีพของจุลินทรีย์ในฟิล์มชีวภาพ

เซลล์ของจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนผิววัสดุ จะนำสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เข้าสู่เซลล์ เช่น สารอาหารออกซิเจน และตัวรับอิเล็กตรอน (Electron accepter) พลังงานที่ได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึม จุลินทรีย์จะนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ ซ่อมแซมโครงสร้างภายในเซลล์ การเจริญเติบโต และสร้างผลิตภัณฑ์

โดยผลิตภัณฑ์ที่เซลล์สร้างขึ้นนี้มีทั้งส่วนที่คงอยู่ในฟิล์มชีวภาพ เช่น Extracellular polysaccharide และแพร่ออกสู่ชั้นของเหลวง

กระบวนการต่างๆ จะสามารถดำเนินต่อไปได้ เซลล์จะต้องอยู่ในที่ที่มีสารอาหารเพียงพอ ฟิล์มชีวภาพที่อยู่ในสภาวะที่มีสารอาหารน้อยจะบางกว่าฟิล์มชีวภาพที่อยู่ในที่ที่มีสารอาหารมาก ถ้าบริเวณผิวของฟิล์มชีวภาพมีความเข้มข้นของสารอาหารต่ำ สารอาหารจะแพร่ลงไปในฟิล์มชีวภาพได้ไม่ลึกมาก ทำให้เซลล์ที่อยู่ลึกลงไปไม่สามารถดำรงชีพได้ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ฟิล์มชีวภาพบาง แต่ถ้าที่ผิวฟิล์มชีวภาพมีสารอาหารมากเพียงพอที่จะเกิการสะสมของฟิล์มชีวภาพขึ้นทั้งจากการแบ่งเซลล์ของเซลล์ที่เกาะอยู่เดิมและเซลล์ใหม่ที่เข้ามาเกาะ เมื่อถึงจุดความหนาวิกฤติ (Critical thicknes) ก็จะเกิดการหลุดลอกของฟิล์มชีวภาพ

6. ความหนาแน่นของจุลินทรีย์

เนื่อจากองค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มชีวภาพจะประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ คือประมาณ 87-69% โดยน้ำหนัก และเซลล์จุลินทรีย์ยังประกอบด้วยน้ำสูงถึง 90% ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของฟิล์มชีวภาพจึงใกล้เคียงกับน้ำ ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในฟิล์มชีวภาพ จะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน อุณหภูมิ และชั้นความหนาของฟิล์มชีวภาพ

การเกาะติดของฟิล์มชีวภาพเมื่อมีความหนามาก ลักษณะชั้นของฟิล์มชีวภาพอาจแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ แอโรบิค และแอนแอโรบิค ดังแสดงในโดยความหนาของชั้นแอโรบิคประมาณ 250-300 ไมโครเมตร โดยความหนาของชั้นนี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ซึ่งฟิล์มชีวภาพในระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ การกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเฉพาะผิวนอกบางๆ เท่านั้น ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกำจัด สามารถทำได้โดยเพิ่มความหนาของชั้นแอโรบิค

7. กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ของฟิล์มชีวภาพ ในการกำจัดสารอินทรีย์ในฟิล์มชีวภาพ จะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การขนส่งสารให้อิเล็กตรอนและออกซิเจน โดยจะถ่ายเทผ่านผิวสัมผัสระหว่างของเหลวและผิวหน้าของฟิล์มชีวภาพ

2. สารอินทรีย์และออกซิเจนละลายน้ำแพร่ (Diffusion) ผ่านผิวสัมผัสสู่ชั้นของฟิล์มชีวภาพ

3. เกิดปฏิกิริยาชีวเคมี มีการใช้สารอินทรีย์และออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ในชั้นของฟิล์มชีวภาพ

4. การแพร่ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาชีวเคมี คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำไปยังผิวของฟิล์มชีวภาพที่สัมผัสกับของเหลว และจะแพร่สู่ขั้นของของเหลว

แต่อย่างไรก็ตามในน้ำเสีย จะมีอนุภาคของสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถแพร่กระจายได้ปะปนอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งอนุภาคของสารอินทรีย์นี้จะถูกกำจัดโดยขั้นแรกจะเข้าไปเกาะที่ผิวของฟิล์มชีวภาพ และจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์อยู่ภายนอกฟิล์มชีวภาพ เมื่อกลายเป็นสารละลายถึงสามารถแพร่เข้าสู่ชั้นของฟิล์มชีวภาพต่อไป (สิทธิโชค, 2547)

สุวิมล (2545) ได้ทดลองพัฒนาระบบบำบัดไนเตรทสำหรับใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม โดยใช้ระบบบำบัดแบบท่อยาวที่ภายในบรรจุด้วยวัสดุพลาสติกทรงกลมสำหรับเป็นที่ยึดอาศัยของแบคทีเรีย งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 การทดลองโดยการทดลองแรกเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย อัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันและการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H[subscript 2]S) ในถังปฏิกรณ์ขนาด 1 ลิตร ที่สร้างขึ้นจากพลาสติกอคริลิคใสภายในบรรจุวัสดุกรองทรงกลมและน้ำเสียเทียมที่มีความเข้มข้นของไนเตรทตั้งแต่ 20-60 mgNO[subscript 3]-N/L หลังจากการเติมเมธานอลเป็นแหล่งคาร์บอนพบว่าแบคทีเรียในระบบสามารถลดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ลงได้ด้วยอัตรา 1.252.30 microgramO[subscript 2]/bioball/h และเมื่อ DO ลดลงต่ำกว่า 1 mgO[subscript 2]/L จึงตรวจพบการลดลงของไนเตรทโดยมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันเท่ากับ 1.46 13.69 microgramNO[subscript 3]-N/bioball/h และค่าศักย์ออกซิเดชันรีดักชัน (ORP) ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 mV และเมื่อค่า ORP ต่ำกว่า 300 mV จะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นในระบบ สำหรับการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในระบบบำบัดไนเตรทแบบท่อความยาว 25 m ซึ่งภายในบรรจุวัสดุกรองทรงกลมโดยอาศัยแบคทีเรียในส่วนต้นของท่อในการลดปริมาณออกซิเจนให้ต่ำลงจนถึงระดับที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันได้ใน

ส่วนปลายของท่อ พบว่ายังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากแม้ว่าระบบจะสามารถลดปริมาณออกซิเจนให้ลดลงต่ำในส่วนปลายท่อได้ แต่เนื่องจากท่อที่สั้นเกินไปทำให้มีระยะเวลากักเก็บน้ำในท่อไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันที่สมบูรณ์ ในการทดลองส่วนที่ 3 ได้เพิ่มความยาวของระบบบำบัดแบบท่อขึ้นเป็น 50 m พบว่าระบบสามารถบำบัดไนเตรทได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในช่วงแรกที่เดินระบบโดยมีระยะเวลากักเก็บเท่ากับ 2.3 ชั่วโมง และมีการเติมเมธานอลเข้าสู่ระบบจะทำให้เกิดการลดลงของไนเตรทแต่เกิดการสะสมไนไตรท์ขึ้นมาแทนซึ่งแสดงว่าเป็นปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันแบบไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลากักเก็บเป็น 4.2 ชั่วโมง พบว่าระบบสามารถบำบัดไนเตรทได้อย่างสมบูรณ์โดยมีค่า ORP ในระหว่างที่เกิดปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันอยู่ระหว่าง 0 ถึง 200 mV และเมื่อนำระบบบำบัดไนเตรทมาต่อเข้ากับบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 352 ลิตร โดยปรับตั้งสภาวะของระบบบำบัดตามการทดลองที่ได้ทำไว้ก่อน พบว่าระบบบำบัดแบบท่อยาวสามารถบำบัดไนเตรทได้โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด 84-97% โดยเป็นปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันที่สมบูรณ์ และระหว่างการบำบัดไม่พบการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ รวมทั้งน้ำที่ผ่านออกจากระบบบำบัดไม่มีผลกระทบต่อกุ้งที่เลี้ยงอยู่ในถัง

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบู่จากระบบการผลิตปลาบู่เชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลาบู่เชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียน
3. เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตปลาบู่เชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียน

วิธีการวิจัย และวิธีดำเนินการ

การทดลองที่ 1 **<u>การศึกษาการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ระบบปิด โดยในการทดลองนี้จะแบ่งย่อยออกเป็น 2 หน่วยการทดลองดังนี้</u>**

<u>หน่วยการทดลอง ที่ 1.1</u> ผลของความหนาแน่นที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปลาบู่

อุปกรณ์การดำเนินการ

1. บ่อซีเมนต์ ขนาด 80×140 เมตร (แบ่งออกเป็น 4 ช่อง)
2. ปลาบู่ ขนาดเฉลี่ย 80-120 กรัม
3. อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพน้ำ
4. สารเคมี
5. อุปกรณ์เก็บข้อมูลน้ำหนัก

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง CRD โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ

ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน

ชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นต่างกัน โดยเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ จำนวน 4 ครั้ง**โดยนำผลการทดลอง 1 ที่ได้ผลที่ดีที่สุดมาศึกษาในการทดลองที่ 2**

ศึกษาการเจริญเติบโต

- อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน, ADG)

  น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)

  จำนวนวันที่ทำการทดลอง

- น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Mean Weight Gain)

  น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

  น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (กรัม)

  น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

- อัตราการรอด (Survival rate) เปอร์เซ็นต์

  จำนวนปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง ×100

ศึกษาคุณภาพน้ำ

- อุณหภูมิ
- pH
- DO
- ไนไตรท์
- ไนเตรท
- แอมโมเนีย
- ฟอสฟอรัส

ตารางที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมี

คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
- แอมโมเนียม ไนโตรเจน	- Phenol Method
- ไนไตรท์ ไนโตรเจน	- Reddish purple azo dye
- ไนไตรท ไนโตรเจน	- Cadmium Reduction
- ออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัส	- Stannous chloride
- DO	-ใช้เครื่อง YSI
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-ใช้เครื่อง YSI

หน่วยการทดลองที่ 1. 2 ผลของความหนาแน่นที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปลาบู่

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น15 ตัว

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ที่ความหนาแน่นต่างกัน โดยเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ จำนวน 4 ครั้ง

ศึกษาการเจริญเติบโต

อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน, ADG)

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Mean Weight Gain)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

อัตราการรอด (Survival rate) เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของหน่วยทดลอง Duncan's Multiple Range Test. (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS วิเคราะห์การเจริญเติบโต และอัตราการรอดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<u>การทดลองที่ 2 การใช้วัสดุตัวกลางชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด</u>

ซึ่งนำปลาบู่ทรายคละเพศขนาดน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41.01±5.20-67.95±9.98 กรัม ซึ่งรวบรวมจากธรรมชาติ นำปลามาพักในบ่อซีเมนต์ขนาด 0.5 × 1 × 0.5 เมตร โดยก่อนเริ่มการทดลองจะมีการฝึกให้ปลากินอาหารสำเร็จรูปให้อาหาร 1 มื้อ วันเว้นวัน ฝึกจนกว่าปลาจะกินอาหารเป็นแล้วจึงเริ่มการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาบู่ทราย ได้วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3 × 3 แบ่งการทดลองออกเป็น 9 หน่วยการทดลอง การทดลองละ 4 ซ้ำ

<u>การทดลองที่</u> <u>2. 1</u> การศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตของปลาบู่ทราย

โดยการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ซึ่งทำการเลี้ยงปลาบู่ในถังเปลขนาดบรรจุน้ำ 135 ลิตร เติมน้ำ 85 ลิตร ต่อเข้ากับระบบกรองปล่อยให้ระบบทำงานก่อน 5 วัน แล้วจึงปล่อยปลาในความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 6 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร ใช้วัสดุกรองที่แตกต่างกัน คือไบโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวนโดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ ระยะเวลาในการเลี้ยงเวลา 70 วัน

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ในบ่อที่ความหนาแน่น 6 ตัว/ตารางเมตร

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ในบ่อที่ความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาบู่ในบ่อที่ความหนาแน่น 14 ตัว/ตารางเมตร

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(DO), ความเป็นด่างของน้ำ(Alkalinity), อุณหภูมิ,แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสฟอรัสและ Total solids (TS) โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 14 วันเวลา 08.00 น. แล้วนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

<u>การทดลองที่ 2.2</u> การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางต่อคุณภาพน้ำและอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ทราย

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยนำกล่องพลาสติกขนาด 35 × 47 × 27 เซนติเมตรใช้เป็นถังกรอง แบ่งครึ่งโดยด้านหนึ่งบรรจุวัสดุกรองปริมาตรระบบบำบัด 8.5 ลิตร อัตราการไหลของน้ำผ่านตัวกรอง 9.5 ลิตร /นาที และมีใยแก้ววางด้านบนเพื่อกรองตะกอนแขวนลอย อีกด้านหนึ่งจะเป็นส่วนของที่พักน้ำ โดยจะใช้ปั๊มสูบน้ำจากถังเลี้ยงเข้าระบบกรองและให้น้ำไหลออกจากระบบกรองโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงแบ่งชุดการทดลองออกเป็น ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 วัสดุกรองไบโอบอล 182 ลูก

ชุดการทดลองที่ 2 วัสดุกรองตาข่ายพรางแสง 80% ขนาด 34×60 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น

ชุดการทดลองที่ 3 ถังกรองจะบรรจุวัสดุกรองเนื้ออวน ขนาด 30 ×60 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(DO), ความเป็นด่างของน้ำ(Alkalinity), อุณหภูมิ,แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสฟอรัสและ Total solids (TS) โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 14 วันเวลา 08.00 น. แล้วนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

<u>การทดลองส่วนที่ 3 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปลาบู่ระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียนที่ความหนาแน่นและการใช้วัสดุกรองที่ต่างกัน</u>

การวิเคราะห์การเจริญเติบโต

- ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน, ADG),
- น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Mean Weight Gain)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวกรองชีวภาพ

- ประสิทธิภาพการกำจัด (Removal efficiency) (*E*)

$$= \frac{\text{อัตราการกำจัดของเสีย}}{\text{อัตราภาระของเสีย}} \times 100$$

การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำ

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	อ้างอิง
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)	Azide modification	สมศักดิ์ และสุฤทธิ์, มปป.
ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)	Phenolphtalein methyl Orange Indicator	สมศักดิ์ และสุฤทธิ์, มปป.
อุณหภูมิน้ำและอากาศ	Thermometer	
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	Phenol method	สมศักดิ์ และสุฤทธิ์, มปป.
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	Reddish purple azo dye	สมศักดิ์ และสุฤทธิ์, มปป.
ไนเตรท-ไนโตรเจน	Cadmium reduction method	ศิริเพ็ญ, 2543
ฟอสฟอรัส	Stannous chloride	สมศักดิ์ และสุฤทธิ์, มปป.
Total solids (TS)	Gravimetric method	ไพฑูรย์. มปป
Dissolved Solids (DS)	Gravimetric method	ไพฑูรย์. มปป
Suspended Solids (SS)	Gravimetric method	ไพฑูรย์. มปป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของตัวแปรโดยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง โดย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ตารางที่ 3 การทดลองศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบู่ทรายที่เลี้ยงด้วยวัสดุกรองที่แตกต่างกันที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่าง

หน่วยทดลองที่	ปัจจัย	
	ความหนาแน่น(ตัว/ตารางเมตร)	ชนิดวัสดุกรอง
1	6	ไบโอบอล
2	6	ตาข่ายบังแสง
3	6	เนื้ออวน
4	10	ไบโอบอล
5	10	ตาข่ายบังแสง
6	10	เนื้ออวน
7	14	ไบโอบอล
8	14	ตาข่ายบังแสง
9	14	เนื้ออวน



ภาพที่ 7 บ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่



ภาพที่ 8 ระบบกรองน้ำ



ภาพที่ 9 ปลาบู่ทรายที่ใช้ในการทดลอง



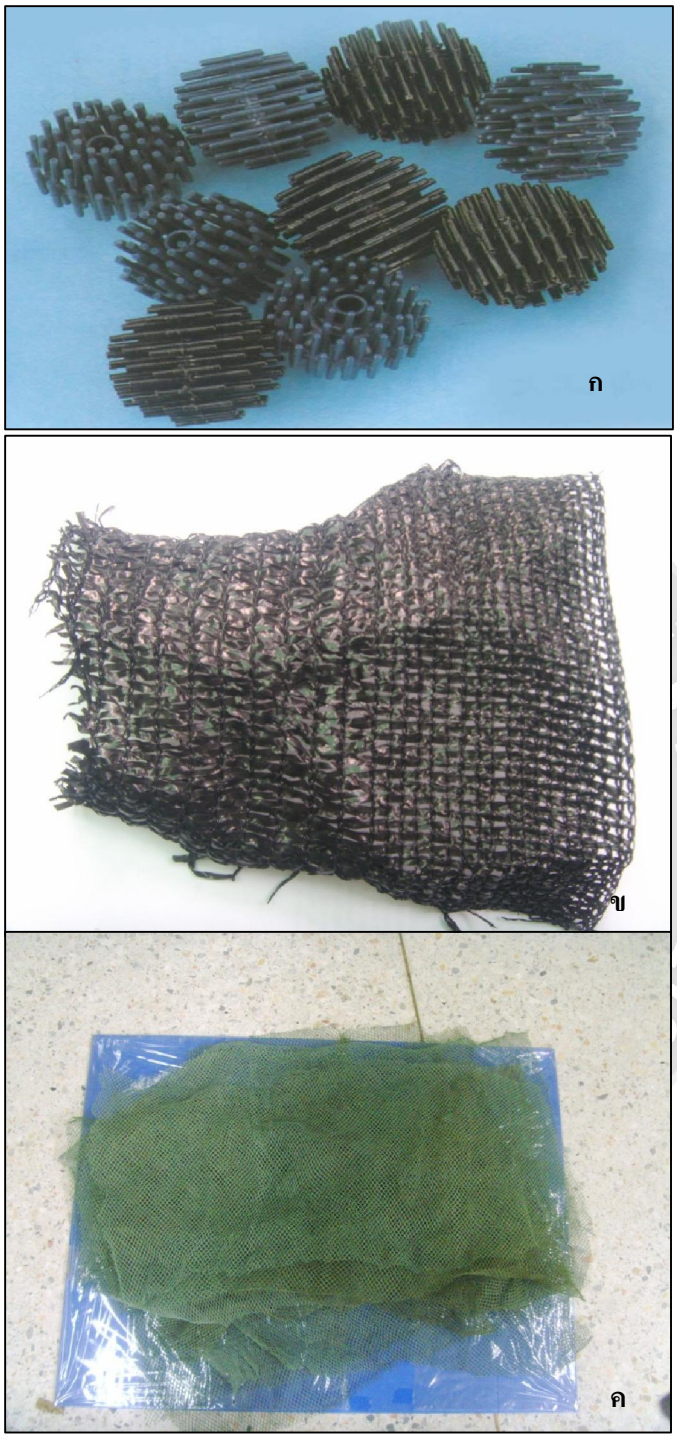
ภาพที่ 10 การเก็บข้อมูลน้ำหนัก



ภาพที่ 11 ปลาบู่ทรายที่ใช้ในการทดลองที่ฝึกให้กินอาหารสำเร็จรูปแล้ว



ภาพที่ 12 การทำอาหารที่ให้ปลาบู่ทรายกิน



ภาพที่ 13 วัสดุกรองที่ใช้ในการทดลอง

(ก.) วัสดุกรองไบโอบอล (ข). วัสดุกรองตาข่ายพรางแสง (ค). วัสดุกรองเนื้ออวน

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการวิจัยส่วนที่ 1 : ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของการเลี้ยงปลาบู่ในระบบปิด แบบน้ำหมุนเวียน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

จากการศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาบู่เลี้ยงในระบบปิด ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน และที่ระบบกรองน้ำต่างกันระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรอง แสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรอง ใยแก้ว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 100, 120 และ 80 กรัม จากการศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่าชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้น เท่ากับ 32.14±16.34, 21.63±7.14 และ 18.6±10.87 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นดีกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ3 (ตารางที่ 4)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาบู่เลี้ยงในระบบปิด ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน และที่ระบบกรองน้ำต่างกันระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรอง แสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรอง ใยแก้ว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 100, 120 และ 80 กรัม จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบ

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.40±0.12, 2.50±0.25 และ 1.94±0.18 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ3 (ตารางที่ 4)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของปลาบู่เลี้ยงในระบบปิด ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน และที่ระบบกรองน้ำต่างกันระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรอง แสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรอง ใยแก้ว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 100, 120 และ 80 กรัม จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07±0.20, 0.72±0.09 และ 0.62±0.08 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตต่อวันวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ3 (ตารางที่ 4)

อัตราการรอด (SR)

จากการศึกษาอัตราการรอด (SR) ของปลาบู่เลี้ยงในระบบปิด ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน และที่ระบบกรองน้ำต่างกันระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรอง ใยแก้ว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ

3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 100, 120 และ 80 กรัม จากการศึกษาอัตราการรอด พบว่าชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.33, 76.07 และ 60.00 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการรอดวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ชุดการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มอัตราการรอดดีกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ3 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอด หลังสิ้นสุดการทดลอง ของการเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรอง แสลน และกรองใยแก้ว

ชุดทดลอง	น้ำหนักเริ่ม (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักเพิ่ม (กรัม)	FCR	ADG	SR (%)
ความหนาแน่นที่ระบบกรองอิฐ	100	132.14	32.14±16.34[a]	1.4±0.12[a]	1.07±0.2[a]	73.33
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	120	141.63	21.63±7.14[ab]	2.5±0.25[a]	0.72±0.09[b]	76.67
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	80	98.6	18.6±10.87[b]	1.94±0.18[ab]	0.62±0.20[b]	60.00

หมายเหตุ ± SD, ตัวอักษรที่เหมือนกันคือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ตัวอักษรที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความ หนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73±0.80 ,4.53±0.80 และ 3.8±0.003.8±0.00 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.13±0.89, 6.3±0.7 และ 5.4±0.85 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.6±0.45, 6.1±0.36 และ 6.43±0.25 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6±0.66 , 3.97±0.85 และ 4.93±0.15 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำดีกว่าหน่วยการทดลองอื่น (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	4.73±0.80	6.13±0.89	6.60±0.45	3.60±0.66
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	4.53±0.80	6.30±0.70	6.10±0.36	3.97±0.85
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	3.80±0.00	5.4±0.85	6.43±0.25	4.93±0.15

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาความเป็นกรด-ด่างในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.79, 7.53±0.05 และ6.76±0.56 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4±0.0.43, 7.54±0.48 และ 6.9±0.41 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.14±0.01, 7.14±0.01 และ 7.15±0.01 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.86±0.09, 7.85±0.01 และ 7.75±0.13 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความเป็นกรด-ด่างของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	7.10±0.79	7.40±0.43	7.14±0.01	7.86±0.09
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	7.55±0.05	7.54±0.48	7.14±0.01	7.85±0.01
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	6.76±0.56	6.90±0.41	7.15±0.01	7.75±0.13

อุณหภูมิ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว

ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาอุณหภูมิในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00±0.00, 27.00±0.00 และ 27.00±0.00 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.00±0.00, 28.00±0.00 และ 28.00±0.00 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00±0.00, 27.00±0.00 และ 27.00±0.00 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00±0.00, 27.00±0.00 และ 27.00±0.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปริมาณอุณหภูมิน้ำของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	27.00±0.00	28.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	27.00±0.00	28.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	27.00±0.00	28.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00

ไนไตรท์

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาปริมาณไนไตรท์ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.11±0.05, 0.18±0.02 และ 0.15±0.016 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.09±0.04, 0.20±0.19 และ

0.216±0.19 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16±0.03, 0.07±0.06 และ 0.017±0.01 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05±0.02, 0.04±0.006 และ 0.037±0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณไนไตรท์ของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	0.11±0.05	0.09±0.04	0.16±0.03	0.05±0.02
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	0.18±0.02	0.20±0.19	0.07±0.06	0.04±0.01
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	0.15±0.02	0.22±0.19	0.02±0.01	0.04±0.02

ไนเตรท

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาปริมาณไนเตรทในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.078±0.02, 0.13±0.01 และ 0.13±0.08 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25±0.24, 0.18±0.10 และ 0.371±0.28 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.008±0.005, 0.09±0.01 และ0.014±0.004 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.016±0.01, 0.01±0.004 และ 0.018±0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณไนเตรทของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	0.018±0.02	0.25±0.24	0.008±0.005	0.016±0.011
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	0.13±0.01	0.18±0.10	0.09±0.001	0.01±0.04
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	0.13±0.08	0.37±0.28	0.04±0.004	0.018±0.001

ฟอสฟอรัส

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05±0.005, 0.07±0.01 และ 0.092±0.07 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.09±0.04, 0.07±0.02 และ 0.13±0.01 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16±0.03, 0.18±0.09 และ 0.127±0.11 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.051±0.007, 0.02±0.003 และ 0.23±0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	0.05±0.005	0.09±0.04	0.16±0.03	0.051±0.007
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	0.07±0.01	0.07±0.02	0.18±0.09	0.02±0.003
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	0.092±0.07	0.13±0.01	0.127±0.110	0.23±0.02

แอมโมเนีย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นและระบบการกรองน้ำที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว เก็บข้อมูล 4 ครั้ง จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ครั้งที่ 1 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.027±0.014, 0.012±0.008 และ 0.03±0.006 ครั้งที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.021±0.021, 0.064±0.012 และ 0.02±0.006 ครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.008±0.007, 0.013±0.006 และ 0.01±0.002 ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005±0.002, 0.01±0.001 และ 0.04±0.005 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณแอมโมเนียของแต่ละชุดการทดลองของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 5,10 และ 15 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ กรองแสลน และกรองใยแก้ว

Treatment	ครั้งที่เก็บข้อมูล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ	0.027±0.014	0.021±0.021	0.008±0.007	0.005±0.002
ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน	0.012±0.008	0.064±0.012	0.013±0.006	0.01±0.001
ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว	0.03±0.006	0.02±0.006	0.01±0.002	0.04±0.005

ผลการวิจัยส่วนที่ 2 ผลของการเจริญเติบโตและคุณภาพในการเลี้ยงปลาบู่ระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 10 และ 15 ตัวต่อตารางเมตร

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

จากการศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1 และ2 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 120 และ 80 กรัม จากการศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นพบว่าชุดการทดลองที่ 1และ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้นเท่ากับ 21.63±7.14 และ 18.6±10.87 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นดีกว่าชุดการทดลองที่ 2 (ตารางที่ 12)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการ

ทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50±0.25 และ 1.94±0.18 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ชุดการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าชุดการทดลองที่ 1 (ตารางที่ 12)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ2 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.72±0.09 และ 0.62±0.08 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตต่อวันวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีกว่าชุดการทดลองที่ 2 (ตารางที่ 12)

อัตราการรอด (SR)

จากการศึกษาอัตราการรอด (SR) ของปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูล 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว จากการศึกษาอัตราการรอด พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ2 พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.07 และ 60.00 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลอัตราการรอดวิเคราะห์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มอัตราการรอดดีกว่าชุดการทดลองที่ 2 (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอด หลังสิ้นสุดการทดลอง ของการเลี้ยงปลาบู่ ที่ความหนาแน่น 10 และ 15 ตัว

ชุดทดลอง	น้ำหนักเริ่ม (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักเพิ่ม (กรัม)	FCR	ADG	SR (%)
ความหนาแน่น 10 ตัว	120±5.21	141.63	21.63±7.14 [a]	2.5±0.25 [a]	0.72±0.09 [a]	76.67 [a]
ความหนาแน่น 15 ตัว	80±7.54	98.6	18.6±10.87 [b]	1.94±0.18 [b]	0.62±0.20 [b]	60.00 [b]

หมายเหตุ ± SD, ตัวอักษรที่เหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ตัวอักษรที่แตกต่างกันคือมีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่เลี้ยงในระบบปิด ที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน และที่ระบบกรองน้ำต่างกันระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ 4 ครั้ง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรอง แสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว น้ำหนักปลาเริ่มการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 100, 120 และ 80 กรัม ศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอด จากการศึกษา พบค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 32.14±16.34, 21.63±7.14 และ 18.6±10.87 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.40±0.12, 2.50±0.25 และ 1.94±0.18 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 1.07±0.20, 0.72±0.09 และ 0.62±0.08 และอัตราการรอด มีค่า 73.33, 76.67 และ 60.00 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพน้ำทำการศึกษา ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสฟอรัส และแอมโมเนีย พบว่าคุณภาพน้ำไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการศึกษาการเจริญเติบโต สอดคล้องกับ กฤษณาและคณะ (2551) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกทะเลที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปปลาดุกน้ำจืดเปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ที่ความหนาแน่น 0.5 0.75

และ 1 ตัว/ลิตร ปล่อยลูกปลาดุกทะเลน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.4±0.2 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 6.4±0.3 เซนติเมตรในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 300 ลิตร บรรจุน้ำ 200 ลิตรชุดละ 3 ซ้ำ ให้กินอาหารสำเร็จรูปปลาดุกน้ำจืดจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วันและถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ทุกวันเมื่อสิ้นสุดการทดลองลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 18.2±2.2 16.6±3.8 และ 12.6±2.1 กรัม ตามลำดับ ความยาวเฉลี่ย 15.0±0.6 14.4±1.1 และ 13.2±0.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งการเจริญเติบโตของปลาดุกทะเลทั้งด้านน้ำหนักและความยาวที่ความหนาแน่น 0.5 และ 0.75 ตัว/ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) น้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.14±0.01 0.13±0.01 และ 0.09±0.03 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.14±0.07 2.06±0.08 และ 1.81±0.24 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ อัตรารอดตายเท่ากับ 99.3±0.6 97.3±0.7 และ 82.3±10.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระหว่างความหนาแน่น 0.5 และ 0.75 ตัว/ลิตรกับ 1 ตัว/ลิตร ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อัตรารอดตายที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 0.5 ตัว/ลิตรไม่แตกต่างกับที่เลี้ยงความหนาแน่น 0.75 ตัว/ลิตร แต่แตกต่างจากที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อพิจารณาทั้งด้านการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของการทดลองในครั้งนี้แล้วที่ระดับความหนาแน่น 0.75 ตัว/ลิตร เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยง ผลจากการหาความสัมพันธ์ขอปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลาดุกทะเล พบว่าอัตราการกินอาหารของปลาต่อตัวต่อวันมีความสำคัญมากที่สุดดังนี้ น้ำหนักเพิ่มต่อวันผันแปรตามปัจจัยความหนาแน่นอัตราการกินอาหารต่อตัวต่อวัน ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ และสอดคล้องกับประดิษฐ์ (2549) ทำการศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาไหลนาทดลองอนุบาลลูกปลาไหลนาในถังพลาสติกทรงกลมขนาดบรรจุ 500 ลิตร ด้วยอัตราความหนาแน่น 250, 350, 450 และ 550 ตัวต่อถัง ลูกปลาไหลนามีความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 4.09+0.59, 4.17+0.47, 4.10+0.55 และ 3.97+0.40 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.08±0.02, 0.08±0.02, 0.08±0.02 และ 0.08±0.02 กรัม ตามลำดับ ให้อาหารผลสำเร็จรูปโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 112 วัน มีความยาวเฉลี่ย 11.09±1.06, 11.27±1.07,

11.34±1.11 และ 11.54±1.21 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.02±0.35, 0.09±0.35, 1.13±0.41 และ 1.17±0.47 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเพิ่มเท่ากับ 0.0085±0.0031, 0.0090±0.0032, 0.0094±0.0037 และ 0.0098±0.0042 กรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.31±0.33, 2.36±0.36, 2.40±0.40 และ 2.40±0.36 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราการ แลกเนื้อเท่ากับ 4.26±0.31, 4.57±0.31, 3.83±0.99 และ 4.35±1.28 และอัตรารอดตายเท่ากับ 89.73±3.11, 73.33±8.69, 72.81±9.83 และ 64.36±22.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ และอัตรารอดตายไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้นจึงสามารถอนุบาลลูกปลาไหลนาที่ระดับความหนาแน่น 550 ตัวต่อถังได้

ข้อเสนอแนะ จากการศึกษาการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ระบบปิดโดยการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และตัวอย่างคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นและระบบกรองน้ำต่างกันแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 5 ตัว ที่ระบบกรองอิฐ ชุดการทดลองที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 10 ตัว ที่ระบบกรองแสลน และชุดการทดลองที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว ที่ระบบกรองใยแก้ว จากการศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตของปลาบู่ที่ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มในการเจริญเติบโตดีกว่าชุดการทดลองอื่น ส่วนคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ที่ระดับความหนาแน่นและระบบกรองของปลาบู่ของทั้ง 3 ชุดการทดลองผลของคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้ไม่ต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกัน จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลาที่ระดับความหนาแน่น 5, 10 และ 15 ตัว ไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำ สำหรับการเลี้ยงปลาบู่ในเชิงพาณิชย์จากการทดลองการเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 15 ตัว มีแนวโน้มในการเพิ่มมูลในการเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลองส่วนที่ 3 <u>การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปลาบู่ระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียนที่ความหนาแน่นและการใช้วัสดุกรองที่ต่างกัน</u>

จากศึกษาการเลี้ยงปลาบู่ทรายในถังที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (6 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร) ร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวนเมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะเวลา 70 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

1. การศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบู่ทราย

จากการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ทรายตลอดระยะเวลา 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่น มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตของปลาปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 14ตัวต่อตารางเมตร มีแนวโน้มน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นดีที่สุด เท่ากับ 19.25$\pm$ 2.00 กรัม รองลงมาคือระดับความหนาแน่น 10 และ 6 ตัวต่อตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.82$\pm$1.62 กรัม และ 16.54$\pm$1.54 กรัม ตามลำดับ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ทราย พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 14ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเท่ากับ 0.28$\pm$ 0.03 กรัม/วัน รองลงมาคือระดับความหนาแน่น 10 และ 6 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตท่ากับ 0.25 $\pm$ 0.02 กรัม/วัน และ 0.24$\pm$ 0.02 กรัม/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 18)ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าการเลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้ออวน มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด เท่ากับ 0.26 $\pm$ 0.03และ 0.26$\pm$ 0.03 กรัม/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือวัสดุตัวกลางไบโอบอล เท่ากับ 0.24 $\pm$ 0.03 กรัม/วัน (ตารางที่ 13 และภาพที่ 19)

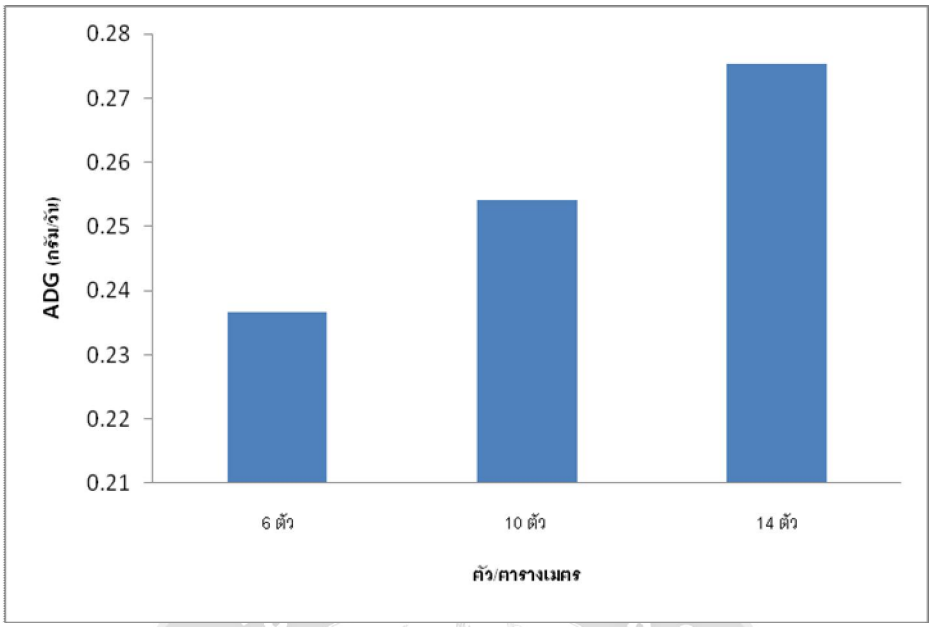
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 20.26$\pm$2.33 กรัม รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนและที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 19.00$\pm$1.66 และ 18.88$\pm$1.60 กรัม ตามลำดับ (ตาราง

ที่ 13) จากการทดลองครั้งนี้ปลาบู่ทรายมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันมาก พบว่าผลการทดลองไม่สอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะปฏิภาคผกผันกับอัตราความหนาแน่น คือเมื่อเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยอัตราที่หนาแน่นมากขึ้น การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาจะลดลง เพราะกำ ลังการผลิต (carrying capacity) ของบ่อปลามีจำกัด เมื่อเลี้ยงปลาในระดับความหนาแน่นมากขึ้นมีผลทำ ให้เกิดการแข่งขันด้านต่างๆ และสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ (Hepher, 1967; Doyle and Talbot, 1986; Robinson and Doyle, 1990; Wang *et al*., 2000) จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิดที่ระดับความหนาแน่นต่างกันครั้งนี้ยังไม่เต็มกำลังการผลิตสูงสุด (carrying capacity) เนื่องจากปลาบู่ทรายมีการเจริญเติบโตโดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสุดท้ายและความยาวไม่แตกต่างกัน สำหรับผลการทดลองเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกันแล้วทำให้อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันนั้น Vijayan และ Leatherland (1988) ได้กล่าวว่าอัตราความหนาแน่นที่ทดลองเลี้ยงนั้นยังไม่ทำให้ปลาเกิดความเครียดที่เรียกว่า chronic crowding stress ซึ่งความเครียดดังกล่าว เมื่อเกิดขึ้นแล้วส่งผลให้ปลาเปลี่ยนพฤติกรรมที่ผิดปกติไป โดยจะได้กล่าวถึงอิทธิพลของอัตราความหนาแน่นที่จะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพ

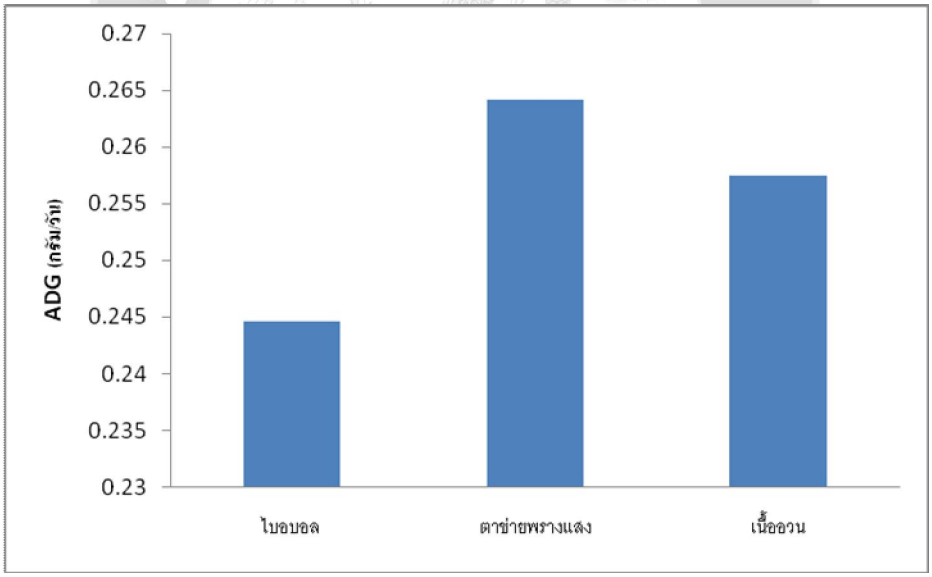
ตารางที่ 13 อัตราการเจริญเติบโต (ADG) และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		การเจริญเติบโต	
		ADG(กรัม/วัน)	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น(กรัม)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)			
6		0.24± 0.02[b]	16.54±1.54[b]
10		0.25 ± 0.02[b]	17.82±1.62[b]
14		0.28± 0.03[a]	19.25± 2.00[a]
F-test		*	*
ชนิดวัสดุตัวกลาง			
ไบโอบอล		0.24±0.03	17.06±1.83
ตาข่ายพรางแสง		0.26±0.03	18.50±2.09
เนื้ออวน		0.26±0.03	18.05±2.03
F-test		ns	ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง		
6	ไบโอบอล	0.23±0.02[b]	16.25±1.68[b]
6	ตาข่ายพรางแสง	0.24±0.02[b]	17.10±1.38[b]
6	เนื้ออวน	0.23±0.03[b]	16.27±1.84[b]
10	ไบโอบอล	0.23±0.01[b]	16.45±1.00[b]
10	ตาข่ายพรางแสง	0.26±0.02[ab]	18.14±1.36[ab]
14	ไบโอบอล	0.26±0.03[ab]	18.50±2.08[ab]
14	ตาข่ายพรางแสง	0.29±0.03[a]	20.26±2.33[a]
14	เนื้ออวน	0.27±0.02[ab]	19.00±1.66[ab]
F-test		*	*

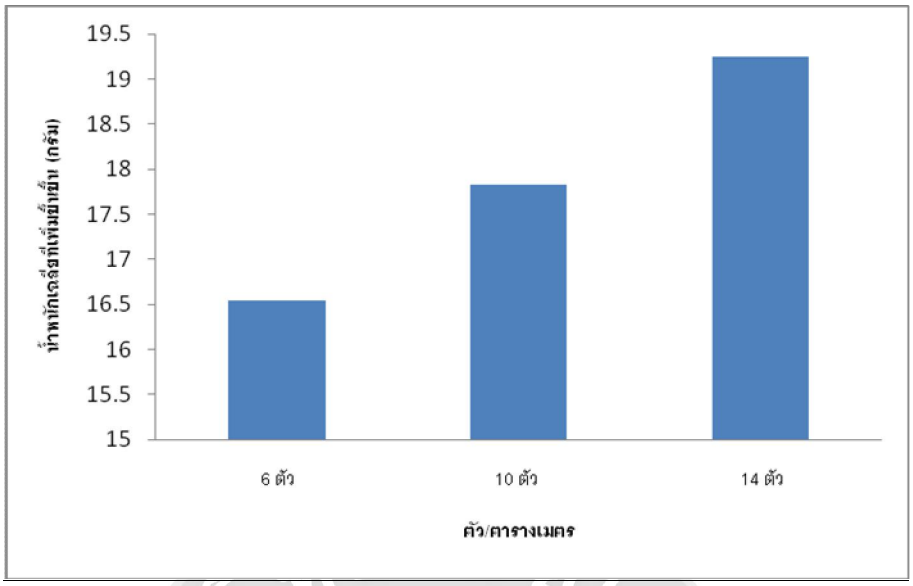
หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



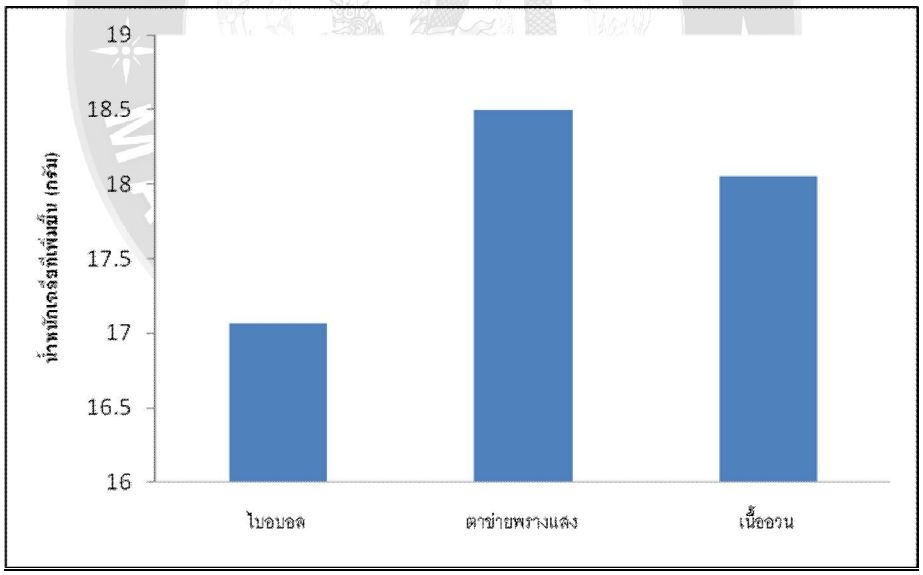
ภาพที่ 14 อัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่น 6 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร



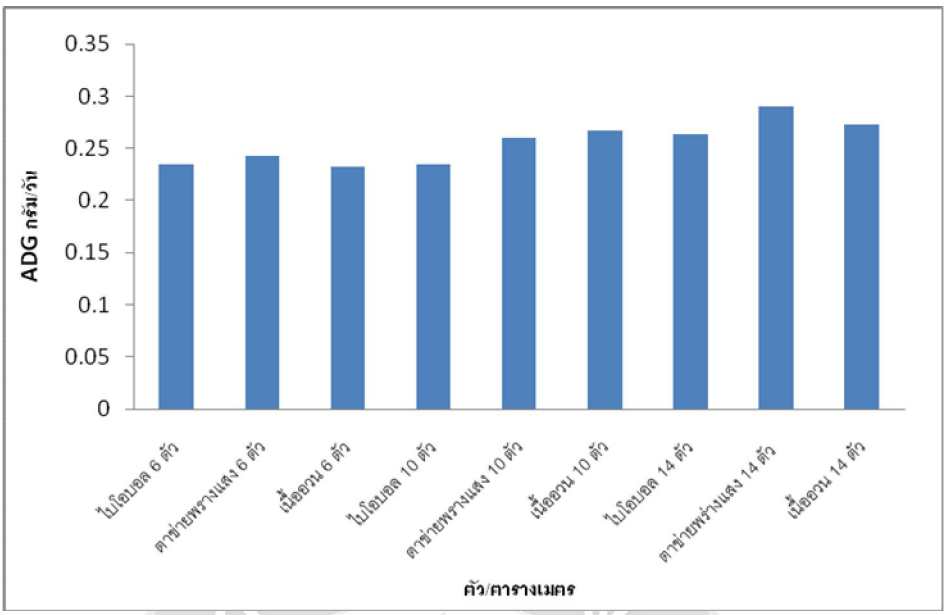
ภาพที่ 15 อัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ทรายที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวน



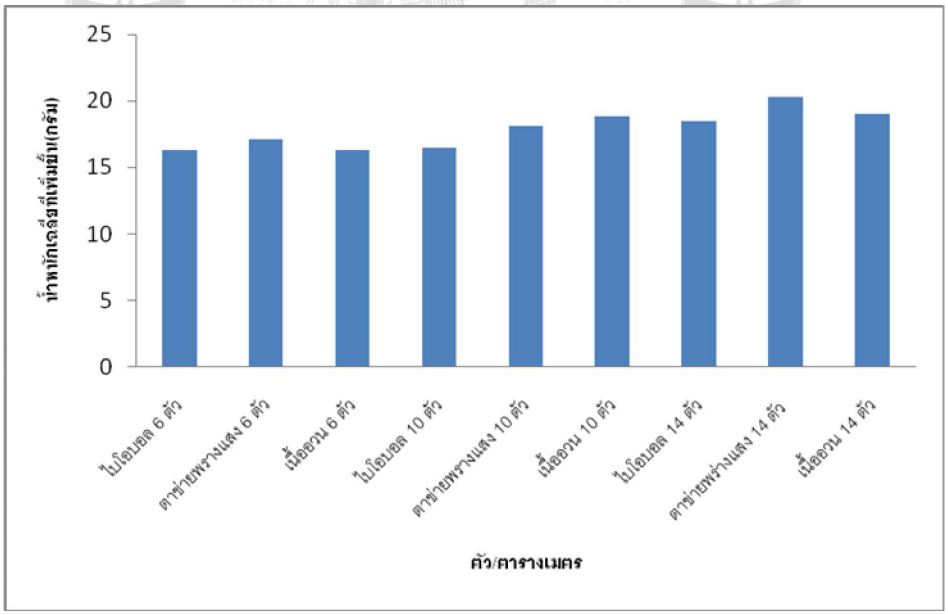
ภาพที่ 16 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่น 6 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร



ภาพที่17 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาบู่ทรายที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวน



ภาพที่ 18 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลาง
ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน



ภาพที่ 19 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

2. การศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ทราย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 14 เมื่อนำค่าของคุณภาพน้ำที่ได้จากการทดลองนี้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากรายงานของ Mohammad and Emmanuel (2001) ที่ศึกษาผลของวัสดุตัวกลางต่อคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพทางชีวภาพของปลานิลที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน จะพบว่าคุณภาพน้ำแต่ละตัวในถังเลี้ยงปลานี้อยู่ในเกณฑ์ดีและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ส่วนชนิดของวัสดุกรองมีผลทำให้คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05) คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงจากทั้งสองปัจจัยมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดยทั่วไป

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

ตารางที่14 คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวัสดุตัวกลางระยะเวลา 75 วัน

คุณภาพน้ำ	อัตราการปล่อย(ตัว/ตารางเมตร)								
	6			10			14		
	ไบโอบอล	ตาข่ายพรางแสง	เนื้ออวน	ไบโอบอล	ตาข่ายพรางแสง	เนื้ออวน	ไบโอบอล	ตาข่ายพรางแสง	เนื้ออวน
อุณหภูมิ(°C)	26.22± 1.00^{ns}	26.49±0.68^{ns}	26.50±0.77^{ns}	26.62±0.87^{ns}	26.49±0.96^{ns}	26.63±0.73^{ns}	26.58±0.68^{ns}	26.49±1.03^{ns}	26.49±0.76^{ns}
DO(mg/l)	7.70± 0.41^{ns}	7.63±0.20^{ns}	7.56±0.43^{ns}	7.42±0.09^{ns}	7.42±0.36^{ns}	7.49±0.41^{ns}	7.22±0.25^{ns}	7.18±0.43^{ns}	7.43±0.12^{ns}
pH	7.12± 0.05^{ns}	7.15±0.06^{ns}	7.16±0.06^{ns}	7.14±0.04^{ns}	7.15±0.13^{ns}	7.15±0.13^{ns}	7.14±0.15^{ns}	7.14±0.06^{ns}	7.13±0.08^{ns}
อัลคาไลนิตี้(mg/l)	78.71± 1.96^{ns}	78.17±3.20^{ns}	80.17±5.25^{ns}	75.67±5.25^{ns}	77.83±1.18^{ns}	78.00±4.84^{ns}	78.37±1.42^{ns}	76.54±1.71^{ns}	77.37±5.63^{ns}
แอมโมเนีย(mg/l)	0.23±0.13^{b}	0.20±0.08^{b}	0.19±0.08^{a}	0.34±0.06^{b}	0.29±0.08^{ab}	0.27±0.06^{ab}	0.34±0.07^{b}	0.33±0.05^{b}	0.30±0.08^{ab}
ไนไตรท์(mg/l)	0.14±0.04^{bc}	0.07±0.01^{ab}	0.14±0.04^{bc}	0.18±0.06^{c}	0.10 ±0.02^{ab}	0.13±0.05^{abc}	0.17±0.06^{c}	0.10±0.02^{ab}	0.11±0.01^{ab}
ไนเตรท(mg/l)	3.01± 0.38^{a}	3.54±0.17^{abc}	3.17±0.33^{bc}	3.51±0.68^{abc}	3.34±0.41^{ab}	3.83±0.26^{bc}	3.62±0.22^{abc}	4.13±0.57^{c}	3.82±0.32^{bc}
ฟอสฟอรัส(mg/l)	1.08± 0.37^{ns}	1.15±0.35^{ns}	1.16±0.32^{ns}	1.20±0.28^{ns}	1.18±0.31^{ns}	1.20±0.30^{ns}	1.18±0.31^{ns}	1.17±0.33^{ns}	1.19±0.32^{ns}
TSS(mg/l)	403.46± 33.99^{ab}	399.59±33.54^{a}	435.02±35.18^{abc}	447.19±44.94^{abc}	427.76±11.27^{abc}	439.81±40.33^{abc}	463.31±47.74^{bc}	439.21±57.78^{abc}	480.70±17.70^{c}
SS(mg/l)	21.73± 1.97^{ns}	19.73±1.63	19.20±1.62^{ns}	22.60±1.93^{ns}	20.68±2.89^{ns}	20.22±2.68^{ns}	22.44±4.38^{ns}	20.03±2.36^{ns}	21.05±2.36^{ns}
TDS(mg/l)	384.67± 16.24^{ab}	361.32±18.34^{a}	404.62±24.46^{abc}	415.05±28.09^{abc}	405.57±10.74^{abc}	430.20±21.17^{bc}	439.44±21.14^{c}	427.74±37.89^{bc}	445.19±26.55^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1) แอมโมเนีย

จากผลการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่น มีผลทำให้ค่าแอมโมเนียของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองต่ำที่สุดเท่ากับ 0.2099 ± 0.0943 mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.3037 ± 0.0700 mg/l และ 0.3294 ± 0.0708 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 15)ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ค่าแอมโมเนียของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนและวัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.2576 ± 0.0873 mg/l และ0.2824 ± 0.0964 mg/l ตามลำดับ ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากับ 0.3030 ± 0.0968 mg/l (ตารางที่ 15)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำที่สุดเท่ากับ0.1916 ± 0.0827 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัว/ตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลเท่ากับ 0.2046 ± 0.0843mg/l และ 0.2335 ± 0.1320 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 15 ภาพที่ 24)

ความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายนี้ทุกชุดการทดลองอยู่ในระดับต่ำกว่า 0.35 mg/l ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อปลา โดยจากรายงานของ Leclercq and Hopkins (1985) ที่ศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำ พบว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียจะอยู่ในช่วง 0.6-0.7 mg/l ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายถึงตาย(48 ชั่วโมง- LC_{50})เท่ากับ 2.4 mg/l โดยค่านี้เป็นค่าที่ได้จากรายงานของ Redner and Stickney (1979) ที่กล่าวไว้ในปลา *Oreochromis aureus*

Scott (1996) ได้รายงานว่า ถ้าแอมโมเนียอิสระมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.6-2 มก./ล. จะทำให้ปลาบางชนิดตายอย่างรวดเร็วได้ ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำแอมโมเนียได้จากการขับถ่ายของสัตว์น้ำเป็นหลัก Ip *et al.* (2001) รายงานว่าการขับถ่ายของสารประกอบไนโตรเจนส่วนใหญ่ (ประมาณ 90%) เกิดขึ้นโดยผ่านทางเหงือกในรูปของแอมโมเนียไม่แตกตัว (NH_3) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไม่แตกตัวที่ถูกขับถ่ายออกมานั้นมีสัดส่วนประมาณ 2.5-3% ของปริมาณอาหารที่กินเข้าไปในแต่ละวัน (Lawson, 1995; Hargreaves, 1998) แอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำยังได้จากสิ่งขับถ่ายที่เป็นของแข็งซึ่งส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วโดยแบคทีเรีย (Hargreaves, 1998)

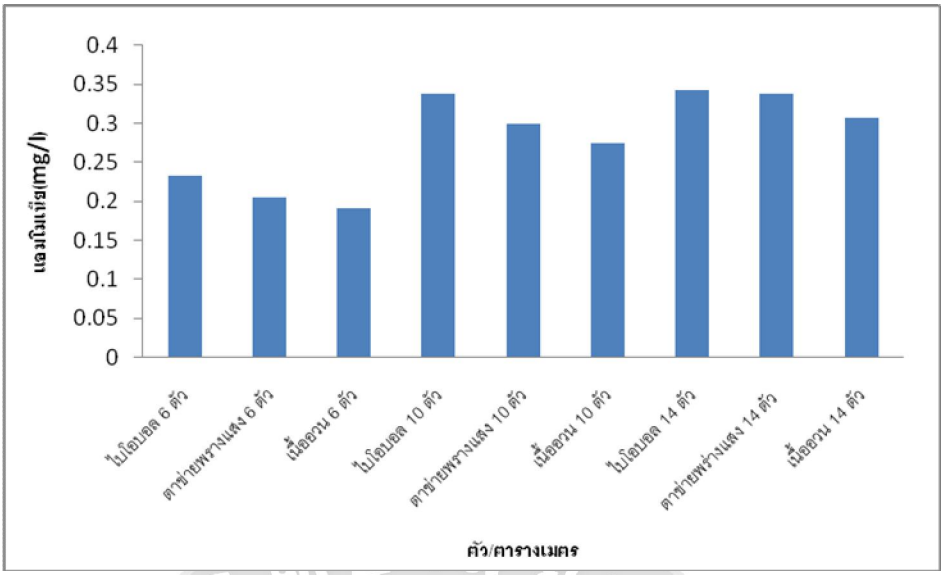
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

ตารางที่ 15 ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการ ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน

ปัจจัย		ความเข้มข้นของแอมโมเนีย(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		0.2099± 0.0943[a]
10		0.3037±0.0700[b]
14		0.3294±0.0708[b]
F-test		*
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		0.3030 ± 0.0968
ตาข่ายพรางแสง		0.2824±0.0964
เนื้ออวน		0.2576±0.0873
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	0.2335±0.1320[b]
6	ตาข่ายพรางแสง	0.2046±0.0843[b]
6	เนื้ออวน	0.1916±0.0827[a]
10	ไบโอบอล	0.3376±0.0651[b]
10	ตาข่ายพรางแสง	0.2996±0.0849[ab]
10	เนื้ออวน	0.2740±0.0615[ab]
14	ไบโอบอล	0.3433±0.0798[b]
14	ตาข่ายพรางแสง	0.3378±0.0555[b]
14	เนื้ออวน	0.3071±0.0889[ab]
F-test		*

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 20 ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อลวน

2) ไนไตรท์

จากผลการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อลวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าไนไตรท์ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองต่ำที่สุดเท่ากับ 0.0963 ± 0.0413mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 14 และ 10 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.1330 ± 0.0496 mg/l และ0.1415 ± 0.0552 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่ามีผลทำให้ค่าไนไตรท์ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้อลวนมีค่าไนไตรท์เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.0984 ± 0.0240 mg/l และ 0.1055 ± 0.0405 mg/l ตามลำดับ ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลมีค่าไนไตรท์เฉลี่ยเท่ากับ 0.1668 ± 0.0563 mg/l (ตารางที่ 16)

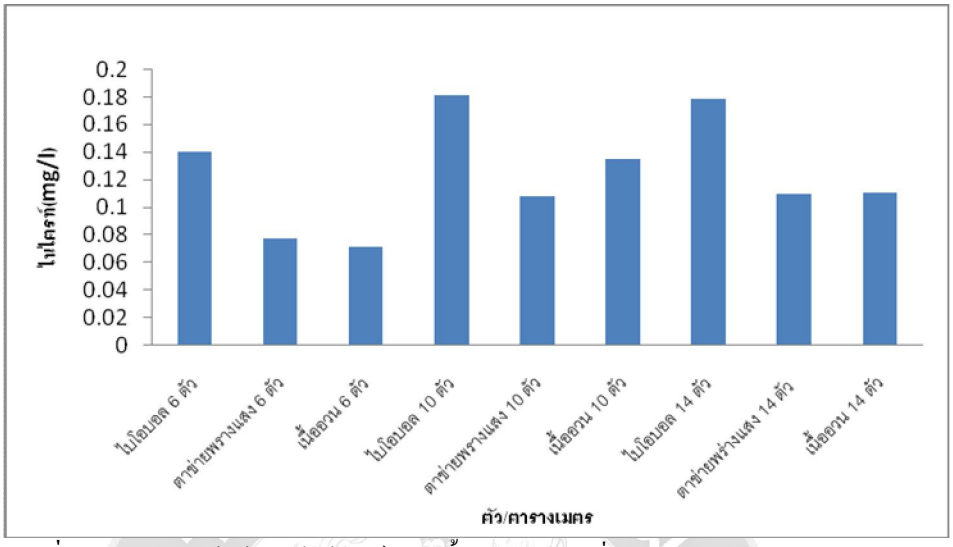
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของไนไตรท์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<

0.05) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีระดับความเข้มข้นของไนไตรท์ต่ำที่สุดเท่ากับ0.0714±0.0788 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 และ10 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงเท่ากับ 0.0771±0.0161 mg/l และ 0.1083 ±0.0205 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 16 ภาพที่ 25) ส่วน Scott (1996) รายงานว่าความเข้มข้นของไนไตรท์ที่มีความเข้มข้นเกินกว่า 0.1-0.2 มก./ล. จะไปยับยั้งการเจริญของปลาหลายชนิด และถ้าเกินกว่า 0.5 มก./ล. จะทำให้ปลาตายได้ จากการน้ำในถังเลี้ยงปลาและน้ำที่ผ่านการกรองพบว่าเมื่อน้ำผ่านระบบกรองมีค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ลดลงในทุกหน่วยการทดลอง

ตารางที่ 16 ระดับความเข้มข้นของไนไตรท์ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการ ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		ความเข้มข้นของไนไตรท์(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		0.0963± 0.0413[a]
10		0.1415±0.0552[b]
14		0.1330±0.0496[b]
F-test		*
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		0.1668 ± 0.0563[b]
ตาข่ายพรางแสง		0.0984±0.0240[a]
เนื้ออวน		0.1055±0.0405[a]
F-test		*
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	0.1403+0.0451[bc]
6	ตาข่ายพรางแสง	0.0771±0.0161[ab]
6	เนื้ออวน	0.1403±0.0451[bc]
10	ไบโอบอล	0.1815±0.0646[c]
10	ตาข่ายพรางแสง	0.1083 ±0.0205[ab]
10	เนื้ออวน	0.1347±0.0538[abc]
14	ไบโอบอล	0.1785±0.0635[c]
14	ตาข่ายพรางแสง	0.1010±0.022[ab]
14	เนื้ออวน	0.1104±0.0185[ab]
F-test		*

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 21 ระดับความเข้มข้นของไนไตรท์ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อฉวน

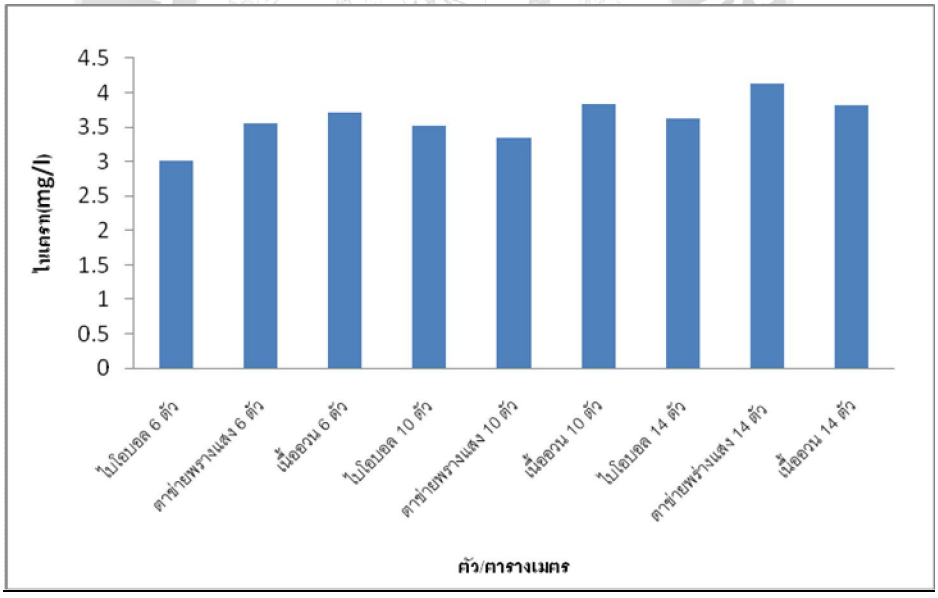
3) ไนเตรท

จากผลการวิเคราะห์ค่าไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อฉวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าไนเตรทของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าไนเตรทเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองต่ำที่สุดเท่ากับ 3.4266 $\pm$ 0.4230mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าไนเตรทเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 3.5650$\pm$0.04920mg/l และ3.8621$\pm$0.4292 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 17) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่ามีผลทำให้ค่าไนเตรทของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลมีค่าไนเตรทเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองต่ำที่สุดเท่ากับ 3.3842 $\pm$ 0.5111mg/l ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้อฉวนมีค่าไนเตรทเฉลี่ยเท่ากับ 3.6765$\pm$0.5210 mg/l และ3.7931$\pm$0.2894 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<

0.05) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุไบโอบอลมีระดับความเข้มข้นของไนเตรทต่ำที่สุดเท่ากับ3.0122$\pm$ 0.3841mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางไบโอบอลเท่ากับ 3.3411$\pm$0.4150 mg/l และ 3.5176$\pm$0.6876 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 17 ภาพที่ 26)

ในแต่ละหน่วยการทดลองจึงมีปริมาณไนเตรทสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนจบการทดลอง โดยที่น้ำที่ผ่านระบบกรองมีค่าความเข้มข้นของไนเตรทลดลงเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของไนเตรทในถังเลี้ยงปลาในทุกหน่วยการทดลอง กล่าวคือเมื่อระยะเวลาผ่านไประยะหนึ่งจะมีการเพิ่มขึ้นของชั้นแบคทีเรียโดยที่แบคทีเรียที่อยู่ชั้นในเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงทำให้ไนเตรทลดลง สอดคล้องกับ Moriarty (1997) ที่พบว่าเมื่อมีสารอินทรีย์จำนวนมากๆ จุลินทรีย์ย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นในมวลน้ำและผิวตะกอน แต่ตะกอนที่ทับถมอยู่ด้านล้างเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง



ภาพที่ 22 ระดับความเข้มข้นของไนเตรทในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ตารางที่ 17 ระดับความเข้มข้นของไนเตรทในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการ ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ปัจจัย		ความเข้มข้นของไนเตรท(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		3.4266 ± 0.4230[a]
10		3.5650±0.04920[ab]
14		3.8621±0.4292[b]
F-test		*
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		3.3842 ± 0.5111[a]
ตาข่ายพรางแสง		3.6765±0.5210[ab]
เนื้ออวน		3.7931±0.2894[b]
F-test		*
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	3.0122± 0.3841[a]
6	ตาข่ายพรางแสง	3.5497±0.1723[abc]
6	เนื้ออวน	3.1719±0.3392[bc]
10	ไบโอบอล	3.5176±0.6876[abc]
10	ตาข่ายพรางแสง	3.3411±0.4150[ab]
ปัจจัย		
ระดับความหนาแน่น		
		ความเข้มข้นของไนเตรท(mg/l)
	ชนิดวัสดุตัวกลาง	3.8363±0.2698[bc]
14	ไบโอบอล	3.6227±0.2280[abc]
14	ตาข่ายพรางแสง	4.1387±0.5790[c]
14	เนื้ออวน	3.8250±0.3285[bc]
F-test		*

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4) ฟอสฟอรัส

จากผลการวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นไม่มีผลทำให้ค่าฟอสฟอรัสของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองต่ำที่สุดเท่ากับ 1.1856 ± 0.2928 mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 16 และ 6 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 1.1965 ± 0.2709 mg/l และ 1.2346 ± 0.3197 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 18) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ค่าไนเตรทของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลมีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 1.1570 ± 0.2997 mg/l ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 1.1727 ± 0.3009 mg/l และ 1.1870 ± 0.2878 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

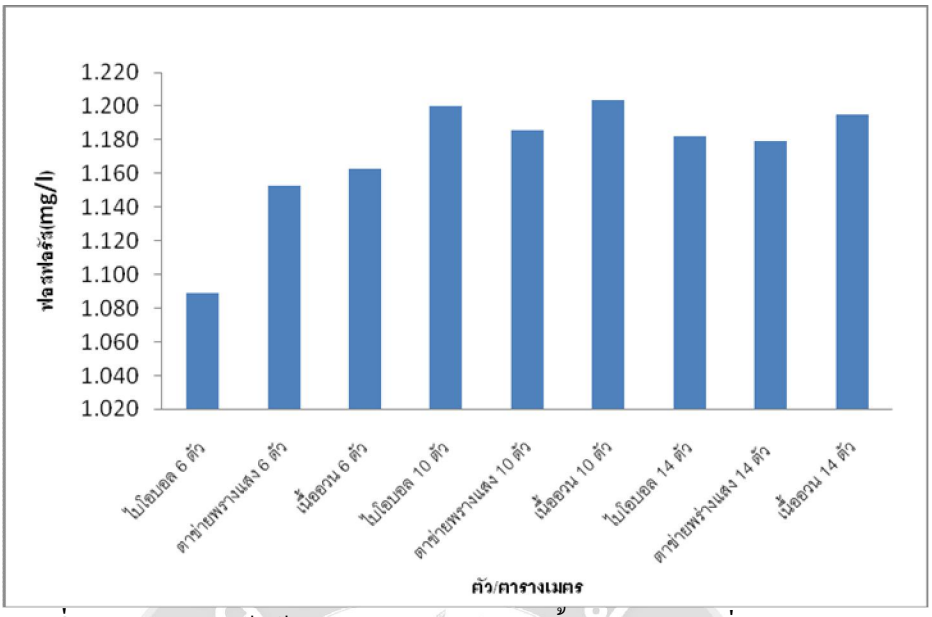
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุไบโอบอลมีระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำที่สุดเท่ากับ 1.0886 ± 0.3750 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสง และที่ ระดับ 6 ตัวต่อตารางเมตรวัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 1.1527 ± 0.3500 mg/l และ 1.1625 ± 0.3280 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 18 ภาพที่ 27)

ตารางที่ 18 ระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน

ปัจจัย		ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		1.2346 ± 0.3197
10		1.1965±0.2709
14		1.1856±0.2928
F-test		ns
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		1.1570 ± 0.2997
ตาข่ายพรางแสง		1.1727±0.3009
เนื้ออวน		1.1870±0.2878
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	1.0886± 0.3750
6	ตาข่ายพรางแสง	1.1527±0.3500
6	เนื้ออวน	1.1625±0.3280
10	ไบโอบอล	1.2000±0.2817
10	ตาข่ายพรางแสง	1.1857±0.3125
10	เนื้ออวน	1.2037±0.3031
14	ไบโอบอล	1.1823±0.3161
14	ตาข่ายพรางแสง	1.1795±0.3332
14	เนื้ออวน	1.1948±0.3211
F-test		ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 23 ระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อฉวน

5) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

จากผลการวิเคราะห์ค่า DO ตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรอง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อฉวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ค่า DO ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีค่า DO เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 7.63$\pm$ 0.33 mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร มีค่า DO เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 7.44$\pm$0.29 mg/l และ7.28$\pm$0.29 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 19) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ค่า DO ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางเนื้อฉวนมีค่า DO เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 7.49 $\pm$ 0.32 mg/l ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและวัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ 7.44$\pm$0.33 mg/l และ7.41$\pm$0.37mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของ DO ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุ

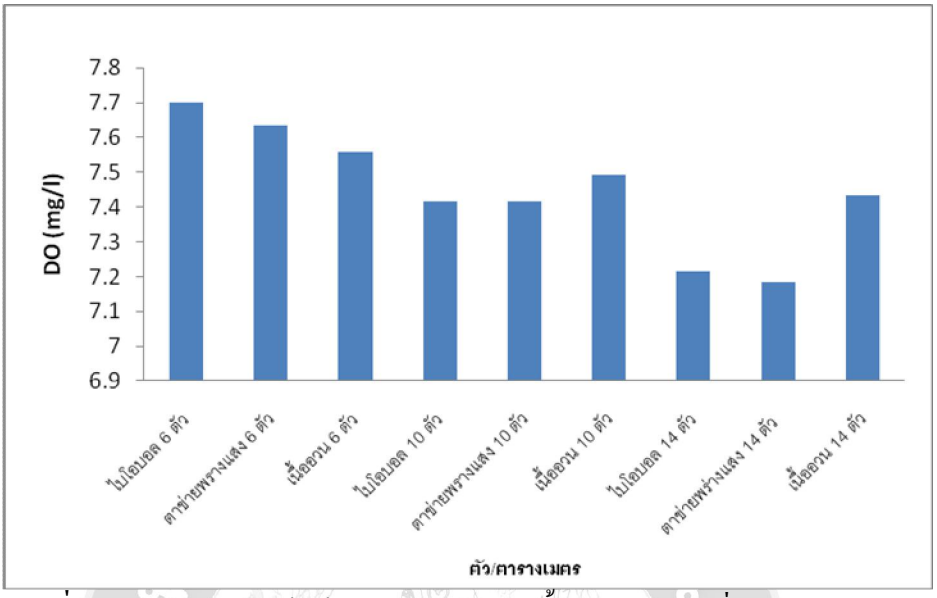
ตัวกลางไบโอบอลมีระดับความเข้มข้นของ DO สูงที่สุดเท่ากับ7.70± 0.41mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 7.63±0.20 mg/l และ 7.56±0.43 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 19 ภาพที่ 28) Colt (2006) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงปลาควรมี DO อย่างน้อย 3-3.5 มก./ล.

ตารางที่ 19 ระดับความเข้มข้นของ DO ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		ความเข้มข้นของ DO (mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		7.63 ± 0.33[b]
10		7.44±0.29[ab]
14		7.28±0.29[a]
F-test		*
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		7.44 ± 0.33
ตาข่ายพรางแสง		7.41±0.37
เนื้ออวน		7.49±0.32
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	7.70± 0.41
6	ตาข่ายพรางแสง	7.63±0.20
6	เนื้ออวน	7.56±0.43
10	ไบโอบอล	7.42±0.09
10	ตาข่ายพรางแสง	7.42±0.36
10	เนื้ออวน	7.49±0.41
14	ไบโอบอล	7.22±0.25
14	ตาข่ายพรางแสง	7.18±0.43
14	เนื้ออวน	7.43±0.12
F-test		ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 24 ระดับความเข้มข้นของ DO ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

6) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากผลการวิเคราะห์ค่า pH ตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ค่า pH ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร มีค่า pH เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองดีที่สุดเท่ากับ 7.15 $\pm$ 0.09 ที่ระดับความหนาแน่น 6 และ 10 ตัวต่อตารางเมตร มีค่า pH เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 7.14$\pm$0.09 และ7.14$\pm$0.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุตัวกลางพบว่าไม่มีผลทำให้ค่า pH ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีค่า pH เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองดีที่สุดเท่ากับ 7.15$\pm$0.10 ตามลำดับ ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.14 $\pm$ 0.05 และ 7.14$\pm$0.09 (ตารางที่ 20)

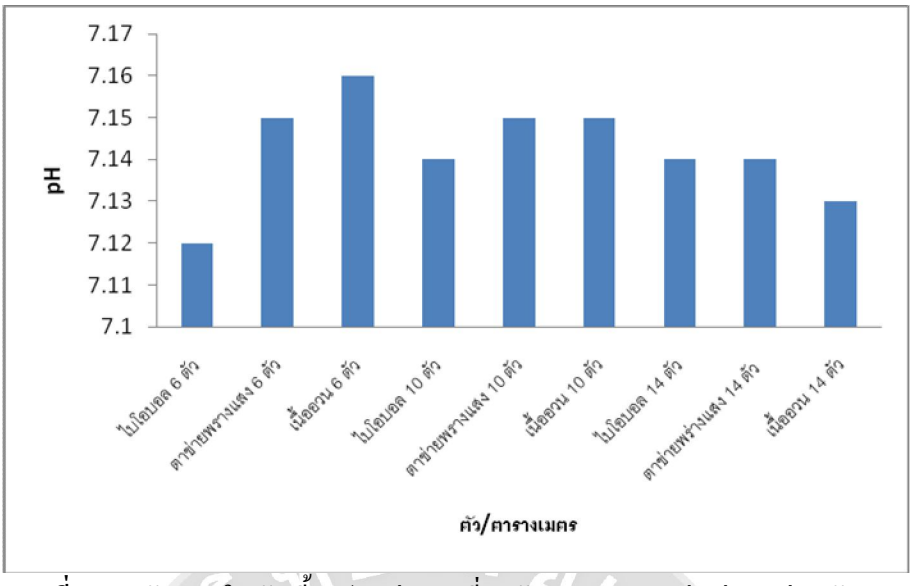
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของ pH ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวน มีระดับ pH ดีที่สุดเท่ากับ7.16±0.06 รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 และ 10 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและที่ระดับ 10 ตัว ต่อตารางเมตรโดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 7.15±0.06, 7.15±0.13 และ 7.15±0.13 (ตารางที่ 20 ภาพที่ 29)

ตารางที่ 20 ระดับ pH ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลาง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		pH
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		7.14±0.09
10		7.14±0.08
14		7.15 ± 0.09
F-test		ns
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		7.14 ± 0.05
ตาข่ายพรางแสง		7.15±0.10
เนื้ออวน		7.14±0.09
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	7.12± 0.05
6	ตาข่ายพรางแสง	7.15±0.06
6	เนื้ออวน	7.16±0.06
10	ไบโอบอล	7.14+0.04
10	ตาข่ายพรางแสง	7.15±0.13
10	เนื้ออวน	7.15±0.13
14	ไบโอบอล	7.14±0.15
14	ตาข่ายพรางแสง	7.14±0.06
14	เนื้ออวน	7.13±0.08
F-test		ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 25 ระดับ pH ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลาง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน

7) อุณหภูมิของน้ำ

จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรอง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้อุณหภูมิของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 10ตัวต่อตารางเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 6.26.58$\pm$ 0.73 ˚C ที่ระดับความหนาแน่น 14 และ 6 ตัวต่อตารางเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 26.52$\pm$0.76 ˚C และ26.41$\pm$0.76 ˚C ตามลำดับ (ตารางที่ 21) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้อุณหภูมิของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางเนื้อวนมีอุณหภูมิเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 26.54 $\pm$ 0.68 ˚C ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางไบโอบอลมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.49$\pm$0.81 ˚C และ26.48$\pm$0.80 ˚C ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุ

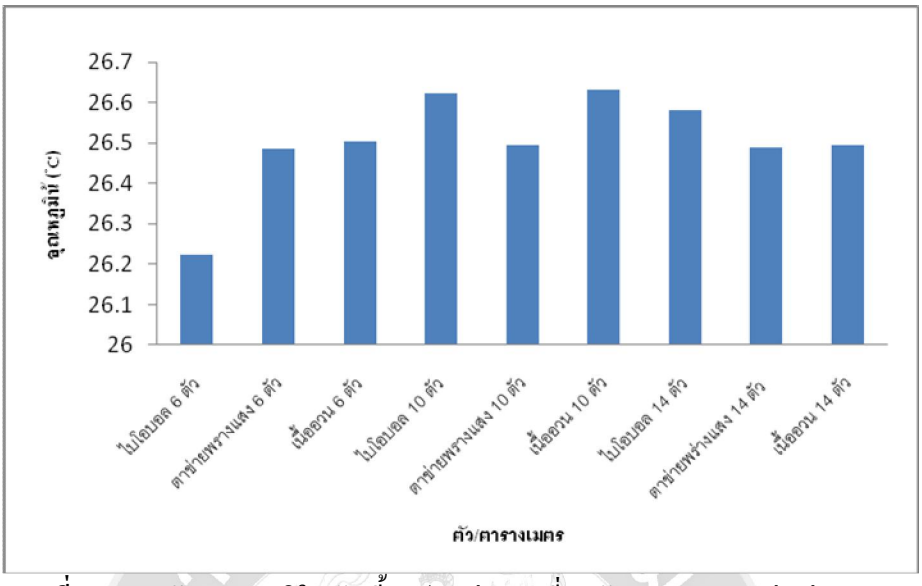
ตัวกลางเนื้ออวนมีระดับอุณหภูมิสูงที่สุดเท่ากับ26.63± 0.73 ˚C รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 26.62±0.87 ˚C และ 6.58±0.68 ˚C ตามลำดับ (ตารางที่ 21 ภาพที่ 30)

ตารางที่ 21 ระดับอุณหภูมิในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลาง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		อุณหภูมิ(˚C)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		26.40± 0.76
10		26.58±0.78
14		26.52±0.76
F-test		ns
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		26.48 ± 0.80
ตาข่ายพรางแสง		26.49±0.81
เนื้ออวน		26.54±0.68
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	26.22± 1.00
6	ตาข่ายพรางแสง	26.49±0.68
6	เนื้ออวน	26.50±0.77
10	ไบโอบอล	26.62±0.87
10	ตาข่ายพรางแสง	26.49±0.96
10	เนื้ออวน	26.63±0.73
14	ไบโอบอล	26.58±0.68
14	ตาข่ายพรางแสง	26.49±1.03
14	เนื้ออวน	26.49±0.76
F-test		ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 26 ระดับอุณหภูมิในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลาง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

8) ความเป็นด่างของน้ำ(Alkalinity)

จากผลการวิเคราะห์ค่า alkalinity ตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ค่า alkalinity ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีค่า alkalinity เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 79.01$\pm$ 3.49 mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 14 และ 10 ตัวต่อตารางเมตร มีค่า alkalinity เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 77.43$\pm$3.26 mg/l และ 77.17$\pm$3.94 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 22) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ alkalinity ของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีค่า alkalinity เฉลี่ยโดยตลอดการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 77.37$\pm$5.63 mg/l ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและวัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีค่า alkalinity เฉลี่ยเท่ากับ 77.58$\pm$3.34 mg/l และ 77.51$\pm$2.12 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

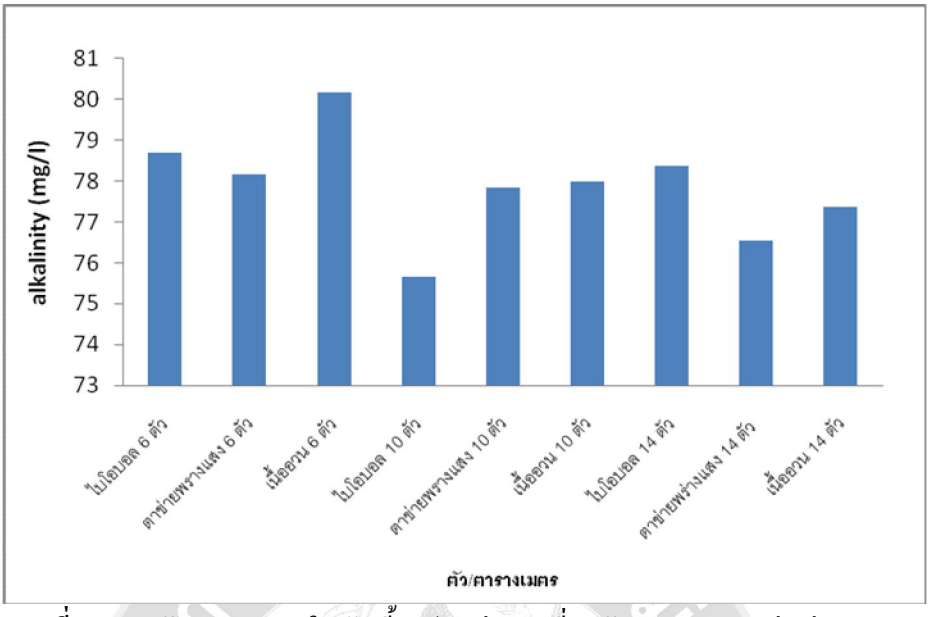
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อระดับความเข้มข้นของค่า alkalinity ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีระดับ alkalinity สูงที่สุดเท่ากับ80.17± 5.25 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 และ14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลเท่ากับ 78.71±1.96 mg/l และ 78.37±1.42 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 22 ภาพที่ 31)

ตารางที่ 22 ระดับ alkalinity ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		ระดับ alkalinity(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
	6	79.01±3.49
	10	77.17±3.94
	14	77.43±3.26
F-test		ns
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
	ไบโอบอล	77.58 ±3.34
	ตาข่ายพรางแสง	77.51±2.12
	เนื้ออวน	77.37±5.63
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	78.71± 1.96
6	ตาข่ายพรางแสง	78.17±3.20
6	เนื้ออวน	80.17±5.25
10	ไบโอบอล	75.67±5.25
10	ตาข่ายพรางแสง	77.83±1.18
10	เนื้ออวน	78.00±4.84
14	ไบโอบอล	78.37±1.42
14	ตาข่ายพรางแสง	76.54±1.71
14	เนื้ออวน	77.37±5.63
F-test		ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 27 ระดับ alkalinity ในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลาง ไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

9) ปริมาณของแข็งทั้งหมด, Total solids (TS)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองน้อยที่สุดเท่ากับ 412.69$\pm$ 30.50 mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 438.25$\pm$33.15 mg/l และ 461.07$\pm$43.97 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 23) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองน้อยที่สุดเท่ากับ 422.19$\pm$46.74 mg/l ส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 437.98$\pm$35.37 mg/l และ 451.84$\pm$36.40 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

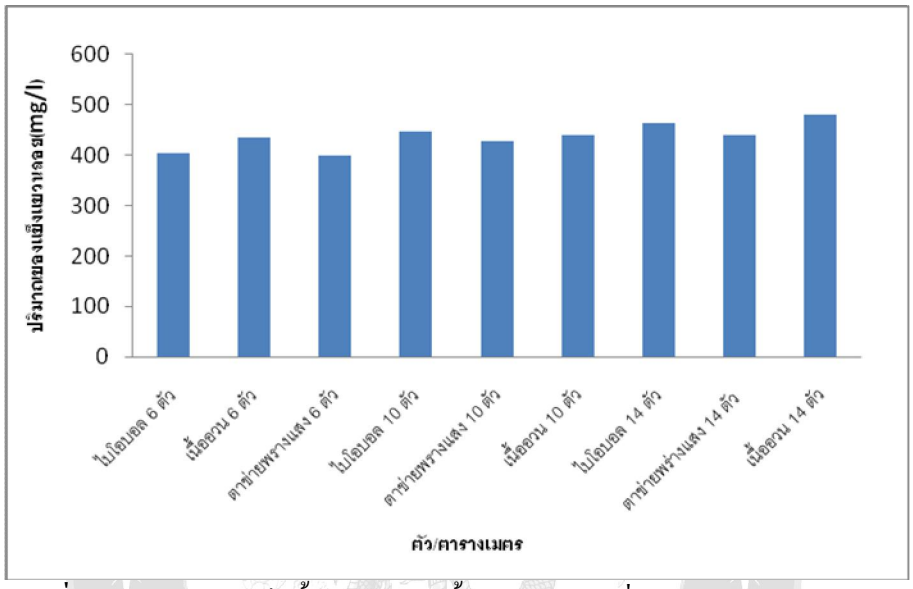
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 399.59± 33.54 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตรโดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงเท่ากับ 403.46±33.99 mg/l และ 427.76±11.27 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 23 ภาพที่ 32)

ปัจจัย		ปริมาณของแข็งทั้งหมด(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		412.69±30.50^{a}
10		438.25±33.15^{ab}
14		461.07±43.97^{b}
F-test		*
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		437.98 ±35.37
ตาข่ายพรางแสง		422.19 ±46.74
เนื้ออวน		451.84±36.40
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	403.46± 33.99^{ab}
6	ตาข่ายพรางแสง	399.59±33.54^{a}
6	เนื้ออวน	435.02±35.18^{abc}
10	ไบโอบอล	447.19±44.94^{abc}
10	ตาข่ายพรางแสง	427.76±11.27^{abc}
10	เนื้ออวน	439.81±40.33^{abc}
14	ไบโอบอล	463.31+47.74^{bc}
14	ตาข่ายพรางแสง	439.21+57.78^{abc}
14	เนื้ออวน	480.70±17.70^{c}
F-test		*

ตารางที่ 23 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 28 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

10) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด, Suspended Solids (SS)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองน้อยที่สุดเท่ากับ 20.22$\pm$ 1.95mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 21.17$\pm$2.53 mg/l และ 21.17$\pm$3.06 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 24) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยโดยตลอดการ

ทดลองน้อยที่สุดเท่ากับ 20.16±2.17 mg/l และ 20.16±2.19 mg/l ตามลำดับส่วนถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลาง ไบโอบอลมีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 22.26±2.73 mg/l (ตารางที่ 24)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อปริมาณปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 19.20± 1.62 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงเท่ากับ 19.73±1.63 mg/l และ 20.03±2.36 mg/l ตามลำดับ

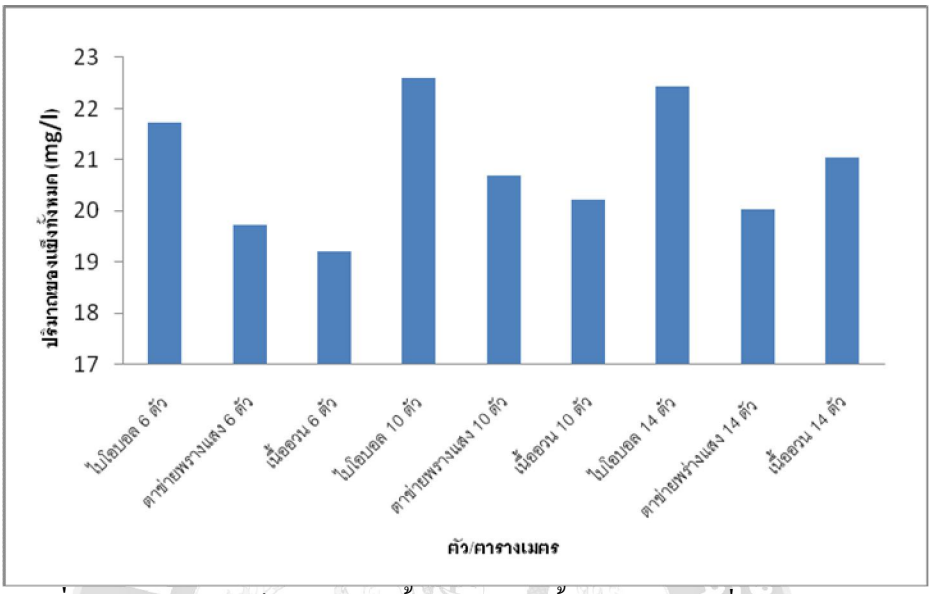
ตารางที่ 24 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

ปัจจัย		ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		20.22±1.95
10		21.17±2.53
14		21.17±3.06
F-test		ns
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		22.26 ±2.73
ตาข่ายพรางแสง		20.15 ±2.17
เนื้ออวน		20.16±2.19
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	21.73± 1.97
6	ตาข่ายพรางแสง	19.73±1.63
6	เนื้ออวน	19.20±1.62
10	ไบโอบอล	22.60+1.93
10	ตาข่ายพรางแสง	20.68±2.89
10	เนื้ออวน	20.22±2.68
14	ไบโอบอล	22.44±4.38
14	ตาข่ายพรางแสง	20.03±2.36
14	เนื้ออวน	21.05±2.36

F-test	ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 29 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน

11) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ, Dissolved Solids (DS)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง 70 วัน ที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุกรองไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อวน พบว่าปัจจัยระดับความหนาแน่นมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองน้อยที่สุดเท่ากับ 383.54± 21.67 mg/l ที่ระดับความหนาแน่น 10 และ 14 ตัวต่อตาราง-เมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองเท่ากับ 416.94±12.42 mg/l และ 437.45±8.89 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 25) ส่วนปัจจัยชนิดของวัสดุกรองพบว่าไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของถังเลี้ยงปลาบู่ทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่าถังเลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยโดยตลอดการทดลองน้อยที่สุดเท่ากับ 398.21±33.82mg/l ส่วนถัง

ตารางที่ 25 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้อออวน

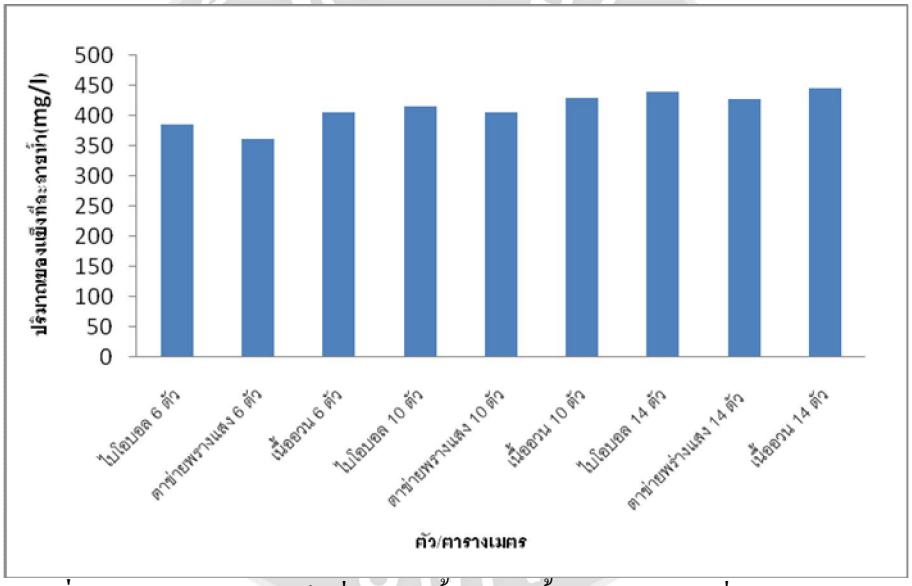
ปัจจัย		ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ(mg/l)
ระดับความหนาแน่น(ตัวต่อตารางเมตร)		
6		383.54±21.67[a]
10		416.94±12.42[b]
14		437.45±8.89[b]
F-test		*
ชนิดวัสดุตัวกลาง		
ไบโอบอล		413.05 ±27.44
ตาข่ายพรางแสง		398.21 ±33.82
เนื้ออวน		426.67±20.51
F-test		ns
ระดับความหนาแน่น	ชนิดวัสดุตัวกลาง	
6	ไบโอบอล	384.67± 16.24[ab]
6	ตาข่ายพรางแสง	361.32±18.34[a]
6	เนื้ออวน	404.62±24.46[abc]
10	ไบโอบอล	415.05±28.09[abc]
10	ตาข่ายพรางแสง	405.57±10.74[abc]
10	เนื้ออวน	430.20±21.17[bc]
14	ไบโอบอล	439.44±21.14[c]
14	ตาข่ายพรางแสง	427.74±37.89[bc]
14	เนื้ออวน	445.19±26.55[c]
F-test		*

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เลี้ยงปลาที่ใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 413.05±27.44 mg/l และ 404.62±24.46 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 25)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระดับความหนาแน่น และชนิดของวัสดุตัวกลางต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยพบว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 361.32±18.34 mg/l รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอลและวัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 384.67± 16.24mg/l และ 427.76±11.27 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 25 ภาพที่ 34)



ภาพที่ 30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในถังเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสง และเนื้ออวน

3. การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดทางชีวภาพ

แอมโมเนีย ระบบบำบัดทางชีวภาพที่มีวัสดุตัวกลางไบโอบอลในการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับความหนาแน่น 6, 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 21.83%, 17.65% และ 20.59% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 25.00%, 26.67% และ

29.41% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 23.68%, 22.22% และ 27.03% ตามลำดับ

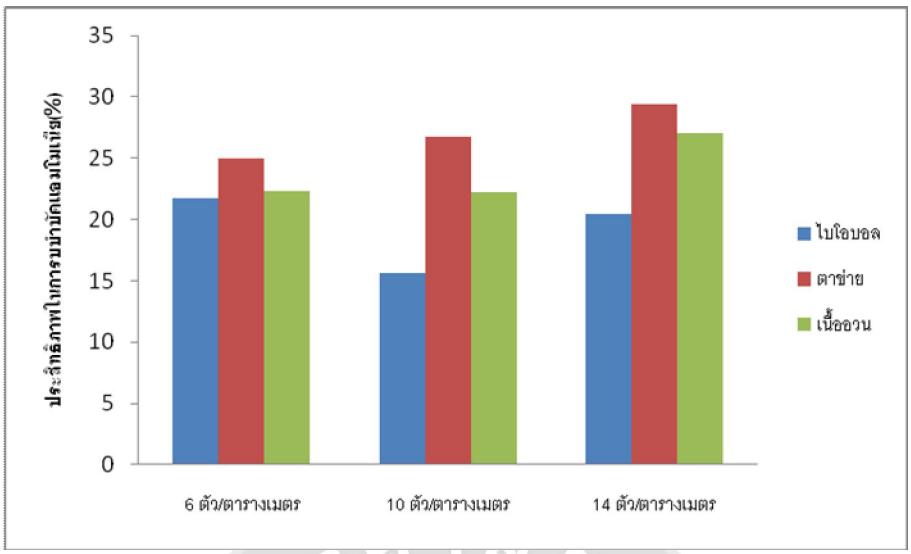
ไนไตรท์ วัสดุตัวกลางไบโอบอลสามารถบำบัดไนไตรท์ได้เท่ากับ 14.29%, 11.11% และ 11.11% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดไนไตรท์ได้เท่ากับ 19.48%, 27.27% และ 20.34% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดไนไตรท์ได้เท่ากับ 14.29%, 23.08% และ 16.39% ตามลำดับ

ไนเตรท วัสดุตัวกลางไบโอบอลสามารถบำบัดไนเตรทได้เท่ากับ 21.26%, 18.21% และ 18.64% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดไนเตรทได้เท่ากับ 26.76%, 23.65% และ 25.60% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดไนเตรทได้เท่ากับ 26.07%, 22.66% และ 21.46% ตามลำดับ

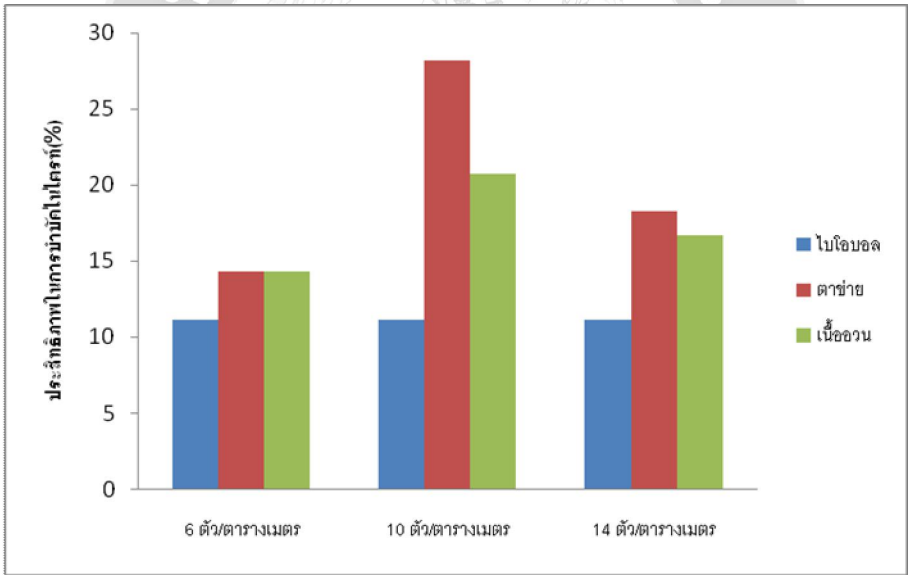
ของแข็งแขวนลอย วัสดุตัวกลางไบโอบอลสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 21.76%, 17.65% และ 16.35% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 26.66%, 25.34% และ 26.21% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 21.82%, 25.72% และ 26.17% ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยระบบบำบัดทางชีวภาพที่มีวัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวนสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 20.02%, 27.03% และ 24.31% ตามลำดับ สามารถบำบัดไนไตรท์ได้เท่ากับ 12.17%, 21.64% และ 17.98% ตามลำดับ สามารถบำบัดไนเตรทเฉลี่ย 19.37%, 25.34% และ 23.40% ตามลำดับ สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย 18.59%, 26.07% และ 24.57% ตามลำดับ

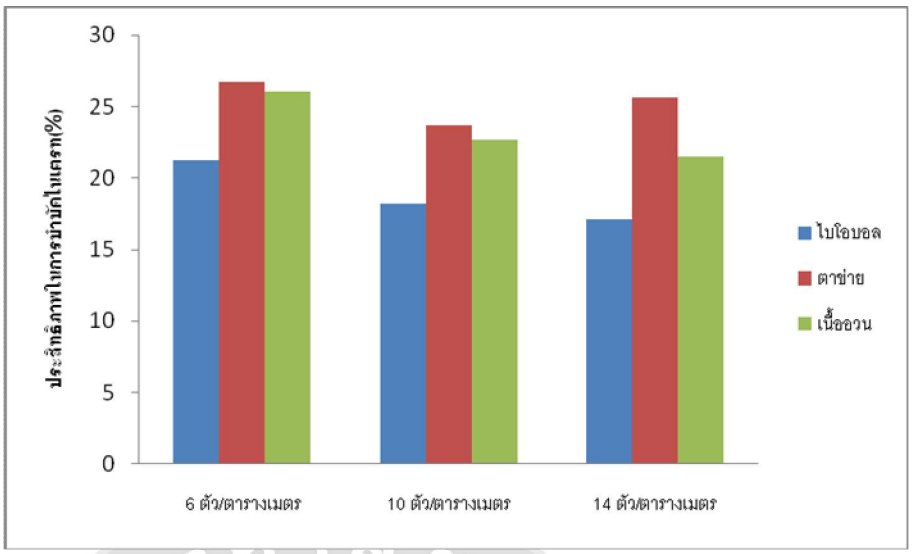
Timmonas *et al*. (2002) กล่าวว่ากระบวนการทำบัดทางชีวภาพทำงานโดยแบคทีเรียที่อยู่บนพื้นผิวของวัสดุกรองที่ให้แบคทีเรียเกาะ ซึ่งแสดงโดยพื้นที่ผิว ถ้าพื้นที่ผิวจำเพาะสูง แสดงว่าระบบนั้นมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง อย่างไรก็ตามค่านี้ต้องมีความเหมาะสมเนื่องจากถ้าค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงเกินไปน้ำจะไหลผ่านไม่มีมีตะกอนมาเกาะได้ง่าย จากค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุกรองตาข่ายมีพื้นที่ผิวให้แบคทีเรียเกาะได้มากกว่าวัสดุกรองเนื้ออวนและวัสดุกรองไบโอบอลจึงส่งผลให้วัสดุกรองตาข่ายมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่า



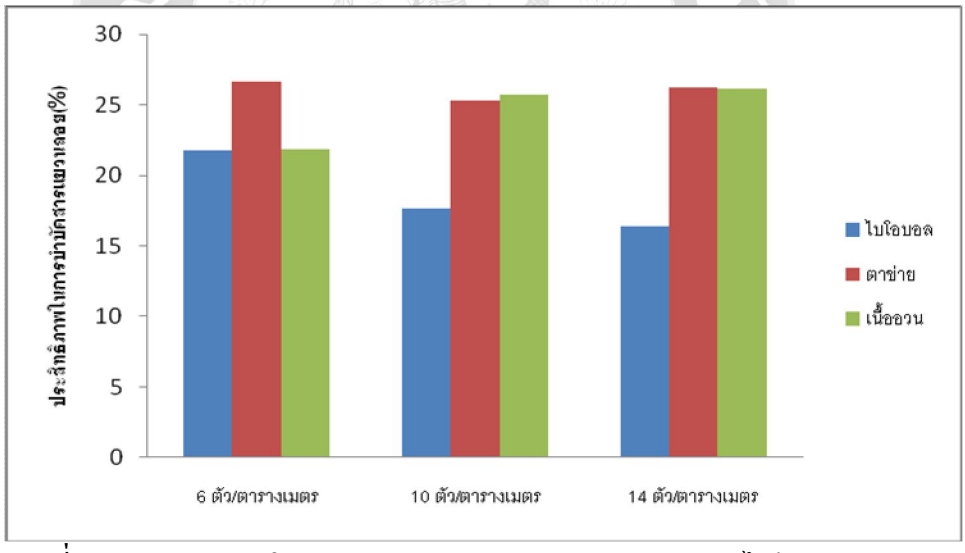
ภาพที่ 31 ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียของวัสดุตัวกรองไบโอบอล, ตาข่ายกรองแสงและเนื้ออวน



ภาพที่ 32 ประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท์ของวัสดุตัวกรองไบโอบอล, ตาข่ายกรองแสงและเนื้ออวน



ภาพที่ 33 ประสิทธิภาพในการบำบัดไนเตรทของวัสดุตัวกรองไบโอบอล, ตาข่ายกรองแสงและ เนื้ออวน



ภาพที่ 34 ประสิทธิภาพในการบำบัดสารแขวนลอยของวัสดุตัวกรองไบโอบอล, ตาข่ายกรอง แสงและเนื้ออวน

4. การศึกษาการยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิวตัวกลางชีวภาพโดยการส่องตรวจด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

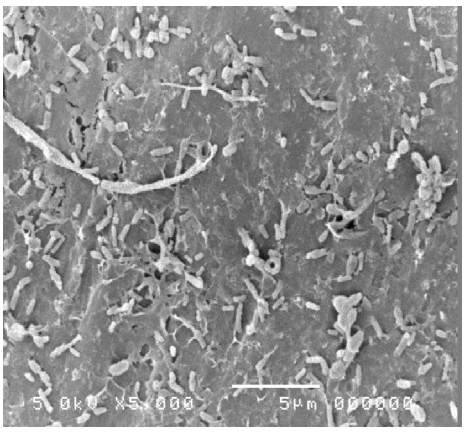
การยึดเกาะของแบคทีเรียที่ยึดเกาะบนพื้นผิววัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวน ที่ใช้ในการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลาบู่ทราย ที่ระดับความหนาแน่น 6 10 และ 14 ตัวต่อตารางเมตร ผลการส่องตรวจด้วยกล้องอิเล็กตรอนพบว่าจุลินทรีย์ที่เติบโตและยึดเกาะบนผิวของวัสดุตัวกลางจะพบจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย(filamentous) และเมื่อส่องตรวจด้วยกำลังขยายสูงก็จะพบแบคทีเรียรูปแท่ง(rod) เกาะยึดติดกับแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย และมีแบคทีเรียรูปแท่งบางส่วนเกาะยึดติดกับพื้นผิววัสดุตัวกลางโดยตรง ซึ่งเมื่อระดับความหนาแน่นของปลาบู่ทรายที่มากขึ้นส่งผลให้แบคทีเรียที่ยึดเกาะที่พื้นผิวของวัสดุตัวกลางมากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในภาพที่ 39-41 (ก-ค) เมื่อเลี้ยงปลาด้วยความหนาแน่นที่สูงขึ้นก็จะมีการให้อาหารปริมาณมากขึ้น ของเสียที่ปล่อยออกจากตัวปลามีมากขึ้นด้วย ทั้งในรูปสารละลาย ในรูปตะกอนแขวนลอยที่มาจากอาหารเหลือและการขับถ่ายจากตัวปลาของเสียเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรียมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย

การส่องตรวจพื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ทำงานเป็นระยะเวลา 70 วัน พบว่ามีการสะสมของแบคทีเรียเป็นชั้นหนาแตกต่างจากในช่วง 35 วันอย่างเห็นได้ชัดและส่วนระดับความหนาแน่นของปลาที่มากขึ้นยังมีผลทำให้มีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียบนผิวของตัวอย่างซึ่งสอดคล้องกับที่ระยะเวลา 35 วัน เนื่องจากอาหารและออกซิเจนที่มากพอ แบคทีเรียจะขยายตัวไปเรื่อยๆ ซึ่งวัสดุตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวมากๆจะรองรับหรือสร้างฟิล์มชีวภาพได้ดี ดังแสดงในภาพที่ 42-44 (ก-ค)

การยึดเกาะของแบคทีเรียบนผิวของวัสดุตัวกลางมีมากขึ้น เชื้อแบคทีเรียสามารถยึดเกาะวัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวนได้ดีกว่าไบโอบอล ซึ่งจากการสังเกตกล่าวได้ว่าเชื้อแบคทีเรียที่ยึดเกาะบนวัสดุตัวกลางใกล้เคียงกัน เนื่องจากพื้นที่ผิวที่มากและอีกทั้งเนื้ออวนมีลักษณะของเส้นด้ายที่พันกันไปมาทำให้มีซอกมุมที่ให้แบคทีเรียยึดเกาะได้มากกว่า โดยเชื้อแบคทีเรียสามารถเพิ่มจำนวนบนวัสดุตัวกลางได้ดี ในขณะที่ตาข่ายพรางแสงมีลักษณะเป็นเป็นเส้นพลาสติกสานเสริมแรงด้วยเชือกทำให้มีผิวลื่นเป็นเหตุให้แบคทีเรียยึดเกาะได้ยากกว่า โดยคุณสมบัติของวัสดุตัวกลางแต่ละชนิดจะมีลักษะที่แตกต่างกันคือ ไบโอ

บอล เป็นวัสดุทำด้วยพลาสติกมีลักษณะเป็นหนามเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ ออกแบบมาให้เป็นทั้งกรองกายภาพและชีวภาพ และเป็นตัวกระจายน้ำทำให้เพิ่มปริมาณ ออกซิเจน ดักตะกอนและเป็นที่อยู่ของแบคทีเรีย ติดตั้งง่าย น้ำหนักเบา ซอกมุมมากทำความสะอาดยากและอุดตันง่าย ส่วนตาข่ายพรางแสง ใช้ได้ทั้งกรองกายภาพ และกรองชีวภาพ ใช้ดักตะกอนได้แต่ไม่สามารถดักตะกอนแขวนลอยได้ดีและสามารถยืดอายุกรองไม่ให้เกิดการอุดตันได้ง่าย มีพื้นที่ว่างมาก ติดตั้งง่าย น้ำหนักเบา ทำความสะอาดไม่ยากนัก ส่วนเนื้ออวนใช้กรองได้ทั้งกายภาพ และชีวภาพ ทำความสะอาดง่าย มีความคงทน น้ำไหลผ่านได้ทั่วถึง จัดรูปทรงให้เข้าบ่อกรองได้ง่าย มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ใช้ดักตะกอนและเป็นที่อยู่ของแบคทีเรียได้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุตัวกลางเนื้ออวนและตาข่ายพรางแสงสามารถสนับสนุนการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้

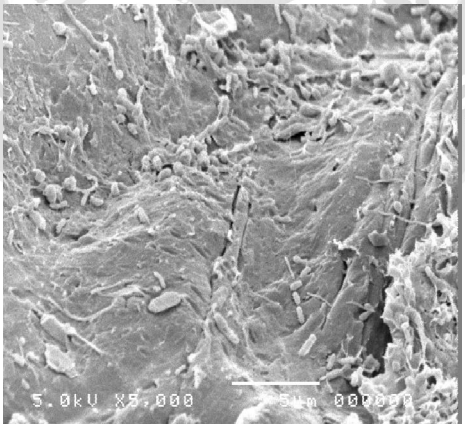
โดยจากผลการทดลองนี้กล่าวได้ว่าลักษณะทางกายภาพของวัสดุตัวกลาง เช่น พื้นที่ผิว ก็เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเพิ่มขึ้น เพราะการมีพื้นที่ผิวมากทำให้จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะบนตัวกลางได้มากขึ้น ซึ่งสามารถดึงเอาสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำมาใช้ได้มากขึ้น ซึ่งพื้นที่ผิวยิ่งมากขึ้นเท่าใดก็ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์มากขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ให้จุลินทรีย์มาเกาะมากแต่ผลที่ตามมาคือ ทำให้เกิดการอุดตันของวัสดุตัวกลาง โดยในช่วงแรกแบคทีเรียจะเป็นชนิดที่เกาะติดบนตัวกลางอย่างเดียว เมื่อระบบเดินไปได้ระยะหนึ่งจะมีแบคทีเรียที่หลุดและเติบโตอยู่ในช่องว่างของตัวกลางในลักษณะแขวนลอย ซึ่งพื้นที่ผิวของตัวกลางจะมีความสำคัญน้อยกว่าความสามารถในการรักษาตะกอนเหล่านี้ไว้



(ก)



(ข)



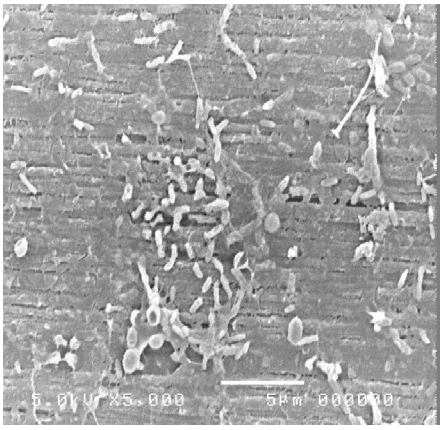
(ค)

ภาพที่ 35 การยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิววัสดุตัวกลางไบโอบอลที่ระยะเวลา 35 วันของการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด

(ก) พื้นผิวตัวกลางไบโอบอลที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 6 ตัว/ตารางเมตร

(ข) พื้นผิวตัวกลางไบโอบอลที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 10 ตัว/ตารางเมตร

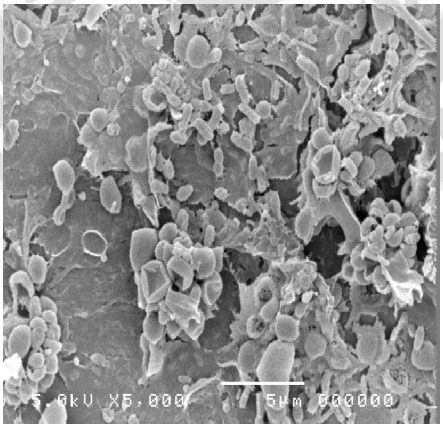
(ค) พื้นผิวตัวกลางไบโอบอลที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 14 ตัว/ตารางเมตร



(ก)



(ข)



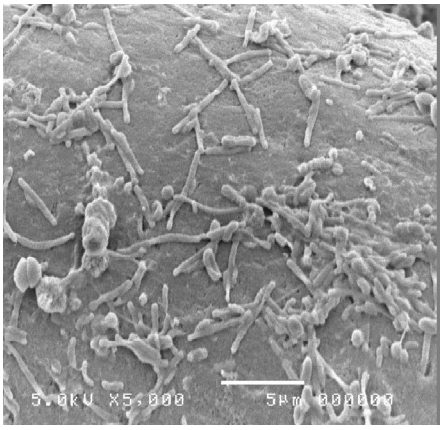
(ค)

ภาพที่ 36 การยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิววัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ระยะเวลา 35 วัน ของการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด

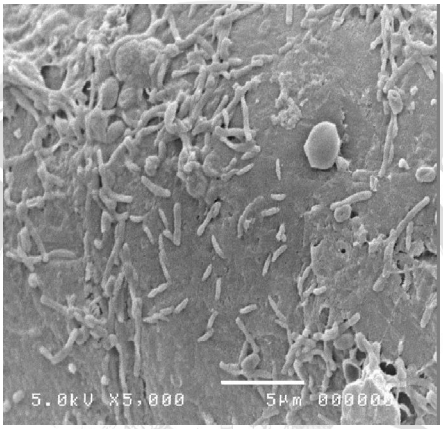
(ก) พื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 6 ตัว/ตารางเมตร

(ข) พื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 10 ตัว/ตารางเมตร

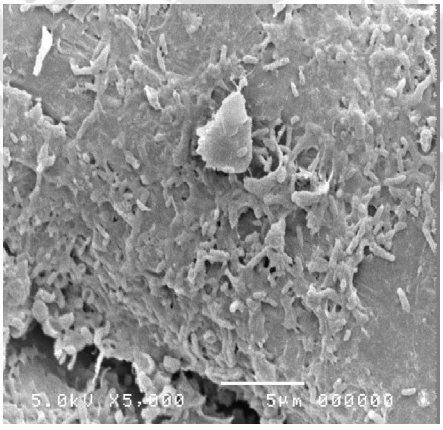
(ค) พื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 14 ตัว/ตารางเมตร



(ก)



(ข)



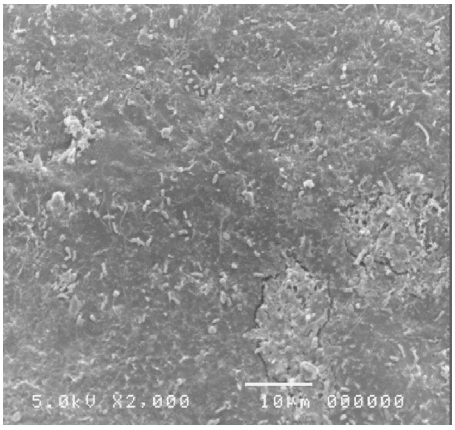
(ค)

ภาพที่ 37 การยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิววัสดุตัวกลางเนื้ออวนที่ระยะเวลา 35 วันของการเลี้ยงปลาบู่-ทรายระบบปิด

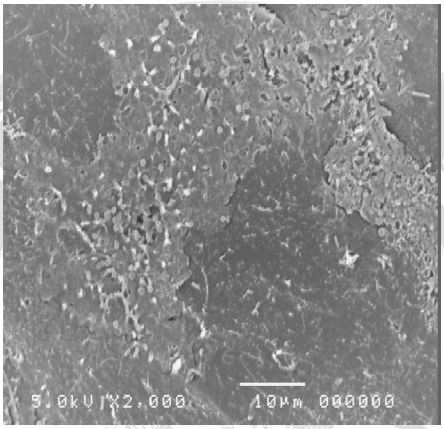
(ก) พื้นผิวตัวกลางเนื้ออวนที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 6 ตัว/ตารางเมตร

(ข) พื้นผิวตัวกลางเนื้ออวนที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 10 ตัว/ตารางเมตร

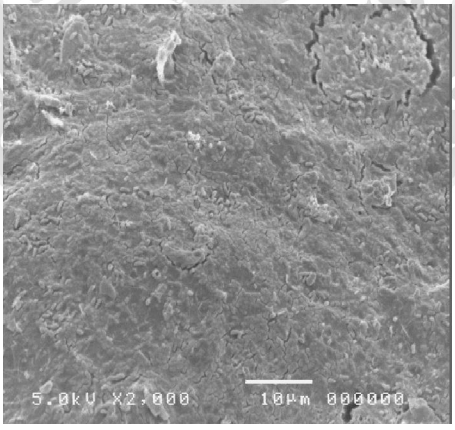
(ค) พื้นผิวตัวกลางเนื้ออวนที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 14 ตัว/ตารางเมตร



ก



ข



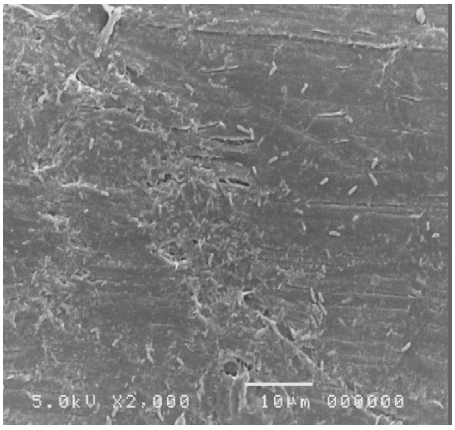
ค

ภาพที่ 38 การยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิววัสดุตัวกลางไบโอบอลที่ระยะเวลา 70 วันของการเลี้ยง ปลาบู่ทรายระบบปิด

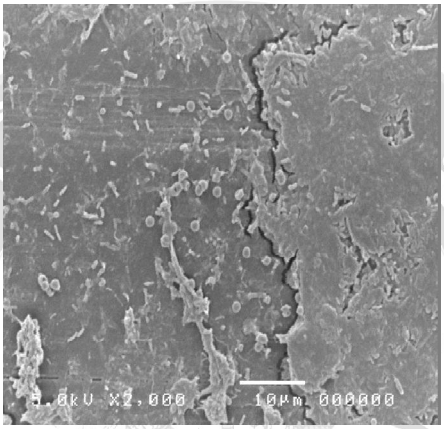
(ก) พื้นผิวตัวกลางไบโอบอลที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 6 ตัว/ตารางเมตร

(ข) พื้นผิวตัวกลางไบโอบอลที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 10 ตัว/ตารางเมตร

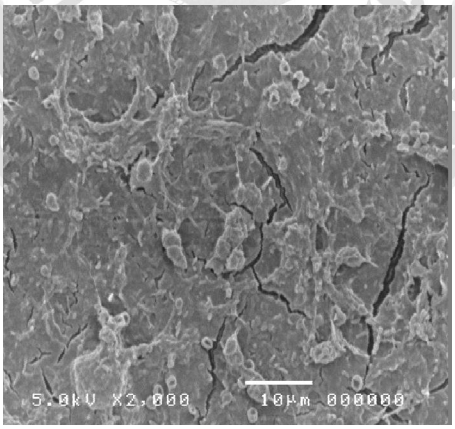
(ค) พื้นผิวตัวกลางไบโอบอลที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 14 ตัว/ตารางเมตร



ก



ข



ค

ภาพที่ 39 การยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิววัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ระยะเวลา 70 วันของการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด

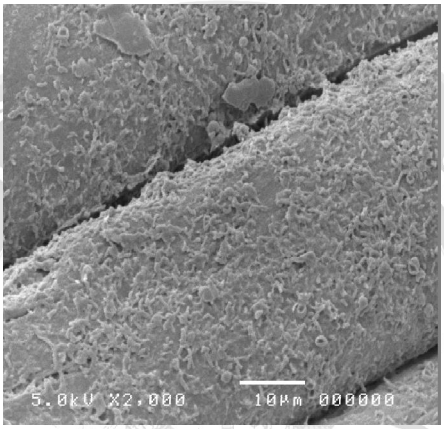
(ก) พื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 6 ตัว/ตารางเมตร

(ข) พื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 10 ตัว/ตารางเมตร

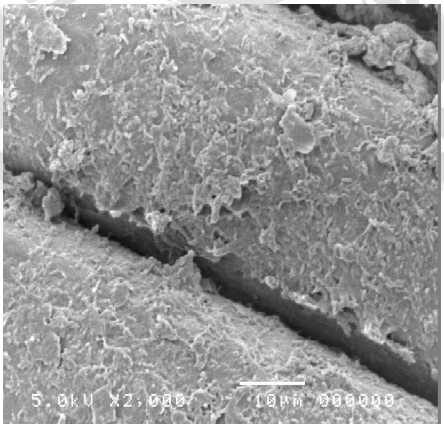
(ค) พื้นผิวตัวกลางตาข่ายพรางแสงที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 14 ตัว/ตารางเมตร



ก



ข



ค

ภาพที่ 40 การยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิววัสดุตัวกลางเนื้ออวนที่ระยะเวลา 70 วันของการเลี้ยงปลาบู่-ทรายระบบปิด

(ก) พื้นผิวตัวกลางเนื้ออวนที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 6 ตัว/ตารางเมตร

(ข) พื้นผิวตัวกลางเนื้ออวนที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 10 ตัว/ตารางเมตร

(ค) พื้นผิวตัวกลางเนื้ออวนที่ใช้กับการเลี้ยงปลาบู่ทรายที่ระดับ 14 ตัว/ตารางเมตร

สรุปผลการทดลอง

1. การเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิดที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัว /ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโต ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นทั้ง 3 ระดับ พบว่าคุณภาพน้ำของถังเลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
2. ประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางทั้ง 3 ชนิด พบว่าวัสดุกรองตาข่ายกรองแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทและปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีดว่าวัสดุตัวกรองอื่น
3. สรุปได้ว่าการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่น 14 ตัว /ตารางเมตร ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อพิจารณาถึง น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองและอัตราการเจริญเติบโต ในส่วนของวัสดุตัวกลางจะพบว่าวัสดุกรองตาข่ายกรองแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา องอาจ, วลีรัตน์ มุสิกะสังข์, พณารัตน์ สอนสุกใส และพุทธ ส่องแสงจินดา. 2551. อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกทะเลที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ.สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ณรงค์ คงมาก. 2542. ปลาบู่ทราย. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. นนทบุรี. 94 หน้า.

เฉิดฉัน อมาตยกุล, วัฒนะ ลีลาภัทร, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์, ทวี วิพุทธานุมาศ, ประดิษฐ์ ศรีภทรประสิทธิ์ และสมพร กุลบุญ. 2538. ปลาบู่ทราย. กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 89 หน้า.

ทวี วิพุทธามาศ และ ยุพินท์ วิวัฒนชัยเศรษฐ์. 2532. การเพาะเลี้ยงปลาบู่. วารสารการประมง. 42(1):451-463

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร. หน้า 56-63.

ประดิษฐ์ เพ็ชรจรูญ และ การุณ อุไรประสิทธิ์. 2549. ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาไหลนา. การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2547. วันที่ 7-9 กรกฎาคม 2547.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2547. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 2 . ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 19/3-19/36.

มุทิตา วุฒิกัมพล, เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และสรวิศ เผ่าทองศุข. 2546. ผลของตัวกรองชีวภาพต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาทับทิม *Oreochromis niloticus* ระบบปิดในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิฐู นันทิธัญญธาดา. 2546. การกำจัดไนเตรทในตู้เลี้ยงปลาโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 157 หน้า.

วีระพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย . 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

ศิริวัฒน์ คูเจริญไพบูลย์. 2544. การกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในตู้เลี้ยงปลาน้ำจืดระบบปิดโดยตะกอนเร่ง. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สิทธิโชค บัวดี . 2547. แบคทีเรียไนตริฟายอิ่งและตัวกรองชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติเพื่อกำจัดแอมโมเนียในระบบบำบัดน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 153 หน้า.

สุธาสินี อ่วมจันทร์. 2546. การเปลี่ยนแปลงของกลุ่มแบคทีเรียในตัวกรองชีวภาพแบบไนตริ-ฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่นสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 147 หน้า.

สุวิมล ตันฑสุกิจวณิช. 2545. ระบบบำบัดไนเตรทสำหรับระบบหมุนเวียนน้ำทะเลแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล สายวานิช. 2531. การออกแบบและการควบคุมการทำงานของกระบวนการตกกระบวนการไนตริฟิเค-ชันและดีไนตริฟิเคชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alderton, D. 1983. Looking After Aquarium Fish. Pentos Company, London.

Cheah, S.H., Senoo, S., Lam, S.Y., Ang, K.J., 1994. Aquaculture of high-value freshwater fish in Malaysia: the marble or sand goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker). Naga ICLARMQ. 17(2): 22-25.

Doyle, R.W. and A. J. Talbot. 1986. Artificial selection for growth and correlated selection on competitive behavior in fish. Abb. 43:1059-1064.

Gonzales, J.G.M. 1995. Nitrogen Removal: charpter 6 in Adv. Waste Treatment. 3rd ed. California State University, California, USA.

Gross, A., C.E. Boyd and C.W. Wood. 2000. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. Aquacultural Eng. 24: 1-14.

Hargreaves, J.A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. Aquaculture. 166: 181-212.

Haugen, K.S., M.J. Semmens and P.J. Novak. 2002. A novel in situ technology for the treatment of nitrate contaminated groundwater. Wat. Res. 36: 3497-3506.

Hepher, B. 1967. Some Biological Aspects of Warm-Water Fish Pond Management. pp. 412-428. In Gerking, D. (ed.). The Biological Basis of Freshwater Fish. Blackwell Scientific Publication, Oxford and Edinburgh, UK.

Ip, Y.K. , S.F. Chew and D.J. Randall. 2001. Ammonia toxicity, tolerance, and excretion. Fish physiology 20: 109-148.

Landau, M. 1992. Introduction to Aquaculture. John & Sons, Inc., USA.

Lawson, T. B. 1995. Fundamentals of aquaculture engineering. Chapman & Hall. New York. 355 pp.

Lee, J.S. and M.E. Newman. 1997. Aquaculture: An Introduction. 2nd ed. Interstate Publishers, Inc., USA.

Leclercq, D.I., Hopkins, K., 1985. Preliminary test of an aerated tank system for tilapia culture. Aquacult. Eng. 4, 229–304.

Lin, C.K., Kaewpaitoon, K., 2000. An overview of freshwater cage culture in Thailand. In: Liao, I.C., Lin, C.K. (Eds.), Cage Aquaculture in Asia; Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines and World Aquaculture Society Southest Asian Chapter, Bangkok, Thailand, pp. 253-257.

Mohammad T. Ridha and Emmanuel M. Cruz. 2001. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. Aquacultural Engineering 24: 157–166.

Pe/nzes, B. 1986. Goldfish and Ornamental Carp. Barron's Educational Series, Inc., Woodbury, New York.

Redner, R., Stickney, R.R., 1979. Acclimation to ammonia by *Tilapia aurea*. Trans. Am. Fish. Soc. 108, pp. 383–388 .

Roberts, T.R. 1989. The freshwater fishes of western Borneo (Kalimantan Barat, Indonesia). California Academy of Science Memoirs 14: 166-167.

Robinson, B. W. and R. W. Doyle. 1990. Phenotype correlation among behavior and growth variable in tilapia: Implication for domestication selection. Aquaculture 85:177-186.

Scott, P.W. 1996. The Complete Aquarium. Dorling Kindersley, London.

Spotte, J. 1971. Seawater Aquariums : The Captive Environment. Wiley, New York.

Su Shiung Lam, Mohd. Azmi Ambak , Ahmad Jusoh and Ah Theem Law. 2008. Waste excretion of marble goby (Oxyeleotris marmorata Bleeker) fed with different diets. Aquaculture. 274 :49–56 pp.

Timmonas, M.B., J.M. Ebelimg. F.W. Wheaton, S.T. Summerfelt and. B.J. Vinci. 2002. Recirculating aquaculture system, NRAC Publication No. 01-002. Cayuga Venture. New York. 769 p.

Vijayan, M.M. and J.F. Leatherland. 1988. Effect of stocking density on the growth and stress- response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. Aquaculture. 75: 159-170.

Wang, N., R. S. Hayward and D. B. Noltie. 2000. Effects of social interaction on growth of juvenile hybrid sunfish held at two densities. North Amer. J. Aqua. 62:161-167.

Wilkie, D. 1986. Aquarium Fish. Pilham Books Ltd., London.

Wungkobkiat, A., Lekcholaryut, T., Kucharoenphaibul, S. and Matsumura, M. 1997. Treatment of nitrogen through nitrification and denitrification processes using immobilized cell system in nursery shrimp pond and aquarium wastewaters : nitrogen compound changing under intensive culture of *Carassius auratus* (goldfish) in closed system Aquaria. Annual Reports of IC Biotech. Osaka University, Osaka, Japan, 20: 537-548.

MAEJO UNIVERSITY

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 3 : แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์

Evaluation of the Prebiotic and Probiotic as Dietary Supplements for Sex Reversal Tilapia Organic Farm

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์[1] และ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล[1]

Thepparath Ungsethaphand[1] and Tipsukhon Pimpimol[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางการใช้ prebiotic และ probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ โดยศึกษาการผสมระหว่าง preobiotic และ probiotic เสริมในอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ใช้อาหารทดลอง โปรตีน 30% 4 สูตร ได้แก่ อาหารควบคุม (CTRL) อาหารที่เสริม Yeast *Saccharomyces cerevisae* 0.1%(YSOO) อาหารที่เสริม Yeast 0.1% และ Fructo oligosaccharide 1%(YSFO) และอาหารที่เสริม Yeast 0.1% และ Chitosan 1%(YSCH) ของน้ำหนักอาหาร เลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชัง อัตราการปล่อย 20 ตัว/ตร.ม.ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริม YSOO , YSFO และ YSCH มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร CTRL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกัน(P>0.05) ด้านการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน พบว่าอาหารที่เสริม YSOO , YSFO และ YSCH ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันที่ดีกว่าอาหาร CTRL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งทำให้ค่าฮีมาโตคริต เม็ดเลือดขาว ซีรัมไลโซไซม์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนพบว่าสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รองลงมาคือ

YSCH แต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นควรใช้สูตร YSOO เพราะมีต้นทุนต่ำที่สุด

คำสำคัญ: Probiotic; Prebiotics; การเจริญเติบโต; ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ; ปลานิล (*Oreochomis niloticus*)

Abstract

This study evaluated the effects of probiotic and synbiotics of prebiotics and probiotic, on growth performance and non specific immune responses in Nile tilapia. Two prebiotics (fructo oligosaccharide and chitosan) and one probiotic (yeast) were used to formulated the isonitrogenous (30% crude protein) and isocaloric (16.3 KJ/g) diets: one supplemented at 0.1 % with the yeast *Saccharomyces cerevisae* (YSOO); a second supplemented with a mixture containing 0.1 % of yeast and 1% of fructo oligosaccharide (YSFO); a third supplemented with a mixture containing 0.1 % of yeast and 1% of chitosan (YSCH) and a fourth, a control diet without supplements (CTRL). The diets were fed for 120 days to tilapia fingerling stocked in 9 m-2 net cages at a density of 20 fish per m-2, twice a day at 3% body weight. Results indicate that the fish fed with diets with the probiotic and synbiotics of prebiotics and probiotic supplement (YSOO, YSFO and YSCH) exhibited greater growth and inducing the non specific immune responses (hematocrit, white blood cells and serum lysozyme) than those fed with the control diet ($p<0.05$). Moreover, a cost of feed was lowest ($p<0.05$) when YSOO was applied. In conclusion, the diet supplemented with yeast (YSOO) produced the best growth performance and non specific immune responses, suggesting that yeast is an appropriate growth-stimulating additive in tilapia cultivation.

Key word: Probiotic; Prebiotics; Growth; Nonspecific immune responses; Tilapia (*Oreochomis niloticus*)

คำนำ

ปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) จัดได้ว่าเป็นปลาเขตร้อนที่เลี้ยงง่ายและเจริญเติบโตรวดเร็ว กินอาหารได้เกือบทุกชนิดแต่ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืช อีกทั้งเป็นปลาที่มีรสชาติดี ทำให้ปลานิลกลายเป็นปลาที่ได้รับความนิยมบริโภคและเลี้ยงอย่างแพร่หลายทั่วทวีปเอเชีย และจากยุทธศาสตร์การบริหารสินค้าปลานิลและ ผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกขึ้น ในระหว่างปี พ.ศ. 2551-2554 เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลตามมาตรฐานระบบการผลิตที่ถูกต้องใน ฟาร์ม และขยายช่องทางตลาดการส่งออกปลานิลให้กว้างขวาง เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงปลานิลเพื่อเป็นอาชีพเพิ่มมากขึ้น และเมื่อมีการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้ยาและสารเคมีที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้เกิดปัญหาการตกค้างของยาและสารเคมี

การศึกษาแนวทางในการผลิตสัตว์น้ำโดยไม่ใช้ยาและสารเคมีจึงเป็นแนวทางสำคัญ การเสริม prebiotic หรือ probiotic ลงในอาหารสัตว์น้ำนั้น จะช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค ทำให้การเจริญเติบโตและความต้านทานโรคดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ลดการใช้ยาและสารเคมี ทำให้ผลผลิตสัตว์น้ำปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม แต่ในวิธีการปฏิบัตินั้นยังคงมีปัญหาอยู่มาก ทั้งด้านต้นทุน ชนิด และความหนาแน่นของปริมาณโปรไบโอติกที่ใช้อย่างได้ผลในสภาวะแวดล้อมในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่แตกต่างกัน

การศึกษาวิจัยนี้จึงให้ความสนใจในแนวทางการเลี้ยงปลานิลที่ไม่ใช้ยาและสารเคมี โดยการหาระดับของ prebiotic และ probiotic ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และเพิ่มความต้านทานต่อโรค เพื่อมาใช้ในการเลี้ยงปลานิล และเป็นแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรในการเพาะเลี้ยงปลานิล และเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์ให้ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ prebiotic และ probiotic ในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศเพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ prebiotic เสริมในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในปลานิลแปลงเพศ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การเสริม prebiotic และ probiotic ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลแปลงเพศ
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ ลดการใช้ยาและสารเคมีในการป้องกันโรค
3. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

การตรวจเอกสาร

ปลานิล (Nile Tilapia) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของไทย เป็นปลาที่เลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้เกษตรกรหันมานิยมเลี้ยงปลานิลอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการเลี้ยงปลานิลประมาณ 200,000 ตัน มูลค่าประมาณ 7,900 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดทั้งหมดของไทย และคิดเป็นร้อยละ 20 ของมูลค่าการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดของไทย (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2550) กรมประมงมีนโยบายเพิ่มกำลังการผลิตปลานิลให้มากกว่าที่เป็นอยู่ร้อยละ 10 ทั้งนี้เพื่อขยายตลาดการส่งออกปลานิล เนื่องจากการผลิตส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 70 เป็นการบริโภคภายในประเทศ โดยตลาดส่งออกที่สำคัญในปัจจุบัน ได้แก่ สหรัฐฯ อิตาลี ฝรั่งเศส ออสเตรเลีย ตะวันออกกลาง และเอเชีย ราคาส่งออกนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและความต้องการปลานิลของตลาดโลก ซึ่งปัจจุบันไทยส่งออกปลานิลทั้งในรูปปลานิลแช่แข็ง และในรูปแล่เนื้อประมาณ 10,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 800 ล้านบาท (เกวลิน, 2552)

การเลี้ยงปลานิลก็ประสบกับปัญหาโรคระบาดอย่างรุนแรงในทุกส่วนของประเทศโดยเฉพาะ ในส่วนของการเลี้ยงปลานิลในกระชัง และกระทบต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องคือ ปริมาณปลาเนื้อหายไปมากทำให้ราคาปลาขยับต่ำเพิ่มขึ้นอีก ทั้งปลากระชังและปลาเลี้ยงในบ่อดินส่งผลให้มีการใช้ยาและสารเคมีมากขึ้น และการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรม สภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลงจากการใช้ยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นสาเหตุให้ยาปฏิชีวนะที่ตกค้างในตัวสัตว์น้ำและถ่ายทอดต่อมายังผู้บริโภค ส่งผลเสียทำให้เชื้อแบคทีเรียพัฒนาตัวเองจนเป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อยาปฏิชีวนะ (FAO, 2002) จากนโยบายอาหารปลอดภัย และการมุ่งสู่ครัวของโลกของรัฐบาล แนวทางการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์จึงเป็นทางออกในการสร้างผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค การศึกษาแนวทางในการผลิตสัตว์น้ำโดยไม่ใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีจึงเป็นแนวทางสำคัญ เพื่อพัฒนาวิธีการในการส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำและป้องกันโรค เช่น การใช้วัคซีนและ probiotic แต่ยังคงมีปัญหาในวิธีการปฏิบัติอยู่มาก ทั้งด้านต้นทุนและแรงงานในการใช้วัคซีน ชนิด และความหนาแน่นของปริมาณ probiotic ที่ใช้อย่างได้ผลในสภาวะแวดล้อมในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่แตกต่างกัน การใช้ prebiotic ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอาหารที่ร่างกาย สัตว์น้ำไม่สามารถย่อยได้แต่มีประโยชน์ในการช่วยการเติบโตและการทำงานของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานโรค และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกับที่ประสบความสำเร็จอย่างดีในการใช้กับสัตว์ปีกและสุกรรวมถึงในมนุษย์

อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลานิล (Food and Feeding Behavior)

อาหารของปลานิล ตามธรรมชาติปลานิลค่อนข้างจะชอบกินพืช แต่ปลานิลเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) เช่น สาหร่าย แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ ตะไคร่น้ำและของเน่าเปื่อยต่างๆ ส่วนลูกปลาขนาดเล็กกินไรน้ำ คลอเรลลา (*Chlorella*) หรือสไปรูลินา (*Spirulina*) ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลเป็นการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา จะเน้นการให้อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องใช้โปรตีนในปริมาณสูง ในสัตว์น้ำมีความต้องการไม่เท่ากัน สำหรับลูกปลาวัยอ่อน (Juvenile) และลูกปลานิ้ว (Fingerling) มีความต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนประมาณ 30-40% ปลาใหญ่มีความต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนประมาณ 25-30%

ปลานิลเป็นปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหารที่แท้จริงจึงกินอาหารได้ทีละน้อย และมีขบวนการย่อยอาหารที่ค่อนข้างช้า การให้อาหารทีละมาก ๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร และทำให้คุณภาพน้ำเสียได้ ดังนั้นจึงควรให้อาหารทีละน้อยแต่ให้บ่อยครั้ง ความถี่ในการให้อาหารประมาณ 4-5 ครั้งต่อวัน ในประเทศไทยจะนิยมอนุบาลปลานิลให้ได้ขนาดตามที่ต้องการแล้วจึงย้ายไปเลี้ยงในบ่อ การผลิตอาหารตามธรรมชาติสำหรับลูกปลานิล จะใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลไก่ มูลหมู มูลวัวและมูลควาย ในอัตราส่วน 250-300 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน หรืออาจใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมี (ปกรณ์, 2545)

การเลี้ยงปลานิลในกระชังหรือคอก

การเลี้ยงปลานิลในกระชังนั้นนิยมเลี้ยงมานานแล้ว ทั้งในประเทศและต่างประเทศ สำหรับประเทศไทยนิยมเลี้ยงกันมากที่จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดอุทัยธานี บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขา การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการใช้แหล่งน้ำให้เกิดประโยชน์ด้านการเพิ่มแหล่งอาหารประเภทโปรตีนอีกทางหนึ่ง แต่การเลี้ยงด้วยวิธีนี้ไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนักในชนบท เพราะส่วนมากแล้วในชนบทจะมีปัญหาเรื่องอาหารที่นำมาใช้เลี้ยงปลาและน้ำที่มีไม่เพียงพอตลอดฤดูกาลเลี้ยงปลา ด้วยเหตุนี้การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนมากจะทำกันภายในขอบเขตที่จำกัดตามบริเวณที่อยู่ริมแม่น้ำ และผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลในกระชังนั้นขึ้นอยู่กับการดูแลรักษา การให้อาหารและระยะเวลา การเลี้ยงตามปกติผลผลิตของปลานิลจะอยู่ประมาณ 30-50 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดินประมาณ 10-20 เท่า (เพิ่มพูน, 2531)

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ใช้ผลผลิตสูงก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำซึ่งสามารถลดการใช้ประโยชน์ที่ดินขาดแคลนน้ำหรือมีไม่เพียงพอทำการเลี้ยงสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี และช่วยให้ผู้ที่ไม่มีที่ทำกินหันมาเลี้ยงปลาได้ เมื่อปล่อยปลาในอัตราที่เหมาะสมจะทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ช่วยลดระยะการเลี้ยงให้สั้นลงได้ นอกจากนี้ยังสะดวกในการดูแลจัดการ การเคลื่อนย้าย และการเก็บเกี่ยวผลผลิต การลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงแบบอื่นๆ แต่ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง (คีรี, 2542) ปลาที่เลี้ยงในกระชังจะมีการเจริญเติบโตรวดเร็วและสามารถอยู่ได้หนาแน่น เนื่องจากมีน้ำไหลถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา ไม่ขาดแคลนก๊าช

ออกซิเจน สามารถลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงได้ นอกจากนั้นการจับก็ง่าย ได้ปลาที่มีขนาดไม่แตกต่างกัน และการลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงปลาด้วยวิธีอื่นๆ (เมฆ, 2530)

พรีไบโอติก (Prebiotic)

พรีไบโอติก เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร แต่แบคทีเรียบางกลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่สามารถใช้สารอาหารเหล่านั้นในการเจริญและส่งผลต่อการเสริมสร้างสุขภาพของเจ้าบ้านให้ดีขึ้นอาทิเช่น *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* และ *Eubacterium* (Cumming *et al*., 2001) ส่วนใหญ่สารที่นำมาใช้มักเป็นใยอาหารธรรมชาติจากพืชที่มี oligosaccharides ที่ย่อยไม่ได้ หรือคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนชนิดอื่น ซึ่งยังจะช่วยลดอาการท้องผูก ช่วยรักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย และช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสี (พีร์, 2551) สารอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกนั้นต้องสามารถทนต่อการย่อยของกรดในกระเพาะอาหาร และลงสู่ลำไส้ใหญ่ได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง และไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก เพื่อที่จุลินทรีย์ประจำถิ่น (microflora) ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่สามารถใช้สารเหล่านี้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน (Gibson, 2004)

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo oligosacchrides, FOS)

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นโพลีแซคคาไรด์สายสั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้แก่ กลูโคส และฟรุกโตส ต่อกัน 2-10 โมเลกุล โดยที่โมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโตสจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ beta-(2,1)-glycosidic ทำให้ได้ FOS ชนิดต่างๆ ได้แก่ l-ketose (GF2), nystose (GF3) และ fructofuranusylnystose (GF4) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ FOS คือเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความหวานเป็นร้อยละ 30 ของน้ำตาลซูโครสดูดความชื้นเล็กน้อย ให้พลังงานต่ำ (ประมาณ 1.5 กิโลแคลอรีต่อกรัม) เนื่องจากไม่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร มีความคงตัวสูงค่าพีเอชมากกว่า 3 และทนต่ออุณหภูมิไม่เกิน 140 องศาเซลเซียส FOS พบในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด โดยแหล่งอาหารที่มี FOS ในปริมาณสูง ได้แก่ กล้วย หัวหอมใหญ่ กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ ข้าวสาลี ชิคอรี เป็นต้น นอกจากนี้ในระดับ

อุตสาหกรรมอาหารยังมีการผลิต FOS จากน้ำตาลซูโครสโดยอาศัยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของเอนไซม์อินนูลิเนส (inulinase) ได้อีกด้วย การรับประทาน FOS จะช่วยเพิ่มจำนวนแบคทีเรียตัวดีในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งส่งผลให้การทำงานและสุขภาพของระบบทางเดินอาหารดีขึ้น(สุญาณี, 2549)

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของคน และสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ แต่จะถูกหมักด้วยจุลินทรีย์ในบริเวณลำไส้ใหญ่ ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้แก่ *Bifidobactrium* และ *Lactobacillus* แบคทีเรียเหล่านี้สามารถควบคุมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อื่นๆที่ก่อให้เกิดโรคได้ โดยการผลิตกรดไขมันสายสั้น ซึ่งจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างในลำไส้ลดลง ทำให้เกิดความไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค (Ross, 1999)

ไคโตซาน (Chitosan)

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งเป็นโพลิแซคคาไรด์ที่พบมากในธรรมชาติเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (Knorr, 1984) พบได้ทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ ได้แก่ กุ้ง หอย แมลง รา และยีสต์ ปริมาณไคตินที่พบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิต ไคโตซานที่ได้จากการกำจัดหมู่อะซิติลของไคตินด้วยด่างเข้มข้นทำให้โครงสร้างทางเคมีของไคตินเปลี่ยนแปลง โดยหมู่อะซิตามิโดของไคตินถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจนกลายเป็นหมู่อะมิโน($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง ดังนั้นไคโตซาน คือ D-glucosamine(2-amino-2-deoxy-D-glucose) หรือ Poly-ß(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose มีสูตรทั่วไปเป็น ($C_6H_{11}NO_4$) (ลิลา, 2542; ภาวดี และคณะ, 2543) ประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.7 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.8 และไนโตรเจนร้อยละ 8.7 (Muzzarelli, 1977) โดยทั่วไปถ้าหมู่อะซิติลถูกตัดออกไปประมาณร้อยละ 60 ไคตินจะถูกเรียกว่าไคโตซาน และถ้าหมู่อะซิติลถูกตัดหรือหลุดออกไปประมาณร้อยละ 90-100 จะเรียกว่า fully deacetylated chitosan ความสามารถในการกำจัดหมู่อะซิติลจะขึ้นอยู่กับแหล่งของไคตินและกระบวนการผลิต (ขวัญใจ, 2541)

ไคโตซานได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอาหารและเครื่องสำอาง ในวงการแพทย์ได้นำไคโตซานมาทำเป็นแผ่นปิด

แผล ช่วยให้ผู้ป่วยมีอาการเจ็บปวดจากบาดแผลผ่าตัดน้อยกว่าการใช้ผ้าก๊อซชุบน้ำมันวาสลินปิดแผล และยังป้องกันการติดเชื้อของแผล (อัธยา, 2541)

ไคโตซานช่วยในการเพิ่มการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ การใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งมีผลทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ และมีขนาดตัวที่โตสม่ำเสมอมากที่สุด (ปิยะบุตร และคณะ, 2544) กัญช์ และคณะ (2553)พบว่าการเสริมอาหารด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหาร สามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิดไม่จำเพาะในปลากระพงขาวได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gopalakannan and Arul (2006) ไคติน ไคโตซาน มีหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันในการป้องกันและต่อต้านการติดเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ของปลาไน (*Cyprinus carpio*)

ประโยชน์ของพรีไบโอติก (สุญาณี, 2549)

1. ผลต่อระบบทางเดินอาหาร

ที่ลำไส้ใหญ่พรีไบโอติกจะเป็นอาหารให้กับแบคทีเรีย ซึ่งเมื่อแบคทีเรียนำไปใช้ก็จะให้พลังงานและสารบางชนิด เช่น กรดแลกติกและกรดไขมันชนิดสายสั้น (short-chain fatty acids) ซึ่งเป็นผลิตผลจากกระบวนการหมัก ซึ่งการหมักนี้จะทำให้มีการกระตุ้นการเจริญของกลุ่มจุลินทรีย์สุขภาพ และสภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ได้ เช่น *Clostridium perfringens, Salmonella* spp. และ *Esherichia coli* เป็นต้น จึงมีผลช่วยป้องกันอาการท้องเดินโดยเฉพาะจากการติดเชื้อได้ นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติเหมือนใยอาหารอื่นๆ ก็จะช่วยบรรเทาอาการท้องผูกได้ด้วยเนื่องจากผลของการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระและผลต่อการเคลื่อนไหวของลำไส้จึงช่วยให้ขับถ่ายง่าย

2. ผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด

จากการหมักพรีไบโอติกโดยแบคทีเรียในลำไส้ได้กรดไขมันชนิดสายสั้น ความเป็นกรดก็จะช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดได้ เช่น แคลเซียม เหล็ก แมกเนเซียม และสังกะสี นอกจากนี้อาจด้วยกลไกที่ทำให้มีการดึงน้ำเข้ามาช่วยในการละลายเกลือแร่ต่างๆ ได้ จึงมีการคาดการว่าน่าจะส่งผลช่วยลดความเสี่ยงต่อกระดูกพรุนได้

3. ผลต่อการเผาผลาญไขมัน

มีการศึกษาเกี่ยวกับการช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) แต่ยังไม่มีข้อมูลมากนัก ส่วนเรื่องของการลดคอเลสเตอรอล นั้นเช่นกัน การที่จุลินทรีย์สุขภาพเจริญจำนวนมากขึ้นก็จะช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอล และยับยั้งการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ หรืออาจเนื่องจากผลจากกระบวนการหมักที่ได้กรดไขมันสายสั้นบางชนิด โดยเฉพาะกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) ซึ่งสามารถไปยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันรวมทั้งคอเลสเตอรอล ดังนั้นพรีไบโอติกอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดแข็งซึ่งมีสาเหตุจากไขมันได้

4. ผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของระบบทางเดินอาหาร

พบว่าพรีไบโอติกสามารถช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยมีผลต่อการทำหน้าที่ของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิต้านทานในลำไส้ มีผลเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์เยื่อบุผิวของลำไส้ซึ่งสามารถป้องกันการติดเชื้อได้ดีด้วย รวมถึงมีผลต่อจำนวนและการทำงานของจุลินทรีย์ พรีไบโอติกช่วยลดความเสี่ยงต่อโรค ได้แก่ บรรเทาอาการท้องผูก เนื่องจากผลของการเพิ่มปริมาตรอุจจาระ และผลต่อการเคลื่อนไหวของลำไส้ ช่วยป้องกันท้องเสียท้องเดิน โดยเฉพาะจากการติดเชื้อ ลดความเสี่ยงต่อโรคกระดุกพรุน เนื่องจากช่วยเรื่องการดูดซึมของแคลเซียม ลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดแข็งซึ่งมีสาเหตุจากไขมัน

โปรไบโอติก (Probiotic)

โปรไบโอติก หมายถึง จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของเจ้าบ้าน มีผลต่อความสมดุลของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ มีคุณสมบัติทนต่อสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะอาหารและทนต่อเกลือน้ำดีในลำไส้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มแบคทีเรียพวก Lactobacilli และ Bifidobacteria นอกจากนี้ยังมีกลุ่มอื่นๆที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติก โปรไบโอติกเป็นกลุ่มของ จุลิทรีย์ หรืออาหารเสริมที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งสามารถปรับสมดุลย์ในระบบทางเดินอาหาร เช่น microflora ในทางเดินอาหาร (Parker, 1974; Fuller, 1989) Gatwsoupe (1999) กล่าวว่าโปรไบโอติก คือเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เติมลงไปโดยวิธีการใดๆก็ตามแล้วสามารถเข้าไปอยู่ในลำไส้ของเจ้าบ้าน และสามารถมีชีวิตอยู่ได้เพื่อพร้อมที่จะไปปรับปรุงสุขภาพของตัวเจ้าบ้านนั้นๆให้ดีขึ้น จุลินทรีย์โปรไบโอติกมีหลายชนิดทั้งแบคทีเรีย เชื้อราและยีสต์ กลุ่มแบคทีเรีย เช่น *Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus*, *Bacillus subtilis, Bifidobacterium longum*, *Pediococcus pentosaceus* กลุ่มเชื้อราและยีสต์

เช่น *Aspergillus oryzae, Aspergillus niger, Saccharomyces cerevisiae, Pediocuceus* sp.(พิกุล, 2543)

โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวหรือเป็นส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตหลายชนิดที่สามารถไปปรับปรุงคุณสมบัติของจุลินทรีย์ดั้งเดิมที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์นั้น โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจอยู่ในรูปของเซลล์แห้งจากกระบวนการระเหิดแห้ง (freeze dried cells) หรืออยู่ในรูปผลิตภัณฑ์หมัก เมื่อคนหรือสัตว์บริโภคเข้าไปแล้วจุลินทรีย์เหล่านี้จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในระบบทางเดินอาหาร และก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่เป็นโปรไบโอติกจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมทางชีวภาพ ทำให้เกิดสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ลดปริมาณเชื้อที่เป็นโทษและเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ให้มีปริมาณมากขึ้น (ธวัชชัย และคณะ, 2547)

ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

ยีสต์ชนิด *S. cerevisiae* ประกอบด้วยเอนไซม์จำนวนมาก บางส่วนถูกขับออกมาในลำใส้และช่วยเสริมเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในทางเดินอาหาร จึงช่วยให้เพิ่มอัตราการย่อยได้ ทำให้การกินอาหารเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือการเพิ่มน้ำหนักหรือผลผลิต ช่วยสนับสนุนสมดุลย์ของจุลชีพในลำใส้ หากมีการให้อย่างสม่ำเสมอ (Jonewell, 1993) ยีสต์ขนมปัง *S. cerevisiae* มีองค์ประกอบที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น ß-glucans , nucleic acids , mannan oligosaccharides ซึ่งสามารถเพิ่มการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน (Anderson *et al*., 1995; Ortuno *et al*., 2002) Abdel-Tawwab *et al*. (2008) พบว่ายีสต์ *S. cerevisiae* เพิ่มเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันในปลานิล *Oreochromis niloticus* ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อป้องกันโรคในการเลี้ยงปลานิล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษา

Abdel-Tawwab *et al*. (2008) ศึกษาเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันในปลานิล *Oreochromis niloticus* ในลูกปลาขนาด 0.33 กรัม สุ่ม 25 ตัวต่อถัง 140 ลิตร อาหารปลาเสริมด้วยยีสต์ 0, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0 และ 5.0 กรัมต่อกิโลกรัม ให้อาหารเป็นเวลา 12 สัปดาห์ หลังจากที่ทดลองเสร็จนำปลามาทดสอบด้วยเชื้อก่อโรค *Aeromonas hydrophila* ซึ่งจะฉีด

เข้าที่ช่องท้อง สังเกต 10 วัน จดบันทึกลักษณะอาการและอัตราการตายต่อวัน พบว่ามีการเจริญเติบโตสูงสุด การใช้ประโยชน์จากอาหาร และ Protein turn-over ในอาหารที่มียีสต์ 1.0-5.0 กรัมต่อกิโลกรัม ยีสต์ที่เสริม 1.0 กรัมต่อกิโลกรัม จะเพิ่มการสะสมโปรตีนในตัวปลา ปลาตายทั้งหมด ในวันที่ 10 หลังจากฉีดเข้าช่องท้องด้วยเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และจำนวนเชื้อในซีรั่มลดลง เมื่อเพิ่มระดับของยีสต์ในอาหารปลา อย่างไรก็ตามในปลาที่กินอาหารเสริมยีสต์ 5.0 กรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนปลาที่ตายและจำนวนแบคทีเรียน้อยที่สุด ผลบ่งชี้ว่ายีสต์ขนมปังเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เป็นยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันโรค ในการเลี้ยงปลานิล ระดับสูงสุดของยีสต์ขนมปังในอาหาร 1.0 กรัมต่อกิโลกรัม

Lara-Floves *et al.* (2003) ศึกษาผลของโปรไบโอติกสามชนิด ซึ่งมีแบคทีเรียสองชนิด และยีสต์หนึ่งชนิด ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล เลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสามสูตรที่มีระดับโปรตีน 40 % สูตรที่หนึ่งเสริมแบคทีเรีย *Streptococcus faecium* และ *Lactobacillus acidophilus* 0.1% สูตรที่สองเสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 0.1% และสูตรที่สามเป็นอาหารควบคุม เพิ่มอาหารอีกสองสูตรที่มีโปรตีนต่ำ 27% เพื่อเป็นปัจจัยของความเครียด และเสริมโปรไบโอติกแบคทีเรีย และ ยีสต์ 0.1% ในอาหารทั้งสองสูตร เลี้ยงลูกปลานิล 9 สัปดาห์ ในถัง 20 ลิตร ทดสอบ 2 ความหนาแน่น คือที่ความหนาแน่นสูง 20 ตัวต่อถังเพื่อเป็นปัจจัยของความเครียด และความหนาแน่นต่ำ 10 ตัวต่อถัง ผลแสดงว่าลูกปลากินอาหารที่เสริมโปรไบโอติกมากกว่าอาหารควบคุม จากโปรไบโอติกทั้งสี่ทรีตเมนต์ อาหารที่มีโปรตีน 40% เสริมยีสต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีประสิทธิภาพการกินที่ดี ข้อเสนอแนะ ยีสต์ใช้การกระตุ้นการเจริญเติบโตในการเลี้ยงปลานิลได้

Ai *et al*. (2007) ทดสอบผลของการเสริม ß -1, 3 glucan ต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และการป้องกันการติดเชื้อ *Vibrio harveyi* ของปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) อาหารทดลอง 3 สูตร อาหารพื้นฐานเสริม ß -1, 3 glucan 0%, 0.09% และ 0.18% เลี้ยงปลาในกระชังลอยน้ำในทะเลขนาด 1.5x1.5x2.0 ม. แต่ละกระชังปล่อยปลา 100 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 9.75±0.35 กรัม ให้อาหารปลาทุกวัน วันละสองครั้งจนอิ่ม ช่วงเวลา 05:00 และ 17:00 เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารที่เสริม glucan ระดับต่ำ(0.09%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับสูง(0.18%)ไม่เพิ่ม

ซีรัมไลโซไซม์เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของระดับ glucan ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปลาที่กิน glucan ในระดับสูงมีไลโซไซม์สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ glucan ระดับต่ำ ไม่มีความแตกต่างใน alternative complement pathway (ACP) activity ระหว่างปลาที่กินอาหารเสริม และไม่เสริม glucan เปอร์เซ็นต์ phagocytosis (PP) และ respiratory burst activity ในปลาที่กินอาหารเสริม glucan 0.09% สูงกว่าปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ปัจจัยทางภูมิคุ้มกันลดลงในปลาที่กินเสริมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเสริมต่ำ และไม่แตกต่างระหว่างระหว่างควบคุมกับกลุ่มที่เสริมสูง การทดสอบเชื้อปลาที่กินเสริมต่ำมีการตายต่ำ เปรียบเทียบกับควบคุมและกลุ่มสูง (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างระหว่างควบคุมกับกลุ่มสูง ผลบ่งชี้ว่า glucan ระดับสูงไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต แต่ glucan ระดับต่ำเพิ่มการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของ large yellow croaker ใน 8 สัปดาห์ของการให้อาหาร และใช้ในการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันใน large yellow croaker ในอนาคต

จิณณพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ 4 ระดับคือ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารลูกกุ้งที่ผสมฮอร์โมนเพศผู้ 17 α-methyl testosterone ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) ทดลองเป็นเวลา 21 วัน การเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมมีผลทำให้น้ำหนักและความยาวสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการเสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และยังมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตรารอดของลูกปลานิลในอาหารที่เสริมทุกระดับ การเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ในทุกระดับมีผลช่วยให้ลูกปลานิลมีความต้านทานต่อเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ได้ดีกว่าลูกปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีอัตราการตายเฉลี่ย 43.33±20.82, 3.33±5.77, 0.00±0.00 และ0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงถึงประโยชน์ของแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคของลูกปลานิล

การเสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของปลา Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) โดยใช้อาหารที่เสริมยีสต์แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 1, 5 และ 10กรัมต่อกิโลกรัม ทดลองเป็นเวลา

4 สัปดาห์พบว่าการเสริมยีสต์ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของปลา Gilthead seabream การใช้ยีสต์สามารถใช้เป็นตัวกระตุ้นทางภูมิคุ้มกันได้ (Ortuno *et al*., 2002)

มนต์สรวง และคณะ (2550) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบด้วยไคโตซานระดับต่างๆ โดยทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2.18 – 2.42 กรัม ด้วยอาหารสำเร็จรูป 7 สูตร โดยแต่ละสูตรจะมีความแตกต่างกันของระดับไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบเม็ดอาหาร ดังนี้ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัมตามลำดับ การทดลองทำในตู้กระจกซึ่งมีปริมาตรน้ำ 160 ลิตร ระยะเวลาทำการทดลอง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการเคลือบด้วยไคโตซานในระดับ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่ทำให้ปลามีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (P<0.05) น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (P<0.05) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (P<0.05) สูงที่สุด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (P<0.05) ต่ำที่สุด และพบว่าอาหารที่เคลือบด้วยไคโตซานในระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน อัตราการกินอาหารต่อวัน อัตราการรอดตาย การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ และดัชนีตับต่อตัว

กัญช์ และคณะ (2553) ผลการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของปลากระพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ต่อการเสริมไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 1.5 ของน้ำหนักอาหาร ทดลองเป็นเวลา 47 วัน พบว่าการเสริมไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักอาหาร นาน 26 และ 36 วัน มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่การเสริมไคโตซานร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหาร นาน 47 วันมีผลให้ประสิทธิภาพการจับกินสิ่งแปลกปลอม และ Phagocytosis Index เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การเสริม ไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักอาหาร ให้ผลด้านการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมอาหารด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหารสามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิดไม่จำเพาะในปลากระพงขาวได้

Gopalakannan and Arul (2006) ศึกษาผลของไคติน ไคโตซาน และ levamisole ต่อระบบภูมิคุ้มกัน และการเจริญเติบโตของปลาไน(*Cyprinus carpio*) ภายในพื้นที่เลี้ยง ให้อาหารปลาเป็นระยะเวลา 90 วัน และทดสอบด้วยเชื้อ *Aeromonas hydrophila* อาหารเสริมไคติน ไคโตซานและ levamisole เพิ่มการ

เจริญเติบโตทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับอาหารที่ไม่เสริม มีผลการเจริญเติบโตที่สูงในปลาที่กินไคโตซาน 94.92±9.36 กรัม ตามมาด้วย levamisole 93.25±8.4 กรัม และไคติน 63.54±4.7 กรัม อาหารที่เสริมไคติน ไคโตซาน และ levamisole สามารถกระตุ้นกิจกรรมของไลโซไซม์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.001) และ NBT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ(P<0.001) เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *A. hydrophila* 45 วัน เปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์ของอัตรารอด(RPS) มีค่าสูงในปลาที่กินอาหารเสริมไคโตซาน (80%) รองลงมาเป็น levamisole (66.7%) และไคติน (40%) อย่างไรก็ตามRPS ลดลง 68.9%, 57.8% และ37.5% ในวันที่ 90 หลังจากทดสอบด้วยเชื้อ *A. hydrophila* ผลบ่งชี้ว่าอาหารที่เสริมไคโตซานช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และอัตรารอดของปลาไน(*Cyprinus carpio*) ในบ่อ สรุปได้ว่าไคติน ไคโตซาน และ levamisole มีหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันในการป้องกันและต่อต้านการติดเชื้อ *A. hydrophila* ได้

สารละลายไคโตซานมาใช้เคลือบอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในพื้นที่ความเค็มต่ำประมาณ 5±2 พีพีทีของขนาดบ่อ 2 ไร่ พบว่าการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเพิ่มอัตาการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในกุ้งกุลาดำได้มากขึ้น ปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้ง คือ 400 พีพีเอ็ม เนื่องจากทำให้ได้น้ำหนักรวมของกุ้งที่จับได้มากที่สุด เท่ากับ 3,083.25 กิโลกรัม โดยมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญถึง 1,233.25 กิโลกรัม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารมากที่สุดเท่ากับ 1.15 และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.1972 กรัมต่อตัวต่อวัน น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 21.69 กรัมต่อตัว อัตรารอดสูงที่สุด 78.97% ยิ่งไปกว่านั้นการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งยังมีผลทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์และมีขนาดตัวที่โตสม่ำเสมอมากที่สุด (ปิยะบุตร และคณะ, 2544)

ผลของไคติน และไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของปลานิล *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* เสริมในอาหารที่แตกต่างกัน คือ 0, 2, 5 และ 10 % ทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.99±0.01 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีน้ำหนักสุดท้ายในกลุ่มที่เสริมไคติน และไคโตซานต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำหนักสุดท้ายของปลาลดลงตามการเสริมไคตินและไคโตซานที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำหนัก

สุดท้ายของปลาที่กินอาหารเสริมไคติน 5 และ 10 % สูงกว่าปลาที่กินอาหารเสริมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อัตราการแลกเนื้อเป็นไปทำนองเดียวกับน้ำหนัก การเสริมไคติน และไคโตซานจะไปขัดขวางการเจริญเติบโตของปลานิล (Shiau and Yu, 1999)

ดวงกมล (2552) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลสายพันธุ์จิตรดา 3 โดยศึกษาผลต่อกิจกรรมของ phagocytic cells และการสร้างแอนติบอดี้ ทดลองให้อาหารผสมไคโตซานในอัตรา 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารปกติ จากผลการศึกษาพบว่าค่า haematocrit index ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว เปอร์เซ็นต์ฟาโกไซต์ และค่า phagocytic index ของปลานิลเพิ่มขึ้นเมื่อปลานิลได้รับไคโตซานในอัตรา 10.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ และกลุ่มควบคุมค่า haematocrit index ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว เปอร์เซ็นต์ฟาโกไซต์ และค่า phagocytic index มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการได้รับไคโตซาน โดยมีค่าสูงที่สุดเมื่อได้รับไคโตซานเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แต่เมื่อพิจารณาในแง่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะพบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานในอัตรา 10.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุด

การเสริมอินนูลิน โอลิโกฟรุคโตส และแลคโตซูโคส ต่อการเจริญเติบโตและแบคทีเรียในลำไส้ของ turbot (*Psetta maxima*) เสริมในอาหารทดลองอย่างละ 2 % พบว่าน้ำหนักสุดท้ายในปลาที่กินอาหารเสริม โอลิโกฟรุคโตสสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แบคทีเรียสามารถใช้โอลิโกฟรุคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของปลา turbo (Mahious *et al*., 2006)

Delbert and Gatlin (2005) ทดสอบเสริมพรีไบโอติก (GroBiotic®-A) ผสมกับยีสขนมปัง (Brewtech®) ในอาหารปลา hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) เสริมยีสต์ขนมปัง 1 หรือ 2 % และพรีไบโอติก 2 % ทดสอบในปลาสองกลุ่มคือ ขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 64.5 กรัมต่อตัว และขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 118 กรัมต่อตัว เลี้ยงในถัง 1187 ลิตร ให้อาหารวันละสองครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ทดสอบความต้านทานต่อเชื้อก่อโรค *Mycobacterium marinum* ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 16 สังเกตอัตา

การรอดตายจนถึง 21 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเสริมพรีไบโอติกและยีสต์เพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำหนักเพิ่มขึ้นหลังจากกินสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ปลาในกลุ่มที่กินอาหารเสริมยีสต์ 2% มีประสิทธิภาพการกินอาหารสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ปลาที่กินพรีไบโอติก 2% มีอัตรารอด 80% สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ 72-73% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การเสริมยีสต์ในอาหารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคได้

Zhou *et al.* (2010) ได้ศึกษาการเสริมพรีไบโอติก 4 ชนิด คือ ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) ที่ได้จากอินนูลิน, กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (GOS), Bio-MOS และ Previda™ ในปริมาณ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยควบคุมระดับโปรตีน 41% และไขมัน 10% ที่ใช้เลี้ยง Red drum (*Sciaenops ocellatus*) จะให้อาหาร 2 ครั้งต่อวันและกินจนอิ่ม พบว่า ปลา Red drum ที่ได้รับอาหารเสริม Previda™ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ และปลาที่ได้รับอาหารเสริม Bio-MOS มีอัตราการอดตายต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ส่วนกิจกรรม ไลโซไซม์ของปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมพรีไบโอติกทั้ง 4 ชนิด (P<0.05) ดังนั้นการเสริมพรีไบโอติกมีผลต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองภูมิกัน แต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา

ผลของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้นต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ อัตราการตาย และการเจริญเติบโตของปลานิลพันธุ์ผสม *Oreochromis aureus*♂ *x O. niloticus*♀ เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ระดับแตกต่างกัน 0, 0.8 และ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัม ปล่อยปลา 40 ตัวต่อกลุ่ม น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 5.55±0.02กรัม หลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นตามระดับของการเพิ่มฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.10) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และhepatopancreasomatic index (HI, %) ลดลงตามระดับของการเพิ่มฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ แต่ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลพันธุ์ผสม การศึกษาครั้งนี้พบว่าของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้น เป็นผลดีต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จุลินทรีย์ในลำไส้ ระดับที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัม (Hui-yuan *et al*., 2007)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้กระชังทำด้วยเนื้ออวน PE ช่องตา 1 ซม. ขนาด 3.0×3.0×1.5 ม. (กว้าง ×ยาว×ลึก) ขึงในบ่อดินขนาด 1,000 ตร.ม. ด้วยเสาไม้ไผ่ให้ก้นกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 0.5 ซม. ใช้ตาข่ายมุ้งสีฟ้ากรุโดยรอบกระชังส่วนที่อยู่ผิวหน้าน้ำ เพื่อป้องกันอาหารหลุดออกนอกบริเวณกระชัง และรักษาระดับกระชังให้ขอบด้านบนของกระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 30 ซม. เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 120 ซม. ตลอดการทดลอง

สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลานิลแปลงเพศขนาดความยาวประมาณ 6 ซม. ซื้อจากโรงเพาะฟักเอกชน โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. ด้วยความหนาแน่น 200 ตัว/ตร.ม เป็นเวลา 18 ชม. ก่อนทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในกระชังทดลอง ด้วยความหนาแน่น 20 ตัว/ตร.ม. ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วันเพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลอง คือ 3% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09:00-10:00 น. และ 15:00-16:00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 14 วัน

อาหารทดลองและการวางแผนการทดลอง

ศึกษาการผสมระหว่าง Preobiotic และ Probiotic เสริมในอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยผลิตอาหารทดลองจำนวน 4 สูตร ให้มีค่าพลังงานในอาหารเท่ากัน (isocaloric diet) และปริมาณโปรตีนในอาหารเท่ากับ 30% ทุกสูตร ใช้อาหารไม่เสริม Prebiotic และ Probiotic เป็นอาหารควบคุม (CTRL) ส่วนอาหารอีก 3 สูตร ได้แก่ Yeast *Saccharomyces cerevisae* 0.1%(YSOO), Yeast 0.1%ผสมกับ Fructo oligosaccharide 1%(YSFO) และ Yeast 0.1%ผสมกับChitosan 1%(YSCH)ของน้ำหนักอาหาร

อาหารที่ผลิตได้จะนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°ซ ประมาณ 6 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10 % บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ -20°ซ ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง 4 เดือน

ตารางที่ 1 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงปลานิล และองค์ประกอบทางเคมี (%)ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 3

	สูตรอาหาร			
ส่วนประกอบ (%)	**CTRL**	**YSOO**	**YSFO**	**YSCH**
ปลาป่น	25.00	25.00	25.00	25.00
กากถั่วเหลือง	23.63	23.65	23.86	23.86
ปลายข้าว	16.37	16.25	15.04	15.04
รำละเอียด	35.00	35.00	35.00	35.00
ยีสต์	0.00	0.10	0.10	0.10
ไคโตซาน	0.00	0.00	0.00	1.00
ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์	0.00	0.00	1.00	0.00
ผลการวิเคราะห์ (%น้ำหนักแห้ง)				
ความชื้น	9.27	9.21	9.19	9.23
โปรตีน	30.27	30.14	30.01	30.18
ไขมัน	9.33	9.06	9.12	8.87
คาร์โบไฮเดรต	43.40	41.70	42.34	42.89
เถ้า	9.55	9.67	9.45	10.01
เยื่อใย	7.59	7.98	7.39	8.50
พลังงาน [2] (kcal/100g)	378.45	378.05	374.00	374.00

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง

วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl ไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction method เยื่อใย โดยวิธี Fritted Glass Crucible Method เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550°ซ 2 ชม. และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105°ซ 2 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วันจนเสร็จสิ้นการทดลอง ทั้งในและนอกกระชัง ได้แก่ อุณหภูมิและ dissolved oxygen ด้วยเครื่อง oxygen meter (YSI Model 59), Total ammonia วิเคราะห์หาค่าโดยใช้ spectrophoto meter (Hach DR/2000) ส่วนค่า pH ใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG 840)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเติบโต

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

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

$$= \frac{100 \times (\ln \text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ข. อัตรารอด (Survival) %

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) x 100

ค. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

ง. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) (กรัม)

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ก. ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 กิโลกรัม

= ปริมาณอาหารที่ปลากิน x ราคาอาหาร

การตรวจสอบระบบภูมิคุ้มกัน

การสุ่มตัวอย่างปลาในแต่ละชุดการทดลองมาทดสอบระบบภูมิคุ้มกันโรค ดังรายละเอียดต่อไปนี้ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากปลาซ้ำละ 3 ตัว โดยดูดเลือดจากบริเวณโคนครีบหางปลาตัวละประมาณ 0.5 มิลลิลิตร

1. เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดอัดแน่น (Packed cell volume, %PCV)นำเลือดใส่หลอด microhematocrit ประมาณ ¾ ของความยาวหลอด ใช้ดินน้ำมันอุดปลายด้านที่มีเลือดอยู่ ทิ้งไว้ค้างคืนในตู้เย็นให้เลือดแข็งตัว แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดอัดแน่น โดยใช้สูตร

$$\% \text{ เม็ดเลือดอัดแน่น} = \frac{\text{ความสูงของเม็ดเลือด (มิลลิเมตร)}}{\text{ความสูงของเลือดทั้งหมด (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

2. จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว นำเลือดปลาหยดลงบนสไลด์ ที่สะอาด เกลี่ยเลือดให้เป็นฟิล์มบางๆ ทิ้งให้แห้ง แล้วย้อมสีด้วยวิธี Dip Quick ด้วยชุดน้ำยา Wright instant stain set โดยจุ่มสไลด์ลงใน Fixative Solution จำนวน 5 ครั้ง และจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain A จำนวน 5 ครั้ง และจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain B จำนวน 5 ครั้ง ล้างสไลด์ด้วยน้ำกลั่นทิ้งให้แห้ง ทำการนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเลือกบริเวณพื้นที่ของเม็ดเลือดที่บางที่สุด และหยด mineral oil เพื่อส่องดูด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100 เท่า

3. ปริมาณไลโซไซม์ นำเลือดที่เหลือใส่หลอด microfuge เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เลือดแข็งตัว จากนั้นนำไปปั่นแยกซีรั่มที่ความเร็ว 10,000 รอบเป็นเวลา 10 นาที เก็บซีรั่มไว้ที่อุณหภูมิ –20 °ซ จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ไลโซไซม์

วิเคราะห์ปริมาณไลโซไซม์ในซีรัมตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Puangkaew *et al*. (2004) กล่าวคือ ใช้ซีรัม 100 ไมโครลิตร เติมลงในถาดหลุมขนาดเล็ก (96-well plate) ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วเติมสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma) ความเข้มข้น 0.3 มก.ต่อมล. (ในสารละลาย 0.05 PBS, pH 7.4) จำนวน 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดความสามารถของไลโซไซม์ในซีรัมในการย่อยสลายเชื้อแบคทีเรีย โดยสังเกตจากความขุ่นของเซลล์แบคทีเรียที่ลดลง ทุก 5 นาที ที่ความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากผลการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมด้วย prebiotic และ probiotic ทั้ง 3 สูตร มีน้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อแตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีอัตรารอดที่ไม่แตกต่างกันในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ($P>0.05$) ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3

พารามิเตอร์	CTRL	YSOO	YSFO	YSCH	P-Value
น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม/ตัว)	20.53±0.23	20.67±0.20	20.57±0.30	20.57±0.30	0.985
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	140.57±2.38[a]	159.87±3.35[b]	160.13±2.69[b]	160.00±2.64[b]	0.002
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	120.00±2.20[a]	139.23±3.21[b]	139.57±2.41[b]	139.43±2.52[b]	0.002
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)	1.69±0.01[a]	1.79±0.01[b]	1.80±0.00[b]	1.80±0.01[b]	0.000
อัตราการแลกเนื้อ	2.00±0.04[a]	1.84±0.03[b]	1.86±0.02[b]	1.87±0.00[b]	0.006
อัตราการรอดตาย (%)	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	-
ต้นทุน / กิโลกรัม (บาท)	41.41±0.82[a]	38.63±0.56[a]	84.78±0.81[c]	67.32±0.10[b]	0.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รองลงมาเป็นสูตร YSCHแต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของเลือดปลานิล ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3

	จำนวนวันที่ทดลอง			
อาหารทดลอง	**30วัน**	**60วัน**	**90วัน**	**120วัน**
เม็ดเลือดแดง (* 10^6 เซลล์/ลบ.มม.)				
CTRL	1.84±0.04	1.82±0.01^a	1.80±0.01^a	1.82±0.01^a
YSOO	1.94±0.03	2.02±0.03^b	2.02±0.04^b	1.98±0.02^b
YSFO	1.89±0.01	2.00±0.01^b	2.07±0.01^b	2.00±0.01^b
YSCH	1.92±0.01	2.01±0.02^b	2.01±0.00^b	2.03±0.02^b
เม็ดเลือดขาว (%)				
CTRL	8.79±0.21^a	8.65±0.09^a	8.75±0.10^a	8.94±0.10^a
YSOO	10.77±0.20^b	11.12±0.17^b	11.45±0.16^b	11.68±0.20^b
YSFO	10.62±0.08^b	10.77±0.24^b	10.99±0.12^b	11.51±0.05^b
YSCH	11.35±0.16^b	11.04±0.26^b	11.16±0.24^b	11.68±0.15^b
ฮีมาโตคริต (%)				
CTRL	36.30±0.40	36.74±0.07^a	36.53±0.71^a	36.43±0.22^a
YSOO	37.68±0.14	39.07±0.50^b	39.18±0.27^b	38.84±0.29^b
YSFO	37.47±0.45	39.49±0.49^b	39.22±0.12^b	38.87±0.32^b
YSCH	37.35±0.30	38.96±0.37^b	38.94±0.29^b	38.86±0.18^b
ซีรัมไลโซไซม์				
CTRL	14.55±0.53^a	14.73±0.58^a	15.05±1.38^a	14.87±0.54^a
YSOO	19.45±0.71^b	19.55±0.39^b	19.80±1.16^b	20.36±0.49^b
YSFO	18.51±0.90^b	18.58±0.85^b	19.91±0.26^b	20.84±1.25^b
YSCH	18.73±0.34^b	19.04±1.25^b	19.71±0.33^b	20.62±0.68^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ด้านระบบภูมิคุ้มกัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม prebiotic และ probiotic ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณเม็ดเลือดขาว และซีรัมไลโซไซม์ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนค่าฮีมาโตคริต และเม็ดเลือดแดงในสูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร เริ่มมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมตั้งแต่วันที่ 60 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ตามตารางที่ 3

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่า pH อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ และแอมโมเนีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ 3

พารามิเตอร์	CTRL	YSOO	YSFO	YSCH	P-Value
pH	7.47 ± 0.07	7.43 ± 0.03	7.47 ± 0.03	7.47 ± 0.03	0.931
อุณหภูมิ (°ซ)	28.57 ± 0.17	28.70 ± 0.06	28.90 ± 0.10	28.67 ± 0.03	0.216
DO (มก./ล.)	4.43 ± 0.03	4.40 ± 0.00	4.47 ± 0.03	4.43 ± 0.03	0.487
แอมโมเนีย (มก./ล.)	0.117 ± 0.005	0.114 ± 0.004	0.111 ± 0.003	0.111 ± 0.003	0.606

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมด้วย YSOO, YSFO และYSCH มีน้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อแตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่มีอัตรารอดที่ไม่แตกต่างกันในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร (P>0.05) สอดคล้องกับการทดลองของ Lara-Floves *et al.* (2003) ที่เสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 0.1% ในการอนุบาลลูกปลานิลเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า การเสริมยีสต์ *S. Cerevisiae* 0.1% มีการเจริญเติบโตดีที่สุด การทดลองของ Abdel-Tawwab *et al.* (2008) พบว่าการเสริมยีสต์ *S. Cerevisiae* ในอาหารปลานิล เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเจริญเติบโตสูงสุด และการใช้ประโยชน์จากอาหาร ในปลานิลที่กินอาหารสูตรเสริมยีสต์ 1.0-5.0 กรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าการเสริมยีสต์ 1.0 กรัมต่อกิโลกรัมจะเพิ่มการสะสมโปรตีนในเนื้อมากที่สุด ยีสต์มีองค์ประกอบที่ช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโต เช่น ß-glucans, nucleic acids และ mannan oligosaccharides (Abdel-Tawwab *et al*., 2008; Rumsey *et al*., 1992) Ai *et al*. (2007) กล่าวว่าการเสริม ß -1, 3 glucan ในอาหารปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น จิณณพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนัก ความยาว และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันของลูกปลานิลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเสริมไคโตซาน 1% หรือ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิล สอดคล้องกับ Gopalakannan and Arul (2006) เสริมไคโตซาน 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญของปลาไน (*Cyprinus carpio*) และปลานิลที่กินอาหารเสริมไคโตซาน มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการแลกเนื้อดีขึ้น (มนต์สรวง และคณะ, 2550) ปิยะบุตร และคณะ (2544) พบว่ากุ้งที่กินอาหารเคลือบไคโตซาน มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น แต่ขัดแย้งกับการทดลองของ กัญช์ และคณะ (2553) พบว่าการเสริมไคโตซาน 0.5, 1.0 และ 1.5% มีการเจริญเติบโตของปลากระพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่เสริมไคโตซาน และยิ่งไปกว่านั้นการเสริมไคโตซานมากกว่า 1% จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลลดลง

(Shiau and Yu, 1999; ดวงกมล, 2552)การเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิล Grisdale-Helland *et al.* (2008) กล่าวว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารเป็นระยะเวลา 4 เดือน ทำให้ปลาแซลมอนมีประสิทธิภาพการกินอาหารสูงกว่าปลาที่ให้อาหารควบคุม Hui-yuan *et al.* (2007) พบว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ทำให้น้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.10) และมีอัตราการแลกเนื้อที่ลดลง แต่ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลพันธุ์ผสม Mahious *et al.* (2006) พบว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ 2% ในอาหารทำให้ปลา turbot (*Psetta maxima*) มีน้ำหนักสุดท้ายสูงกว่ากลุ่มควบคุม Zhou *et al*. (2007) ทำการทดลองเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (ScFOS,Profeed 95%) ลงในอาหารอนุบาลกุ้งขาวัยอ่อน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารเสริม ScFOS มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตจำเพาะดีขึ้น และอัตราการแลกเนื้อลดลง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม prebiotic และ probiotic ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณเม็ดเลือดขาว และซีรัมไลโซไซม์ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนค่าฮีมาโตคริต และเม็ดเลือดแดงในสูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตร เริ่มมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมตั้งแต่วันที่ 60 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่สูตรอาหารที่เสริมทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับ Abdel–Tawwab *et al*. (2008) การเสริมยีสต์ *S. Cerevisiae* 1 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารช่วยเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดง และค่าฮีมาโตคริต Ortuno *et al*. (2002) กล่าวว่าการเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารจะช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของปลา Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.)ได้ Lim and Webster (2001) กล่าวว่าไลโซไซม์เป็นเอนไซม์ ที่จะทำลายพันธะ ß - 1,4 glycosidic ระหว่าง N -acetylmuramic acid และ N-acetyl glucosamine ในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย จากการทดลองนี้พบว่ามีปริมาณซีรัมไลโซไซม์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการติดเชื้อแบคทีเรีย ส่งผลให้ปลามีสุขภาพที่ดีขึ้น ยีสต์มีองค์ประกอบที่ช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น ß-glucans, nucleic acids และ mannan oligosaccharides (Anderson *et al*., 1995; Ortuno *et*

al., 2002; Abdel-Tawwab *et al*., 2008; Rumsey *et al*., 1992) Ai *et al*. (2007) พบว่าการเสริม ß-1,3 glucan ในอาหารจะเพิ่มซีรัมไลโซไซม์ของปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ตามการเพิ่มของของ glucan ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) Rumsey *et al*. (1992) กล่าวว่าผนังเซลล์ของยีสต์ มี glucan อยู่ประมาณ 7.7% จิณณพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์มีผลช่วยให้ลูกปลานิลมีความต้านทานต่อเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ได้ดีกว่าลูกปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ไคโตซานช่วยในการเพิ่มการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ Gopalakannan and Arul (2006) พบว่าการเสริมไคโตซาน 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถกระตุ้น ซีรัมไลโซไซม์ให้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.001) และช่วยในการต่อต้านการติดเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ของปลาไน (*Cyprinus carpio*) ดวงกมล (2552) พบว่าปลานิลได้รับไคโตซานในอัตรา 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการได้รับไคโตซาน การใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งส่งผลทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ (ปิยะบุตร และคณะ, 2544) เช่นเดียวกับการศึกษาของกัญช์ และคณะ (2553) พบว่าการเสริมอาหารด้วยไคโตซานเข้มข้น 1% ของน้ำหนักอาหารสามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในปลากระพงขาวได้ แต่ไคโตซานเข้มข้น 1.5% ของน้ำหนักอาหาร มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปริมาณของไคโตซานเสริมในอาหาร 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร หรือ 1% Zhou *et al*. (2010) เสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะเพิ่มกิจกรรมไลโซไซม์ของปลา red drum (*Sciaenops ocellatus*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) Mahious *et al*. (2006) กล่าวว่าฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ของ turbot (*Psetta maxima*) และส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในลำไส้ของปลานิลพันธุ์ผสม *Oreochromis aureus*♂ *x O. niloticus*♀ (Hui-yuan *et al*., 2007) Grisdale-Helland *et al*. (2008) พบว่าการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ 10 กรัม/กิโลกรัมอาหาร จะช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของปลาแซลมอนให้ดีขึ้น Delbert and Gatlin (2005) ทดลองเสริมพรีไบโอติก (GroBiotic®-A) ผสมกับยีสขนมปัง (Brewtech®) ในอาหารปลา hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) พบว่าปลามีความต้านทาน

ต่อเชื้อก่อโรค *Mycobacterium marinum* ดีกว่าอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จุลินทรีย์สามารถใช้ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นแหล่งคาร์บอนได้ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้สามารถใช้สารอาหารเหล่านั้นในการเจริญ เพิ่มจำนวน และส่งผลต่อการเสริมสร้างสุขภาพของเจ้าบ้านให้ดีขึ้น (Cumming *et al*., 2001; Gibson, 2004) ปัจจัยทางระบบภูมิคุ้มกันที่เพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก prebiotic ที่เสริมลงไปในอาหาร ไปส่งเสริมการเจริญจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (probiotic) ส่งผลให้ปลามีสุขภาพ และความต้านทานต่อโรคที่ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. การเสริม probiotic และการผสมระหว่าง Prebiotic และ Probiotic ทำให้ปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโต และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันดีขึ้น แตกต่างกับอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. การเสริม probiotic และการผสมระหว่าง prebiotic และ probiotic ทำให้ปลานิลแปลงเพศมีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

3. ปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รองลงมาเป็นสูตร YSCH แต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นควรเสริม Yeast0.1% (YSOO) ในอาหารเพราะมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กัญช์ เกล็ดมณี, ปภาศิริ กาญจโนภาศ-บาร์เนท, คเชนทร เฉลิมวัฒน์, วิชชุดา ประสาทแก้ว, สุกานดา ทับเมฆา และหยาดเพชร โอเจริญ. 2553. การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว(*Lates calcarifer* Bloch) ต่อการเสริมอาหารด้วยไคโตซาน. **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48**: สาขาประมง. กรุงเทพฯ, น. 55-63.

เกวลิน หนูฤทธ์. 2552. **รายงานสถานการณ์สินค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ ไตรมาส 1 ปี 2552**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา fishco.fisheries.go.th/.../nin_magazine_Quarter1_52.php(19 ตุลาคม 2553).

ขวัญใจ สุชินพงศ์พันธ์. 2541. **การนำไคโตแซนไปใช้ประโยชน์ทางด้านภาชนะบรรจุ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คีรี กออนันกุล. 2542. **การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ**. กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 47 น.

จิณณพัต สำรองพันธุ์, นนทวิทย์ อารีย์ชน, ประพันธ์ศักดิ์ ศิรษะภูมิ. 2551. ผลของการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อการเจริญเติบโตอัตรารอดและความต้านทานโรคของลูกปลานิล(*Oreochromis niloticus* Linnaeus). **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46**: สาขาประมง. กรุงเทพฯ, น. 147-155.

ดวงกมล แสนสวาท. 2552. **ผลของไคโตซานต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในปลานิล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 59 น.

ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2545. การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด. **โครงการพัฒนาตำเพื่ออาชีพสำหรับประชาชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. กรุงเทพฯ, นลิน. 196 น.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์,นบชนก ธนพงศธร และสุวลี จันทร์กระจ่าง. 2544. การใช้ไคติน-ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39 :** สาขาประมง กรุงเทพฯ, น. 30-37

พิกุล จิรวาณิชไพศาล. 2543. **การใช้โปรไบโอติกในสัตว์น้ำ**. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยี ชีวภาพแห่งชาติ. 4 น.

พีร์ เหมะรัชตะ. 2551. **ความสำคัญของ Probiotics ต่อการแพทย์**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์เวชสาร.52(3): น. 193-204.

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. **ปลานิล**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร. 72 น.

ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟู และก้องเกียรติ คงสุวรรณ. 2543. **ไคติน ไคโตซาน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

มนต์สรวง ยางทอง, แขวลี วิบูลย์กิจ และ พิมาน เถาสมบัติ. 2550. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบไคโตซานระดับต่างๆ. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 1(2): น. 223 – 234.

เมฆ บุญพราหมณ์. 2530. **การเลี้ยงปลา**. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 135 น.

ธวัชชัย โพธิ์เฮือง, เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล และกัลยา เจือจันทร์. 2547. ประสิทธิภาพของการใช้โปรไบโอติกในการเลี้ยงไก่. **วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข.** 14(2): น. 52-61.

ลิลา เรืองแป้น. 2542. ไคโตซาน, สัตว์น้ำ. 12(142): น. 65-68.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2550. **ปลานิลไทย : ตลาดขยายตัวทั้งในประเทศและส่งออก**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.positioningmag.com/prnews/printprnews.aspx?id=62988 (28 ตุลาคม 2553).

สุญาณี พงษ์ธนานิกร. 2549. **พรีไบโอติก และ โพรไบโอติก : อาหารสุขภาพ**. ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pharm.chula.ac.th/clinic101_5/article/Radio89.pdf (20 ตุลาคม 2553).

โสมทัต วงศ์สว่าง. 2531. **วิทยาภูมิคุ้มกันทางสัตว์แพทย์**. ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย. 118 น.

อัธยา กังสุวรรณ. 2541. ไคตินผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับศตวรรษที่21. **วารสารกรมประมง** 51(1): น. 57-67.

Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A.M., and Ismael N.E.M. 2008. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture** 280, 185–189.

Anderson, D.P., Siwicki, A.K., Rumsey, G.L., 1995. Injection or immersion delivery of selected immunostimulants to trout demonstrate enhancement of nonspecific defense mechanisms and protective immunity. In: Shariff, M., Arthur, J.R., Subasinghe, R.P. (Eds.), Diseases in Asian Aquaculture: II. **Fish Health Section.Asian Fisheries Society**, Manila, 413–426.

Ai, Q., Mai, K., Zhang, L., Tan, B., Zhang, W, U, W; and Li, H. 2007. Effects of dietary ß -1, 3 glucan on innate immune response of large yellow croaker,*Pseudosciaena crocea.* **Fish & Shellfish Immunology** 22: 394-402.

AOAC, 1990. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 15 th edn., AOAC, Arlington, VA. 1360 p.

Cumming, J. H., Macfarlane, G. T. and Englyst, H. N. 2001. Prebiotic digestion and fermentation. **American Journal of Clinical Nutrition**. 73: 415S-420S.

Delbert, P. L., and Gatlin, M. 2005. Evaluation of the prebiotic GroBiotic®-A and brewers yeast as dietary supplements for sub-adult hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) challenged in situ with *Mycobacterium marinum*. **Aquaculture**. 248:197-205.

FAO, 2002, Antibiotics residue in aquaculture products, the State of World Fisheries and aquaculture. pp. 74-82 (Rome , Italy).

Fuller, R. 1989. Probiotic in man and animal. **Journal of applied bacteriology**. 66:365-378.

Gatesoupe F. J. 1999**.** The use of probiotics in aquaculture. **Aquaculture**, 180. 147 - 165 p.

Gibson, G. R. 2004. Prebiotic. **Journal of Gastroenterology Supplement** . 18: 287-298.

Grisdale-Helland, B., Helland, S.J. and Gatlin III , D.M. 2008. The effects of Dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosac- charide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) **Aquaculture** 283:163–167

Gopalakannan, A., and Arul, V. 2006. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture** 255. 179-187.

Hui-yuan, LV., Zhi-gang, Z., Rudeaux, F: and Respondek, F., 2007. Effects of dietary Short Chain Fructo-oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of *Oreochromis aureus* ♂× *O. niloticus* ♀. **Chinese Journal of Animal Nutrition** . 19(6).

Jonewell, s. 1993. The Use of Yeast Cultures in Animal Feeds, **Feed Mix**. 1(4).

Knoor, D. 1984. Use of chitinous polymer. **Food Technology**. 38: 85-97.

Lara-Floves, M., Olvera-Novoa, M.A., Guzman-Mendez, B.E., Lopez-Madrid, W., 2003. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cererisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*O. niloticus*). **Aquaculture**. 216: 193-201.

Lim and Webster , 2002. C.D. Webster and C.E. Lim, Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. , CAB International, New York, NY (2002).

Mahious, A. S., Gatesoupe, F. J., Hervi, M., Metailler, R; and Ollervier, F. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, Psetta maxima(Linnaeus, C. 1758). **Aquaculture International** 14: 219-229.

Muzzarelli, R.A.A. 1977. **Chitin**. Oxford: Pergamon Press.Ortuno, J., Cuesta, A., Rodriguez, A., Esteban, M. A; and Meseguer, J. 2002. Oral administration of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the cellular innate immune respone of gilhead seabream (*Sparus aurata* L.). **Veterinary Immunology and Immunopathology**. 85: 41-50.

Parker, R. B. 1974. Probiotic, the other half of the antibiotic story. **Animal Nutrition and Health**. 29:4-8.

Puangkaew J, V. Kiron, T. Somamoto, N. Okamoto, S. Satoh, T. Takeuchi and T. Watanabe. 2004. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. **Fish & Shellfish Immunology** 16: 25-39.

Ross, G. C. 1999. **Prebiotic**. In W.T Geral (ed.). Prebiotics a Critical Review. Horizon Scientific Press, Wymondham. 141-156.

Rumsey, G.L., Winfree, R.A., Hughes, S.G., 1992. Nutritional values of dietary nucleic acids and purine bases torainbow trout. **Aquaculture** 108, 97-110.

Shiau, S.Y., Yu, Y.P., 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in Tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. auratus*. **Aquaculture** 179: 439-446.

Vadstein. 1997. The use of immunostimulation in marine larviculture: possibilities and challenges. **Aquaculture** 155: 401-417.

Zhou, Z., Ding, Z. and Huiyuan, L.V. 2007. Effects of Dietary Short-chainFructooligosaccharides on Intestinal Microflora, Survival, and Growth Performance of Juvenile White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal World Aquaculture Society** 38: 296–301.

Zhou, Q.C., Buentello, J.A and Gatlin III, D.M. 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*) **Aquac. Int**. 629314: 1-5.

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 4 : การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิด

Mineral Supplementary in *Macrobrachium rosenbergii* in Closed Recirculatary System Nursery Tank.

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์[1]

Krasindh Hangsapreurke[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

.....

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการนำน้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพัน มาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดโดยมีการเสริมแร่ธาตุในระหว่างการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง โดยการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมโดยไม่มีการเสริมแร่ธาตุตลอดการทดลองเป็นชุดควบคุม การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมโดยมีการเสริมด้วยแร่ธาตุโพแทสเซียมเป็นชุดการทดลองที่ 2 การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมโดยมีการเสริมด้วยแร่ธาตุแมกนีเซียม เป็นชุดการทดลองที่ 3 การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมโดยมีการเสริมด้วยแร่โพแทสเซียมและธาตุแมกนีเซียมเป็นชุดการทดลองที่ 4 พบว่าลูกกุ้งที่ทำการอนุบาลในน้ำที่มีการเสริมด้วยแร่ธาตุแมกนีเซียมและแร่ธาตุโพแทสเซียม มีอัตราการรอดสูงกว่าลูกกุ้งที่ทำการอนุบาลในน้ำที่ไม่มีการเสริมด้วยแร่ธาตุ(P<0.05) โดยมีอัตราการรอดของทั้ง 4 ชุดการทดลอง คิดเป็นร้อยละ 26.12 $\pm$ 0.43 , 31.62 + 0.58, 33.38 $\pm$ 1.63 และ 35.00 $\pm$ 1.21 ตามลำดับ แต่มีพัฒนาการของลูกกุ้งไม่แตกต่างกันโดยที่มีระยะเวลาในการพัฒนาจนถึงระยะคว่ำเป็นเวลา 35 วัน พบว่าลูกกุ้งในชุดการทดลองที่ได้รับการ

เสริมด้วยโพแทสเซียม และ ชุดที่เสริมด้วยแมกนีเซียม มีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกัน(P>0.05) แต่จะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เสริมแร่ธาตุ(P<0.05)และชุดที่ได้รับการเสริมทั้งแมกนีเซียมและโพแทสเซียม มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดที่เสริมแมกนีเซียมอย่างเดียวแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าชุดที่ได้รับการเสริมทั้งแมกนีเซียมและโพแทสเซียม มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดที่เสริมโพแทสเซียมเพียงอย่างเดียว จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่าทั้งความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ pH อุณหภูมิ ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Abstract

This experiment study used artificial sea water having the salinity of 15 : 1,000 for fresh water juvenile prawn culture. It was conducted using close system and mineral was supplemented during the experiment. This experiment consisted of 4 replications using the fresh water juvenile prawns cultured in the artificial sea water without mineral supplementing and this was the controlled group. The second experiment, fresh water juvenile prawns were cultured in artificial sea water and supplemented with magnesium and potassium. Finding showed that the fresh water juvenile prawns supplemented with magnesium and potassium had a higher survival rate than those without mineral supplementing ($P < 0.05$). The survival rates of the 4 replications were 26.12 ± 0.43, 31.62 ± 0.58, 33.38 ± 1.63, and 35.00 ± 1.21, respectively. However, there was no difference in the development of the fresh water juvenile prawns (35 days old). Also, there was no difference in survival rate between fresh water juvenile prawns supplemented with potassium and those supplemented with magnesium ($P < 0.05$). However, they had a higher survival rate than those without mineral supplementing ($P < 0.05$). It was also found that fresh water juvenile prawns supplemented with both magnesium and potassium had a higher survival rate than those supplemented with magnesium but not statistically different ($P >$

0.05). However, fresh water juvenile prawns supplemented with both magnesium and potassium had a higher survival rate than those supplemented with potassium. Based on water quality measured in the experiment, it was found that salinity, amount of oxygen, pH, temperature, amount of ammonia and nitrite were suitable for aquatic animal culture.

คำนำ

กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่เกษตรกรให้ความนิยมในการเพาะเลี้ยงกันแพร่หลาย ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ในปี 2000 มีผลผลิตกุ้งก้ามกรามทั่วโลกถึง 118,501 ตัน คิดเป็นมูลค่า 410,001 พันล้านดอลลาร์ (FAO, 2000) ในปัจจุบันได้มีการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามกันอย่างแพร่หลายในเขตภาคเหนือ แต่ต้องซื้อลูกกุ้งมาจากฟาร์มในภาคกลาง และต้องทำการขนส่งลูกกุ้งมาทางเครื่องบิน ซึ่งทำให้ประสบปัญหาการขาดแคลนลูกกุ้ง ลูกกุ้งมีราคาสูง (ประมาณตัวละ 1 บาท ขึ้นอยู่กับฤดูกาล) อ่อนแอ และมีอัตราการรอดตายต่ำในการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามจำเป็นต้องใช้น้ำเค็มจากทะเลซึ่งมีราคาสูงมากจึงทำให้ต้นทุนการผลิตลูกกุ้งสูงตามไปด้วย จึงได้มีการคิดค้นระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบปิดในเขตพื้นที่ภาคเหนือขึ้นมาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตลูกกุ้งก้ามกราม จากการทดลองของ กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ เมื่อปี พ.ศ.2548 ปรากฏว่าการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดประสบความสำเร็จในระดับที่น่าพอใจ แต่อัตราการรอดตายของลูกกุ้งก้ามกรามยังอยู่ในระดับที่ต่ำประมาณ 20 -30 เปอร์เซ็นต์ แต่การวิจัยในครั้งนั้น น้ำเค็มที่ใช้เลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามยังไม่ได้ชดเชยแร่ธาตุลงไปซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการรอดตายต่ำในการวิจัยครั้งนี้ได้ชดเชยแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญ เติบโตของกุ้งก้ามกราม เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายให้สูงขึ้น และเป็นแนวทางให้เกษตรกรนำวิธีการเพาะเลี้ยงอนุบาลลูกกุ้งก้ามแบบระบบปิดที่มีการชดเชยแร่ธาตุไปใช้เพาะเลี้ยงแบบเชิงพาณิชย์ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างศักยภาพและความสามารถในการผลิตลูกกุ้งก้ามกราม ให้เกษตรกรสามารถ พึ่งพาตนเองได้
2. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตลูกกุ้งก้ามกราม
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตลุกกุ้งก้ามกรามให้สามารถแข่งขันในตลาดได้

การตรวจเอกสาร

เจษฎา อิสเหาะ , 2536 ได้รายงานอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำเกลือสินเธาว์จากแหล่งต่างๆในภาคอีสานว่าลูกกุ้งที่เลี้ยงในน้ำเกลือสินเธาว์จากอำเภอบรบือจะให้ผลการเลี้ยงดีกว่าน้ำเกลือสินเธาว์จากที่อื่น แต่ก็ยังมีอัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตต่ำ เนื่องจากในน้ำเกลือสินเธาว์ มีแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ

ในการเจริญเติบโต การสร้างเปลือกใหม่ และการลอกคราบนั้นจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับการปรับตัวด้านสรีรวิทยา การได้มาของแหล่งอิออนของสารอนินทรีย์ ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงใกล้ชิดกับสารประกอบอินทรีย์ระหว่างกระบวนการสร้างเปลือก ดังนั้นความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งจึงขึ้นอยู่กับความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็มน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในเลือดนับว่าเป็นดัชนีที่มีประโยชน์ การรักษาสมดุลของอิออนระหว่างชั้นเลือดและเปลือกผ่านทางชั้นเอพิเดอมิสมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ การเจริญเติบโตของสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนจะชะงัก หากได้รับแร่ธาตุจากทางอาหารและสิ่งแวดล้อมไม่พอเพียงด้วยเหตุที่มีข้อจำกัดด้านการใช้ฮอร์โมนเร่งการลอกคราบ (ecdysone) ในการผสมในอาหารเพื่อเร่งการลอกคราบในสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) ดังนั้นจึงควรที่จะทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลเร่งการการลอกคราบของกุ้งขาวในการเลี้ยงในบ่อที่มีระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด ระดับความเค็มน้ำซึ่งเกี่ยวเนื่องกับชนิดและปริมาณอนินทรีย์สารในน้ำนับว่ามีอิทธิพลทั้งโดยตรงและอ้อมต่อการเจริญเติบโตและการลอกคราบของกุ้ง

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าความเค็มของน้ำนั้นมีผลต่อการเพาะเลี้ยงและการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามโดยเฉพาะ ผลต่อพัฒนาการของตัวอ่อนและพัฒนาการระยะต่างๆของลูกกุ้งโดยมีผลโดยตรงต่อการลอกคราบเนื่องจากในน้ำเค็มมีแร่ธาตุต่างๆละลายอยู่มากเช่น Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} and Cl^{-} ซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบปริมาณมาก(major constituents) ซึ่งจะมีปริมาณเป็นอัตราส่วนต่อความเค็มของน้ำคงที่เสมอ (มนุวดี, 2532) ดังนั้นแร่ธาตุชนิดต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำย่อมมีผลโดยตรงต่อการเพาะเลี้ยงและการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม โดยที่ บุญรัตน์ และคณะ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า กุ้งสามารถได้รับแร่ธาตุต่างๆได้จากการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร ได้รับจากน้ำโดยตรงโดยการแพร่ของแร่ธาตุผ่านเหงือกหรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง ทั้งนี้ในการที่กุ้งจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่ปริมาณแร่ธาตุน้ำและอาหาร และแร่ธาตุที่กุ้งต้องการแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ แร่ธาตุที่ร่างกายกุ้งต้องการในปริมาณมาก (Macro minerals) ได้แก่ Ca, P, K, S, Na, Cl และ Mg แร่ธาตุในกลุ่มนี้กุ้งมีความต้องการไม่ต่ำกว่าวันละ 100 มิลลิกรัม ส่วนแร่ธาตุอีกกลุ่มนั้นเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายกุ้งต้องการในปริมาณที่ไม่มาก (Micro/trace minerals) ได้แก่ Fe, Mn, Cu, I, Co, Ni, Se, F, Mo, Sn, Cr, Sr, Va และ Si

เนื่องจากปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำ มีความจำเป็นต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้ง ชลอ และคณะ (2547) จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาระดับความเหมาะสมของอิออนสำคัญ ที่มีต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่ามีค่าอิออนหลัก 7 ชนิดได้แก่ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, HCO_3^{-} และ SO_4^{2-} ลดลงหลังจากทำการเลี้ยงไปได้ประมาณ 30-40 วัน และพบว่าในฟาร์มที่มีผลผลิตสูง (ค่าเฉลี่ยของผลผลิต 899 กิโลกรัม/ไร่) มีปริมาณอิออนหลักในน้ำสูงกว่าฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำกว่า (ค่าเฉลี่ยของผลผลิต 560 กิโลกรัม/ไร่)

กุ้งก้ามกรามนั้นมีผู้ที่ได้รายงานผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเคมีในhemolymph ของกุ้งในแต่ละขนาดและแต่ละระยะการลอกคราบไว้ดังเช่นการทดลองของ Cheng *et. al*. (2001) ซึ่งได้รายงานว่า กุ้งก้ามกรามเพศผู้ที่มีขนาดใหญ่ (73.93 $\pm$ 2.73 กรัม) เพศผู้ที่มีขนาดเล็ก (26.04 $\pm$ 1.60 กรัม) และเพศเมีย (24.08 $\pm$ 0.66 กรัม) มีค่า Osmolality และมีระดับ Cl^{-} , Na^{+}, K^{+} ใน hemolymph ไม่แตกต่างกัน($P>0.05$) แต่ระดับ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Oxyhemocyanin

และ Ratio of oxyhemocyanin to protein ในตัวผู้ที่มีขนาดใหญ่ จะต่ำกว่าในตัวผู้ที่มีขนาดเล็กและตัวเมีย($P<0.05$)ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่า ratio of oxyhemocyanin to protein มีค่าไม่แตกต่างกันในทุกระยะลอกคราบ แต่จะมีค่า oxyhemocyanin และ hemolymph proteinในระยะการลอกคราบ D1 มีค่าสูงสุดมากกว่าระยะ ลอกคราบอื่นทุกระยะ และจะลดลงในระยะ D2/D3 ส่วนในระยะ A และ B จะมีค่าเท่ากัน แต่จะมีค่าน้อยกว่าในระยะ D2/D3 และจะเพิ่มขึ้นในระยะ C/D0 ซึ่งในระยะนี้มีค่าเท่ากับระยะ D2/D3 และมี osmolality, chloride, sodium, potassium, calcium และ magnesium ในเลือดแตกต่างกันไป

จากรายงานการศึกษาของ จักรตุพร(2536) ที่ได้ทำการศึกษาระดับของแมกนีเซียม และโพแทสเซียมอิออนในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ลูกกุ้งที่อนุบาลในน้ำที่มีระดับของแมกนีเซียมอิออน 400 ส่วนในล้าน และโพแทสเซียมอิออน 300 ส่วนในล้านมีอัตราการรอดตายสูงสุด ดังนั้นหากพิจารณาความสำคัญของแร่ธาตุในแต่ละชนิดแล้วพบว่ามีความสำคัญแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดดังนี้

ความสำคัญของแคลเซียม

แคลเซียม เป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกกุ้งและปู ส่วนในร่างกายนั้นพบว่าจะมีสะสมอยู่ที่ ตับและตับอ่อน(hepatopancreas) ในรูปเกลือแคลเซียมฟอสเฟต นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าแคลเซียมมีการสะสมอยู่ในเลือด และเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆของร่างกาย(ประจวบ, 2537) นอกจากจะทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบหลักในเปลือกแล้วแคลเซียมยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกาแข็ง ตัวของเลือด การควบคุมการหลั่งฮอร์โมน โดยทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยให้การย่อยคาร์โบไฮเดรทเป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ATPase ควบคุมการเต้นของหัวใจและการทำงานของระบบประสาทที่รอยต่อกับกล้ามเนื้อ (ชลอ และ คณะ, 2547)

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างเปลือก โดยเป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกปูทะเล (Pratoomchat *et al*., 2002) ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำในเลือด ระดับการเปลี่ยนแปลง ของแคลเซียมในเลือดคล้ายกับ 3 ธาตุแรก คือมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มของน้ำภายนอกเพิ่มสูงขึ้น

ตามที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ครัสตาเชียนเมื่อย้ายจากที่น้ำความเค็มสูงไปสู่ที่น้ำความเค็มต่ำ จะทำให้ค่า pH ของเลือดมีค่าสูงขึ้น (metabolic alkalosis) เนื่องจากเมื่อความเค็มน้ำต่ำลง ค่า pH ของน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงแบบแปรผันตรงกัน โดยจะมีค่า pH ต่ำลง คือมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น (มี H^+ มากขึ้น) และคาดว่าน่าจะมีผลทำให้เลือดกุ้งมีสภาพเป็นกรดด้วย ซึ่งสภาพที่เป็นกรดนี้จะมีผลต่อการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จากเปลือกเก่ามาในรูปของแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3) จึงทำให้ปริมาณของแคลเซียมอิออน และไบคาร์บอเนตในเลือดสูงขึ้น (Machado *et al*., 1988) เมื่อเลือดปูมีไบคาร์บอเนตสูงขึ้น ก็จะส่งผลให้มีค่า pH สูงขึ้น (Henry and Cameron, 1982)

หลังจากที่แคลเซียมเคลื่อนย้ายและมีการสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ในระบบเลือด ก็อาจจะทำให้เกิดความเป็นพิษสำหรับปูทะเลได้ ถ้ามีแคลเซียมปริมาณมากเกินไป ดังนั้นสัตว์จึงต้องพยายามขับแคลเซียมออกจากเลือดไปสู่อวัยวะอื่นๆ เพื่อลดความเข้มข้นลง เช่น midgut gland, hepatopancreas และเก็บสะสมเอาไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากนั่นเมื่อปูทะเลเข้าสู่ระยะ D_3 (ระยะก่อนลอกคราบตอนปลาย ; late permolt stage) ก็จะดึงแคลเซียมเหล่านั้นออกมาใช้สำหรับเป็นโครงสร้างของคิวติเคิลใหม่ที่จะสร้างเป็นเปลือกต่อไป ดังการอธิบายถึงการแพร่กระจายของแคลเซียมในร่างกายสัตว์นั่น สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 จะอยู่ในน้ำภายนอกร่างกายนั่นเอง ซึ่งจัดเป็นแหล่งแคลเซียมหลักสำหรับสัตว์น้ำที่จะดึงไปสะสมที่เปลือก (Travis, 1953, Dall, 1965 อ้างโดย Price Sheets และ Dendinger, 1983)โดยแคลเซียมจะเข้าสู่ตัวปูโดยผ่านทางเหงือกและเก็บรักษาเอาไว้ในเลือด (Flemister, 1958, Dall, 1965 อ้างโดย Price Sheets and Dendinger, 1983) ดังนั่นเลือดจึงเป็นแหล่งของแคลเซียมส่วนที 2 จากนั่นส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ในเลือดโดยเฉพาะแคลเซียม จะถูกดึงจากเลือดด้วยกลไกแบบใช้พลังงาน (active transport) เข้าสู่ hypodermal cells และนำไปเก็บในเลือดซึ่งจัดเป็นส่วนที่ 3 ต่อไป (Drach, 1939, Travis, 1955, Wateman, 1960, Haefner, 1964 อ้างโดย Price Sheets and Dendinger, 1983) สำหรับแหล่งของแคลเซียมส่วนที่ 4 ก็คือ midgut gland ซึ่งจะเป็นส่วนที่เก็บสะสมแคลเซียมในช่วงระยะก่อนลอกคราบ(Glynn, 1968) ดังนั้น midgut gland จึงจัดเป็นแหล่งแคลเซียมสำรองที่จะจ่ายให้แก่เปลือกโดยผ่านทางเลือดในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือช่วงระยะหลังลอกคราบ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของ

แคลเซียมจากน้ำภายนอกเข้าสู่เปลือกสัตว์ จึงขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆดังกล่าวข้างต้น และความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือดที่ความเค็มน้ำแตกต่างกันก็น่าจะได้รับผลกระทบจากปริมาณการสะสมในเปลือกเป็นส่วนสำคัญ

ความสำคัญของแมกนีเซียม

แร่ธาตุแมกนีเซียมนั้น ร้อยละ 70 พบในโครงสร้างของร่างกาย ส่วนที่พบในเนื้อเยื่อและเลือด(hemolymph) คิดเป็นอัตราส่วนเพียงร้อยละ 30 (ประจวบ, 2537) แมกนีเซียมนั้นเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างเปลือก (Cuticle) ในกุ้งและปู โดยจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก และมีแมกนีเซียมฟอสฟอรัส โซเดียม และโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบรองลงมา(Pratoomchat *et. al*., 2002) นอกจากนี้แล้ว แมกนีเซียมยังมีหน้าที่ เกี่ยวของกับ Osmoregulation อีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในตัวลูกกุ้งก้ามกรามนั้นมี แมกนีเซียมซึ่งอยู่ในรูปอิออนละลายอยู่ในเลือด (haemolymph) อยู่แล้วในลักษณะ hypo-ionically นั่นคือ มีปริมาณ Mg^{2+} ในเลือดน้อยกว่าน้ำภายนอกร่างกาย หากปริมาณ Mg^{2+} ในน้ำภายนอกร่างกายสูงขึ้น กุ้งก็จะต้องขับ Mg^{2+} ส่วนเกินออกไป ซึ่งในการกำจัดนี้สามารถทำได้ 2 วิธี โดยที่กุ้งจะขับ Mg^{2+} ออกทาง Antennal gland ซึ่งมีหน้าที่ขับเกลือแร่ส่วนเกินออกจากร่างกายภายใน 24-36 ชั่วโมง ซึ่งยังมี Mg^{2+} ส่วนเกินหลงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 26 ซึ่งจะถูกขับออกมาพร้อมกับของเสียทางยูรีน (Holiday, 1979) ในการขับ Mg^{2+} ออกมากับยูรีนนั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณ Mg^{2+} ในกระแสเลือด และปริมาณยูรีนที่กุ้งผลิตขึ้น (Lockwood and Riegel, 1969) หากร่างกายกุ้งไม่สามารถขับ Mg^{2+} ส่วนออกไปได้หมด Mg^{2+} ที่มีอยู่มากเกินไปก็จะไปยับยั้งการถ่ายทอดสัญญาณประสาท (Robertson, 1960) โดยไปลดการปล่อยสาร acetyl choline ที่ปลายประสาท นอกจากนี้แล้ว แมกนีเซียมยังทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆให้ทำงานดีขึ้น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่จะเปลี่ยน ATP ให้เป็น ADP ซึ่งเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีน และการเจริญเติบโต และทำหน้าที่เกี่ยวกับการยืดตัวและหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม (ประจวบ, 2537 ; ชลอ และคณะ, 2547)

ความสำคัญของ โซเดียม คลอไรด์ และ โพแทสเซียม

แร่ธาตุโซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียมนั้น ระดับความเค็มของน้ำภายนอกร่างกายสัตว์ จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม ในพลาสมาปูทะเล โดยที่ระดับความเค็ม 5 ppt ปริมาณของธาตุโซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม จะมีความเข้มข้นต่ำที่สุด และจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นเมื่อความเค็มน้ำสูงขึ้นจนธาตุทั้ง 3 ชนิดมีความเข้มข้นสูงขึ้นที่ระดับความเค็มน้ำ 25 pptโดยที่ปริมาณของธาตุโซเดียมมีค่าสูงที่สุดทุกระดับความเค็มน้ำเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ โดยที่ คลอไรด์ และโพแทสเซียมมีค่ารองลงมาตามลำดับ ปริมาณของธาตุทั้ง 3 นี้มีมากกว่าร้อยละ 90 ของแร่ธาตุทั้งหมดในเลือด ดังนั้นจึงจัดได้ว่าเป็นธาตุที่ช่วยรักษาสมดุลออสโมติกในเลือด (osmoregulator) กล่าวคือถ้ามีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของธาตุโซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม ก็จะส่งผลให้ค่า osmolality ของเลือดเปลี่ยนแปลงไปด้วย ผลการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ได้ส่งผลเฉพาะในปูทะเลเท่านั้นแต่ยังรวมถึงในครัสเตเชียนชนิดอื่นๆด้วย เช่น ปู *E. sinensis* และ *C. maenas* (Gilles and Pequeux, 1986) เนื่องจากแร่ธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้มีความเข้มข้นสูงมากและมีการเคลื่อนที่ย้ายระหว่างอวัยวะต่างๆ และระหว่างภายในกับภายนอกอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงนับว่ามีบทบาทต่อระบบสมดุลเกลือแร่ในเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโซเดียม และคลอไรด์ ดังนั้นปริมาณของแร่ธาตุดังกล่าวจึงเพิ่มขึ้นตามความเค็มน้ำสัมพันธ์กับค่า osmolality เนื่องจากการแพร่เข้ามาผ่านทางเหงือก(influx) ของน้ำทะเลภายนอก

ที่ระดับความเค็มของน้ำต่ำ เลือดสัตว์จะมีปริมาณของโซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียมต่ำเพราะน้ำภายนอกที่มีความเจือจางจะแพร่เข้าสู่ร่างกาย และแร่ธาตุต่างๆในร่างกายก็จะแพร่ออกสู่น้ำภายนอก เพื่อรักษาระดับเกลือแร่ในร่างกายให้อยู่ในระดับที่มีความสมดุล สัตว์จึงต้องมีการปรับตัวให้อยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือแร่ในร่างกายสูงกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอก จึงต้องมีการดึงพลังงานมาใช้อย่างมากในการรักษาระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุต่างๆ โดยมีกลไกการขับน้ำออกจากร่างกาย เพราะน้ำภายนอกที่แพร่เข้าไปในร่างกายอยู่ตลอดเวลาตามหลักการของ ออสโมซิส (osmosis) ในขณะเดียวกันก็จะมีการดูดกลับเกลือแร่ไว้ภายในร่างกาย และลดการสูญเสียเกลือแร่ออกจากร่างกายโดยการลดขนาดของเยื่อเลือกผ่านให้เล็กลงและเพิ่มการเก็บสะสมปัสสาวะ ปรับแรงดันน้ำ (hydroststic pressure) ภายในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ (Mantel and Farmer, 1983)

ถึงแม้ว่าสัตว์จะมีกลไกต่างๆ ในการปรับสมดุลเกลือแร่ดังที่กล่าวมา แต่ภายใต้สภาวะความเค็มน้ำต่ำมากๆ ทำให้ต้องสูญเสียแร่ธาตุค่างๆภายในร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อม และต้องรับน้ำภายนอกจากการแพร่เข้ามาตลอดเวลา จึงเป็นเหตุให้มีปริมาณแร่ธาตุต่างๆในเลือดต่ำกว่าที่ความเค็มน้ำที่สูง จึงทำให้สัตว์เกิดความเครียด ร่างกายอ่อนแอ ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงและทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นได้ดังที่พบในครัสเตเชียนหลายชนิด (Kirkpatrick and Jones, 1985 ; Gelin *et. al*., 2001)

ในสัตว์ที่มีความสามารถอย่างมากในการปรับระดับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายจะแสดงภาวะ hyperosmotic เป็นการกระตุ้นการรับน้ำเข้าภายในตัว ซึ่งจะแพร่ผ่านเข้าสู่ลำไส้และจะพยายามรักษาเกลือแร่ไว้ภายในตัวให้มากที่สุดเพื่อปรับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายเมื่อสภาวะสิ่งแวดล้อมมีความเข้มข้นเกลือแร่ต่ำกว่าภายในตัว (Passano, 1960) และในสัตว์ที่สามารถปรับสมดุลเกลือแร่ได้ไม่ดีนักจะมีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำ ทำให้ระบบการแพร่ผ่านเข้าออกของแร่ธาตุต่างๆ ไม่ค่อยสมบูรณ์ ทำให้ต้องใช้พลังงานอย่างมากในการปรับสมดุล (Mykles, 1980) การปรับสมดุลนี้จะเป็นตัวรักษาค่าความดันออสโมติกภายในร่างกายให้มีความสัมพันธ์กันอย่างคงที่กับสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งก็คือการปรับระดับค่าความเข้มข้นภายในร่างกายให้มีค่าสูงหรือต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอกที่อาศัยอยู่ การปรับสมดุลดังกล่าวเพื่อให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง จะพบได้ในสิ่งมีชีวิตพวกครัสเตเชียน ซึ่งมีรูปแบบการปรับสมดุลแตกต่างกันออกไปในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

ที่ระดับความเค็มน้ำต่ำเลือดสัตว์จะมีปริมาณของโซเดียม, คลอรีน และโปแตสเซียมต่ำเพราะน้ำภายนอกที่มีความเจือจางจะแพร่เข้าสู่ร่างกาย และแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายก็จะแพร่ออกสู่น้ำภายนอก เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในร่างกายให้อยู่ในระดับที่มีความสมดุล สัตว์จึงต้องมีการปรับตัวให้อยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในร่างกายสูงกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอก จึงต้องมีการดึงพลังงานมาใช้อย่างมากในการรักษาระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุต่างๆ โดยมีกลไกการขับน้ำออกจากร่างกาย เพราะน้ำภายนอกที่มีความเจือจางจะแพร่เข้าไปในร่างกายอยู่ตลอดเวลาตามหลักการของออสโมซิส (osmosis) ในขณะเดียวกันก็จะมีการดูดกลับเกลือแร่ไว้ภายในร่างกาย และลดการสูญเสียเกลือแร่ออกจากร่างกายโดยการลดขนาดของเยื่อเลือกผ่านให้เล็กลงและ

เพิ่มการเก็บสะสมปัสสาวะ ปรับระดับแรงดันน้ำ (hydrostatic pressure) ภายในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ (Mantel and Farmer, 1983)

ถึงแม้ว่าสัตว์จะมีกลไกต่างๆ ในการปรับสมดุลเกลือแร่ดังที่กล่าวมา แต่ภายใต้สภาวะความเค็มน้ำต่ำมากๆ ทำให้ต้องสูญเสียแร่ธาตุต่าง ๆ ภายในร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อม และต้องรับน้ำภายนอกจากการแพร่เข้ามาอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นเหตุให้มีปริมาณของแร่ธาตุต่างๆ ในเลือดต่ำกว่าที่ความเค็มน้ำที่สูง ซึ่งจะทำให้สัตว์เกิดความเครียด ร่างกายอ่อนแอ ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงและอาจจะทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นได้ ดังเช่นที่พบในครัสเตเชียนหลายชนิด (Kirkpatrick and Jones, 1985 ; Gelin et al., 2001) จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าความเค็มของน้ำมีความเกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณแร่ธาตุในน้ำ น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามในเขตภาคเหนือได้

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>วิธีการดำเนินการวิจัย</u>

<u>การเตรียมหน่วยทดลอง</u>

1. บ่อไฟเบอร์กลมขนาด 200 ลิตร จำนวน 6 บ่อ ใช้สำหรับการเก็บพักน้ำเค็ม

2. ขนาด 12x24x15 (ความจุน้ำ 50 ลิตร) จำนวน 18 ตู้ สำหรับการทดลองอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม

<u>การเตรียมสัตว์ทดลอง</u>

แม่กุ้งก้ามกรามมีไข่แก่ติดหน้าท้องจากฟาร์มเอกชน นำมาใส่ถังไฟเบอร์เพื่อให้วางไข่ในน้ำเค็ม 15 ppt

<u>อาหารทดลอง</u>

ตัวอ่อนอาร์ทีเมีย

<u>วิธีการทดลอง</u>

1.วางแผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ หรือ CRD (Complete Randomized Design) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันโดยไม่มีการเสริมแร่ธาตุใดๆตลอดการทดลอง(ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เป็นการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันโดยมีการเสริมด้วยแร่ธาตุโพแทสเซียม

ชุดการทดลองที่ 3 เป็นการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันโดยมีการเสริมด้วยแร่ธาตุแมกนีเซียม

ชุดการทดลองที่ 4 เป็นการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันโดยมีการเสริมด้วยแร่โพแทสเซียมและธาตุแมกนีเซียม

2. สัตว์ทดลอง

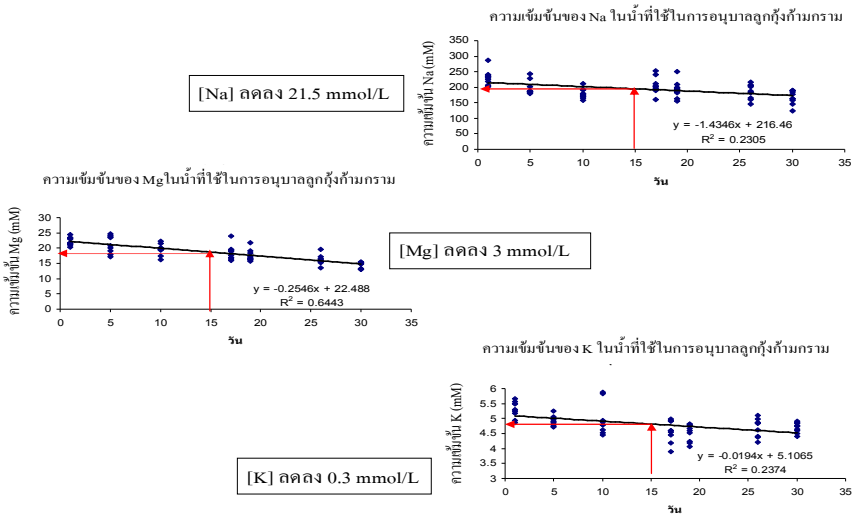
นำแม่กุ้งที่มีไข่แก่ติดท้องมาทำการวางไข่ในน้ำเค็มที่เตรียมจาก ผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน โดยใช้ตาข่ายพรางแสง 70% เมื่อแม่กุ้งทำการวางไข่หมดแล้ว ทำการสุ่มนับความหนาแน่นของตัวอ่อน และมีระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ทั้ง 18 ตู้

3. วิธีการทดลอง

นำแม่กุ้งที่มีไข่ในระยะ heart beating มาทำการฟักไข่ เมื่อลูกกุ้งฟักออกจากไข่แล้วจึงทำการอนุบาลลูกกุ้งในตู้ทดลองที่มีน้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพัน เมื่อเวลาผ่านไป 15 วันหรือเมื่อลูกกุ้งมีพัฒนาการอยู่ในระยะที่ 6-7 จึงทำการชดเชยแร่ธาตุ แมกนีเซียม โพแทสเซียม และการชดเชยทั้งแมกนีเซียมและโพแทสเซียม ลงในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง ในระหว่างการทดลองมีการตรวจระยะพัฒนาการของลูกกุ้งทุกวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจึงทำการนับจำนวนลูกกุ้งทั้งหมด เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายเฉลี่ย และวิเคราะห์หาความแปรปรวน(ANOVA) และหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Tukey’s Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

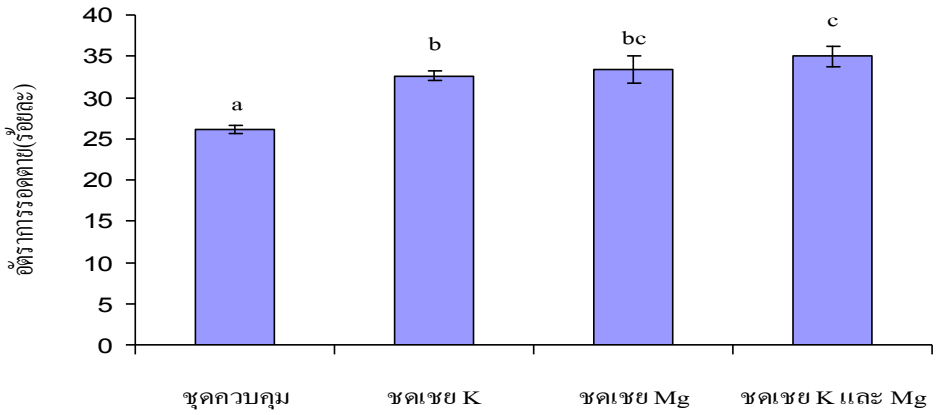
ผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการนำน้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพัน มาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดโดยมีการเสริมแร่ธาตุในระหว่างการทดลอง โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุหลักทั้ง 5 ชนิดในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม ซึ่งพบว่ามีปริมาณโซเดียมลดลง 21.5 mM แมกนีเซียมลดลง 3 mM หรือ 73 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 15 ของการอนุบาล (ภาพที่ 1) จึงทำการชดเชยแมกนีเซียมที่ลดลงโดยใช้ $MgCl_2.6H_2O$ = 30.51 กรัมละลายน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วจึงค่อยๆเทลงในตู้ทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโพแทสเซียมลดลง 0.3 mM หรือ 11.73 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 15 ของการอนุบาลเช่นกัน (ภาพที่ 1) ดังนั้นจึงใช้ KCl = 1.09 กรัม ละลายน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วจึงค่อยๆเทลงในตู้ทดลอง ส่วนโซเดียมในการทดลองนี้ไม่ได้ชดเชยเนื่องจากเป็นธาตุที่ยังมีอยู่ในปริมาณมากในน้ำที่ใช้ในการอนุบาล การทดลองนี้แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ไม่มีการชดเชยแร่ธาตุเป็นชุดควบคุม การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ชดเชยแมกนีเซียมเป็นชุดการทดลองที่ 2 และการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำทะเลเทียมที่ชดเชยโพแทสเซียมเป็นชุดการทดลองที่ 3

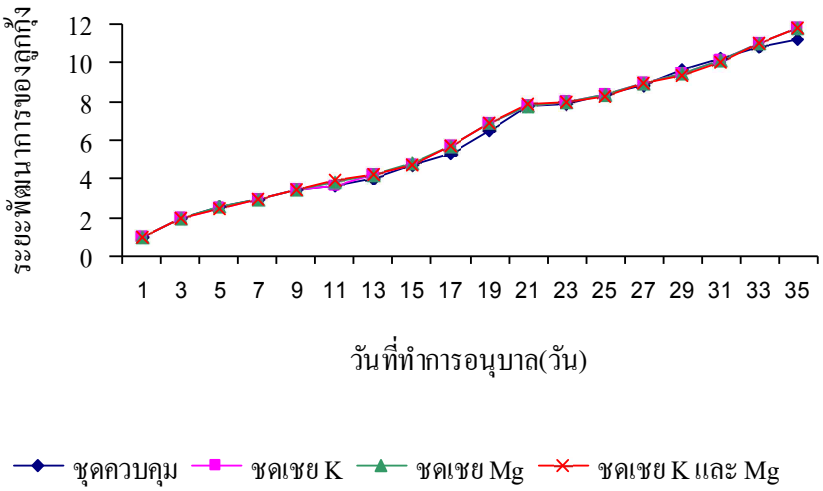


ภาพที่ 1 ปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่ลดลงในระหว่างการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน

จากการทดลองพบว่าลูกกุ้งที่ทำการอนุบาลในน้ำที่มีการเสริมด้วยแร่ธาตุแมกนีเซียมและแร่ธาตุโพแทสเซียม มีอัตราการรอดสูงกว่าลูกกุ้งที่ทำการอนุบาลในน้ำที่ไม่มีการเสริมด้วยแร่ธาตุ(P<0.05) โดยมีอัตราการรอดของทั้ง 4 ชุดการทดลอง คิดเป็นร้อยละ 26.12 $\pm$ 0.43 , 31.62 + 0.58, 33.38 $\pm$ 1.63 และ 35.00 $\pm$ 1.21 ตามลำดับ (ภาพที่ 2) แต่มีพัฒนาการของลูกกุ้งไม่แตกต่างกันโดยที่มีระยะเวลาในการพัฒนาจนถึงระยะคว่ำเป็นเวลา 35 วัน และมีพัฒนาการในระยะคว่ำทุกตัวเป็นเวลา 36 วันเหมือนกัน(ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกกุ้งก้ามกรามที่ทำการอนุบาลด้วยน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันในตู้ที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด ที่มีการเสริมแมกนีเซียม และโพแทสเซียม



ภาพที่ 3 ระยะพัฒนาการของลูกกุ้งก้ามกรามที่ทำการอนุบาลด้วยน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันในตู้ที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด ที่มีการเสริมแมกนีเซียม และโพแทสเซียม

จากผลการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าลูกกุ้งเริ่มมีอัตราการตายในวันที่ 19 ของการอนุบาล ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ จึงกำหมดให้มีการชดเชยแร่ธาตุโพแทสเซียม และแมกนีเซียมในน้ำที่ใช้ในการอนุบาล โดยให้ชดเชยก่อนวันที่ 19 ในการอนุบาล ซึ่งในการทดลองได้กำหนดเอาวันที่ 15 ของการอนุบาล การทดลองนี้ไม่ได้ทำการชดเชยแร่ธาตุโซเดียมเนื่องจากยังมีอยู่ในปริมาณมากถึงแม้จะมีการลดลงก็ตาม ซึ่งผลการทดลองก็ได้ปรากฏว่าลูกกุ้งก้ามกรามที่ทำการอนุบาลในน้ำที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพันที่มีระบบไหลเวียนแบบวงจรปิดนั้น ลูกกุ้งในชุดการทดลองที่ได้รับการโพแทสเซียม และ ชุดชดเชยแมกนีเซียม มีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกัน(P>0.05) แต่จะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้ชดเชยแร่ธาตุใดๆ(P<0.05) และชุดที่ได้รับการชดเชยทั้งแมกนีเซียมและโพแทสเซียม มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดที่ชดเชยแมกนีเซียมอย่างเดียวแต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่าไม่แตกต่างกัน(P>0.05) แต่พบว่าชุดที่ได้รับการชดเชยทั้งแมกนีเซียมและโพแทสเซียม มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดที่ชดเชยโพแทสเซียมเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเหตุการณ์นี้เป็นการสรุปได้ว่า ลูกกุ้งต้องการแร่ธาตุจากน้ำที่ใช้ในการอนุบาล เนื่องจากต้องใช้แร่ธาตุหลักทั้ง 5 ชนิด เช่น

โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม แคลเซียม และ คลอไรด์ ไปเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (จักรตุพร, 2536 ; ชลอ และคณะ, 2547 ; บุญรัตน์ และคณะ, 2547 ; Prtoomchat, *et. al*.,2002) ซึ่งในแร่ธาตุที่ลูกกุ้งต้องการมากที่สุดคือแมกนีเซียม เนื่องจากเป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกและเนื้อเยื่อ (บุญรัตน์ และคณะ, 2547) ในการทดลองครั้งนี้พบว่าอัตราการรอดของลูกกุ้งไม่ได้ต่ำจนเกินไปหากนำเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นๆ

คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการอนุบาลในการทดลองครั้งนี้ ได้มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำในการทดลองทุกวัน โดยทำการตรวจวัด ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์ ตลอดการทดลองพบว่ามีดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราการรอดตายของลูกกุ้งก้ามกรามที่ทำการอนุบาลด้วยน้ำเค็มที่มีการเสริมแร่ธาตุ

การเสริมแร่ธาตุ	อัตราการรอด (ร้อยละ)
ไม่เสริมแร่ธาตุ(ชุวบคุม)	26.12 ± 0.43^{a}
เสริมแร่ธาตุโพแทสเซียม	$31.62 + 0.58^{b}$
เสริมแร่ธาตุแมกนีเซียม	33.38 ± 1.63^{bc}
เสริมแร่ธาตุโพแทสเซียม และแมกนีเซียม	35.00 ± 1.21^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแร่ธาตุ ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกัน(P<0.05)

ตารางที่ 2 คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ชุดการทดลองที่	Salinity (ppt)	DO (mg/l)	pH	อุณหภูมิ (^{o}C)	แอมโมเนียรวม (mg/l)	ไนตรท์ (mg/l))
1	15.0-15.4	5.04-5.12	8.4	26.0-29.0	0	0
2	15.0-15.4	5.05-5.13	8.4	26.0-29.0	0	0
3	15.0-15.4	5.05-5.15	8.4	26.0-29.0	0	0
4	15.0-15.4	5.05-5.13	8.4	26.0-29.0	0	0

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่าทั้งความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ pH อุณหภูมิ ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

วิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำทะเลเทียมที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นน้ำทะเลเทียมที่ผลิตออกมาภายใต้ชื่อการค้า “Marinium” ซึ่งในท้องตลาดนั้นมีเกลือผงสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมที่ผลิตภายในประเทศภายใต้ชื่อการค้าอื่นๆ อีกหลายชื่อ เช่น “Deep Bule Sea”, “Thai Coral”, “Aqua Raise” และ “Aqua Marine” แต่มีเพียง “Marinium” และ “Deep Bule Sea” เท่านั้นที่ระบุปริมาณแร่ธาตุของน้ำทะเลเทียมที่เตรียมได้ไว้ข้างซอง จึงเลือกเอาเพียง 1 ชื่อการค้าคือ “Marinium” ซึ่งเมื่อนำมาละลายด้วยน้ำประปาแล้วพบว่ามีองค์ประกอบใกล้เคียงกันกับในน้ำทะเลธรรมชาติที่ความเค็มเดียวกันมาก อีกทั้งยังเป็นการใช้สินค้าที่ผลิตภายในประเทศ ดังนั้นน้ำทะเลเทียมจึงน่าจะเป็นแหล่งน้ำที่เหมาะสมในการทดลองนี้ อีกทั้งต้นทุนค่าขนส่งน้ำเกลือจากนาเกลือที่มีราคาสูงมาก ถึง 15,000(ราคาในปี พ.ศ.2547) และ 20,000 บาทในปัจจุบัน ซึ่งราคานี้เป็นราคาต่อการขนส่งน้ำเค็มจากนาเกลือ 1คันรถ ที่

สามารถบรรทุกน้ำได้ 15 ลูกบาศก์เมตร/รถ อีกทั้งค่าสึกหรอในการขนส่งในระยะทางไกลจะมีราคาสูงมาก จากปัจจัยที่กล่าวมานั้นทำให้น้ำทะเลเทียมเป็นแหล่งน้ำเค็มที่เหมาะสมในการทดลองนี้

อัตราการรอดตายของลูกกุ้งที่สูงขึ้นดังนั้นจึงน่าจะสรุปได้ว่าลูกกุ้งต้องการแร่ธาตุจากน้ำที่ใช้ในการอนุบาล เนื่องจากต้องใช้แร่ธาตุหลักทั้ง 5 ชนิด เช่น โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม แคลเซียม และ คลอไรด์ไปเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (จักรตุพร, 2536 ; ชลอ และคณะ, 2547 ; บุญรัตน์, 2547 ; Prtoomchat, *et., al*., 2002 a,b) โดยเฉพาะในส่วนของปริมาณแมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ที่ลูกกุ้งต้องการนั้นส่วนใหญ่ได้รับมาจากในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลนั่นเอง การทดลองนี้เป็นการยืนยันว่าหากทำการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยน้ำเค็มที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดต้องมีการชดเชย แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ลงในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลโดยจะทำให้มีอัตราการรอดตายสูงขึ้น

จากผลการทดลองที่ได้ทำการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดในการทดลอง พบว่ามีอัตราการรอดตายร้อยละ 35.00 ซึ่งเป็นอัตราการรอดตายที่ใกล้เคียงกับรายงานของ กระสินธุ์ (2549) ที่ได้รายงานการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดไว้ว่ามีอัตราการอดตายร้อยละ 30 โดยประมาณ แต่เมื่อเทียบกับการอนุบาลในระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งพบว่ามีอัตราการรอดตายร้อยละ40-50 ซึ่งสูงกว่าการอนุบาลในระบบปิดเล็กน้อย แต่สามารถประหยัดการใช้น้ำเค็มในการอนุบาลได้ถึง 6 เท่า โดยที่ทั้งการทดลองจะใช้น้ำเค็มที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันในการอนุบาลลูกกุ้งเพียง 50 ลิตร(เท่ากับความจุของตู้ทดลอง) เมื่อเทียบกับระบบเปิดที่ต้องใช้น้ำเค็มในการอนุบาลลูกกุ้งถึง 300 ลิตร โดยประมาณ

สรุปผลการทดลอง

1. ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามโดยใช้น้ำเค็มในระบบไหลเวียนแบบปิดนั้นน้ำเค็มที่
เตรียมมาจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมสามารถใช้แทน น้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือที่นำมาเจือจางเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามได้ โดยมีอัตราการรอดตายของลูกกุ้งร้อยละ 21.26 – 35.00 ส่วนน้ำเค็มที่เตรียมมาจากเกลือ

สินเธาว์ที่ทำการชดเชยแร่ธาตุแล้วนั้น ไม่เหมาะในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม และระบบการไหลเวียนของน้ำแบบปิดสามารถใช้ในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามได้

2. ในการอนุบาลลูกกุ้งในระยะที่ 1 จนถึงระยะคว่ำนั้น แมกนีเซียม เป็นแร่ธาตุที่ลูกกุ้งใช้มากที่สุดโดยที่แมกนีเซียมในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลดลง 7.64 mmol/L หรือร้อยละ 33.9 ของปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในน้ำ รองลงมาคือโซเดียมซึ่งมีการลดลง 43.04 mmol/L หรือร้อยละ 19.9 ของปริมาณโซเดียมในน้ำ และ โพแทสเซียมซึ่งมีการลดลง 0.59 mmol/L หรือร้อยละ 11.6 ของปริมาณโพแทสเซียมในน้ำ ในขณะที่แคลเซียมนั้นมีการลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติมีปริมาณลดลง 0.11 mmol/L หรือร้อยละ 1.9 ของปริมาณแคลเซียมทั้งหมด แต่ปริมาณของคลอไรด์นั้นไม่พบว่ามีการลดลงแต่มีความเข้มข้นมาขึ้นเนื่องจากการระเหย

3. การชดเชยแร่ธาตุ Mg และ K ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันจะทำให้ได้อัตราการรอดของลูกกุ้งสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จักรตุพร วิสุทธิพันธ์. 2536 ผลของแมกนีเซียมอิออนและโพแตสเซียมอิออนที่ระดับต่างๆ ต่ออัตราการรอดของ ลูกกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) ในน้ำเกลือสินเธาว์. **วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 61 หน้า.

เจษฎา อิสเหาะ . 2536. ผลของระดับโปรตีนต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อนที่เลี้ยงในน้ำเกลือสินเธาว์ที่ระดับความเค็มต่างๆกัน.**วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**สาขาวิทยาศาสตร์การประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 145 หน้า.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 206 หน้า.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ วราห์ เทพาหุดี นิติ ชูเชิด พรเลิศ จันทร์รัชชกูล และ นิธิศ ภัทรกุลชัย. 2547. การศึกษาหาระดับความเหมาะสมของอิออนสำคัญที่มีต่ออัตรารอดและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ. **สัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย เรื่องการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทย.** กองโครงงานและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 268-279.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. (2545). **เอกสารประกอบการสอนวิชาการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง**. ภาควิชาวาริชศาสตร์,คณะวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยบูรพา. 524 หน้า.

ประจวบ หลำอุบล. 2537. **กุ้ง**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 237 หน้า.

มนุวดี หังสพฤกษ์. 2532. **สมุทรศาสตร์เคมี**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 329 หน้า.

Cheng W., L. Chun-Hung, C. Chih-Hsin and C. Jiann-Chu. 2001. Hemolymph oxyhemocyanin, protein, osmolality and electrolyte levels of *Macrobrachium rosenbergii* in relation to size and molt stage. **Aquaculture.** 198 : 387-400.

FAO, 2000. **FAO year book Fisheries statistic. Aquaculture production**. 90(2) : 78 pp.

Gelin, A., Crivelli, A.J., Rosecchi, E. and Karambrun P. 2001. Can salinity change affect reproductive success in the brown shrimp *Crangon crangon*. **J. Crust. Biol**. 21(4) : 905 – 911.

Gilles, R. and Pequeux, A. 1986. Cell volume regulation in crustaceans: relationship between mechanisms for controlling the osmolality of extracellular and intracellular fluids **J. Exp. Zool.** 215: 351-362.

Glynn, J.P., 1968. Studies on the ionic, protein and phosphate changes associated with the moult cycle of *Homarus vulgaris*. **Comp. Biochem. Physiol**. 26, 937-946.

Gonzalez, R.J., Drazen, J., Hathaway, S., Bauer, B. and Simovich M. 1996. Physiological correlates of water chemistry requirements in fairy shrimps (Anostraca) from Southern California. **J. Crust. Biol**. 16(2) : 315 – 322.

Henry, R.P. and Cameron, J.N. 1982. Acid-base in *Callinectes sapidus* during acclimation from high to low salinity. **J. Exp. Biol**. 101 : 255 – 264.

Kirkpatrick, K. and Jones, M.B. 1985. Salinity tolerance and osmoregulation of a prawn, *Palaemon affinis* Milne Edwards (Caridea : Palaemonidae*)*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 93 : 61 – 70.

Machado, J. Coimbra, J. Sá. C. and Cardoso, I. 1988. Shell thickening in *Anodonta cygnea* by induced acidosis. **Comp. Biochem. Physiol.** 91A (4): 645-651.

Mantel, L.H. and Farmer, L.L. 1983 . Osmotic and ionic regulation. **In: The Biology of Crustacea vol 4.** Internal anatomy and physiological regulation, Mantel, L.H. (ed),Academic press, New York, pp. 53-161.

Mykles, D. L . 1980. The mechanism of fluid absorption at ecdysis in lobster *Homarus americanus*, and Dungeness crab *Cancer magister*. **J. Exp. Biol.** 84: 89-101.

Passano, L.M. 1960. Molting and its control. *In*: **The physiology of crustacea, Vol. 1**. Waterman, T.H. (Ed.), Academic Press, New York, pp 473-536.

Pratoomchat, B. 2002. Characterization of calcification during the growth cycle of *Scylla serrata*. **The doctor in aquatic science thesis. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar Porto.** 151 pp.

Pratoomchat, B., Sawangwong, P. Pakkong, P. and Machado, J. 2002a. Organic and inorganic variations in haemolymph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serrata* (Decapoda). **Comp. Biochem. Physiol**. 131(2): 243-255.

Pratoomchat, B., Sawangwong, P. Guedes, R., Reis, M.D.L. and Machado, J. 2002b. Cuticle ultrastructure changes in the crab *Scylla serrata* over the molt cycle **J. Exp. Zool.** 293 (4): 414-426.

Price Sheets W.C. and Dendinger, J.E. 1983. Calcium deposition into the cuticle of the blue crab, *Callinectes sapidus*, related to external salinity. **Comp. Biochem. Physiol.** 74A : 903 – 907.

Travis, D.F. 1955. The molting cycle of the spiny lobster, *Panulirus argus* Latreille.II. Pre-ecdysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and integumental tissues. **Biol. Bull.** 108, 88-112.

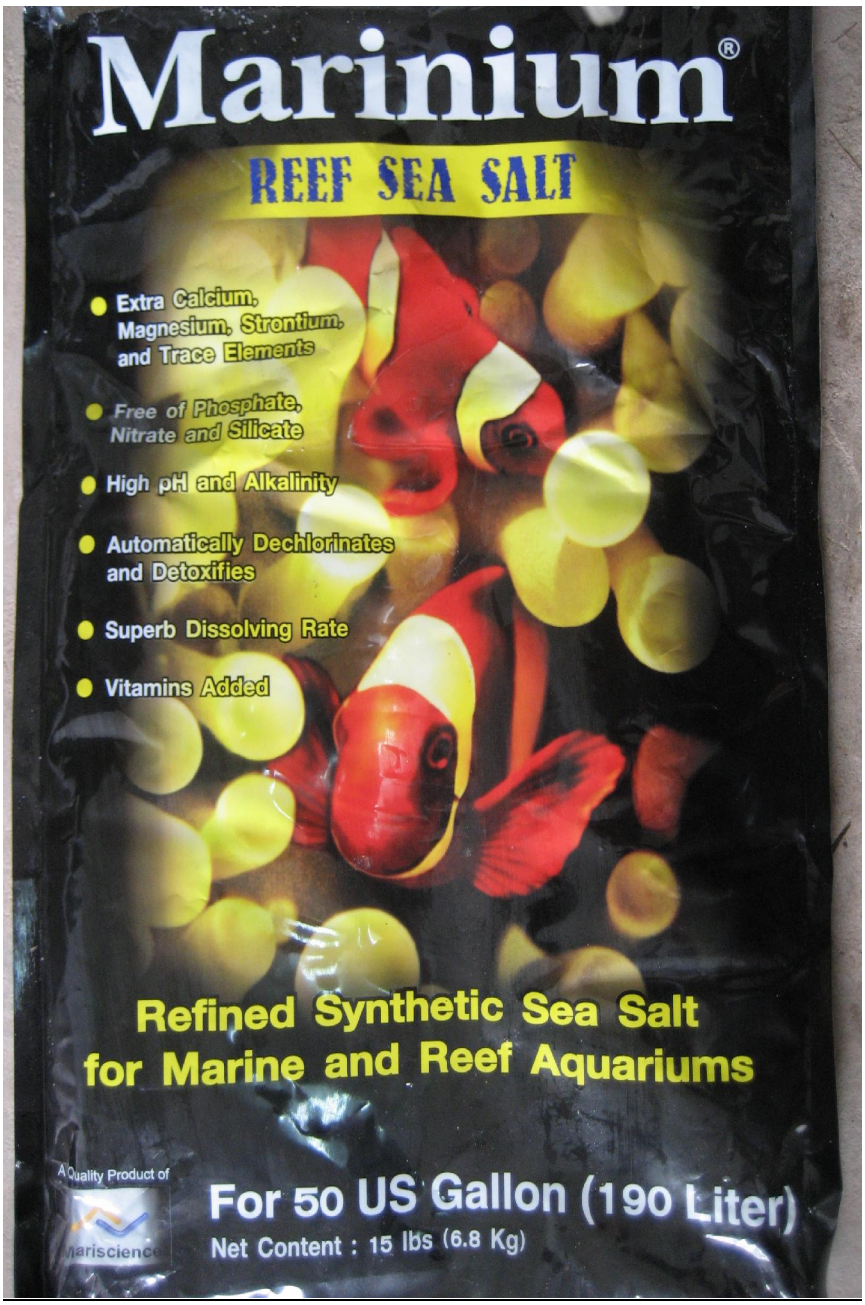
ภาคผนวก



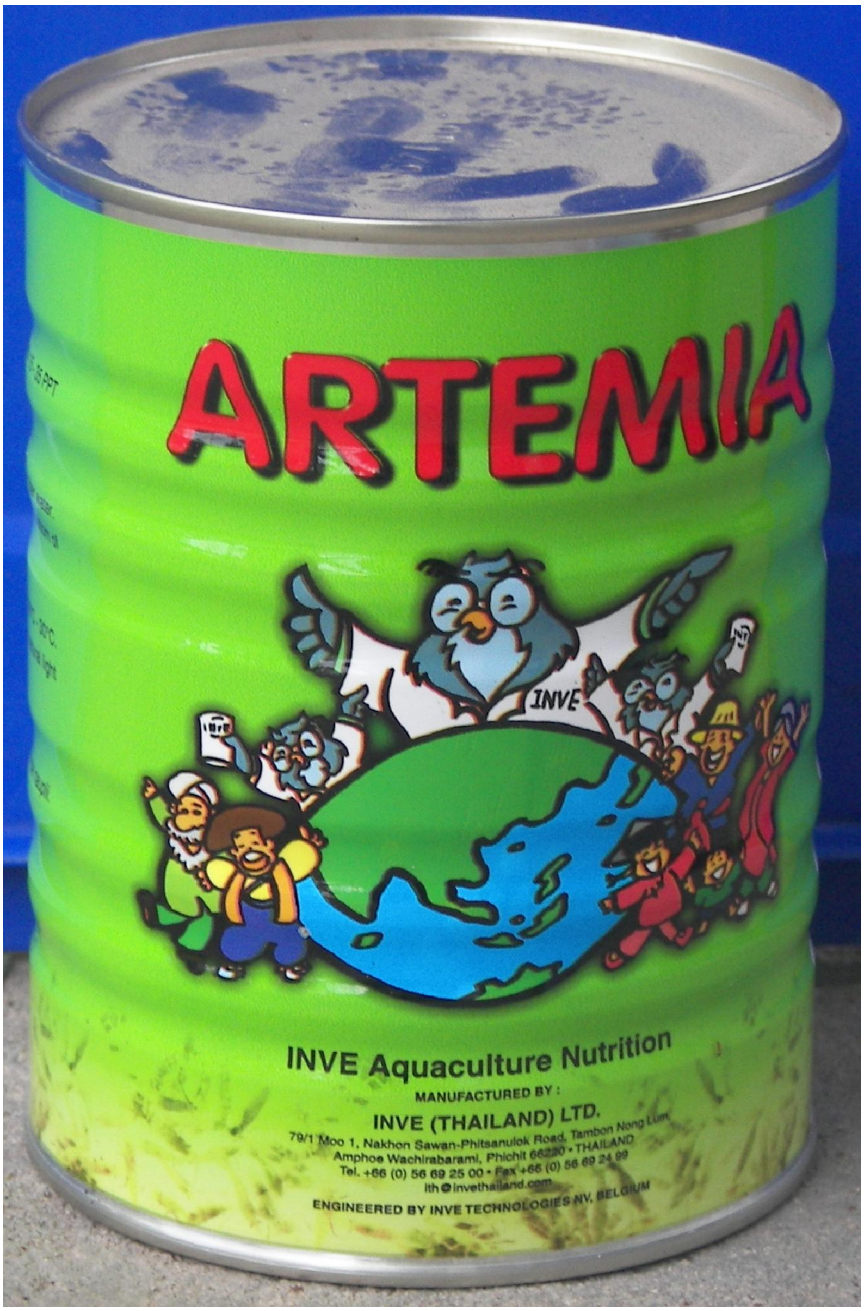
ภาพผนวกที่ 1 กุ้งก้ามกรามตัวผู้ (บนสุด),กุ้งก้ามกรามตัวเมีย (กลาง) และกุ้งก้ามกรามตัวเมียมีไข่(ล่างสุด)



ภาพผนวกที่ 2 บ่อทดลองพร้อมระบบบำบัดน้ำและกระชังสำหรับอนุบาลลูกกุ้ง



ภาพผนวกที่ 3 เกลือสังเคราะห์ ยี่ห้อ Marinium ที่ใช้ในการทดลอง



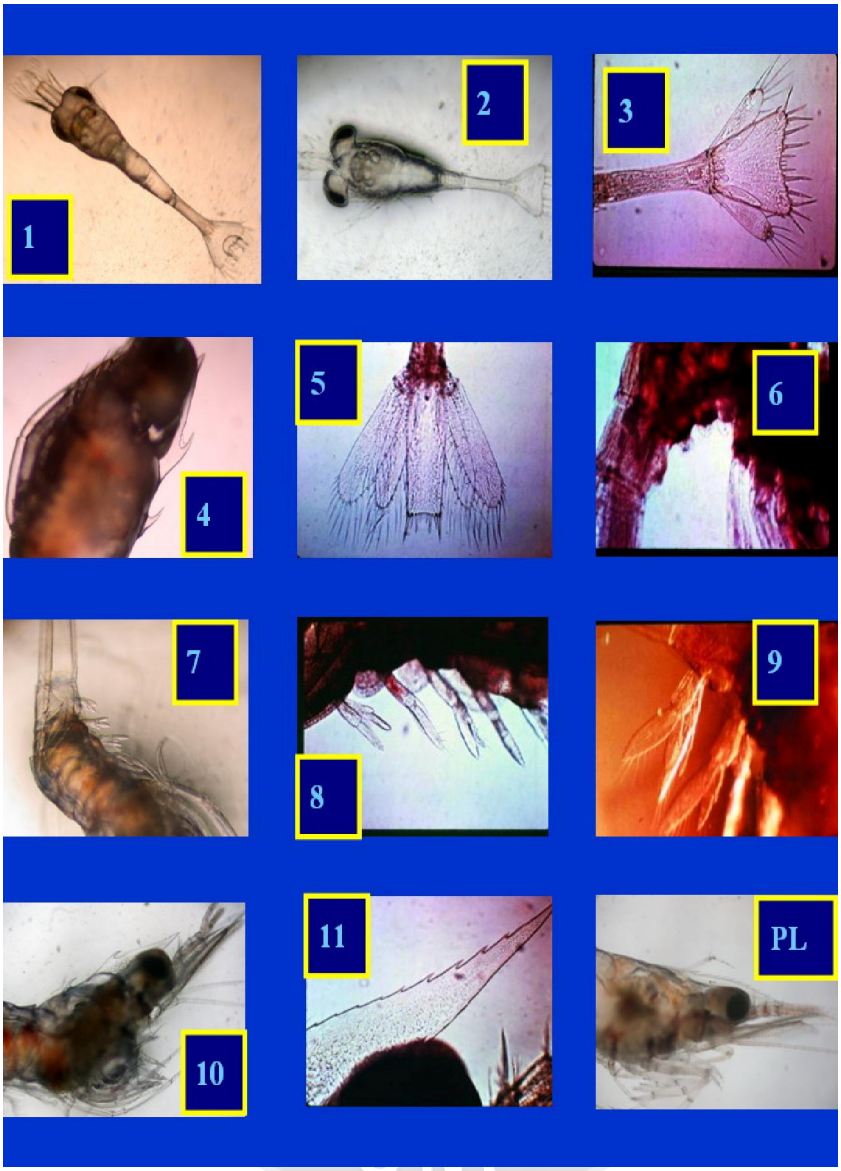
ภาพผนวกที่ 4 อาร์ทีเมียที่ใช้เป็นอาหารในการอนุบาลลูกกุ้ง



ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะของไบโอบอลชนิดต่างๆ ที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำ



ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะของใยกรองชนิดต่างๆ ที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำ



ภาพผนวกที่ 7 การพัฒนาการของลูกกุ้งทั้ง 12 ระยะ

แผนงานวิจัยกลุ่มที่ 2 : กลุ่มวิจัยและพัฒนาระบบบ่อผลิตสัตว์น้ำแบบเปิด เพื่ออาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มแก่การใช้วัสดุท้องถิ่น ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อยดังนี้

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 5 : ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช และผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์

Effects of Chicken Manure Application Periods on Temporal Variations in Species Composition of Phytoplankton and Nile Tilapia Production in Intensive Fish-Farming Ponds

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม[1] และ บัญญัติ มนเทียรอาสน์[1]

Khajornkiat Srinuansom[1] and Bunyat Montien-Art[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

.....

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ปัจจัยคุณภาพน้ำ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช โดยนำลูกปลานิลที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 8 – 10 กรัม มาเลี้ยงในกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร ที่กางในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง จำนวน 50 ตัว/กระชัง จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ บ่อที่ 2 และ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ ทำการเลี้ยงปลานิลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – กันยายน 2552 เป็นระยะเวลา 8 เดือน ตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ทุก 1 เดือน พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำและเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุก 2 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่เป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องส่งผลเชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลา

นิล แต่ส่งผลเชิงลบต่ออัตราการเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดของปลานิล ผลการศึกษาคุณภาพน้ำและองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชพบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่เป็นระยะนานและต่อเนื่อง ส่งผล เชิงบวกต่อปริมาณธาตุอาหารไนไตรท์ ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน แต่ส่งผลเชิงลบต่อ ความโปร่งแสงของน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ นอกจากนี้ยังส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Euglenophyta ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp. และ *Trachelomonas* sp. และเมื่อเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยมูลไก่ พบว่าช่วงระยะเวลา 3 – 4 เดือนแรก ปลานิลในบ่อที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพการเติบโตทุกปัจจัยสูงกว่าปลานิลในบ่อที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ ($P<0.05$) แต่หลังจากนั้น ปลานิลที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ มีอัตราการรอดลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลในบ่อที่ 1 และ 3 ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาภาพรวมตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ ส่งผลเชิงบวกต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลานิล ความโปร่งแสงของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และผลเชิงลบต่อปริมาณบีโอดีอย่างชัดเจน ดังนั้นการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ

หลังจากนั้นทำการทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อผลผลิตของปลานิล ปัจจัยคุณภาพน้ำ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช โดยนำลูกปลานิลที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 15 – 20 กรัม มาเลี้ยงในกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร จำนวน 50 ตัว/กระชัง ที่กางในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) บ่อที่ 2 และ 3 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อเนื่องภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน และ 2 เดือน ตามลำดับ จนครบระยะเวลาของการทดลอง ทำการเลี้ยงปลานิลระหว่างเดือนเมษายน – ตุลาคม 2553 เป็นระยะเวลา 7 เดือน โดยตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ทุก 1 เดือน พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำและเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุก 2 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปลา

นิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 ที่ทำการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ เป็นอัตรา40 กก./ไร่/ 1 เดือนนั้น มีประสิทธิภาพการเติบโตและผลผลิตสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลในบ่อที่ 1 และ 3 (P>0.05)

ดังนั้นโดยสรุปเมื่อพิจารณาผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิล และหากใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงไปเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องจนมีปริมาณธาตุอาหารมากเกินระบบสมดุลของบ่อ ให้เว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เป็นอัตรา40 กก./ไร่/ 1 เดือน เพื่อให้ปลานิลยังคงมีประสิทธิภาพการเติบโตและผลผลิต ที่ดีต่อไป ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการเลี้ยง ปลานิลเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์โดยการสร้างอาหารธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและ มีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจ ตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ปุ๋ยมูลไก่, แพลงก์ตอนพืช, ปลานิล

Abstract

This research was divided into 2 experiments: The objectives of the first experiments (year 1) were to investigate the appropriate duration of chicken manure application periods on the growth performance of nile tilapia, water quality and temporal variations in species composition of phytoplankton. Nile tilapia, the average weight of 8 - 10 g were used in this study. It was stocked 50 fish/ 5 m^2 cage. There were 3 pens in each ponds. The experiment was divided into 3 treatments; T_1 was the non chicken manure application while T_2 – T_3 were 40 kg./rai/ 1 week and / 2 weeks of chicken manure application, respectively. The experiment had been conducted for 8 months (February – September 2009). The fish growth performance was examined every 1 month. Analysis of water quality factors and species composition of phytoplankton was determined every 2 weeks. The result showed that periods for continued long-term using chicken manure had

positive effects on average weight and weight gain; however, this caused negative effects on feed conversion ratio and survival rate. Results of water quality and species composition of phytoplankton; continued long-term chicken manure using had positive effects on nitrite nitrogen and nitrate nitrogen, while this caused negative effects on transparency, pH and dissolved oxygen. The result of species composition of phytoplankton showed that phytoplankton in the pond belonged to 6 divisions 48 species. Most of the species belong to division Euglenophya such as *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp. and *Trachelomonas* sp.. When comparing chicken manure application periods, it was found that in the first 3-4 months, 40 kg / rai / 2 weeks chicken manure application in the fish pond showed the better growth performance of nile tilapia than 40 kg / rai / 2 weeks chicken manure in the fish pond. However, after that it had a lower survival rate when compared with others ($P < 0.05$). The addition of 40 kg / rai / 2 weeks chicken manure in the fish pond showed positive effects on average diary growth, transparency and dissolved oxygen. However, this resulted in the clear negative effect on BOD when compared with 40 kg / rai / 1 week chicken manure. We therefore concluded that culture of nile tilapia intensive fish-farming systems by creating a natural food with 40 kg / rai / 2 weeks dry chicken manure application was appropriate.

The objectives the second experiments (year 2) were to investigate interval of chicken manure application periods on the growth performance of nile tilapia, water quality and temporal variations in species composition of phytoplankton. Nile tilapia, the average weight of 15 - 20 g were used in this study. It was stocked 50 fish/ 5 m^2 cage. There were 3 pens in each ponds. The experiment was divided into 3 treatments; T_1 was the non chicken manure application after a natural food preparation while $T_2 - T_3$ were 40 kg./rai/ 1 month and / 2 months of chicken manure application, respectively after a natural food preparation. The experiment had been conducted for 7 months (April-October 2010). The fish growth performance was examined every 1 month. Analysis of water quality factors and species composition of phytoplankton was

determined every 2 weeks. The result showed that the growth performance and production of nile tilapia raised in 40 kg./rai/ 1 month of chicken manure application after a natural food preparation was higher than others (P> 0.05).

Therefore, we concluded that intensive nile tilapia culture systems by creating a natural food with 40 kg / rai / 2 weeks dry chicken manure application was appropriate. The time interval of chicken manure application periods with 40 kg./rai/ 1 month provided good growth performance and production of nile tilapia. The information obtained from the study will be guidelines for the development of fishery production through to food security and creating added value in the future.

Keywords: Chicken manure, Phytoplankton, Nile Tilapia

คำนำ

ปลานิล (Tilapia หรือ Nile Tilapia) เป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจที่สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพการเพาะเลี้ยง ออกลูกดก เนื้อมีรสชาติดี มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง โดยปลานิลกินอาหารได้ทุกชนิด เช่น ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย แหน ตัวอ่อนของแมลงและ สัตว์เล็กๆ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งเน่าเปื่อยตามก้นบ่อ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลส่วนใหญ่จะให้อาหารสมทบเป็นหลัก เช่น ปลายข้าว มันสำปะหลัง รำข้าว ปลาป่น และพืชผักต่างๆ ให้มีส่วนผสมของโปรตีนประมาณ 20%

ปัจจุบันระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลมีหลายรูปแบบ ทั้งลักษณะการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ มีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหารเพียงอย่างเดียว หรือการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์ ที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนพืช ให้เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยง ซึ่งเป็นที่เข้าใจกันในลักษณะ “การสร้างน้ำเขียว” นั้นเอง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหากมีการสร้างอาหารธรรมชาติภายในบ่อ ก็จะเป็นการเพิ่มระบบห่วงโซ่อาหารขึ้นในบ่อ ซึ่งเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในระบบห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้นนั้น จะส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง ประกอบกับดูดซับสารอาหารส่วนเกินที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ โดยทั่วไปผลผลิตของสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารธรรมชาติที่มีในน้ำ หรือที่เรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ และผลผลิตขั้นปฐมภูมิก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ ในน้ำ

ซึ่งรวมเรียกว่า ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำที่เป็นอาหารสัตว์น้ำมีตั้งแต่ขนาดเล็กเซลล์เดียว จนถึงสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ สามารถจับต้องได้ เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์-ตอนสัตว์ สัตว์พื้นท้องน้ำ ตัวอ่อนแมลงชนิดต่างๆ หนอนแดง เป็นต้น

อย่างไรก็ตามจากเหตุผลความเชื่อหรือมุมมองความคิดของเกษตรกรส่วนใหญ่ต่อการสร้างอาหารธรรมชาติ “น้ำเขียว” ในบ่อเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์นั้น ส่งผลให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี ทำให้ระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์พร้อมมีการสร้างอาหารธรรมชาติจึงเป็นที่แพร่หลาย การสร้างอาหารธรรมชาติในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) ในบ่อเพาะเลี้ยง สามารถทำได้ด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ซึ่งทั้งนี้หากพิจารณาหลักข้อเท็จจริงของการสร้างอาหารธรรมชาติไม่ว่าด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยอนินทรีย์ชนิดใดก็ตาม ผลกระทบที่เกิดขึ้น คือเรื่องของปัจจัยคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชโดยตรง ทั้งนี้หากมีการใส่ปุ๋ยเหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ย่อมทำให้ปริมาณสารอาหารเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนเกินระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดผลเสียตามมาในหลายลักษณะ กล่าวคือ องค์ประกอบชนิดของแพลงก์-ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นในบ่อเพาะเลี้ยงปลาอาจเป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดโทษ เช่น กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถสร้างสารพิษ ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* และ *Cylindrospermopsis raciborskii* หรือกลุ่มสาหร่ายที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำได้ เช่น สาหร่ายสกุล *Oscillatoria* เป็นต้น ตลอดจนอาจส่งผลให้เกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช ที่เรียกว่า “Algal or Phytoplankton bloom” ทั้งนี้แพลงก์ตอนพืชที่มีปริมาณมากนั้น ในช่วงกลางวันคงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์น้ำหรือสิ่งมีชีวิตอื่น แต่ในช่วงเวลากลางคืน สัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องหายใจนำก๊าซออกซิเจนไปใช้ แพลงก์ตอนพืชเหล่านี้จะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

จึงเกิดโจทย์คำถามที่ว่า “การใส่ปุ๋ยเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติให้เกิดขึ้นในบ่อเป็นระยะนานและต่อเนื่อง ส่งผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชอย่างไร การใส่ปุ๋ยระยะเวลานานเท่าไรที่องค์ประกอบ

ชนิดของแพลงก์ตอนเป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดโทษ แล้วจะส่งผลต่อผลผลิตของปลานิลอย่างไร" ทั้งนี้ก็ยังไม่มีข้อมูลพื้นฐานทางวิชาการที่สามารถระบุได้ชัดเจน

ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตอบโจทย์คำถามทั้งหมดเกี่ยวกับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่และสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ ภายหลังหยุดการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์โดยการสร้างอาหารธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจ ตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยประกอบด้วย 2 การทดลอง โดย**การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1 งบประมาณปี 2552)** ศึกษาผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล และ**การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2 งบประมาณปี 2553)** ศึกษาสภาวะการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์-ตอนพืช และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในภาพรวมดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของ แพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในบ่อเพาะเลี้ยง จากผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่อย่างต่อเนื่องกับองค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล
3. เพื่อหาช่วงระยะเวลาและความถี่ที่เหมาะสมในการใช้ปุ๋ยมูลไก่
4. เพื่อศึกษาแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

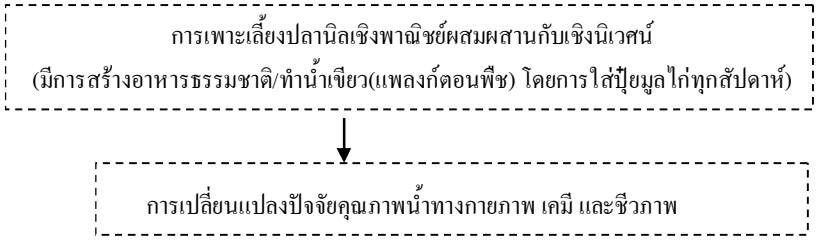
1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตปลานิลที่เพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์
2. เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการตัดสินใจปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยมูลไก่ให้มีความเหมาะสม
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์โดยการสร้างอาหารธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกรเอกชน และผู้สนใจ
4. เป็นแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

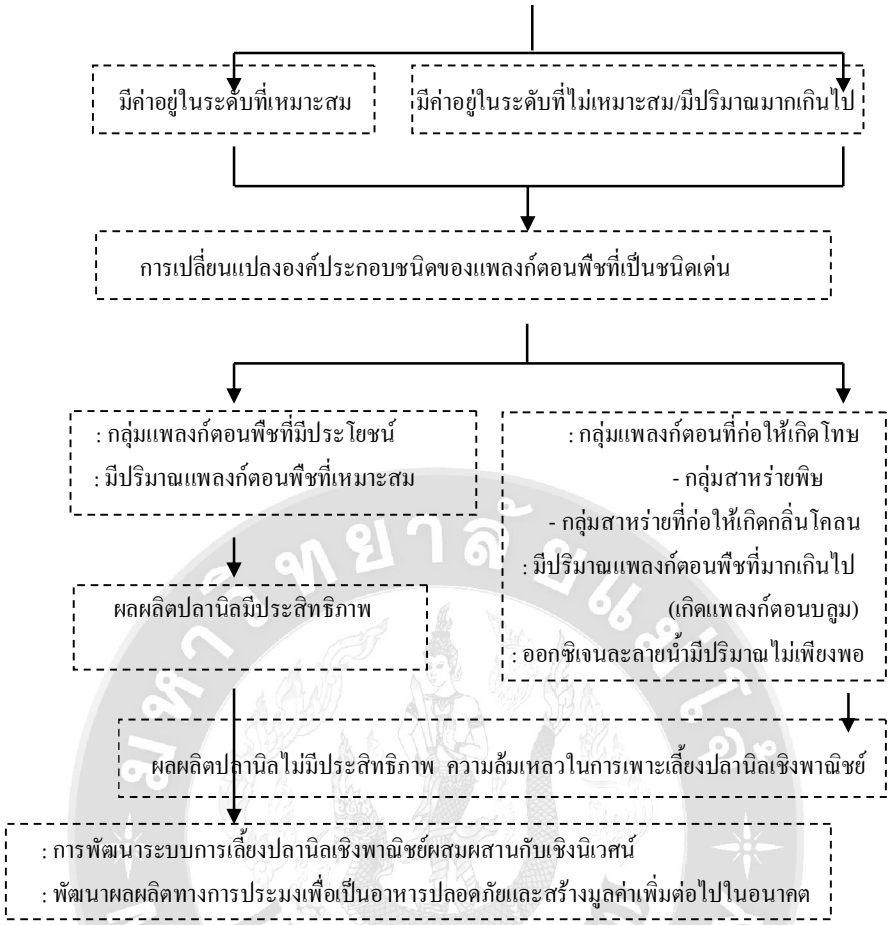
ขอบเขต/แนวทางการดำเนินการวิจัย

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sciencetific method) เพื่อศึกษาหาช่วงระยะเวลาและความถี่ที่เหมาะสมในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งส่งผลให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเพาะเลี้ยงเป็นชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดโทษหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชไม่มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ตลอดจนมีปัจจัยคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ โดยวางแผนการทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบการเพาะเลี้ยงที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติและแบบมีการสร้างอาหารธรรมชาติ โดยใส่มูลไก่แห้งตลอดทำการศึกษา ทั้งนี้จะเก็บข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช และข้อมูลด้านตรวจสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่เหมาะสม

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

<u>กรอบแนวความคิดในการศึกษา</u>





การตรวจเอกสาร

ปลานิล มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linn.) จัดลำดับลักษณะทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้ (Nelson, 1994)

Phylum Chordata

Class Actinopterygii

Subclass Neopterygii

Order Perciformes

Suborder Labroidei

Family Cichlidae

Genus *Oreochromis*

Species *Oreochromis niloticus*



ภาพที่ 1 ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

ปลานิลได้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกโดยพระจักรพรรดิอากิฮิโต เมื่อครั้งดำรงพระอิสริยยศมงกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ทรงจัดส่งปลานิลขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 9 เซนติเมตร จำนวน 50 ตัว มาทูลเกล้าฯ ถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 ในระยะแรกพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้ทรงกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ปล่อยลงในบ่อดินพื้นที่ประมาณ 10 ตารางเมตร ในบริเวณสวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต หลังจากเลี้ยงได้ประมาณ 5 เดือนเศษ ปรากฏว่ามีลูกปลาเกิดขึ้นในบ่อเป็นจำนวนมาก และในวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2508 ทรงย้ายพันธุ์ปลาด้วยพระองค์เอง จากบ่อเดิมไปปล่อยในบ่อใหม่ ที่ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าหน้าที่สวนหลวง ขุดบ่อจำนวน 6 บ่อ มีเนื้อที่เฉลี่ย บ่อละ 70 ตารางเมตร ด้วยพระวิสัยทัศน์ที่กว้างไกล ทรงมีพระราชประสงค์ให้พันธุ์ปลาชนิดนี้ แพร่ขยายพันธุ์ อันจะเป็นประโยชน์แก่พสกนิกรของพระองค์ ดังนั้นเมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2509 ทรงเห็นว่าปลาชนิดนี้เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย ออกลูกดก และเติบโตเร็วในเวลาเพียง 1 ปี มีความยาวถึง 1 ฟุต และมีน้ำหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า “ปลานิล” และได้พระราชทานปลานิล ขนาดความยาว 3-5 เซนติเมตร จำนวน 10,000 ตัว ให้แก่กรมประมง เพื่อนำไปขยายพันธุ์ที่แผนกทดลองและเพาะเลี้ยงในบริเวณเกษตรบางเขน และสถานีประมงต่าง ๆ อีกจำนวน 15 แห่ง ทั่วพระราชอาณาจักร เพื่อดำเนินการขยายพันธุ์พร้อมกัน ซึ่งต่อมาปลานิลก็ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการเพาะเลี้ยงและแพร่ขยายพันธุ์ออกไปอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งในปัจจุบันปลานิลได้กลายเป็นปลาหลักที่นำมาส่งเสริมให้ราษฎรเลี้ยง เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนอาหารโปรตีนของราษฎรในชนบท (สำนักงานประมงจังหวัดอ่างทอง, 2550)

ชีววิทยาบางประการของปลานิล

ปลานิล เป็นพันธุ์ปลาที่มีถิ่นฐานดั้งเดิมแถบบริเวณลุ่มแม่น้ำไนล์ ในแอฟริกาตะวันออกและบริเวณแถบน้ำเซเนกัลและไนเจอ ในแอฟริกาตะวันตก ปลานิลมีลักษณะตัวแบนข้าง มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน หลังโค้งขึ้นเล็กน้อย จมูกมีข้างละรู ปากขนาดปานกลาง มุมปากอยู่ระหว่างตากับจมูก มีลายพาดขวาง 9-10 แถบ ครีบหลังมีอันเดียวมีฐานยาว ประกอบด้วยก้านครีบอ่อน 9-10 อัน ก้านครีบแข็ง 16-18 ก้าน เกล็ดเป็นชนิดเรียบ ลำตัวจะมีสีต่างๆ เปลี่ยนไปตาม

สภาพแวดล้อม คือ มีสีน้ำตาลปนเหลือง สีเขียวเข้มหรือสีน้ำเงิน ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม บริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางนั้นมีจุดสีขาวและดำตัดขวาง แลดูคล้ายลายข้าวตอกอยู่โดยทั่วไป มีเกล็ดบนเส้นข้างลำตัว 33 เกล็ด เกล็ดข้างลำตัวจากครีบหลังถึงเส้นข้างลำตัว 5 เกล็ด และจากเส้นข้างลำตัวลงมาถึงส่วนหน้าของครีบก้น 13 เกล็ด ที่แก้มมีจุดเข้ม 1 จุด ปลานิลมีฟันขนาดเล็กบนขากรรไกรและบริเวณคอหอย ไม่มีกระเพาะแท้เหมือนปลากินเนื้อ ขนาดของปลานิลมีความยาวเกือบ 50 ซม. น้ำหนัก 3-4 กิโลกรัม เป็นปลาที่วางไข่ตลอดปี แม่ปลาจะวางไข่ปีละ 3-4 ครั้ง มีทางเดินอาหารส่วนที่ต่อจากหลอดคอพัฒนามีโครงสร้างคล้ายกระเพาะหรืออาจเรียกว่า กระเพาะดัดแปลง (modified stomach) ซึ่งสามารถหลั่งน้ำย่อยอาหารได้ ท่อทางเดินอาหารมีความยาว 5-8 เท่าของความยาวลำตัว ซึ่งมีประโยชน์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมอาหาร รวมทั้งเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถสังเคราะห์สารอาหารประเภทวิตามินได้ด้วย (ศักดิ์ชัย, 2536)

ลักษณะเพศของปลานิล

ตามปกติปลานิลเพศผู้และเพศเมียหากดูจากรูปร่างภายนอกจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันแต่มีลักษณะรูปร่างเริ่มแตกต่างกันไปเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ปลานิลเพศผู้มักจะมีขนาดใหญ่กว่า และในฤดูผสมพันธุ์จะมีสีสันสดใสกว่าตัวเมีย ทั้งนี้การแยกลักษณะเพศของปลานิล สามารถสังเกตจากอวัยวะเพศและลักษณะอื่นๆ ประกอบดังนี้

ปลานิลเพศผู้ อวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวารจะมีลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา ปลาเพศผู้จะมีรูเปิด 2 รู คือ รูก้น (anus) และรูเปิดรวมของท่อน้ำเชื้อและปัสสาวะ (urogenital pore) สีของตัวปลาจะเข้มสดใส แถบขวางข้างลำตัวมองเห็นไม่ชัดเจน ครีบจะมีสีชมพูออกแดง และใต้คางจะมีสีแดง

ปลานิลเพศเมีย อวัยวะเพศจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ปลาเพศเมียจะมีรูเปิด 3 รู คือ รูก้น (anus) รูท่อนำไข่ (oviduct) และรูท่อปัสสาวะ (ureter) อวัยวะเพศจะมีลักษณะค่อนข้างกลมใหญ่ และช่องเปิดเป็นขีดขวางของอวัยวะเพศ สีของตัวปลาจะซีดกว่าปลาเพศผู้ มองเห็นแถบขวางข้างลำตัวได้ชัดเจน ใต้คางจะมีสีเหลือง และขนาดตัวปลาโดยทั่วไปจะเล็กกว่าปลาเพศผู้



ภาพที่ 2 ลักษณะอวัยวะเพศ (ติ่งเพศ) ของปลานิลเพศผู้ (ด้านขวา) และปลานิลเพศเมีย (ด้านซ้าย)

อุปนิสัยการกินอาหารและคุณสมบัติบางประการของปลานิล

ปลานิลกินอาหารได้ทุกชนิด เช่น ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ สาหร่าย แหน ตัวอ่อนของแมลง และสัตว์เล็กๆ ที่อยู่ในแหล่งน้ำ แต่การเลี้ยงจะให้อาหารสมทบเป็นหลัก เช่น ปลายข้าว มันสำปะหลัง รำข้าว ปลาป่น และพืชผักต่าง ๆ ให้มีส่วนผสมของโปรตีนประมาณ 20 %

ปลานิลเป็นปลาที่โตเร็ว เมื่อได้รับการเลี้ยงดูอย่างถูกต้อง เมื่อใช้เวลาในการเลี้ยง 4-6 เดือน จะได้ปลาขนาด 250 - 480 กรัม

ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารตลอดเวลา กลางวันไม่ค่อยกินอาหาร จะกินอาหารในเวลากลางคืน แต่การย่อยจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ปลานิลกินอาหารได้ทั้งบนผิวน้ำ กลางน้ำและพื้นท้องบ่อ ทำให้สามารถกินอาหารได้หลากหลายประเภท โดยอาหารที่กินแตกต่างกันเล็กน้อยตามขนาด ปลานิลขนาด 1-2 นิ้วกินแพลงก์ตอนและตัวอ่อนของกุ้ง ปู รวมทั้งสาหร่ายเส้นสาย ปลานิลขนาด 3 – 5 นิ้วกินแพลงก์ตอนและตัวอ่อนของกุ้งและปู แต่อาหารส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืช จำพวกไดอะตอม สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งเน่าเปื่อยตามก้นบ่อ มีทางเดินอาหารยาวประมาณ 5 – 7 เท่าของลำตัว ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยและดูดซึมอาหาร ปลานิลไม่มีกระเพาะแท้ แต่มีเนื้อเยื่อซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกระเพาะที่สามารถหลั่งน้ำย่อยเพื่อลดความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการย่อยได้ จึงสามารถย่อยโปรตีนจากสาหร่ายและแพลงก์ตอนได้สูง 68.65 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสารอาหารทั้งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นิวุฒิ, 2547; ศักดิ์ชัย, 2536; Diana *et al.,*1985)

ความต้องการสารอาหาร

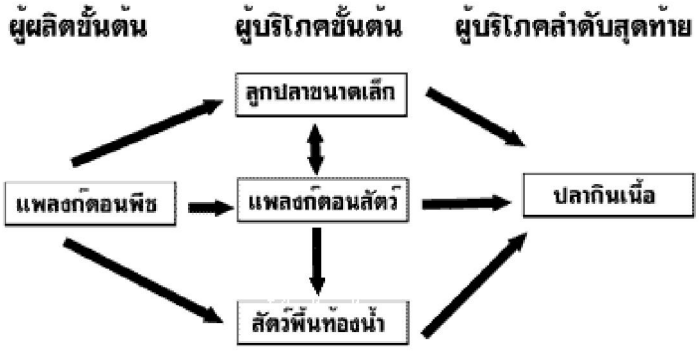
ปลานิลขนาดเล็กต้องการโปรตีนสูงกว่าปลาขนาดใหญ่ โดยลูกปลาระยะเริ่มกินอาหาร (น้ำหนักน้อยกว่า 1 กรัม) ต้องการโปรตีน 40 – 50 % ปลาวัยอ่อน (น้ำหนัก 1 – 10 กรัม) ต้องการโปรตีน 30 – 40 % ปลาวัยรุ่น (น้ำหนัก 10 – 30 กรัม) ต้องการโปรตีน 28 – 35 % ปลาโตเต็มวัย (น้ำหนักมากกว่า 30 กรัม) ต้องการโปรตีนในอาหาร 25 - 30 % ในกรณีที่เลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งมีอาหารธรรมชาติที่ให้โปรตีนสูงทั้งปริมาณและคุณภาพสามารถลดระดับโปรตีนในอาหารลงเหลือเพียง 20 – 25 % (คีรี, 2542)

นอกจากนี้ นวลมณี (2553) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของปลานิลมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่ปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ขนาด อายุปลา คุณภาพของโปรตีน และระดับพลังงาน ปลาขนาดระหว่าง 1 – 10 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารประมาณ 34 -36% ปลาขนาดระหว่าง 10 – 100 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารประมาณ 28 – 30% และปลาขนาดน้ำหนักมากกว่า 100 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารเพียง20 – 25% ปลาที่ขุนไว้เพื่อรอการจับควรให้อาหารที่มีโปรตีนเพียง 20%

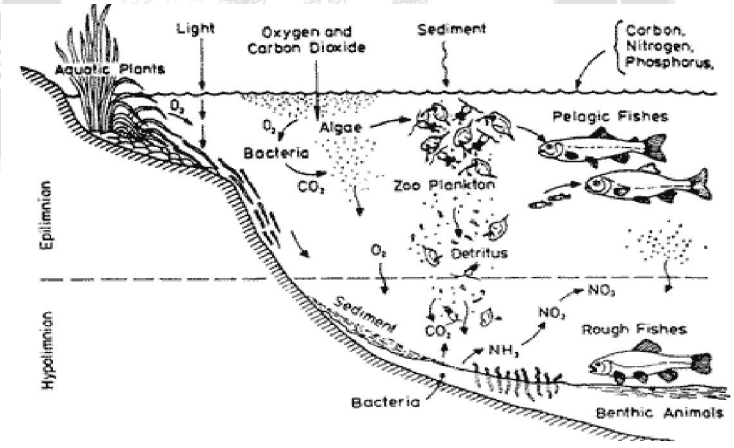
ระบบการเพาะเลี้ยงปลานิล

ปัจจุบันระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลมีหลายรูปแบบ ทั้งลักษณะการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ (แบบพัฒนา) โดยให้ปลานิลกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหารเพียงอย่างเดียว หรือการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์ (แบบกึ่งพัฒนา) โดยมีการใส่ปุ๋ยเพื่อให้สร้างอาหารธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนพืช ให้เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยง ซึ่งเป็นที่เข้าใจกันในลักษณะ “การสร้างน้ำเขียว” นั้นเอง ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหากมีการสร้างอาหารธรรมชาติภายในบ่อ ก็จะเป็นการเพิ่มระบบห่วงโซ่อาหารขึ้นในบ่อ ซึ่งเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในระบบ ห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้นนั้น จะส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง ประกอบกับดูดซับสารอาหารส่วนเกินที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Mischke and Paul, 2004) โดยทั่วไปผลผลิตของสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารธรรมชาติที่มีในน้ำ หรือที่เรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ และผลผลิตขั้นปฐมภูมิก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งรวมเรียกว่า ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำที่เป็นอาหาร

สัตว์น้ำ มีตั้งแต่ขนาดเล็กเซลล์เดียว จนถึงสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ สามารถจับต้องได้ เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์-ตอนสัตว์ สัตว์พื้นท้องน้ำ ตัวอ่อนแมลงชนิดต่างๆ หนอนแดง เป็นต้น (เกรียงศักดิ์, 2547)



ภาพที่ 3 ห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) และสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เคมีภาพและชีวภาพในบ่อปลา
(ที่มา: สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย, 2537)



ภาพที่ 4 สายใยอาหาร (Food Web) ในบ่อปลา
(ที่มา: สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย, 2537)

บัญญัติ และคณะ (2550) ทำการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิต

ปลานิล 12 เดือน เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานว่าองค์ประกอบชีวภาพในระบบนิเวศแหล่งน้ำสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตปลานิลแบบผสมผสานของเกษตรกรบ้านแม่แก้ด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ได้จริงหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงปลานิลระบบธุรกิจปกติทั่วไป โดยผลการศึกษาในภาพรวมพบว่าน้ำหนักและความยาวปลานิลในบ่อที่เลี้ยงแบบผสมผสานแสดงความสัมพันธ์ (Correlation and regression) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับปริมาณสัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบชีวภาพที่เป็นอาหารธรรมชาติในห่วงโซ่อาหารของแหล่งน้ำ ขณะที่บ่อเลี้ยงปลานิลแบบธุรกิจกลับไม่พบความสัมพันธ์ใดๆ เลยกับองค์ประกอบชีวภาพเหล่านี้ นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่า ทุกบ่อที่ทำการศึกษาไม่แสดงความสัมพันธ์ใดๆ ระหว่างการเจริญเติบโตของปลานิลกับปริมาณอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปลานิล ดังนั้นจึงสามารถระบุได้ว่าองค์ประกอบชีวภาพ ในห่วงโซ่อาหารมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มน้ำหนักและขนาดความยาวของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อแบบผสมผสาน สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตปลานิลแบบผสมผสานได้

ขจรเกียรติ์ และคณะ (2551) รายงานว่า การสร้างอาหารธรรมชาติในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเพาะเลี้ยง สามารถทำได้ด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก และปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ โดยอัตราการใช้ปุ๋ยต่างๆ เป็นดังนี้

ปุ๋ยคอก : ไม่เกิน 300 – 450 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน

ปุ๋ยพืชสด : ไม่เกิน 1,200 – 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน

ปุ๋ยหมัก : ไม่เกิน 600 – 700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน

ปุ๋ยเคมี : ปุ๋ยยูเรีย 4.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ หรือปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต 2.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์

ปุ๋ย หมายถึง สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์แสงเป็นสารที่ใส่ลงไปในดินเพื่อให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตามความต้องการของพืชนั้นๆหรือเมื่อดินขาดแคลนธาตุใดธาตุหนึ่ง และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินและละลายธาตุอาหารพืชลงสู่ดินเพื่อพืชนำไปใช้ในการเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืช

ปุ๋ยคอกได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลวและของแข็ง ส่วนใหญ่จะเป็นมูลสัตว์เลี้ยง เช่น มูลวัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้

ประกอบด้วยอุจจาระและปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนของซากพืชและสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยของสัตว์ ปัสสาวะก็เป็นส่วนประกอบของเกลือและสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้ ซึ่งเป็นแหล่งฐานของอาหารพืช ธาตุอาหารจากปุ๋ยคอกจะมีปริมาณน้อย และอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ซึ่งธาตุอาหารในปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่มีทั้งธาตุหลัก ธาตุรองและจุลธาตุ พืชจะได้รับประโยชน์จากปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์ คือ ได้รับธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์ เป็นการให้ธาตุอาหารที่มีลักษณะต่อเนื่อง (มุกดา, 2543)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกชนิดต่างๆ

ธาตุอาหาร	pH	ไนโตรเจน mg/kg	ฟอสฟอรัส mg/kg	โพแทสเซียม mg/kg
มูลวัว ควาย	7.8	1.10	0.40	1.60
มูลไก่	7.6	1.26	0.69	1.66
มูลเป็ด	7.5	1.04	1.84	2.11
มูลสุกร	6.9	2.70	2.40	1.00
มูลค้างคาว	6.3	1.54	14.28	0.60

ที่มา:(ยงยุทธ, 2538 อ้างโดย วิมลพรรณ, 2551)

หากพิจารณาหลักข้อเท็จจริงของการสร้างอาหารธรรมชาติไม่ว่าด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยอนินทรีย์ชนิดใดก็ตาม ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือเรื่องของปัจจัยคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชโดยตรง ทั้งนี้หากมีการใส่ปุ๋ยเหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ย่อมทำให้ปริมาณสารอาหารเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนเกินระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดผลเสียตามมาในหลายลักษณะ กล่าวคือ องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ในบ่อเพาะเลี้ยงปลาอาจเป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดโทษ เช่น กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถสร้างสารพิษ ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* และ *Cylindrospermopsis raciborskii* หรือกลุ่มสาหร่ายที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำได้ เช่น สาหร่ายสกุล *Oscillatoria* เป็นต้น ตลอดจนอาจส่งผลให้เกิดการเพิ่มจำนวน

อย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช ที่เรียกว่า “Algal or Phytoplankton bloom” ทั้งนี้แพลงก์ตอนพืชที่มีปริมาณมากนั้น ในช่วงกลางวันคงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์น้ำหรือสิ่งมีชีวิตอื่น แต่ในช่วงเวลากลางคืนสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องหายใจนำก๊าซออกซิเจนไปใช้ แพลงก์ตอนพืชเหล่านี้จะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อมีไม่เพียงพอต่อสัตว์น้ำหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

วิรัช (2544) กล่าวว่า หลักการสำคัญในการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำ คือ เมื่อมีการให้อาหารเพิ่มขึ้นและสัตว์น้ำเจริญเติบโตขึ้นจนปริมาณการให้อาหารสูงระดับหนึ่ง ความจำเป็นในการใส่ปุ๋ยจะลดลงหรือไม่มีความจำเป็น เนื่องจากของเสียจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและเศษอาหารจะทดแทนธาตุอาหารหรือปุ๋ยในน้ำอย่างเพียงพอจนถึงระดับที่มากเกินพอ การใส่ปุ๋ยเพิ่มจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตมากเกินกว่ากำลังผลิตของบ่อ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการขาดออกซิเจน โดยเฉพาะในช่วงวิกฤตของวันหรือแม้แต่ช่วงที่พืชน้ำมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ เช่น ช่วงที่มีเมฆมาก แสงน้อย ฝนตก หรือเกิดการตายของแพลงก์ตอนพร้อมๆ กัน เป็นต้น

ขจรเกียรติ์ และคณะ (2550) ศึกษาระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยระบบที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อ โดยทำการเลี้ยงปลาบึกในบ่อจำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน และทำการเลี้ยงปลาบึก ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551 เป็นระยะเวลา 7 เดือน ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด สำหรับผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 9 ชนิด (ร้อยละ 20%) ดิวิชัน Chlorophyta 17 ชนิด (ร้อยละ 37.78%) ดิวิชัน Chrysophyta 13 ชนิด (ร้อยละ 28.89%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (ร้อยละ 8.89%) และ ดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) โดยบ่อที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชมี

ปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 22.66 ± 6.08 เซลล์/มิลลิลิตร และบ่อที่ 1 มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 14.31 ± 3.98 เซลล์/มิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสามารถแบ่งปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (บ่อที่ 2 และ 3) มีปริมาณเฉลี่ย 19.69 ± 3.93 - 22.66 ± 6.08 เซลล์/มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 2 (บ่อที่ 1) มีปริมาณเฉลี่ย 14.31 ± 3.98 เซลล์/มิลลิลิตร

ทั้งนี้เมื่อทำการศึกษาสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาบึกดังกล่าวทั้ง 3 บ่อพบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่มีสหสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น, SGR, ADG, ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, pH, TDS และค่า EC นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยมูลไก่จะส่งเสริมให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดิวิชัน Cyanophyta, Chrysophyta และ Euglenophyta ตามลำดับ (ขจรเกียรติ์ และคณะ, 2553)

ขจรเกียรติ์ และคณะ (2551) ศึกษาผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการสะสมกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก โดยทำการเลี้ยงปลาบึกในบ่อจำนวน 6 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน บ่อที่ 2, 3, 4 และ 5 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%, 3%, 4% และ 5% ของน้ำหนักตัว/วัน ตามลำดับ และบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ แต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 8 ชนิด (ร้อยละ 17.78%) ดิวิชัน Chlorophyta 18 ชนิด (ร้อยละ 40.00%) ดิวิชัน Chrysophyta 13 ชนิด (ร้อยละ 28.89%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1ชนิด (ร้อยละ 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (ร้อยละ 8.89%) และ ดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) โดยบ่อที่ 4 พบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 35.42 ± 6.24 เซลล์/มิลลิลิตร และบ่อที่ 1 มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 10.74 ± 3.72 เซลล์/มิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

โดยสามารถแบ่งปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (บ่อที่ 3, 4, 5 และ 6) มีปริมาณเฉลี่ย 17.08 $\pm$ 5.30 - 35.42 $\pm$ 6.24 เซลล์/มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 2 (บ่อที่ 1, 2, 3, 5 และ 6) มีปริมาณเฉลี่ย 10.74 $\pm$ 3.72 - 27.15 $\pm$ 3.10 เซลล์/มิลลิลิตร

สุจิตรา (2546) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาโครงการเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2545 – กุมภาพันธ์ 2546 ซึ่งมีการบูรณาการเลี้ยงไก่บนคันบ่อและใช้มูลไก่บางส่วนเป็นอาหารธรรมชาติของปลา จากการที่มูลไก่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 กลุ่ม (Division) 39 สกุล (genera) โดยเรียงลำดับจากกลุ่มที่พบมากที่สุดไปหาน้อย ได้แก่ Division Chlorophyta 14 สกุล, Cyanophyta 10 สกุล, Chrysophyta 8 สกุล, Euglenophyta 3 สกุล, Pyrrophyta 2 สกุล และ Cryptophyta 2 สกุล เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ พบว่าแพลงก์ตอนพืช ใน Division Cyanophyta มีความสัมพันธ์แปรผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (r=-0.660*) เมื่อพิจารณาจำนวนรวมของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Cyanophyta พบว่าแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น คือ *Oscillatoria* sp. และ *Merismopedia* sp. ตามลำดับ

ปานตะวัน (2549) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อชนิดของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีการให้ปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้ในระดับต่างกัน คือ 0, 30, 60, 90, 120 และ 150 กิโลกรัม/ไร่/สัปดาห์ ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน คือ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Chrysophyta แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น คือ *Merismopedia* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp., *Chlamydomona* sp., *Eudorina* sp., *Scenedesmus* sp., *Euglena* sp., *Trachelomonas* sp., *Cyclotella* sp. และ *Navicula* sp. ทั้งนี้จำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้กับชนิดแพลงก์ตอนพืช พบว่าแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Euglenophyta มีความสัมพันธ์ แปรผันตามกับปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้และปริมาณค่าฟอสเฟตในบ่อ ส่วนแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Cyanophyta มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้

เทพรัตน์ (2547) ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับไก่กระทง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อศึกษาสภาพสังคมเศรษฐกิจ และวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับไก่กระทง พบว่าต้นทุนเฉลี่ยต่อกิโลกรัมของปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับไก่กระทงสำหรับบ่อปลาขนาดมากกว่า 5 ไร่ และไม่เกิน 5 ไร่ เท่ากับ 17.17 และ 23.40 บาท ได้ผลผลิตเฉลี่ย 2,116.61 และ 1,815.44 กิโลกรัม/ไร่/รอบการผลิต ตามลำดับ โดยต้นทุนหลักในการผลิตเป็นค่าอาหารซึ่งมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 41.41 สำหรับบ่อปลาที่มีขนาดมากกว่า 5 ไร่ และมีสัดส่วนร้อยละ 50.03 สำหรับบ่อปลาที่มีขนาดมากกว่า 5 ไร่ ต้นทุนการผลิตที่มีสัดส่วนรองลงมา คือ ค่าเสียโอกาสปุ๋ยคอกจากมูลไก่ที่ตกลงไปในบ่อปลาและปัญหาที่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลร่วมกับไก่กระทง ประสพปัญหาประการหนึ่ง คือ ปัญหาน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลานิลเนื่องจากปริมาณมูลไก่ที่ตกลงไปในบ่อมีปริมาณมากเกินไป ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารในบ่อมากเกินไป ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสีย ปลาขาดออกซิเจนและโตช้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีปัญหามากขึ้นในบ่อปลาขนาดเล็ก ซึ่ง Yi and Lin (2000) อ้างโดย เทพรัตน์ (2547) ได้ให้คำแนะนำการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่นั้น จะได้ผลตอบแทนสุทธิสูงสุดเมื่อใช้อัตรามูลไก่ 40 กก./ไร่/สัปดาห์ การเพิ่มจำนวนปุ๋ยมูลไก่มากขึ้นจะได้ผลผลิตผลปลานิลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่กลับได้รับผลตอบแทนสุทธิลดลง

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเลี้ยงปลานิลและวัดประสิทธิภาพการเติบโต
    - 1.1 บ่อดินขนาดกว้าง 9.0 เมตร ยาว 10.8 เมตร จำนวน 3 บ่อ
    - 1.2 กระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร จำนวน 9 กระชัง
    - 1.3 ลูกปลานิลแปลงเพศ น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 8 – 10 กรัม (การทดลองที่ 1)

      และน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 15 - 20 กรัม (การทดลองที่ 2)
    - 1.4 สวิงตักปลา
    - 1.5 กะละมัง
    - 1.6 เครื่องชั่ง

2. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำและตรวจวินิจฉัยชนิดแพลงก์ตอนพืช

2.1 กระบอกเก็บน้ำตัวอย่างขนาด 1 ลิตร

2.2 ถุงกรองแพลงก์ตอน 10 ไมครอน

2.3 ถังตวงน้ำขนาด 5 ลิตร

2.4 ขวดเก็บน้ำตัวอย่างแพลงก์ตอน

2.5 หลอดหยด (Dropper)

2.6 แผ่นกระจกสไลด์ และ Cover glass

2.7 กล้องจุลทรรศน์พร้อมกล้องดิจิตอล

2.8 บีกเกอร์ (Beaker)

2.9 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeryer flask)

2.10 กรวยกรอง (Funnel)

2.11 กระบอกตวง (Cylinder)

2.12 Reduction Column

2.13 ขวด BOD

2.14 กระดาษกรอง

2.15 Secchi Disk

2.16 เครื่อง pH-EC-TDS METER ยี่ห้อ HANNA instrsments รุ่น HI 9812

2.17 เครื่อง Spectrophotometer พร้อม Cuvette

2.18 เทอร์โมมิเตอร์

2.19 น้ำกลั่น

2.20 Oxidizing Solution

2.21 Rochelle salt Solution

2.22 Phenate Solution

2.23 Standard Ammonium Chloride Solution

2.24 Diazotizing Reagent

2.25 Coupling Reagent

2.26 Standard Nitrite Solution

2.27 Standard Nitrate Solution

2.28 Stock Nitrate Solution

2.29 NH_4Cl-EDTA Solution (เข้มข้น)

2.30 NH_4Cl-EDTA Solution (เจือจาง)

2.31 ผงแคดเมียม

2.32 Ammonia Molypdate Solution

2.33 Stannous Chloride Solution

2.34 Standard Phosphate Solution

2.35 แมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($MnSO_4$)

2.36 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)

2.37 น้ำแป้ง

2.38 สารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$

2.39 Lugol's solution

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1 งบประมาณปี 2552)

1. การเตรียมบ่อทดลอง

1.1 ดำเนินการเตรียมบ่อดินขนาดประมาณ 100 ตารางเมตร จำนวน 3 บ่อ โดยสูบน้ำออกจากบ่อจนหมด แล้วทำการลอกเลนพื้นก้นบ่อออก จากนั้นทำการโรยปูนขาวและตากบ่อให้แห้งประมาณ 1 อาทิตย์ก่อนการทดลองเลี้ยงปลานิล



ภาพที่ 5 การเตรียมบ่อเพื่อใช้ในการทดลองที่ 1

1.2 ทำการเติมน้ำในบ่อทดลองแต่ละบ่อ โดยนำน้ำจากคลองชลประทานกรองผ่านผ้ากรองหรืออวนฟ้า เพื่อป้องกันศัตรูของลูกปลานิล แล้วกางกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร ในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง (3 ซ้ำ) รักษาระดับน้ำให้มีความลึกไม่ต่ำกว่า 1 เมตร (ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง)



ภาพที่ 6 การเติมน้ำในบ่อทดลองและการกางกระชังมุ้งฟ้าในการทดลองที่ 1

2. การเตรียมลูกปลานิล

นำลูกปลานิลแปลงเพศขนาดความยาว 4 - 5 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 8 – 10 กรัม จากฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลของเอกชน มาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตารางเมตร ด้วยความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้น ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มทำการทดลอง

3. การวางแผนการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1)</u> ศึกษาผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล

3.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) โดยสุ่มปล่อยลูกปลานิลที่มีขนาดความยาวประมาณ 4 – 5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 8 – 10 กรัม ลงในกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร ที่กางในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง (3 ซ้ำ) จำนวน 50 ตัว/กระชัง (10 ตัว/ตารางเมตร) ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ (3 ทรีตเมนต์) (ภาพที่ 7) ดังนี้

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม)

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ: โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ: โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 7 การสุ่มนับและปล่อยลูกปลานิลที่ใช้ทดลองลงในกระชังมุ้งฟ้าในการทดลองที่ 1



ภาพที่ 8 การใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในบ่อทดลองที่ 2 และ 3 ในการทดลองที่ 1

3.2 ทำการเลี้ยงปลานิลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ – กันยายน 2552 เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืช (ระดับโปรตีน 15%) ในอัตรา 10% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (08.00 - 09.00 น. และ 15.00 - 16.00 น.) ตลอดการทดลอง ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 1 เดือน

3.3 สุ่มจับปลานิลมาตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตทุก 1 เดือน โดยนำข้อมูลประสิทธิภาพการเติบโตที่ได้ ไปปรับปริมาณการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อไป (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 การชั่งน้ำหนักปลานิล เพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโต ในการทดลองที่ 1

4. การตรวจสอบประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลานิลในแต่ละกระชังทุก 1 เดือน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการเติบโตต่าง ๆ ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)

= (น้ำหนักปลาทั้งหมด/จำนวนปลาทั้งหมด)

2. น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain)

= (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง - น้ำหนักปลาเริ่มต้น)

3. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average diary growth; ADG)

= (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง - น้ำหนักปลาเริ่มต้น) / จำนวนวันที่เลี้ยง

4. อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

= 100 x (ln น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง – ln น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการเลี้ยง) / จำนวนวันที่เลี้ยง

5. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (ก.) / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)

6. อัตราการรอด (Survival rate %)

= (จำนวนปลาที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง / จำนวนปลาที่เริ่มต้นการเลี้ยง) x 100

5. การตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ทุก 15 วัน (ภาพที่ 10) จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่

- อุณหภูมิอากาศและน้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
- ค่าความเป็นกรด – ด่าง โดยใช้ pH meter (ยี่ห้อ HANNA instrsments รุ่น HI 9812)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยใช้ TDS meter
- ค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และบีโอดี โดยวิธี Azide modification หรือ Winkler method
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Indophenol method หรือ Phenate method
- ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน โดยวิธีการวัดสี (Reddish purple azo dye method)
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Copper-cadmium reduction column method
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride



ภาพที่ 10 การเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำที่บ่อและห้องปฏิบัติการในการทดลองที่ 1

6. วิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 15 วัน ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำ ใช้ถังน้ำขนาด 5 ลิตร ตักน้ำปริมาตร 30 ลิตร กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาดตา 10 ไมโครเมตร แล้วเก็บตัวอย่างน้ำที่เหลือปลายกระบอกของถุงกรองแพลงก์ตอน เทใส่ในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่าง เติมน้ำยาดอง Lugol 's solution (อัตรา 1:100) แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์จัดจำแนกชนิดและนับปริมาณภายใต้กล้องจุลทรรศน์ต่อไป (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ในการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2 งบประมาณปี 2553)

สรุปผลการทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2552) ในส่วนของการศึกษาผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ซึ่งผลการทดลองพบว่าการสร้างอาหารธรรมชาติ โดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่ / 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดต่อการเลี้ยงปลานิล ทั้งนี้นำผลการทดลองที่ได้ มาประยุกต์วางแผนการทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2553) เพื่อศึกษาผลและสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ภายหลังหยุดการใช้ปุ๋ยมูลไก่เมื่อถึงช่วงระยะเวลาที่เลือกไว้จากผลการทดลองที่ 1 ดังนี้

1. การเตรียมบ่อทดลอง

1.1 ดำเนินการเตรียมบ่อดิน/ปรับปรุงบ่อ จำนวน 3 บ่อ โดยสูบน้ำออกจากบ่อจนหมด แล้วทำการลอกเลนพื้นก้นบ่อออก จากนั้นทำการโรยปูนขาวและตากบ่อให้แห้งประมาณ 1 อาทิตย์ก่อนการทดลองเลี้ยงปลานิล



(ก) สูบน้ำออกจากบ่อ (ข) ลอกเลนออกจากพื้นก้นบ่อ (ค) โรยปูนขาวให้ทั่วบ่อ

ภาพที่ 12 ขั้นตอนการเตรียมบ่อ/ปรับปรุงบ่อเพื่อใช้ในการทดลองที่ 2

1.2 ทำการเติมน้ำในบ่อทดลองแต่ละบ่อ โดยนำน้ำจากคลองชลประทานกรองผ่านผ้ากรองหรืออวนฟ้า เพื่อป้องกันศัตรูของลูกปลานิล แล้วกางกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร ในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง (3 ซ้ำ) รักษาระดับน้ำให้มีความลึกไม่ต่ำกว่า 1 เมตร (ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง)

2. การเตรียมลูกปลานิล

นำลูกปลานิลแปลงเพศขนาดความยาวประมาณ 4 – 5 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 15 – 20 กรัม จากหน่วยผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาพักให้ปรับตัวในกระชังมุ้งฟ้าขนาด 18 ตารางเมตร ด้วยความหนาแน่น 30 ตัว/ตารางเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการสุ่มนับ ชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้น และปล่อยลงในกระชังมุ้งฟ้าที่มีขนาด 5 ตารางเมตร จำนวน 50 ตัว/กระชัง (10 ตัว/ตารางเมตร)



ภาพที่ 13 การสุ่มนับและปล่อยลูกปลานิลที่ใช้ทดลองลงในกระชังมุ้งฟ้าในการทดลองที่ 2

3. การวางแผนการทดลอง

<u>การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2)</u> ศึกษาผลและสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล

จากผลการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1 งบประมาณปี 2552) สามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ร่วมกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วย

การใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่ / 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดต่อการเลี้ยงปลานิล นำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการทดลองที่ 2ดังนี้

3.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) โดยสุ่มปล่อยลูกปลานิลที่มีขนาดความยาวประมาณ 4 – 5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 15 – 20 กรัม ลงในกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร ที่กางในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง (3 ซ้ำ) จำนวน 50 ตัว/กระชัง (10 ตัว/ตารางเมตร) ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ (3 ทรีตเมนต์)

กำหนดให้มีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่ / 2 สัปดาห์ ในบ่อเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 บ่อ เป็นระยะเวลา 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) (ภาพที่ 14) เพื่อปรับสภาพบ่อให้เหมือนกับผลการทดลองที่ 1 และเมื่อครบกำหนด 2 เดือนที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ให้ทำการเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 บ่อ ต่อไปดังนี้

บ่อที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553)

บ่อที่ 2 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553): โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/ เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง (เดือนมิถุนายน – ตุลาคม 2553)

บ่อที่ 3 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553): โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง (เดือนมิถุนายน – ตุลาคม 2553)



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติ
ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ

3.2 ทำการเลี้ยงปลานิลตั้งแต่เดือนเมษายน – ตุลาคม 2553 เป็นระยะเวลา 7 เดือน โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืช (ระดับโปรตีน 15%) ในอัตรา 10% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (08.00 - 09.00 น. และ 15.00 - 16.00 น.) ตลอดการทดลอง ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 1 เดือน

3.3 สุ่มจับปลานิลมาตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตทุก 1 เดือน โดยนำข้อมูลประสิทธิภาพการเติบโตที่ได้ ไปปรับปริมาณการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อไป (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 การชั่งน้ำหนักปลานิล เพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตในการทดลองที่ 2

4. การตรวจสอบประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลานิลในแต่ละกระชังทุก 1 เดือน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล เหมือนกับการทดลองที่ 1 ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)
2. น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain)
3. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average diary growth; ADG)
4. อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)
5. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR)
6. อัตราการรอด (Survival rate %)

5. การตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ทุก 15 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลอง (เหมือนกับการทดลองที่ 1) ได้แก่

- อุณหภูมิอากาศและน้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
- ค่าความเป็นกรด – ด่าง โดยใช้ pH meter (ยี่ห้อ HANNA instrsments รุ่น HI 9812)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยใช้ TDS meter
- ค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และบีโอดี โดยวิธี Azide modification หรือ Winkler method
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Indophenol method หรือ Phenate method
- ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน โดยวิธีการวัดสี (Reddish purple azo dye method)
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Copper-cadmium reduction column method
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride
-

6. วิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และวิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ในการทดลองที่ 2 ใช้วิธีดำเนินการเหมือนกับการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ทางสถิติ (การทดลองที่ 1 และ 2)

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล จำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ตลอดจนปัจจัยคุณภาพน้ำ โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละบ่อ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่เกื้อกูลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5.0

สถานที่ทำการทดลอง (การทดลองที่ 1 และ 2)

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

บ่อเลี้ยงปลาของเกษตรกร หมู่ 10 ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิจัย

<u>การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1 งบประมาณปี 2552)</u>

จากการทดลองที่ 1 การศึกษาผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ โดยนำลูกปลานิลที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 8 – 10 กรัม มาเลี้ยงในกระชังมุ้งฟ้า ขนาด 5 ตารางเมตร จำนวน 50 ตัว/กระชัง ที่กางในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ บ่อที่ 2 และ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ ทำการเลี้ยงปลานิลระหว่างเดือน

กุมภาพันธ์ – กันยายน 2552 เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ทุก 1 เดือน พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำและเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุก 2 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่เป็นระยะนานและต่อเนื่องส่งผลเชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล แต่ส่งผลเชิงลบต่ออัตราการเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดของปลานิล สำหรับคุณภาพน้ำและองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชพบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่เป็นระยะนานและต่อเนื่อง ส่งผลเชิงบวกต่อปริมาณธาตุอาหารไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน แต่ส่งผลเชิงลบต่อความโปร่งแสงของน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ นอกจากนี้ยังส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Euglenophyta ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp. และ *Trachelomonas* sp. และเมื่อเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยมูลไก่ พบว่าช่วงระยะเวลา 3 – 4 เดือนแรก ปลานิลในบ่อที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพการเติบโตทุกปัจจัยสูงกว่าปลานิลในบ่อที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ ($P<0.05$) แต่หลังจากนั้น ปลานิลที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ มีอัตราการรอดลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลในบ่อที่ 1 และ 3 ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาภาพรวมตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ ส่งผลเชิงบวกต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลานิล ความโปร่งแสงของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และผลเชิงลบต่อปริมาณบีโอดีอย่างชัดเจน

จึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ร่วมกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิล ทั้งนี้นำผลการทดลองที่ได้ มาประยุกต์วางแผนการทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2553) เพื่อศึกษาผลและสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ภายหลังหยุดการใช้ปุ๋ยมูลไก่เมื่อถึงช่วงระยะเวลาที่เลือกไว้จากผลการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2 งบประมาณปี 2553)

การทดลองที่ 2 ศึกษาสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่ / 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล โดยเมื่อครบกำหนดระยะเวลา 2 เดือนที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติให้ทำการเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 บ่อ ต่อไปดังนี้

บ่อที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553)

บ่อที่ 2 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553): โดยกำหนดการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง เป็นอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง (เดือนมิถุนายน – ตุลาคม 2553)

บ่อที่ 3 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553): โดยกำหนดการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง เป็น อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง (เดือนมิถุนายน – ตุลาคม 2553)

1. ประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ (3 ทรีตเมนต์) ตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงในตารางที่ 2, 3 และ ภาพที่ 16

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในแต่ละบ่อ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

เดือน	บ่อ	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ADG (/วัน)	SGR (%/วัน)	FCR	อัตรารอด (%)
เม.ย. 53	1	17.20 ± 1.11 [a]	-	-	-	-	100
	2	15.47 ± 0.68 [a]	-	-	-	-	100
	3	17.00 ± 2.81 [a]	-	-	-	-	100
พ.ค. 53	1	29.31 ± 0.35 [b]	12.11 ± 1.02 [b]	0.40 ± 0.03 [b]	8.29 ± 0.28 [b]	5.69 ± 0.95 [a]	100 ± 0.00 [a]
	2	44.87 + 0.77 [a]	29.40 + 1.44 [a]	0.98 + 0.05 [a]	11.26 + 0.17 [a]	3.83 + 0.13 [a]	100 + 0.00 [a]
	3	24.92 ± 1.62 [c]	7.92 ± 1.55 [b]	0.27 ± 0.05 [b]	6.76 ± 0.67 [c]	8.33 ± 2.16 [a]	96.00 ± 2.00 [a]
มิ.ย. 53	1	58.27 ± 1.92 [b]	41.07 ± 2.49 [b]	1.37 ± 0.08 [b]	6.19 ± 0.10 [b]	3.15 ± 0.41 [a]	97.00 ± 1.00 [a]
	2	84.16 ± 1.19 [a]	68.70 ± 1.55 [a]	2.29 ± 0.05 [a]	7.05 ± 0.04 [a]	2.96 ± 0.05 [a]	96.67 ± 1.76 [a]
	3	61.80 ± 2.65 [b]	44.80 ± 0.28 [b]	1.49 ± 0.01 [b]	6.34 ± 0.01 [b]	3.29 ± 0.17 [a]	95.33 ± 0.67 [a]

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

เดือน	บ่อ	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ADG (/วัน)	SGR (%/วัน)	FCR	อัตรารอด (%)
ก.ค. 53	1	80.38 ± 1.71 [b]	63.18 ± 2.79 [b]	2.10 ± 0.09 [b]	4.61 ± 0.05 [b]	2.79 ± 0.33 [a]	96.00 ± 0.00 [a]
	2	111.21 ± 1.31 [a]	95.74 ± 1.65 [a]	3.19 ± 0.05 [a]	5.07 ± 0.02 [a]	2.81 ± 0.05 [a]	96.67 ± 1.76 [a]
	3	80.97 + 4.69 [b]	63.97 + 2.34 [b]	2.13 + 0.08 [b]	4.62 + 0.04 [b]	2.99 + 0.08 [a]	94.67 + 0.67 [a]
ส.ค. 53	1	114.44 ± 8.52 [b]	97.24 ± 8.99 [b]	3.24 ± 0.30 [b]	3.81 ± 0.08 [b]	1.32 ± 0.03 [b]	96.00 ± 0.00 [a]
	2	161.46 ± 8.13 [a]	145.99 ± 7.72 [a]	4.87 ± 0.26 [a]	4.15 ± 0.05 [a]	2.67 ± 0.06 [a]	96.67 ± 1.76 [a]
	3	115.39 ± 6.27	98.39 ± 3.46 [b]	3.28 ±	3.82 ± 0.03	2.75 ±	94.00 ± 0.00

		b		0.12 b	b	0.05 a	a
ก.ย. 53	1	149.09 ± 9.07 b	132.09 ± 7.04 b	4.40 ± 0.24 b	3.25 ± 0.04 b	1.37 ± 0.14 a	96.00 ± 0.00 a
	2	199.76 ± 7.90 a	184.30 ± 7.27 a	6.14 ± 0.24 a	3.48 ± 0.03 a	1.65 ± 0.45 a	94.67 ± 0.67 b
	3	155.00 ± 7.22 b	137.80 ± 7.13 b	4.59 ± 0.24 b	3.28 ± 0.03 b	1.06 ± 0.37 a	94.00 ± 0.00 b
ต.ค. 53	1	183.87 ± 11.11 b	166.87 ± 9.00 b	5.56 ± 0.30 b	2.84 ± 0.03 b	1.36 ± 0.37 a	96.00 ± 0.00 a
	2	244.20 ± 12.29 a	228.74 ± 11.70 a	7.63 ± 0.39 a	3.02 ± 0.03 a	1.95 ± 0.50 a	94.67 ± 0.67 b
	3	190.77 ± 4.91 b	173.57 ± 4.81 b	5.78 ± 0.16 b	2.86 ± 0.02 b	1.67 ± 0.15 a	94.00 ± 0.00 b

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

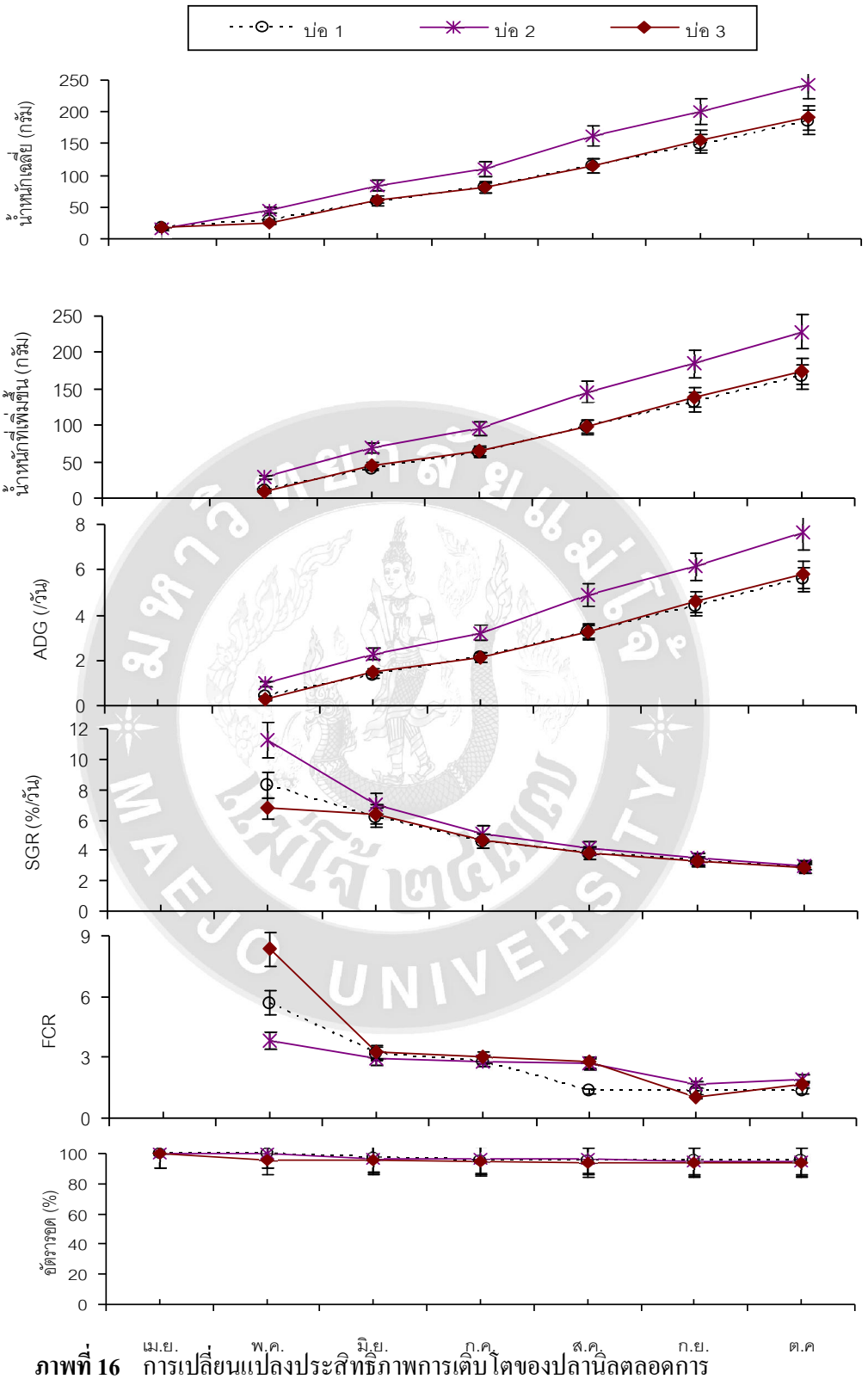
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในแต่ละบ่อตลอดการทดลอง

(ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

บ่อ / ทรีตเมนต์	ปัจจัยประสิทธิภาพการเติบโต					
	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ADG (/วัน)	SGR (%/วัน)	FCR	อัตรารอด (%)
บ่อ 1 : ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ	90.43 ± 13.08 [a]	85.67 ± 13.06 [a]	2.86 ± 0.44 [a]	4.61 ± 0.37 [a]	2.67 ± 0.40 [a]	97.14 ± 0.38 [a]
บ่อ 2 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/ เดือน)	123.02 ± 17.31 [a]	125.48 ± 13.06 [a]	4.18 ± 0.56 [a]	5.67 ± 0.68 [a]	2.65 ± 0.19 [a]	97.05 ± 0.60 [a]
บ่อ 3 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/2 เดือน)	92.20 ± 13.45 [a]	87.49 ± 13.58 [a]	2.92 ± 0.45 [a]	4.84 ± 0.46 [a]	3.30 ± 0.66 [a]	95.43 ± 0.48 [b]
P-value	0.222	0.102	0.101	0.325	0.526	0.028

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลตลอดการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2 , 3 และ ภาพที่ 16 พบว่าประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมภายหลังเริ่มปล่อยปลานิลในเดือนเมษายน และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า

น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด (123.02 $\pm$ 17.31 กรัม/ตัว) และปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด (90.43 $\pm$ 13.08 กรัม/ตัว)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด (125.48 $\pm$ 13.06 กรัม/ตัว) และปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด (85.67 $\pm$ 13.06 กรัม/ตัว)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) เฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด (4.18 $\pm$ 0.56 /วัน) และปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด (2.86 $\pm$ 0.44 / วัน)

อัตราการเติบโตจำเพาะ (SGR) เฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด (5.67 $\pm$ 0.68% / วัน) และปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด (4.61 $\pm$ 0.37% /วัน)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) เฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 3 มีค่าสูงสุด (3.30 $\pm$ 0.66) และปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าต่ำสุด (2.65 $\pm$ 0.19)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงในแต่ละบ่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

อัตราการรอดเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าสูงสุด (97.14 $\pm$ 0.38%) และปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ 3 มีค่าต่ำสุด (95.43 $\pm$ 0.48%) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าอัตราการรอดเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงในแต่ละบ่อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอัตราการรอดเฉลี่ยของปลานิลออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีค่า 97.05 $\pm$ 0.60 – 97.14 $\pm$ 0.38% (บ่อที่ 1 และ 2) และกลุ่มที่ 2 มีค่า 95.43 $\pm$ 0.48% (บ่อที่ 3)

ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล

จากการศึกษาสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ต่อการเปลี่ยนแปลง

ประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล โดยทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลกับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งปรากฏผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4, 5, 6 และ 7

ตารางที่ 4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อที่ 1 กับช่วงระยะเวลาการเลี้ยง (ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่)

Correlations

		month	avweight	WeightG	ADG	SGR	FCR	Survival
month	Pearson Correlation	1	.935**	.934**	.934**	-.960**	-.649**	-.618**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.001	.003
	N	21	21	21	21	21	21	21
avweight	Pearson Correlation	.935**	1	.999**	.999**	-.845**	-.526*	-.582**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.014	.006
	N	21	21	21	21	21	21	21
WeightG	Pearson Correlation	.934**	.999**	1	1.000**	-.844**	-.532*	-.588**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.013	.005
	N	21	21	21	21	21	21	21
ADG	Pearson Correlation	.934**	.999**	1.000**	1	-.844**	-.532*	-.588**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.013	.005
	N	21	21	21	21	21	21	21
SGR	Pearson Correlation	-.960**	-.845**	-.844**	-.844**	1	.704**	.559**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.008
	N	21	21	21	21	21	21	21
FCR	Pearson Correlation	-.649**	-.526*	-.532*	-.532*	.704**	1	.353
	Sig. (2-tailed)	.001	.014	.013	.013	.000		.117
	N	21	21	21	21	21	21	21
Survival	Pearson Correlation	-.618**	-.582**	-.588**	-.588**	.559**	.353	1
	Sig. (2-tailed)	.003	.006	.005	.005	.008	.117	
	N	21	21	21	21	21	21	21

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลใน บ่อที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) กับช่วงระยะเวลาการเลี้ยง (ตารางที่ 4) พบว่าช่วงระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.935**) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (r = 0.934**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (r = -0.960**) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย (r = -0.649**) และอัตราการรอดเฉลี่ย (r = -0.618**)

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อที่ 2 กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่

Correlations

		month	avweight	WeightG	ADG	SGR	FCR	Survival
month	Pearson Correlation	1	.980**	.982**	.982**	-.957**	-.686**	-.378
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.005	.165
	N	15	15	15	15	15	15	15
avweight	Pearson Correlation	.980**	1	1.000**	1.000**	-.916**	-.764**	-.381
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.001	.161
	N	15	15	15	15	15	15	15
WeightG	Pearson Correlation	.982**	1.000**	1	1.000**	-.917**	-.761**	-.380
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.001	.162
	N	15	15	15	15	15	15	15
ADG	Pearson Correlation	.982**	1.000**	1.000**	1	-.917**	-.761**	-.380
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.001	.162
	N	15	15	15	15	15	15	15
SGR	Pearson Correlation	-.957**	-.916**	-.917**	-.917**	1	.629*	.325
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.012	.238
	N	15	15	15	15	15	15	15
FCR	Pearson Correlation	-.686**	-.764**	-.761**	-.761**	.629*	1	.308
	Sig. (2-tailed)	.005	.001	.001	.001	.012		.264
	N	15	15	15	15	15	15	15
Survival	Pearson Correlation	-.378	-.381	-.380	-.380	.325	.308	1
	Sig. (2-tailed)	.165	.161	.162	.162	.238	.264	
	N	15	15	15	15	15	15	15

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลใน บ่อที่ 2 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ (ตารางที่ 5) พบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.980**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (r = 0.982**) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย (r = 0.982**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (r = -0.957**) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย (r = -0.686**)

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ในบ่อที่ 3 กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่

Correlations

		month	avweight	WeightG	ADG	SGR	FCR	Survival
month	Pearson Correlation	1	.969**	.981**	.981**	-.957**	-.844**	-.589*
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.021
	N	15	15	15	15	15	15	15
avweight	Pearson Correlation	.969**	1	.996**	.996**	-.893**	-.761**	-.569*
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.001	.027
	N	15	15	15	15	15	15	15
WeightG	Pearson Correlation	.981**	.996**	1	1.000**	-.906**	-.797**	-.573*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.025
	N	15	15	15	15	15	15	15
ADG	Pearson Correlation	.981**	.996**	1.000**	1	-.906**	-.797**	-.573*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.025
	N	15	15	15	15	15	15	15
SGR	Pearson Correlation	-.957**	-.893**	-.906**	-.906**	1	.788**	.632*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.011
	N	15	15	15	15	15	15	15
FCR	Pearson Correlation	-.844**	-.761**	-.797**	-.797**	.788**	1	.489
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.000	.000	.000		.064
	N	15	15	15	15	15	15	15
Survival	Pearson Correlation	-.589*	-.569*	-.573*	-.573*	.632*	.489	1
	Sig. (2-tailed)	.021	.027	.025	.025	.011	.064	
	N	15	15	15	15	15	15	15

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลใน บ่อที่ 3 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ (ตารางที่ 6) พบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.969**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (r = 0.981**) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย (r = 0.981*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (r = -0.957**) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย (r = -0.844**) และอัตราการรอดเฉลี่ย (r = -0.589*)

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อที่ 2 และ 3กับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่

Correlations

		month	pond	avweight	WeightG	ADG	SGR	FCR	Survival
month	Pearson Correlation	1	.000	.899**	.899**	.899**	-.945**	-.764**	-.359
	Sig. (2-tailed)		1.000	.000	.000	.000	.000	.000	.051
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
pond	Pearson Correlation	.000	1	-.370*	-.383*	-.383*	-.140	-.072	-.399*
	Sig. (2-tailed)	1.000		.044	.037	.037	.461	.707	.029
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
avweight	Pearson Correlation	.899**	-.370*	1	.999**	.999**	-.781**	-.644**	-.194
	Sig. (2-tailed)	.000	.044		.000	.000	.000	.000	.305
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
WeightG	Pearson Correlation	.899**	-.383*	.999**	1	1.000**	-.780**	-.654**	-.187
	Sig. (2-tailed)	.000	.037	.000		.000	.000	.000	.322
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
ADG	Pearson Correlation	.899**	-.383*	.999**	1.000**	1	-.780**	-.654**	-.188
	Sig. (2-tailed)	.000	.037	.000	.000		.000	.000	.321
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
SGR	Pearson Correlation	-.945**	-.140	-.781**	-.780**	-.780**	1	.695**	.392*
	Sig. (2-tailed)	.000	.461	.000	.000	.000		.000	.032
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
FCR	Pearson Correlation	-.764**	-.072	-.644**	-.654**	-.654**	.695**	1	.301
	Sig. (2-tailed)	.000	.707	.000	.000	.000	.000		.106
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
Survival	Pearson Correlation	-.359	-.399*	-.194	-.187	-.188	.392*	.301	1
	Sig. (2-tailed)	.051	.029	.305	.322	.321	.032	.106	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อที่ 2 และ 3 กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ (ตารางที่ 7) พบว่าผลการศึกษาโดยภาพรวมจะสอดคล้องกับการผลการวิเคราะห์ในแต่ละบ่อ กล่าวคือ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.899**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (r = 0.899**) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย (r = 0.899**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (r = -0.945**) อัตราและการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย (r = -0.764**)

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = -0.370*) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (r = -0.383*) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย (r = -0.383*) และ อัตราการรอดเฉลี่ย (r = -0.399**)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการเติบโตดีกว่าปลานิลในบ่อที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน

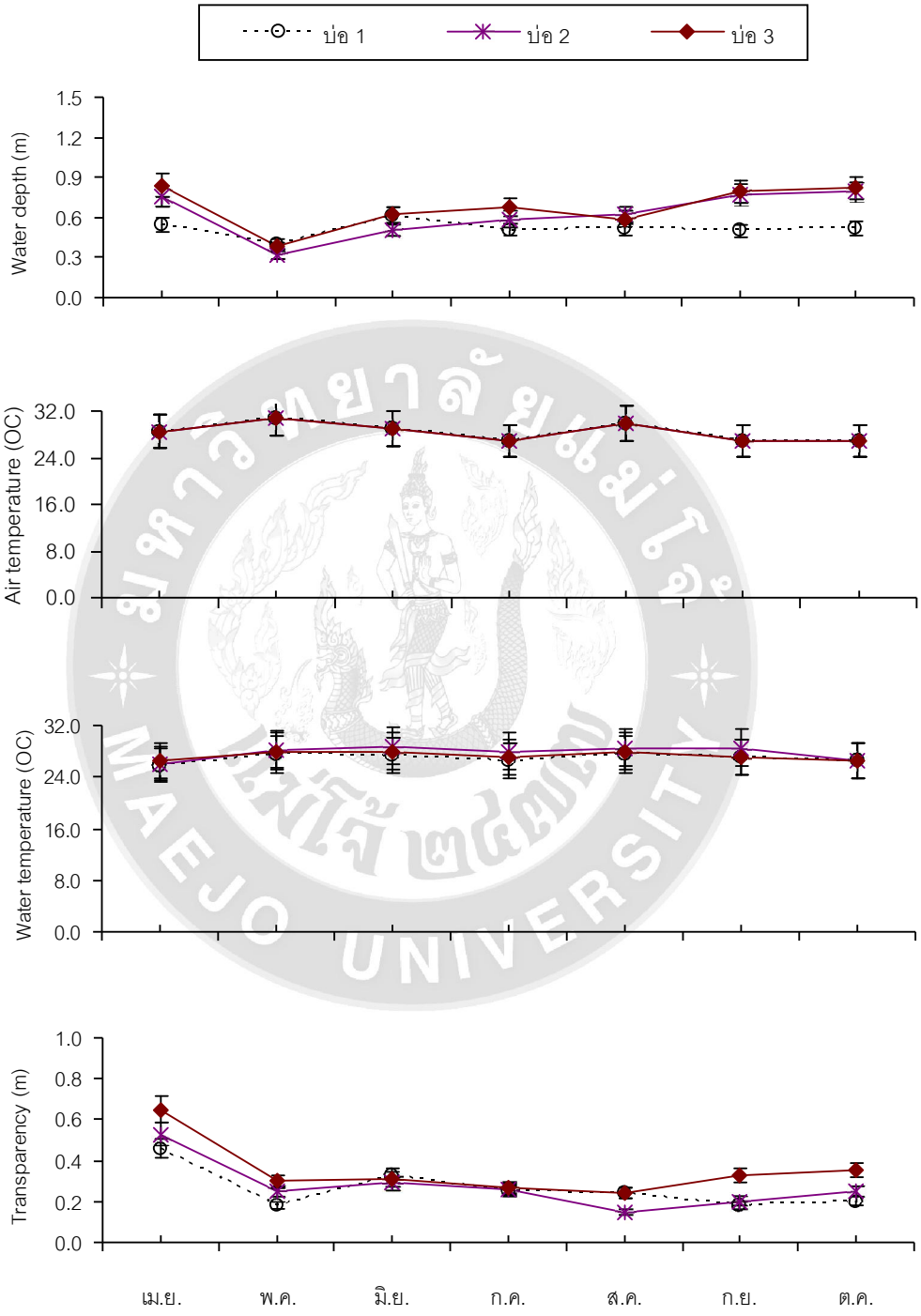
2. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อระหว่างเดือนเมษายน – ตุลาคม 2553 ปรากฏผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 8 - 11 และภาพที่ 17 - 18

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

เดือน	บ่อ	Water depth (m)	Air temperature (^{O}C)	Water temperature (^{O}C)	Transparency (m)
เม.ย. 53	1	0.54 ± 0.11^{a}	28.50 ± 1.50^{a}	25.75 ± 0.75^{a}	0.46 ± 0.01^{a}
	2	0.76 ± 0.07^{a}	28.50 ± 1.50^{a}	26.00 ± 1.00^{a}	0.53 ± 0.08^{a}
	3	0.84 ± 0.01^{a}	28.50 ± 1.50^{a}	26.50 ± 0.50^{a}	0.65 ± 0.02^{a}
พ.ค. 53	1	0.40 ± 0.04^{a}	30.75 ± 2.75^{a}	27.50 ± 1.00^{a}	0.18 ± 0.00^{a}
	2	0.32 ± 0.02^{a}	30.75 ± 2.75^{a}	28.25 ± 1.25^{a}	0.25 ± 0.01^{a}
	3	0.38 ± 0.02^{a}	30.75 ± 2.75^{a}	28.00 ± 1.00^{a}	0.30 ± 0.01^{a}
มิ.ย. 53	1	0.61 ± 0.02^{a}	29.00 ± 0.21^{a}	27.25 ± 0.25^{a}	0.33 ± 0.02^{a}
	2	0.51 ± 0.09^{a}	29.00 ± 0.21^{a}	28.75 ± 0.21^{a}	0.29 ± 0.05^{a}
	3	0.62 ± 0.04^{a}	29.00 ± 0.21^{a}	28.00 ± 0.15^{a}	0.31 ± 0.01^{a}
ก.ค. 53	1	0.51 ± 0.02^{a}	27.00 ± 0.95^{a}	26.50 ± 0.72^{a}	0.25 ± 0.22^{a}
	2	0.59 ± 0.06^{a}	27.00 ± 0.95^{a}	28.00 ± 0.95^{a}	0.26 ± 0.58^{a}
	3	0.68 ± 0.01^{a}	27.00 ± 0.95^{a}	27.00 ± 0.71^{a}	0.27 ± 0.12^{a}
ส.ค. 53	1	0.52 ± 0.12^{a}	30.00 ± 1.16^{a}	27.50 ± 0.20^{a}	0.24 ± 0.05^{a}
	2	0.62 ± 0.09^{a}	30.00 ± 1.16^{a}	28.50 ± 0.31^{a}	0.15 ± 0.03^{a}
	3	0.59 ± 0.04^{a}	30.00 ± 1.16^{a}	28.00 ± 0.10^{a}	0.24 ± 0.14^{a}
ก.ย. 53	1	0.50 ± 0.06^{a}	27.00 ± 0.27^{a}	27.00 ± 0.16^{a}	0.18 ± 0.17^{a}
	2	0.77 ± 0.08^{a}	27.00 ± 0.27^{a}	28.50 ± 0.51^{a}	0.20 ± 0.05^{a}
	3	0.80 ± 0.11^{a}	27.00 ± 0.27^{a}	27.00 ± 0.33^{a}	0.33 ± 0.04^{a}
ต.ค. 53	1	0.52 ± 0.09^{a}	26.85 ± 0.38^{a}	26.50 ± 0.95^{a}	0.20 ± 0.01^{a}
	2	0.79 ± 0.12^{a}	26.85 ± 0.38^{a}	26.50 ± 0.35^{a}	0.25 ± 0.05^{a}
	3	0.82 ± 0.18^{a}	26.85 ± 0.38^{a}	26.50 ± 0.70^{a}	0.35 ± 0.10^{a}

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลานิลตลอดการทดลอง

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อตลอดการทดลอง (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

บ่อ / ทรีตเมนต์	Water depth (m)	Air temperature (^{O}C)	Water temperature (^{O}C)	Transparency (m)
บ่อ 1 : ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ	0.52 ± 0.03 [a]	28.65 ± 0.69 [a]	26.85 ± 0.29 [a]	0.26 ± 0.03 [a]
บ่อ 2 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/เดือน)	0.59 ± 0.06 [a]	28.65 ± 0.69 [a]	27.75 ± 0.43 [a]	0.30 ± 0.05 [a]
บ่อ 3 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/2 เดือน)	0.66 ± 0.06 [a]	28.65 ± 0.69 [a]	27.35 ± 0.28 [a]	0.35 ± 0.04 [a]
P-value	0.151	1.000	0.191	0.333

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 8 และ 9 พบว่าคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 บ่อ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง จนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า

ระดับความลึกของน้ำเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 3 มีค่ามากที่สุด (0.66 ± 0.06 เมตร) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (0.52 ± 0.03 เมตร)

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 บ่อ มีค่าเท่ากัน คือ 28.65 ± 0.69 ^{O}C

อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่ามากที่สุด (27.75 ± 0.43 ^{O}C) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (26.85 ± 0.29 ^{O}C)

ความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 3 มีค่ามากที่สุด (0.35 ± 0.04 เมตร) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (0.26 ± 0.03 เมตร)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าระดับความลึกของน้ำเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย และความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

เดือน	บ่อ	pH	TDS (mg/L)	Conductivity (μs/cm)	Dissolved Oxygen (mg/L)	BOD (mg/L)
เม.ย. 53	1	6.98 ± 0.08 [a]	161.50 ± 8.50 [a]	325.00 ± 15.00 [a]	3.30 ± 0.10 [a]	7.26 ± 2.46 [a]
	2	7.22 ± 0.02 [a]	138.33 ± 1.67 [a]	283.33 ± 13.00 [a]	4.40 ± 0.60 [a]	8.80 ± 2.00 [a]
	3	6.92 ± 0.02 [a]	130.00 ± 0.00 [a]	263.34 ± 16.67 [a]	3.00 ± 0.20 [a]	8.74 ± 0.74 [a]
พ.ค. 53	1	6.92 ± 0.19 [a]	181.00 ± 9.24 [a]	365.00 ± 45.00 [a]	3.60 ± 0.60 [a]	10.40 ± 1.06 [a]
	2	6.92 ± 0.02 [a]	136.50 ± 9.18 [a]	278.50 ± 18.50 [a]	3.74 ± 0.94 [a]	11.10 ± 0.70 [a]
	3	6.77 ± 0.23 [a]	121.50 ± 8.15 [a]	246.50 ± 26.50 [a]	2.40 ± 0.20 [a]	9.67 ± 0.07 [a]
มิ.ย. 53	1	6.71 ± 0.36 [a]	150.00 ± 10.00 [a]	311.66 ± 18.33 [a]	3.00 ± 0.15 [a]	10.26 ± 1.25 [a]
	2	6.94 ± 0.19 [a]	143.32 ± 16.69 [a]	291.66 ± 28.34 [a]	3.80 ± 0.38 [a]	10.40 ± 0.64 [a]
	3	6.87 ± 0.04 [a]	140.00 ± 10.00 [a]	290.00 ± 30.00 [a]	2.80 ± 0.23 [a]	10.00 ± 0.03 [a]
ก.ค. 53	1	7.00 ± 0.25 [a]	140.00 ± 5.23 [a]	290.00 ± 61.23 [a]	3.27 ± 0.14 [a]	10.40 ± 2.06 [a]
	2	7.00 ± 0.58 [a]	220.00 ± 9.25 [a]	390.00 ± 28.94 [a]	3.53 ± 0.36 [a]	10.66 ± 3.25 [a]
	3	7.20 ± 0.42 [a]	170.00 ± 8.42 [a]	340.00 ± 36.68 [a]	2.20 ± 0.24 [a]	10.40 ± 0.38 [a]
ส.ค. 53	1	7.50 ± 0.36 [a]	140.00 ± 6.32 [a]	287.00 ± 27.26 [b]	3.37 ± 0.82 [a]	10.30 ± 0.37 [a]
	2	7.10 ± 0.35 [a]	116.67 ± 5.17 [a]	233.34 ± 69.52 [a]	3.63 ± 0.46 [a]	10.56 ± 0.63 [a]
	3	6.97 ± 0.10 [a]	123.33 ± 2.82 [a]	246.66 ± 93.87 [a]	2.30 ± 0.22 [a]	10.35 ± 0.45 [a]
ก.ย. 53	1	7.07 ± 0.23 [a]	190.00 ± 3.68 [a]	380.00 ± 25.37 [a]	2.80 ± 0.66 [a]	10.40 ± 0.51 [a]
	2	6.37 + 0.18 [a]	100.00 + 5.36 [a]	200.00 + 29.65 [a]	3.00 + 0.45 [a]	10.80 + 0.58

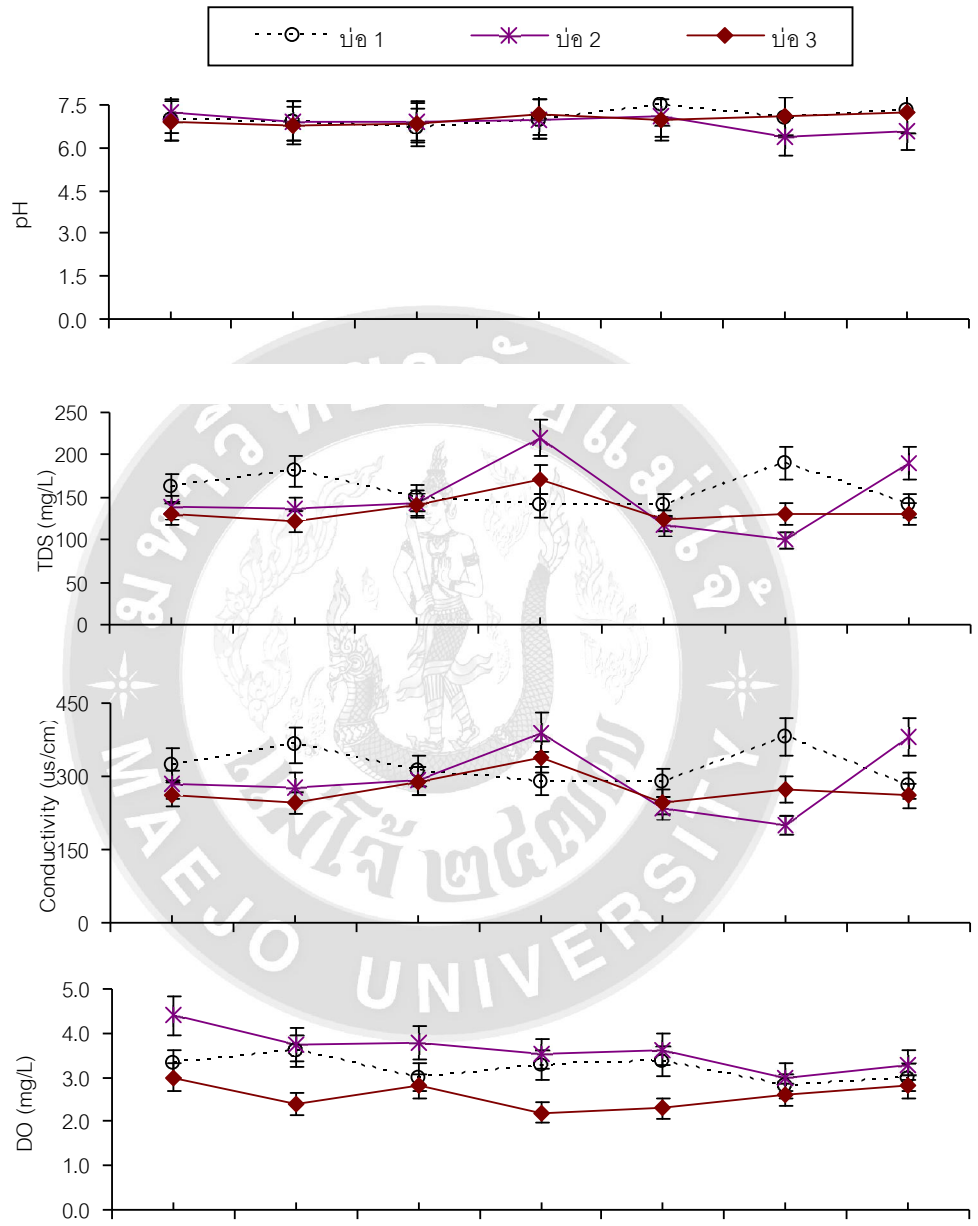
						[a]
	3	7.13 ± 0.34 [a]	130.00 ± 3.98 [a]	273.00 ± 25.36 [a]	2.60 ± 0.26 [a]	10.40 ± 0.65 [a]
ต.ค. 53	1	7.27 ± 0.52 [a]	140.00 ± 6.88 [a]	280.00 ± 15.38 [a]	3.00 ± 0.15 [a]	10.15 ± 0.56 [a]
	2	6.55 ± 0.26 [a]	190.00 ± 9.74 [a]	380.00 ± 20.65 [a]	3.28 ± 0.44 [a]	10.65 ± 0.45 [a]
	3	7.23 ± 0.74 [a]	130.00 ± 8.45 [a]	260.00 ± 28.62 [a]	2.80 ± 0.71 [a]	10.30 ± 0.36 [a]

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

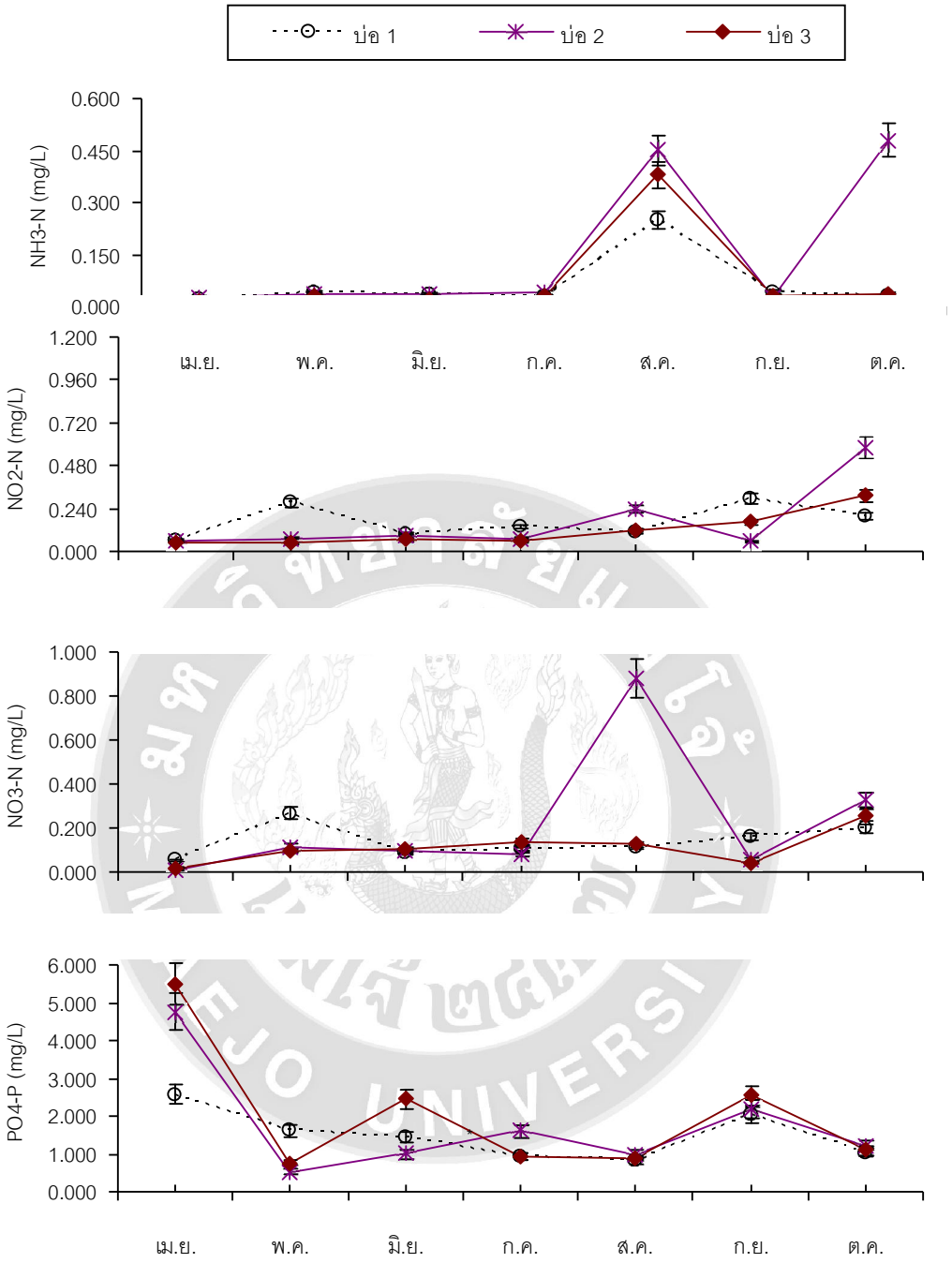
ตารางที่ 10 (ต่อ)

เดือน	บ่อ	NH_3 - N (mg/L)	NO_2- N (mg/L)	NO_3- N (mg/L)	PO_4 - P (mg/L)
เม.ย. 53	1	0.022 ± 0.003 [a]	0.059 ± 0.001 [a]	0.053 ± 0.015 [a]	2.564 ± 0.880 [a]
	2	0.026 ± 0.009 [a]	0.062 ± 0.007 [a]	0.012 ± 0.003 [a]	4.760 ± 0.914 [a]
	3	0.015 ± 0.001 [a]	0.051 ± 0.002 [a]	0.019 ± 0.005 [a]	5.480 ± 0.803 [a]
พ.ค. 53	1	0.043 ± 0.003 [a]	0.272 ± 0.094 [a]	0.266 ± 0.092 [a]	1.627 ± 0.242 [a]
	2	0.037 ± 0.010 [a]	0.073 ± 0.022 [a]	0.114 ± 0.022 [a]	0.529 ± 0.400 [a]
	3	0.032 ± 0.005 [a]	0.049 ± 0.005 [a]	0.096 ± 0.037 [a]	0.758 ± 0.081 [a]
มิ.ย. 53	1	0.036 ± 0.009 [a]	0.096 ± 0.012 [a]	0.092 ± 0.020 [a]	1.439 ± 0.056 [a]
	2	0.034 ± 0.008 [a]	0.091 ± 0.006 [a]	0.097 ± 0.014 [a]	1.006 ± 0.068 [a]
	3	0.018 ± 0.006 [a]	0.071 ± 0.014 [a]	0.104 ± 0.027 [a]	2.444 ± 0.096 [a]
ก.ค. 53	1	0.029 ± 0.004 [a]	0.137 ± 0.017 [a]	0.105 ± 0.002 [a]	0.927 ± 0.090 [a]
	2	0.040 ± 0.013 [a]	0.068 ± 0.004 [a]	0.078 ± 0.015 [a]	1.626 ± 0.921 [a]
	3	0.033 ± 0.008 [a]	0.060 ± 0.010 [a]	0.136 ± 0.024 [a]	0.927 ± 0.180 [a]
ส.ค. 53	1	0.250 ± 0.024 [a]	0.105 ± 0.028 [a]	0.115 ± 0.054 [a]	0.836 ± 0.066 [c]
	2	0.450 ± 0.039 [a]	0.235 ± 0.019 [a]	0.880 ± 0.039 [a]	1.000 ± 0.098 [a]
	3	0.380 ± 0.088 [a]	0.120 ± 0.042 [a]	0.126 ± 0.017 [a]	0.906 ± 0.081 [a]
ก.ย. 53	1	0.041 ± 0.010 [a]	0.294 ± 0.024 [a]	0.162 ± 0.041 [a]	2.041 ± 0.138 [a]
	2	0.027 ± 0.005 [a]	0.058 ± 0.012 [a]	0.055 ± 0.010 [a]	2.182 ± 0.320 [a]
	3	0.031 ± 0.005 [a]	0.163 ± 0.029 [a]	0.043 ± 0.012 [a]	2.551 ± 0.125 [a]
ต.ค. 53	1	0.032 + 0.010 [a]	0.196 + 0.046 [a]	0.198 + 0.078 [a]	1.039 + 0.203 [a]
	2	0.480 ± 0.066 [a]	0.581 ± 0.089 [a]	0.326 ± 0.095 [a]	1.216 ± 0.174 [a]
	3	0.038 ± 0.012 [a]	0.311 ± 0.075 [a]	0.260 ± 0.084 [a]	1.110 ± 0.158 [a]

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลตลอดการทดลอง


บ่อ 1
บ่อ 2
บ่อ 3
NH3-N (mg/L)
0.600
0.450
0.300
0.150
0.000
เม.ย.
พ.ค.
มิ.ย.
ก.ค.
ส.ค.
ก.ย.
ต.ค.
NO2-N (mg/L)
1.200
0.960
0.720
0.480
0.240
0.000
NO3-N (mg/L)
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
PO4-P (mg/L)
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0.000

ภาพที่ 18 (ต่อ)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อตลอดการทดลอง
(ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

บ่อ / ทรีตเมนต์	pH	TDS (mg/L)	Conductivity (μs/cm)	Dissolved Oxygen (mg/L)	BOD (mg/L)
บ่อ 1 : ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ	7.01 ± 0.10 [a]	159.50 ± 7.21 [a]	323.33 ± 13.74 [a]	3.25 ± 0.14 [a]	9.65 ± 0.64 [a]
บ่อ 2 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/ เดือน)	6.92 ± 0.09 [a]	146.30 ± 11.23 [ab]	296.03 ± 22.16 [ab]	3.72 ± 0.24 [a]	10.32 ± 0.46 [a]
บ่อ 3 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/2 เดือน)	6.96 ± 0.06 [a]	133.63 ± 5.08 [b]	271.93 ± 10.96 [b]	2.61 ± 0.11 [b]	9.81 ± 0.255 [a]
P-value	0.766	0.044	0.042	0.001	0.589

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 10 และ 11 พบว่าคุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 บ่อ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง จนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า

ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 1 มีค่ามากที่สุด (7.01 ± 0.10) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 2 (6.92 ± 0.09) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 1 มีค่ามากที่สุด (159.50 ± 7.21 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 3 (133.63 ± 5.08 mg/L) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยของบ่อ

เลี้ยงปลานิลออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีค่า 146.30 $\pm$ 11.23 – 159.50 $\pm$ 7.21 mg/L (บ่อที่ 1 และ 2) และกลุ่มที่ 2 มีค่า 133.63 $\pm$ 5.08 – 146.30 $\pm$ 11.23 mg/L (บ่อที่ 2 และ 3)

ความนำไฟฟ้าเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 1 มีค่ามากที่สุด (323.33 $\pm$ 13.74 µs/cm) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 3 (271.93 $\pm$ 10.96 µs/cm) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของความนำไฟฟ้าเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีค่า 296.03 $\pm$ 22.16 – 323.33 $\pm$ 13.74 µs/cm (บ่อที่ 1 และ 2) และกลุ่มที่ 2 มีค่า 271.93 $\pm$ 10.96 – 296.03 $\pm$ 22.16 µs/cm (บ่อที่ 2 และ 3)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่ามากที่สุด (3.72 $\pm$ 0.24 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 3 (2.61 $\pm$ 0.11 mg/L) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีค่า 3.25 $\pm$ 0.14 - 3.72 $\pm$ 0.24 mg/L (บ่อที่ 1 และ 2) และกลุ่มที่ 2 มีค่า 2.61 $\pm$ 0.11 mg/L (บ่อที่ 3)

ปริมาณบีโอดีเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่ามากที่สุด (10.32 $\pm$ 0.46 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (9.65 $\pm$ 0.64 mg/L) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าปริมาณบีโอดีเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 11 (ต่อ)

บ่อ / ทรีตเมนต์	NH_3 - N (mg/L)	NO_2 - N (mg/L)	NO_3 - N (mg/L)	PO_4 - P (mg/L)
บ่อ 1 : ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ	0.057 $\pm$ 0.024 [a]	0.166 $\pm$ 0.045 [a]	0.157 $\pm$ 0.035 [a]	1.851 $\pm$ 0.500 [a]
บ่อ 2 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/ เดือน)	0.128 $\pm$ 0.064 [a]	0.145 $\pm$ 0.058 [a]	0.208 $\pm$ 0.086 [a]	1.956 $\pm$ 0.591 [a]
บ่อ 3 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบ	0.066 $\pm$ 0.039 [a]	0.103 $\pm$ 0.029 [a]	0.109 $\pm$ 0.027 [a]	2.268 $\pm$ 0.673 [a]

กำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/2 เดือน)				
P-value	0.493	0.616	0.556	0.875

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่ามากที่สุด (0.128 $\pm$ 0.064 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 3 (0.066 $\pm$ 0.039 mg/L)

ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 1 มีค่ามากที่สุด (0.166 $\pm$ 0.045 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 3 (0.103 $\pm$ 0.029 mg/L)

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่ามากที่สุด (0.208 $\pm$ 0.086 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 3 (0.109 $\pm$ 0.027 mg/L)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ยของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 3 มีค่ามากที่สุด (2.268 $\pm$ 0.673 mg/L) และมีค่าน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (1.851 $\pm$ 0.500 mg/L)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย ไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย ไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาสภาวะของการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิล โดยทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation coefficient) ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีกับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งปรากฏผลการศึกษาดังนี้

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) กับช่วงระยะเวลาการเลี้ยง (ตารางที่ 12) พบว่าช่วงระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติต่อปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีใดเลย แสดงเพียงแนวโน้มความสัมพันธ์เท่านั้น กล่าวคือ

ช่วงระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยบีโอดีเฉลี่ย ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย และและปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย

และนอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบต่อความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย และปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี ในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 1 กับช่วงระยะเวลาการเลี้ยง

Correlations

		month	Depth	Airtemp	Watertemp	Trans	pH	TDS	EC	DO	BOD	NH3	NO2	NO3	PO4
month	Pearson Correlation	1	.371	-.224	.498	-.318	.383	-.411	-.439	-.612	.491	.185	.041	.020	-.448
	Sig. (2-tailed)		.413	.630	.255	.539	.397	.359	.325	.144	.264	.691	.931	.966	.313
	N	21	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Depth	Pearson Correlation	.371	1	.353	.730	.881*	-.546	-.488	-.441	-.625	.371	.082	-.427	-.395	-.540
	Sig. (2-tailed)	.413		.437	.063	.027	.205	.267	.322	.133	.413	.861	.340	.380	.211
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Airtemp	Pearson Correlation	-.224	.353	1	.607	.503	-.073	-.059	-.047	.225	.238	.747	-.160	-.089	.008
	Sig. (2-tailed)	.630	.437		.148	.310	.877	.900	.920	.627	.608	.054	.732	.850	.987
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Watertemp	Pearson Correlation	.498	.730	.607	1	.591	-.132	-.176	-.153	-.266	.790*	.449	.090	.093	-.145
	Sig. (2-tailed)	.255	.063	.148		.217	.777	.706	.743	.565	.034	.313	.847	.843	.756
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Trans	Pearson Correlation	-.318	.881*	.503	.591	1	-.643	-.513	-.451	-.282	-.459	.097	-.780	-.698	-.507
	Sig. (2-tailed)	.539	.027	.310	.217		.169	.298	.369	.588	.360	.855	.067	.123	.305
	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
pH	Pearson Correlation	.383	-.546	-.073	-.132	-.643	1	-.171	-.246	.219	.009	.565	.157	.216	-.045
	Sig. (2-tailed)	.397	.205	.877	.777	.169		.714	.596	.637	.984	.187	.737	.641	.924
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
TDS	Pearson Correlation	-.411	-.488	-.059	-.176	-.513	-.171	1	.996**	.443	.048	-.336	.744	.593	.875**
	Sig. (2-tailed)	.359	.267	.900	.706	.298	.714		.000	.320	.918	.461	.055	.161	.010
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
EC	Pearson Correlation	-.439	-.441	-.047	-.153	-.451	-.246	.996**	1	.434	.069	-.374	.731	.575	.871*
	Sig. (2-tailed)	.325	.322	.920	.743	.369	.596	.000		.331	.883	.409	.062	.177	.011
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DO	Pearson Correlation	-.612	-.625	.225	-.266	-.282	.219	.443	.434	1	.076	.107	.523	.646	.764*
	Sig. (2-tailed)	.144	.133	.627	.565	.588	.637	.320	.331		.871	.819	.228	.117	.045
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
BOD	Pearson Correlation	.491	.371	.238	.790*	-.459	.009	.048	.069	.076	1	.136	.563	.578	.243
	Sig. (2-tailed)	.264	.413	.608	.034	.360	.984	.918	.883	.871		.771	.188	.174	.599
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NH3	Pearson Correlation	.185	.082	.747	.449	.097	.565	-.336	-.374	.107	.136	1	-.224	-.132	-.252
	Sig. (2-tailed)	.691	.861	.054	.313	.855	.187	.461	.409	.819	.771		.629	.779	.586
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NO2	Pearson Correlation	.041	-.427	-.160	.090	-.780	.157	.744	.731	.523	.563	-.224	1	.946**	.864*
	Sig. (2-tailed)	.931	.340	.732	.847	.067	.737	.055	.062	.228	.188	.629		.001	.012
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NO3	Pearson Correlation	.020	-.395	-.089	.093	-.698	.216	.593	.575	.646	.578	-.132	.946**	1	.847*
	Sig. (2-tailed)	.966	.380	.850	.843	.123	.641	.161	.177	.117	.174	.779	.001		.016
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
PO4	Pearson Correlation	-.448	-.540	.008	-.145	-.507	-.045	.875**	.871*	.764*	.243	-.252	.864*	.847*	1
	Sig. (2-tailed)	.313	.211	.987	.756	.305	.924	.010	.011	.045	.599	.586	.012	.016	
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ยมูลไก่

ตารางที่ 13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี ในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 2 กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูล

Correlations

		month	Depth	Airtemp	Watertemp	Trans	pH	TDS	EC	DO	BOD	NH3	NO2	NO3	PO4
month	Pearson Correlation	1	.395	-.224	.382	-.828*	-.684	.103	.076	-.917**	.473	.631	.656	.420	-.375
	Sig. (2-tailed)		.381	.630	.398	.043	.090	.826	.871	.004	.284	.128	.110	.349	.407
	N	21	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Depth	Pearson Correlation	.395	1	-.530	-.414	.300	-.140	-.023	-.003	-.259	-.597	.293	.338	.047	.667
	Sig. (2-tailed)	.381		.221	.356	.563	.765	.960	.996	.576	.166	.524	.459	.921	.102
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Airtemp	Pearson Correlation	-.224	-.530	1	.555	-.274	.385	-.405	-.418	.109	.186	.109	-.288	.589	-.437
	Sig. (2-tailed)	.630	.221		.196	.599	.393	.367	.351	.816	.690	.815	.532	.164	.326
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Watertemp	Pearson Correlation	.382	-.414	.555	1	-.765	-.356	-.083	-.119	-.649	.650	-.024	-.204	.283	-.633
	Sig. (2-tailed)	.398	.356	.196		.076	.434	.859	.800	.115	.114	.959	.662	.538	.127
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Trans	Pearson Correlation	-.828*	.300	-.274	-.765	1	.473	.026	.089	.911*	-.948**	-.455	-.292	-.555	.807
	Sig. (2-tailed)	.043	.563	.599	.076		.343	.960	.897	.011	.004	.364	.575	.253	.052
	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
pH	Pearson Correlation	-.684	-.140	.385	-.356	.473	1	.099	.123	.704	-.488	-.039	-.292	.217	.246
	Sig. (2-tailed)	.090	.765	.393	.434	.343		.833	.792	.078	.266	.934	.525	.640	.594
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
TDS	Pearson Correlation	.103	-.023	-.405	-.083	.026	.099	1	.999**	-.149	.058	.076	.308	-.193	-.170
	Sig. (2-tailed)	.826	.960	.367	.859	.960	.833		.000	.751	.902	.871	.502	.678	.715
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
EC	Pearson Correlation	.076	-.003	-.418	-.119	.089	.123	.999**	1	-.118	.016	.065	.299	-.208	-.131
	Sig. (2-tailed)	.871	.996	.351	.800	.897	.792	.000		.801	.974	.890	.515	.654	.779
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DO	Pearson Correlation	-.917**	-.259	.109	-.649	.911*	.704	-.149	-.118	1	-.519	-.355	-.362	-.273	.390
	Sig. (2-tailed)	.004	.576	.816	.115	.011	.078	.751	.801		.233	.434	.426	.554	.387
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
BOD	Pearson Correlation	.473	-.597	.186	.650	-.948**	-.488	.058	.016	-.519	1	.166	.160	.216	-.876**
	Sig. (2-tailed)	.284	.166	.690	.114	.004	.266	.902	.974	.233		.721	.732	.643	.010
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NH3	Pearson Correlation	.631	.293	.109	-.024	-.455	-.039	.076	.065	-.355	.166	1	.872*	.828*	-.389
	Sig. (2-tailed)	.128	.524	.815	.959	.364	.934	.871	.890	.434	.721		.010	.021	.388
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NO2	Pearson Correlation	.656	.338	-.288	-.204	-.292	-.292	.308	.299	-.362	.160	.872*	1	.457	-.327
	Sig. (2-tailed)	.110	.459	.532	.662	.575	.525	.502	.515	.426	.732	.010		.303	.474
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NO3	Pearson Correlation	.420	.047	.589	.283	-.555	.217	-.193	-.208	-.273	.216	.828*	.457	1	-.451
	Sig. (2-tailed)	.349	.921	.164	.538	.253	.640	.678	.654	.554	.643	.021	.303		.310
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
PO4	Pearson Correlation	-.375	.667	-.437	-.633	.807	.246	-.170	-.131	.390	-.876**	-.389	-.327	-.451	1
	Sig. (2-tailed)	.407	.102	.326	.127	.052	.594	.715	.779	.387	.010	.388	.474	.310	
	N	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		month	Depth	Airtemp	Watertemp	Trans	pH	TDS	EC	DO	BOD	NH3	NO2	NO3	PO4
month	Pearson Correlation	1	.388	-.224	.158	.417	.735	.053	.005	-.185	.763*	.243	.858*	.697	-.573
	Sig. (2-tailed)		.390	.630	.735	.485	.060	.911	.992	.692	.046	.600	.014	.082	.179
	N	21	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Depth	Pearson Correlation	.388	1	-.606	-.636	.674	.353	.273	.297	.652	-.191	-.210	.507	.152	.406
	Sig. (2-tailed)	.390		.149	.215	.212	.437	.553	.518	.113	.682	.652	.246	.746	.366
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Airtemp	Pearson Correlation	-.224	-.606	1	.849*	-.882	-.659	-.147	-.112	-.330	.149	.708	-.446	-.208	-.186
	Sig. (2-tailed)	.630	.149		.016	.223	.108	.753	.812	.469	.750	.075	.317	.655	.690
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Watertemp	Pearson Correlation	.158	-.536	.849*	1	-.557	-.277	.128	.158	-.480	.593	.555	-.181	.106	-.484
	Sig. (2-tailed)	.735	.215	.016		.329	.547	.785	.735	.276	.160	.196	.698	.821	.271
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Trans	Pearson Correlation	.417	.674	-.882	-.557	1	.317	-.145	-.040	.877	-.292	-.757	.618	.235	.545
	Sig. (2-tailed)	.485	.212	.223	.329		.604	.816	.950	.051	.633	.138	.267	.703	.342
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
pH	Pearson Correlation	.735	.353	-.659	-.277	.317	1	.285	.172	-.321	.595	-.193	.633	.625	-.559
	Sig. (2-tailed)	.060	.437	.108	.547	.604		.535	.713	.483	.159	.678	.127	.133	.192
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
TDS	Pearson Correlation	.053	.273	-.147	.128	-.145	.285	1	.981**	-.035	.224	-.271	-.168	.207	-.105
	Sig. (2-tailed)	.911	.553	.753	.785	.816	.535		.000	.941	.629	.557	.719	.657	.823
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
EC	Pearson Correlation	.005	.297	-.112	.158	-.040	.172	.981**	1	.081	.165	-.330	-.201	.107	.026
	Sig. (2-tailed)	.992	.518	.812	.735	.950	.713	.000		.863	.724	.470	.666	.820	.956
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DO	Pearson Correlation	-.185	.652	-.330	-.480	.877	-.321	-.035	.081	1	-.671	-.379	.188	-.146	.810*
	Sig. (2-tailed)	.692	.113	.469	.276	.051	.483	.941	.863		.099	.401	.687	.755	.027
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
BOD	Pearson Correlation	.763*	-.191	.149	.593	-.292	.595	.224	.165	-.671	1	.281	.412	.574	-.868*
	Sig. (2-tailed)	.046	.682	.750	.160	.633	.159	.629	.724	.099		.542	.358	.178	.013
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NH3	Pearson Correlation	.243	-.210	.708	.555	-.757	-.193	-.271	-.330	-.379	.281	1	.043	.147	-.411
	Sig. (2-tailed)	.600	.652	.075	.196	.138	.678	.557	.470	.401	.542		.928	.753	.359
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NO2	Pearson Correlation	.858*	.507	-.446	-.181	.618	.633	-.168	-.201	.188	.412	.043	1	.746	-.320
	Sig. (2-tailed)	.014	.246	.317	.698	.267	.127	.719	.666	.687	.358	.928		.054	.484
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NO3	Pearson Correlation	.697	.152	-.208	.106	.235	.625	.207	.107	-.146	.574	.147	.746	1	-.688
	Sig. (2-tailed)	.082	.745	.655	.821	.703	.133	.657	.820	.755	.178	.753	.054		.087
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
PO4	Pearson Correlation	-.573	.406	-.186	-.484	.545	-.559	-.105	.026	.810*	-.868*	-.411	-.320	-.688	1
	Sig. (2-tailed)	.179	.366	.690	.271	.342	.192	.823	.956	.027	.013	.359	.484	.087	
	N	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 2 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ (ตารางที่ 13) พบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ย (r = -0.826*) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (r = -0.917**)

นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย ปริมาณบีโอดีเฉลี่ย ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย และปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน และมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบต่อความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย และปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย

สำหรับตารางที่ 14 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 3 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ พบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณบีโอดีเฉลี่ย (r = 0.763*) และปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย (r = 0.858*)

นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ย ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย และปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย และมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย และปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย

Correlations

		month	pond	Depth	Airtemp	Watertemp	Trans	pH	TDS	EC	DO	BOD	NH3	NO2	NO3	PO4
month	Pearson Correlation	1	.000	.388	-.224	.285	-.610*	-.199	.079	.049	-.413	.548*	.455	.674**	.399	-.478
	Sig. (2-tailed)		1.000	.172	.442	.323	.046	.494	.788	.868	.142	.043	.102	.008	.157	.084
	N	42	42	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
pond	Pearson Correlation	.000	1	.140	.000	-.201	-.006	.434	-.249	-.212	-.760**	-.148	-.239	-.192	-.281	.180
	Sig. (2-tailed)	1.000		.634	1.000	.490	.987	.121	.391	.467	.002	.613	.410	.534	.367	.586
	N	42	42	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Depth	Pearson Correlation	.388	.140	1	-.558*	-.454	.328	.061	.021	.051	-.093	-.462	.077	.341	.021	.522
	Sig. (2-tailed)	.172	.634		.038	.103	.325	.837	.943	.862	.751	.096	.794	.233	.944	.056
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Airtemp	Pearson Correlation	-.224	.000	-.558*	1	.612*	-.298	.047	-.294	-.293	-.026	.184	.324	-.317	.352	-.284
	Sig. (2-tailed)	.442	1.000	.038		.020	.373	.873	.307	.309	.932	.575	.258	.270	.217	.326
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Watertemp	Pearson Correlation	.285	-.201	-.454	.612*	1	-.734*	-.388	.010	-.017	-.237	.647*	.181	-.155	.294	-.525
	Sig. (2-tailed)	.323	.490	.103	.020		.010	.171	.974	.954	.414	.012	.582	.597	.307	.054
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Trans	Pearson Correlation	-.610*	-.006	.328	-.298	-.734*	1	.398	.013	.059	.591	-.915**	-.468	-.200	-.503	.704*
	Sig. (2-tailed)	.046	.987	.325	.373	.010		.226	.970	.863	.056	.000	.168	.556	.115	.016
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
pH	Pearson Correlation	-.199	.434	.061	.047	-.388	.398	1	.007	.024	-.034	-.304	-.168	-.185	.111	.017
	Sig. (2-tailed)	.494	.121	.837	.873	.171	.226		.982	.935	.908	.291	.566	.527	.707	.954
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
TDS	Pearson Correlation	.079	-.249	.021	-.294	.010	.013	.007	1	.995**	.110	.124	.058	.254	-.073	-.180
	Sig. (2-tailed)	.788	.391	.943	.307	.974	.970	.982		.000	.709	.672	.845	.381	.804	.584
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC	Pearson Correlation	.049	-.212	.051	-.293	-.017	.059	.024	.995**	1	.112	.077	.024	.232	-.104	-.091
	Sig. (2-tailed)	.868	.467	.862	.309	.954	.863	.936	.000		.703	.793	.936	.426	.725	.756
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
DO	Pearson Correlation	-.413	-.760**	-.093	-.026	-.237	.591	-.034	.110	.112	1	-.242	-.045	-.021	.041	.202
	Sig. (2-tailed)	.142	.002	.751	.932	.414	.056	.908	.709	.703		.404	.879	.943	.890	.489
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
BOD	Pearson Correlation	.548*	-.148	-.462	.184	.647*	-.915**	-.304	.124	.077	-.242	1	.223	.235	.281	-.789**
	Sig. (2-tailed)	.043	.613	.096	.575	.012	.000	.291	.672	.793	.404		.443	.419	.331	.001
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
NH3	Pearson Correlation	.455	-.239	.077	.324	.181	-.468	-.168	.058	.024	-.045	.223	1	.689**	.715**	-.394
	Sig. (2-tailed)	.102	.410	.794	.258	.582	.168	.566	.846	.936	.879	.443		.007	.004	.163
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
NO2	Pearson Correlation	.674**	-.192	.341	-.317	-.155	-.200	-.185	.254	.232	-.021	.235	.689**	1	.504	-.308
	Sig. (2-tailed)	.008	.534	.233	.270	.597	.556	.527	.381	.426	.943	.419	.007		.066	.284
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
NO3	Pearson Correlation	.399	-.281	.021	.352	.294	-.503	.111	-.073	-.104	.041	.281	.715**	.504	1	-.422
	Sig. (2-tailed)	.157	.367	.944	.217	.307	.115	.707	.804	.725	.890	.331	.004	.066		.133
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PO4	Pearson Correlation	-.478	.180	.522	-.284	-.525	.704*	.017	-.180	-.091	.202	-.789**	-.394	-.308	-.422	1
	Sig. (2-tailed)	.084	.586	.056	.326	.054	.016	.954	.594	.756	.489	.001	.163	.284	.133	
	N	14	14	14	14	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 และ 3 กับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ (ตารางที่ 15) พบว่า ผลการศึกษาโดยภาพรวมจะสอดคล้องกับการผลการวิเคราะห์ในแต่ละบ่อ กล่าวคือ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณบีโอดีเฉลี่ย ($r = 0.546^*$) และปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย ($r = 0.674^{**}$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ย ($r = -0.610^*$)

นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย และปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ยและมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบต่อความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยและปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย ($r = 0.760^{**}$) และมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย ปริมาณบีโอดีเฉลี่ย ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ยและปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าน้ำในบ่อที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน แต่จะต้องระมัดระวังหรือเฝ้าติดตามในการใช้ช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่นี้ เพราะจากการสังเกตช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน ยังช่วยส่งเสริมเกื้อกูลให้ปัจจัยคุณภาพน้ำที่บ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหาร เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน

3. ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ ระหว่างเดือนเมษายน – ตุลาคม 2553 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 9 ชนิด (ร้อยละ 20.00%) ดิวิชัน Chlorophyta 16 ชนิด (ร้อยละ 35.56%) ดิวิชัน Chrysophyta 14 ชนิด (ร้อยละ 31.12%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (ร้อยละ 8.33%) และ ดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) โดยจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อ แสดงในตารางที่ 16 และ 17 คือ

บ่อที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 25.00 $\pm$ 2.39 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 37 ชนิด ในเดือนพฤษภาคม และพบน้อยที่สุด 18 ชนิด ในเดือนตุลาคม

บ่อที่ 2 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553): โดยกำหนดการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง เป็นอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 27.86 $\pm$ 1.74ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 37 ชนิด ในเดือนพฤษภาคม และพบน้อยที่สุด 22 ชนิด ในเดือนกรกฎาคม

บ่อที่ 3 มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553): โดยกำหนดการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง เป็นอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 23.86 $\pm$ 1.71ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 30 ชนิด ในเดือนเมษายน และพบน้อยที่สุด 18 ชนิด ในเดือนตุลาคม

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 16 องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ (เดือนเมษายน – ตุลาคม 2553)

เดือน	เมษายน 2553			พฤษภาคม 2553			มิถุนายน 2553			กรกฎาคม 2553		
	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Division Cyanophyta												
Anabaena sp.	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Aphanocapsa sp.	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
Chroococcus sp.	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
Cylindrospermopsis raciborskii	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+
Merismopedia sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nostoc sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pseudanabaena sp.	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Raphidiopsis sp.	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
Division Chlorophyta												
Actinastrum lagerheimia	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
Ankistrodesmus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorella sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Coelastrum sp.	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+
Cosmarium sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Closterium sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Crucigenia sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Dictyosphaerium sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Eudorina sp.	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Micractinium sp.	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-
Oocystis sp.	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
Pediastrum sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Scenedesmus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schroederia sp.	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Staurastrum sp.	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
Tetraedron sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เดือน	เมษายน 2553			พฤษภาคม 2553			มิถุนายน 2553			กรกฎาคม 2553		
	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ	บ่อ
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Division Chrysophyta												
Achnanthes sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Aulacoseira granulata	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+
Cyclotella sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cymbella sp.	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Fragilaria sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema sp.	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-
Navicula sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Nitzschia sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pinnularia sp.	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
Rhizosolenia sp.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhopalodia sp.	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Surirella sp.	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Synedra sp.	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Synura sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Division Pyrrophyta												
Peridinium sp.	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Euglenophyta												
Euglena sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phacus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Strombomonas sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Trachelomonas sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta												
Cryptomonas sp.	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เดือน	สิงหาคม 2553			กันยายน 2553			ตุลาคม 2553		
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta									
Anabaena sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Aphanocapsa sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chroococcus sp.	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Cylindrospermopsis raciborskii	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Merismopedia sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Nostoc sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pseudanabaena sp.	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Raphidiopsis sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Division Chlorophyta									
Actinastrum lagerheimia	-	-	+	-	+	-	-	+	-
Ankistrodesmus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorella sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coelastrum sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cosmarium sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Closterium sp.	+	+	-	-	+	+	+	+	-
Crucigenia sp.	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Dictyosphaerium sp.	+	+	+	-	+	+	-	+	+
Eudorina sp.	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Micractinium sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oocystis sp.	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Pediastrum sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Scenedesmus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schroederia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staurastrum sp.	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Tetraedron sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เดือน	สิงหาคม 2553			กันยายน 2553			ตุลาคม 2553		
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Chrysophyta									
Achnanthes sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aulacoseira granulata	-	-	+	+	+	+	-	+	+
Cyclotella sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cymbella sp.	+	-	-	-	+	-	-	+	-
Fragilaria sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema sp.	+	+	+	-	+	-	-	+	-
Navicula sp.	+	+	-	+	+	+	-	+	-
Nitzschia sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Pinnularia sp.	-	-	-	+	+	-	+	-	-
Rhizosolenia sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Rhopalodia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Surirella sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Synedra sp.	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Synura sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Division Pyrrophyta									
Peridinium sp.	+	+	+	+	+	-	-	+	-
Division Euglenophyta									
Euglena sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phacus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Strombomonas sp.	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Trachelomonas sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta									
Cryptomonas sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล

บ่อ / ทรีตเมนต์	จำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืช (ชนิด)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์/มล.)
บ่อ 1 : ไม่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ	25.00 ± 2.39^{a}	300.89 ± 38.02^{a}
บ่อ 2 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/ เดือน)	27.86 ± 1.74^{a}	390.95 ± 69.35^{a}
บ่อ 3 : มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง 40 กก./ไร่/2 เดือน)	23.86 ± 3.31^{a}	$290.86 \pm 6.7.45^{a}$
P-value	0.357	0.730

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

จากตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อตลอดการทดลอง พบว่า

บ่อที่ 2 มีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 390.95 ± 69.35 เซลล์/มิลลิลิตร และบ่อที่ 3 มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 290.86 ± 67.45 เซลล์/มิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล แต่ละบ่อ (ภาพที่ 19) พบว่า

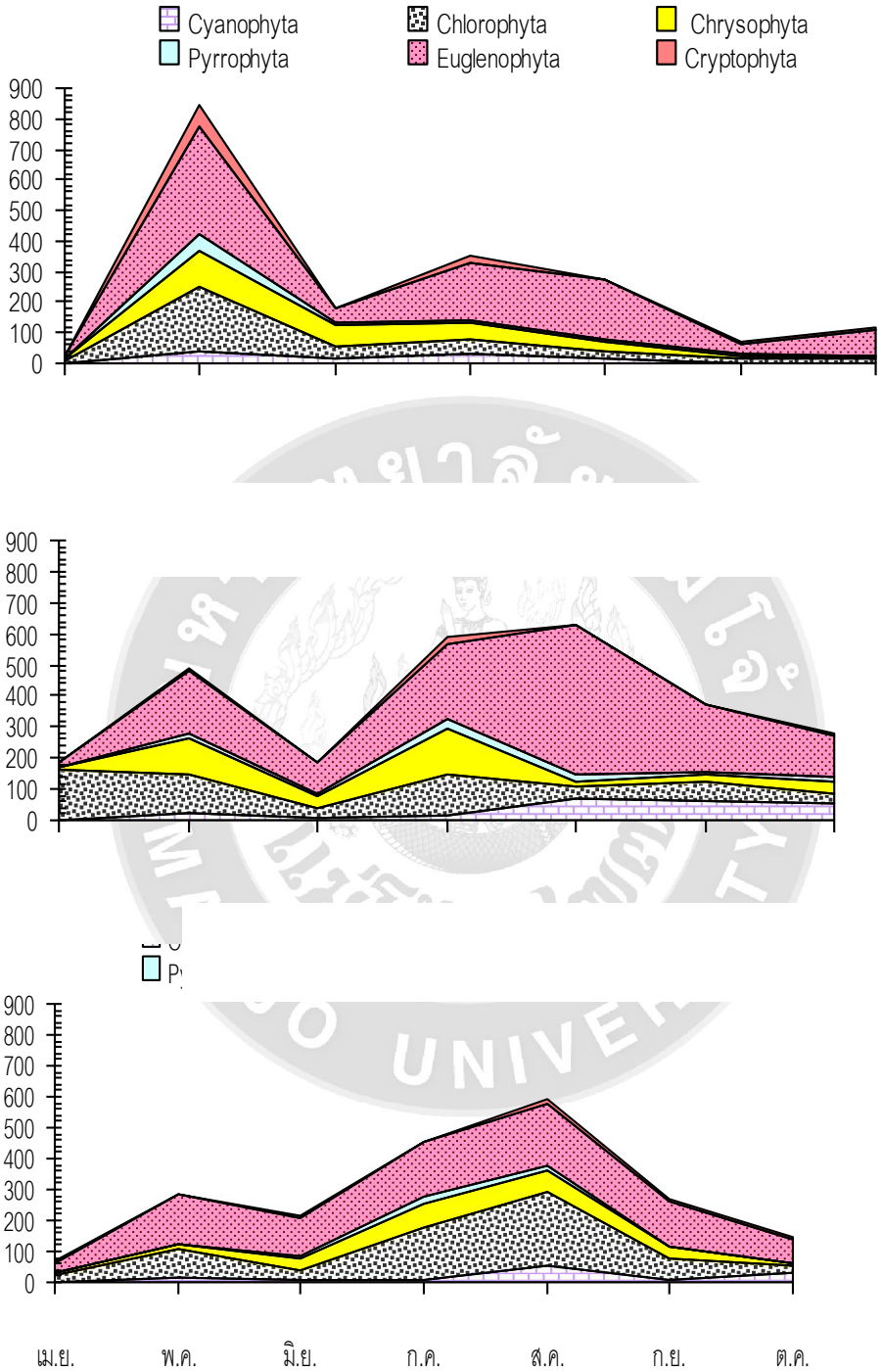
บ่อที่ 1 องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชตลอดการทดลองส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta ลำดับรองลงมา คือ ดิวิชัน Chlorophyta และ Chrysophyta โดยเดือนเมษายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (53.71%) เดือนพฤษภาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (41.09%) เดือนมิถุนายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Chrysophyta (39.01%) เดือนกรกฎาคม องค์ประกอบของแพลงก์

ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (53.85%) เดือนสิงหาคม องค์ประกอบของ แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (68.14%) เดือนกันยายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (41.11%) และเดือนตุลาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (78.04%)

บ่อที่ 2 องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชตลอดการทดลองส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta ลำดับรองลงมา คือ ดิวิชัน ดิวิชัน Chlorophyta และ Chrysophyta โดยเดือนเมษายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Chlorophyta (82.72%) เดือนพฤษภาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (41.61%) เดือนมิถุนายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (54.56%) เดือนกรกฎาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (41.51%) เดือนสิงหาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (75.71%) เดือนกันยายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (57.54%) และเดือนตุลาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (49.19%)

บ่อที่ 3 องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชตลอดการทดลองส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta ลำดับรองลงมา คือ ดิวิชัน Chlorophyta โดยเดือนเมษายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (40.85%) เดือนพฤษภาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (55.81%) เดือนมิถุนายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช ส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (55.78%) เดือนกรกฎาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (39.11%) เดือนสิงหาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช ส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Chlorophyta (39.75%) เดือนกันยายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (53.33%) และเดือนตุลาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ดิวิชัน Euglenophyta (49.96%)

นอกจากนี้ตลอดการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล ทั้ง 3 บ่อ พบว่าแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Euglenophyta ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp. และ *Trachelomonas* sp.



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ

ผลของช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาผลของช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล โดยทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชกับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งปรากฏผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 และ 3 กับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่

Correlations

		month	pond	Species	Plk	Cyano	Chloro	Chryso	Pyrro	Euglenota	Crypto
month	Pearson Correlation	1	.025	-.573*	.207	.609*	-.163	-.008	.552	.286	.083
	Sig. (2-tailed)		.877	.041	.497	.027	.595	.980	.098	.343	.796
	N	41	41	13	13	13	13	13	10	13	12
pond	Pearson Correlation	.025	1	-.399	-.283	-.201	.023	-.258	-.511	-.299	.205
	Sig. (2-tailed)	.877		.177	.350	.510	.942	.394	.131	.321	.524
	N	41	41	13	13	13	13	13	10	13	12
Species	Pearson Correlation	-.573*	-.399	1	.084	.053	.008	.065	-.301	.102	-.453
	Sig. (2-tailed)	.041	.177		.785	.864	.978	.833	.398	.739	.139
	N	13	13	13	13	13	13	13	10	13	12
Plk	Pearson Correlation	.207	-.283	.084	1	.541	.579*	.632*	.803**	.840**	.445
	Sig. (2-tailed)	.497	.350	.785		.056	.038	.021	.005	.000	.147
	N	13	13	13	13	13	13	13	10	13	12
Cyano	Pearson Correlation	.609*	-.201	.053	.541	1	.044	-.109	.401	.656*	-.161
	Sig. (2-tailed)	.027	.510	.864	.056		.887	.724	.251	.015	.617
	N	13	13	13	13	13	13	13	10	13	12
Chloro	Pearson Correlation	-.163	.023	.008	.579*	.044	1	.532	.317	.102	.621*
	Sig. (2-tailed)	.595	.942	.978	.038	.887		.061	.373	.741	.031
	N	13	13	13	13	13	13	13	10	13	12
Chryso	Pearson Correlation	-.008	-.258	.065	.632*	-.109	.532	1	.583	.264	.650*
	Sig. (2-tailed)	.980	.394	.833	.021	.724	.061		.077	.384	.022
	N	13	13	13	13	13	13	13	10	13	12
Pyrro	Pearson Correlation	.552	-.511	-.301	.803**	.401	.317	.583	1	.712*	.537
	Sig. (2-tailed)	.098	.131	.398	.005	.251	.373	.077		.021	.109
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Euglenota	Pearson Correlation	.286	-.299	.102	.840**	.656*	.102	.264	.712*	1	.073
	Sig. (2-tailed)	.343	.321	.739	.000	.015	.741	.384	.021		.822
	N	13	13	13	13	13	13	13	10	13	12
Crypto	Pearson Correlation	.083	.205	-.453	.445	-.161	.621*	.650*	.537	.073	1
	Sig. (2-tailed)	.796	.524	.139	.147	.617	.031	.022	.109	.822	
	N	12	12	12	12	12	12	12	10	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

จากตารางที่ 18 พบว่าช่วงระยะเวลาที่ยังคงใช้ปุ๋ยมูลไก่ (ทั้งบ่อที่ 2 และ 3) ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน ไปแล้วนั้น จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อองค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta (r = -0.609*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อจำนวนชนิดของแพลงก์

ตอน (r = -0.573*) และนอกจากนี้ยังมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณแพลงก์ตอนพืช และมีแนวโน้มให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ใน ดิวิชัน Pyrrophyta, Euglenophyta และ Cryptophyta

สำหรับการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช ในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 2 และ 3 กับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ระหว่างใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชให้มีจำนวนและปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีแนวโน้มให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Cyanophyta, Chlorophyta, Pyrrophyta และ Euglenophyta

4. ข้อมูลของการเผยแพร่ผลงานวิจัย หรือนำไปใช้ประโยชน์จากงานวิจัยตลอดโครงการ (ปีงบประมาณ 2552 - 2553)

<u>ข้อมูลปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2552)</u>

1. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยผ่านการนำเสนอต่อที่ประชุมในประเทศ จำนวน 1 ครั้ง คือ

นำเสนอข้อมูลการวิจัยในรูปแบบโปสเตอร์/ไวนิล ในการนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2552 (Thailand Research Expo 2009) วันที่ 26 -30 สิงหาคม 2552 ณ ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์เซ็นทรัลเวิลด์ ราชประสงค์ กรุงเทพฯ จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)



ภาพที่ 20 งานเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2552 (Thailand Research Expo 2009) กรุงเทพฯ

2. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยในสิ่งตีพิมพ์ (ในประเทศ)

นำข้อมูลวิจัยบางส่วนเรียบเรียงในเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “เทคนิคการสร้างอาหารธรรมชาติอย่างยั่งยืนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” จำนวน 36 หน้า

ซึ่งเอกสารดังกล่าวนอกจากใช้ประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแล้ว ยังได้มอบให้แก่ห้องสมุดในสถาบันการศึกษาและศูนย์เรียนรู้ ดังนี้

1. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 2 เล่ม
2. สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 3 เล่ม
3. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ จำนวน 2 เล่ม

4. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน
   จำนวน 2 เล่ม
5. ศูนย์บริการการศึกษานอกโรงเรียนอำเภอดอยหล่อ
   จำนวน 2 เล่ม
6. ศูนย์เรียนรู้ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่
   จำนวน 2 เล่ม
7. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
   จำนวน 2 เล่ม



ภาพที่ 21 มอบเอกสารประกอบการฝึกอบรมให้แก่คณะเทคโนโลยีการประมงฯ (ปี 2552)

3. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยบางส่วนในการจัดฝึกอบรม ในประเทศ จำนวน ๒ ครั้ง

นำเสนอข้อมูลวิจัยบางส่วนในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หัวข้อเรื่อง “เทคนิคการสร้างอาหารธรรมชาติอย่างยั่งยืนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 2 รุ่น คือ

รุ่นที่ 1 ในวันจันทร์ ที่ 3 สิงหาคม 2552 จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม 34 คน

รุ่นที่ 2 ในวันพุธ ที่ 5 สิงหาคม 2552 จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม 49 คน



ภาพที่ 22 ผู้เข้ารับการฝึกอบรม รุ่นที่ 1 (วันจันทร์ที่ 3 สิงหาคม 2552)



ภาพที่ 23 ผู้เข้ารับการฝึกอบรม รุ่นที่ 2 (วันพุธ ที่ 5 สิงหาคม 2552)

ข้อมูลปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2553)

1. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยผ่านการนำเสนอต่อที่ประชุมในประเทศ จำนวน ๑ ครั้ง คือ

นำเสนอข้อมูลการวิจัยบางส่วนในรูปแบบไวนิล เรื่อง “เทคนิคการสร้างอาหารธรรมชาติอย่างยั่งยืนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ในการนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ ๒๕๕๓ (Thailand Research Expo 2010) ระหว่างวันที่ 26 - 30 สิงหาคม 2553 ณ ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ราชประสงค์ กรุงเทพฯ จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)



ภาพที่ 24 งานเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2553 (Thailand Research Expo 2010) กรุงเทพฯ

2. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยในสิ่งตีพิมพ์ (ในประเทศ)

นำข้อมูลวิจัยบางส่วนเรียบเรียงในเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “เทคนิคการสร้างแพลงก์ตอนสัตว์อย่างยั่งยืนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” จำนวน 40 หน้า

ซึ่งเอกสารดังกล่าวนอกจากใช้ประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแล้ว ยังได้มอบให้แก่ห้องสมุดในสถาบันการศึกษาและศูนย์เรียนรู้ ดังนี้

1. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 2 เล่ม
2. สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 3 เล่ม
3. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 2 เล่ม

4. กลุ่มเรียนรู้ชุมชนต้นกล้าอาชีพ จำนวน 2 เล่ม
5. ศูนย์เรียนรู้เกษตรอินทรีย์ตำบลบวกค้าง จำนวน 2 เล่ม



ภาพที่ 25 มอบเอกสารประกอบการฝึกอบรมให้แก่คณะเทคโนโลยีการประมงฯ (ปี 2553)

3. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยทางวิทยุ จำนวน 1 ครั้ง

เผยแพร่ข้อมูลวิจัย ผ่านรายการ “สารพันข่าว” ผู้ดำเนินรายการ น.ส. พวงพะยอม เสนาวารี ในวันที่ 3 สิงหาคม 2553 เวลา 11.00 – 12.00 น. ทางสถานีวิทยุเพื่อการศึกษา FM 95.5 MHz. มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 26 การเผยแพร่ข้อมูลวิจัยทางวิทยุ

4. เผยแพร่ข้อมูลวิจัยบางส่วนในการจัดฝึกอบรม ในประเทศ จำนวน 2 ครั้ง

นำเสนอข้อมูลวิจัยบางส่วนในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หัวข้อเรื่อง “เทคนิคการสร้างแพลงก์ตอนสัตว์อย่างยั่งยืนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 2 รุ่น คือ

รุ่นที่ 1 ในวันพุธ ที่ 4 สิงหาคม 2553 จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม 42 คน

รุ่นที่ 2 ในวันศุกร์ ที่ 6 สิงหาคม 2553 จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม 48 คน



ภาพที่ 27 ผู้เข้ารับการฝึกอบรม รุ่นที่ 1 (วันพุธ ที่ 4 สิงหาคม 2553)



ภาพที่ 28 ผู้เข้ารับการฝึกอบรม รุ่นที่ 2 (วันศุกร์ ที่ 6 สิงหาคม 2553)

5. นำข้อมูลไปใช้ในการเรียนการสอน

นำข้อมูลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนระดับปริญญาตรี รายวิชา พล 498ปัญหาพิเศษ โดยมีนักศึกษาเป็นผู้ช่วยในการทำการวิจัย จำนวน 3 คน คือ

1. นายณัฐพงศ์ แต่งสง่า รหัส 5210101009 สาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

2. น.ส. เบญจวรรณ เหมือนเพ็ชร รหัส 5210101016 สาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3. นายมนตรี สว่างอารมณ์ รหัส 5210101029 สาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากประเด็นโจทย์คำถาม “การใส่ปุ๋ยมูลไก่อย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชอย่างไร การใส่ปุ๋ยระยะเวลานานเท่าไรที่ชนิดของแพลงก์ตอนเป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดโทษ แล้วจะส่งผลต่อผลผลิตของปลานิลอย่างไร” จึงเป็นที่มาของการศึกษา “ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์” โดยทำการศึกษาทดลอง 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล ปัจจัยคุณภาพน้ำ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งผลการศึกษาสรุปได้ว่าการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ

หลังจากนั้นทำการทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อผลผลิตของปลานิล ปัจจัยคุณภาพน้ำ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช ผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ภายหลังเริ่มปล่อยปลานิลในเดือนเมษายน และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าโดยภาพรวมประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อ ที่ 2 มีค่าสูงสุด และมีค่าต่ำสุดในบ่อที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา

ทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ที่ได้ผลการศึกษาอย่างชัดเจนว่าปลานิลในบ่อที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 สัปดาห์ หรือ 2 สัปดาห์ นั้น จะก่อให้เกิดอาหารธรรมชาติขึ้นในบ่อ และอาหารธรรมชาติที่สร้างขึ้นนั้น เป็นการเพิ่มระบบห่วงโซ่อาหารขึ้นในบ่อ ซึ่งเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เพิ่มขึ้นนั้น จะส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตของปลานิลหรือแม้แต่สัตว์น้ำชนิดอื่นที่เพาะเลี้ยง เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (ขจรเกียรติ์ และ คณะ, 2552 ; ขจรเกียรติ์ และคณะ, 2553)

และหากพิจารณาระหว่างบ่อที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นบ่อที่มีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2553) และมีการใช้ปุ๋ยมูลไก่เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติให้เกิดขึ้นภายในบ่อต่อเนื่อง แต่มีการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง เป็นอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน และ 2 เดือน ตามลำดับ พบว่าโดยภาพรวมช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ของทั้ง 2 บ่อ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย ($r = 0.899^{**}$) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ($r = 0.899^{**}$) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย ($r = 0.899^{**}$) แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะประเด็นการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อน้ำหนักเฉลี่ย ($r = -0.370^{*}$) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ($r = -0.383^{*}$) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย ($r = -0.383^{*}$) และ อัตราการรอดเฉลี่ย ($r = -0.399^{**}$) ซึ่งหมายความได้ว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการเติบโตดีกว่าปลานิลในบ่อที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน

สำหรับปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อ พบว่าคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเติบโตของปลานิล และปัจจัยคุณภาพน้ำที่สะท้อนถึงปริมาณธาตุอาหารในบ่อเลี้ยงปลานิล พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจนของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ

เมื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี ในบ่อเลี้ยงปลานิลกับประเด็นของการใช้ปุ๋ยมูลไก่เพื่อสร้าง

อาหารธรรมชาติในช่วงเวลาที่กำหนด แล้วปรับเปลี่ยนเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ในบ่อที่ 2 และ 3 พบว่า ช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณบีโอดีเฉลี่ย ($r = 0.546^{*}$) และปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย ($r = 0.674^{**}$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อความโปร่งแสงของน้ำเฉลี่ย ($r = -0.610^{*}$) นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และปริมาณไนเตรทไนโตรเจน

และหากเปรียบเทียบระหว่างช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย ($r = 0.760^{**}$) และมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า ปริมาณบีโอดี ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน และปริมาณไนเตรทไนโตรเจนดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าน้ำในบ่อที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน แต่จะต้องระมัดระวังหรือเฝ้าติดตามในการใช้ช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่นี้ เพราะจากการสังเกตช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน ยังช่วยส่งเสริมเกื้อกูลให้ปัจจัยคุณภาพน้ำที่บ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหาร เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงระยะเวลา ที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน

ส่วนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด โดยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อที่ 2 พบมากที่สุด คือ มีจำนวนชนิดเฉลี่ย เท่ากับ 23.86 ± 1.71ชนิด และมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 390.95 ± 69.35 เซลล์/มิลลิลิตร เมื่อพิจารณาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล ทั้ง 3 บ่อ พบว่าแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นส่วนใหญ่อยู่ใน ดิวิชัน Euglenophyta ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas*

sp. และ *Trachelomonas* sp. ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่สามารถสร้างสารพิษ หรือก่อโทษโดยตรงต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิล เพียงแต่สะท้อนถึงปัจจัยคุณภาพน้ำและปริมาณธาตุอาหารในบ่อเลี้ยงปลานิลเท่านั้น ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้เหมือนกับการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1)

เมื่อพิจารณาช่วงระยะเวลาที่ยังคงใช้ปุ๋ยมูลไก่ในบ่อเลี้ยงปลานิลทั้งบ่อที่ 2 และ 3 ภายหลังครบกำหนดช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ 2 เดือน ไปแล้วนั้น จะมีความสัมพันธ์ เชิงบวกต่อองค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta ($r = -0.609^*$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อจำนวนชนิดของแพลงก์ตอน ($r = -0.573^*$) และนอกจากนี้ยังมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณแพลงก์ตอนพืช และมีแนวโน้มให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Pyrrophyta, Euglenophyta และ Cryptophyta

สำหรับการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช ในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 2 และ 3 กับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ระหว่างใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชให้มีจำนวนและปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีแนวโน้มให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Cyanophyta, Chlorophyta, Pyrrophyta และ Euglenophyta

ดังนั้นโดยสรุปเมื่อพิจารณาผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมด (การทดลองที่ 1 และ 2) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิล และ หากใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงไปเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องจนมีปริมาณธาตุอาหารมากเกินระบบสมดุลของบ่อ ให้เว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ เป็นอัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน เพื่อให้ปลานิลยังคงมีประสิทธิภาพการเติบโตและผลผลิตที่ดีต่อไป ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์โดยการสร้างอาหารธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจ

ตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง “ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์” ทำการศึกษา 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ

สำหรับการทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ภายหลังเริ่มปล่อยปลานิลในเดือนเมษายน และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าโดยภาพรวมประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด และมีค่าต่ำสุดในบ่อที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

และหากพิจารณาระหว่างบ่อที่ 2 และ 3 พบว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการเติบโตดีกว่าปลานิลในบ่อ ที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน

สำหรับปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลในแต่ละบ่อ พบว่าคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเติบโตของปลานิล และปัจจัยคุณภาพน้ำที่สะท้อนถึงปริมาณธาตุอาหารในบ่อเลี้ยงปลานิล พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจนของบ่อเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ

เมื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลกับช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ พบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณบีโอดี และปริมาณไน

ไตรท์ไนโตรเจน และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อความโปร่งแสงของน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และปริมาณ ไนเตรทไนโตรเจน

และหากเปรียบเทียบระหว่างช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ย มูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าน้ำในบ่อที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน แต่จะต้องระมัดระวังหรือเฝ้าติดตามในการใช้ช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่นี้ด้วย

ส่วนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด โดยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อที่ 2 พบมากที่สุด คือ มีจำนวนชนิดเฉลี่ย เท่ากับ 23.86 $\pm$ 1.71ชนิด และมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 390.95 $\pm$ 69.35 เซลล์/มิลลิลิตร โดยแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Euglenophyta ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp. และ *Trachelomonas* sp.

สำหรับการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช ในบ่อเลี้ยงปลานิลบ่อที่ 2 และ 3 กับช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ระหว่างใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าการเว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงบวกต่อจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชให้มีจำนวนและปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีแนวโน้มให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Cyanophyta, Chlorophyta, Pyrrophyta และ Euglenophyta

ดังนั้นโดยสรุปเมื่อพิจารณาผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมด (การทดลองที่ 1 และ 2) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิล และ หากใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงไปเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องจนมีปริมาณธาตุอาหารมากเกินระบบสมดุลของบ่อ ให้เว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ เป็นอัตรา40 กก./ไร่/ 1 เดือน เพื่อให้ปลานิลยังคงมี

ประสิทธิภาพการเติบโตและผลผลิตที่ดีต่อไป ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการพัฒนาระบบการเลี้ยง ปลานิลเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์โดยการสร้างอาหารธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาค

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 212 น..

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม นิวุฒิ หวังชัย บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจงกล พรมยะ. 2550. **ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก และการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก**.รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม นิวุฒิ หวังชัย บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจงกล พรมยะ. 2551. **ผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการสะสมกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม และบัญญัติ มนเทียรอาสน์. 2552. **ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม บัญญัติ มนเทียรอาสน์ นิวุฒิ หวังชัย และจงกล พรมยะ. 2553. สหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์-ตอนพืช และคุณภาพน้ำที่เลี้ยงในคอกแบบพัฒนา. **ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**. 27 (3): 27-38.

คีรี กออนันตกุล. 2542. **การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ**. กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 59 น..

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์. 2547. ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับไก่กระทง จังหวัดเชียงใหม่. **ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**. 22 (พิเศษ): 108-117.

นวลมณี พงศ์ธนา. 2553. **ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จ**. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 2/2553. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 43 น.

นิวุฒิ หวังชัย. 2547. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ**. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. น. 86 – 88.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ อภินันท์ สุวรรณรักษ์ และ ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2550. เปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิล 12 เดือน. **ว.วิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 1(2): 171-181.

ปานตะวัน ลือเลิศ. 2549. **ผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อชนิดของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อเลี้ยงปลานิล**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ. น. 1 – 7.

วิมลพรรณ ตั๋นปอก. 2551. **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเพาะเลี้ยงปลาบึกด้วยระบบที่แตกต่างกัน (กรกฎาคม 2550 - กุมภาพันธ์ 2551)**. งานวิจัยสหกิจศึกษา คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. น. 88 - 94.

ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร: กรุงเทพฯ. น. 106 – 116.

สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย. 2537. **ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์-ตอนพืช**. แหล่งที่มา http://www.sa.ac.th/biodiversity/contents/2plankton/chapter_2.html [14 มกราคม 2553].

สุจิตรา ล้มทม. 2546. **ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาโครงการเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

สำนักงานประมงจังหวัดอ่างทอง. 2550. **การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th/fpo-angthong [15 มกราคม 2553].

Diana S.S, KF Shim and A.K. Ong. 1985. **Production System for commonly cultured freshwater fishes of Southeast Asia**. Michigan.119 p.

Mischke, C.C. and Paul, V. Z. 2004. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery pond under various fertilization regimes. **Aquaculture** 233, 219 – 235.

Nelson. J.S.1994. **Fishes of the world**. Department of zoology, University of Alberta, 465 p.

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 6 : การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน (ชีววิถี) ด้วยการจัดการด้านอาหาร

Reductions of Microcystin Toxins in Tilapia Reared in Integrated Culture Systems by Feeding Practice

นิวุฒิ หวังชัย[1]

Niwoot Wangchai[1]

[1] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

.....

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้อาหาร (ไม่ให้อาหาร, ให้อาหารตลอดการเลี้ยง และให้อาหารก่อนจับ 30 วัน) ต่อการสะสมปริมาณสารไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในระบบน้ำเขียว และทำการตรวจสอบปริมาณสารไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในฟาร์มเอกชนจำนวน 10 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างเนื้อปลาและตรวจสอบสารไมโครซิสตินในเนื้อปลา โดย เครื่อง HPLC ผลการทดลองพบว่า เนื้อปลาที่ทดลองเลี้ยงมีการสะสมของสารไมโครซิสตินต่ำมากจนไม่สามรถตรวจสอบพบ ทั้ง3 หน่วยการทดลอง ส่วนการตรวจสอบปริมาณสารไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในฟาร์มเอกชนจำนวน 10 ตัวอย่างพบสารไมโครซิสติน LR ในช่วง nd-5.64 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบสารไมโครซิสติน 20 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างทั้งหมด ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าไม่มีการสะสมของสารไมโครซิสตินในเนื้อปลาทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม พบสารไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในฟาร์มเอกชน 20 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างทั้งหมด

Abstract

This study aimed to investigate the effects of feeding conditions (un-fed, T1; full fed, T2; and fed 30 days before harvest, T3) on the accumulation of microcystin (hepatotoxin) in tilapia reared in green water system. Microcystin in tilapia from 10 private farms were also investigated. Fish flesh were collected and stored at -20 degree Celsius and microcystin in fish flesh were analyzed by HPLC. The result showed that mocrocystin was not accumulated in all treatments. However, there was found microcystin 20 % of fish samples from private farms (nd-5.64 mg/g dry weight).

It was concluded that no accumulation of microcystin was found in fish samples from experiment ponds. However there was found 20% of fish samples from private farms which contaminate by microcystin.

คำนำ

ปัจจุบันประชากรในประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการบริโภคสัตว์น้ำมากขึ้น เนื่องจากสัตว์น้ำเป็นแหล่งของโปรตีนที่ร่างกายต้องการและมีปริมาณสูง ปริมาณไขมันต่ำ และไม่มีสารพิษตกค้างในอาหาร ทำให้อุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารประเภทสัตว์น้ำมีการขยายตัวมากขึ้นทั้งสัตว์น้ำจากทะเล และน้ำจืด โดยปลาน้ำจืดตัวหลักที่ส่งออกได้แก่ ปลานิล ซึ่งมีแนวโน้มสูงการส่งออกสูงขึ้นทุกปี ในปี 2544 ปริมาณการเพาะเลี้ยงปลานิลมีปริมาณสูงถึง 84,500 ตัน ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุดรองลงมาได้แก่ ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลาสลิด ปลาสวาย ตามลำดับ ซึ่งปลานิลที่ได้ส่วนใหญ่มาจากการเลี้ยงแบบบ่อ กระชัง และการเลี้ยงแบบผสมผสาน ส่วนการบริโภคปลาน้ำจืดได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำจืดต่อคนต่อปีสูงถึง 32 กิโลกรัม (Piumsombun, 2001) และจากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความต้องการสัตว์น้ำประเภทปลาน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่สูงถึง 40,000 กิโลกรัมต่อวัน (เทพรัตน์และคณะ, 2545)

ผลผลิตปลาที่เข้าสู่ตลาดส่วนหนึ่งมาจากการเลี้ยงปลาแบบผสมผสาน (Integrated culture system) ซึ่งเป็นการเลี้ยงปลาร่วมกับสัตว์บก เช่น การเลี้ยงปลาร่วมกับไก่ หรือการเลี้ยงปลาร่วมกับสุกร โดยการเลี้ยงแบบดังกล่าวนี้สามารถลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากสิ่งขับถ่ายจากสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ก่อให้เกิดอาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงได้ และเป็นวิธีที่เกษตรกรสามารถทำได้เอง ปลาที่นิยมนำมาเลี้ยงปลานิล ปลาทับทิม ซึ่งเป็นปลาที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารธรรมชาติได้อย่างดี และเป็นที่ต้องการของตลาด

แม้ระบบการเลี้ยงปลาแบบผสมผสาน จะเป็นระบบที่ใช้ของเหลือจากระบบหนึ่งให้เกิดประโยชน์กับอีกระบบก็ตาม แต่ระบบดังกล่าวนี้มักประสบปัญหาการเน่าเสียของน้ำ และมีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชมากเกินไป (Eutrophication) โดยแพลงก์ตอนพืชที่เจริญเติบโตมีทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และชนิดที่ให้โทษ สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหานี้เนื่องจากปริมาณของเสียที่ปล่อยลงสู่บ่อปลามากจนเกินไป โดยของเสียที่ลงสู่บ่อปลาประกอบด้วยสารอาหารเช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูง ซึ่งปัญหานี้มักพบบ่อยครั้งในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการถ่ายเทน้ำน้อย และเป็นการเลี้ยงที่ใช้เวลานานประมาณ 8-12 เดือน ทำให้สัตว์น้ำมีโอกาสสะสมสารพิษ microcystin

สารพิษ Microcystin เป็นสารพิษที่ที่แพลงก์ตอนพืชบางตัวสร้างขึ้นได้ โดยเฉพาะกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดย Zilberg (1966) รายงานว่าสารพิษ Microcystin เป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดโทษแก่มนุษย์ เช่น โรคระบบทางเดินอาหาร หรือทำให้เกิดมะเร็งตับในหนูได้ ส่วน Magalhaes *et al*. (2001) รายงานว่าปลาที่ใช้บริโภคที่มาจากทะเลสาบ Jacarepagua ประเทศ บราซิลมีสารพิษกลุ่ม Microcystin สะสมสูงกว่าระดับที่ปลอดภัย ส่วนกลไกการเกิดพิษเกิดจาก Microcystin–LR จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ protein phosphatase type 1A และ type 2A โดย protein phosphatase มีบทบาทสำคัญในการควบคุม homeostasis ในเซลล์ ส่งผลให้นำไปสู่การมีเซลล์ที่ผิดรูปแบบ และส่งเสริมการเกิดมะเร็ง (Fujiki and Saganuma,1993)

ปัจจุบันประชาชนได้มีการตระหนักเกี่ยวกับเรื่องอาหารปลอดภัย (Food safety) กันอย่างแพร่หลาย และการประกอบการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างถูกต้อง (Good Aquacultural Practice, GAP) ซึ่งการเลี้ยงแบบผสมผสานอาจมีการสะสมของสารพิษ Microcystin ได้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ควรใช้ประโยชน์ในการจัดการเชิง

ระบบเกษตรที่เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มมูลค่า จึงมีแนวคิดที่จะใช้เทคนิคการให้อาหารในขณะเลี้ยงเพื่อลดปริมาณสารพิษ Microcystin และคุณภาพอาหารที่มีปริมาณสารอาหารต่างกัน โดยอาจจะมีผลต่อ metabolism ในการลดปริมาณสารพิษได้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทราบปริมาณสารพิษ Microcystin ในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน
2. เพื่อศึกษาผลของระบบการให้อาหารต่อการกำจัดสารพิษ Microcystin ในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน
3. จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ผลของระบบการให้อาหารต่อการกำจัดสารพิษ Microcystin ในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน ให้แก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจ

การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน

บ่อที่เลี้ยงปลานิลควรเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อสะดวกในการจับ เนื้อที่ตั้งแต่ 200 ตารางเมตรขึ้นไป อาหารที่ให้ใช้เศษอาหารจากโรงครัว ปุ๋ยคอก อาหารสมทบอื่นๆ ที่หาได้ง่าย เช่น แหนแป็ด สาหร่าย เศษพืชผักต่างๆ ปริมาณปลาที่ผลิตได้ก็เพียงพอสำหรับบริโภคในครอบครัว ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินแบ่งได้ 4 ประเภท ตามลักษณะของการเลี้ยงดังนี้

1.1 การเลี้ยงปลานิลแบบเดี่ยว โดยปล่อยลูกปลาขนาดเท่ากันลงเลี้ยงพร้อมกันใช้เวลาเลี้ยง 6–12 เดือนแล้ววิดจับหมดทั้งบ่อ

1.2 การเลี้ยงปลานิลหลายรุ่นในบ่อเดียวกัน โดยใช้อวนจับปลาใหญ่ คัดเฉพาะขนาดปลาที่ตลาดต้องการจำหน่ายและปล่อยให้ปลาขนาดเล็กเจริญเติบโตต่อไป

1.3 การเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาสวาย ปลาตะเพียน ปลาจีน ฯลฯ เพื่อใช้ประโยชน์จากอาหาร หรือเลี้ยงร่วมกับปลากินเนื้อเพื่อกำจัด

ลูกปลาที่ไม่ต้องการ ขณะเดียวกันจะได้ปลากินเนื้อเป็นผลพลอยได้ เช่น การเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลากราย และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาช่อน เป็นต้น

1.4 การเลี้ยงปลานิลแบบแยกเพศโดยวิธีแยกเพศปลา หรือเปลี่ยนเป็นเพศเดียวกัน เพื่อป้องกันการแพร่พันธุ์ในบ่อส่วนมากนิยมเลี้ยงเฉพาะปลาเพศผู้ซึ่งมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศเมีย

การเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน

การเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน เป็นระบบการเกษตรที่ใช้ประโยชน์จากของเหลือระบบหนึ่งแล้วก่อให้เกิดประโยชน์อีกระบบ เป็นระบบการเลี้ยงปลาที่นิยมปฏิบัติกันทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น จีน ไต้หวัน ฮ่องกง ญี่ปุ่น ฮังการี เนื่องจากเป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำและสัตว์บกที่เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่กันและกันเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นระบบการผลิตทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพสูงมากระบบหนึ่ง ข้อดี คือ เศษเหลือจากสัตว์บกสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เช่น มูลสัตว์ ซึ่งจะกลายเป็นอาหารปลา และเป็นปุ๋ยสำหรับบ่อปลา ทำให้ลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ เช่น ค่าอาหารปลา ค่าอาหารสัตว์ ค่าปุ๋ย (ปกรณ์ และคณะ, 2541) ส่วนการเลือกสัตว์ที่จะนำมาเลี้ยงในระบบการผสมผสานร่วมกับปลานั้นจำเป็นต้องมีคอกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ และคอกสัตว์ต้องมีความสัมพันธ์กับการเลี้ยงปลาด้วย เช่น การเลี้ยงปลานิลร่วมกับไก่ โดยอัตราปล่อยปลา ลูกปลาขนาด 3-5 เซนติเมตร ลงเลี้ยงในอัตรา 1-3 ตัว/ตารางเมตร หรือ 2,000-5,000 ตัว/ไร่ อัตราการปล่อยปลาที่เลี้ยงในบ่อดินขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำ อาหารและการจัดการการให้อาหาร ปริมาณที่ให้ไม่ควรเกิน 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาที่เลี้ยง หรือใช้วิธีสังเกตการกินอาหารจากจุดที่ให้เป็นประจำ ถ้ายังมีปลานิลออกมาออกันมากเพื่อรอกินอาหารก็เพิ่มจำนวนอาหารมากขึ้นตามลำดับทุก 1-2 สัปดาห์ ข้อควรระวังคือ หากปลากินอาหารไม่หมด อาหารที่เหลือจะทำให้น้ำเน่าเสียเป็นอันตรายต่อปลาที่เลี้ยง และสิ้นเปลือง (กรมประมง, 2546)

การใช้มูลสัตว์ และปุ๋ยในบ่อเป็นอาหารจะเป็นการใช้ประโยชน์แบบผสมผสาน ระหว่างการเลี้ยงปลากับการเลี้ยงสัตว์อื่นๆ โดยเศษอาหารที่เหลือจากการย่อย หรือตกหล่นจากที่ให้อาหารของปลาโดยตรง ในขณะที่มูลของสัตว์จะเป็นปุ๋ยและให้แร่ธาตุสารอาหารแก่พืชน้ำ ซึ่งเป็นอาหารของปลา ซึ่งจะลดต้นทุนค่าใช้จ่าย และแก้ปัญหามลภาวะได้ การใส่ปุ๋ยเป็นการให้อาหารแก่ปลานิลที่สำคัญ

มากวิธีหนึ่ง เพราะจะได้อาหารธรรมชาติที่มีโปรตีนสูงและราคาถูก แต่เพื่อเป็นการเร่งให้ปลานิลที่เลี้ยงเจริญเติบโตเร็วขึ้นหรือถูกต้องตามหลักวิชาการจึงควรให้อาหารจำพวกคาร์โบไฮ เดรทเป็นอาหารสมทบด้วย เช่น รำ ปลายข้าว (ปกรณ์ และคณะ, 2541)

สารพิษจากสาหร่ายพิษสีเขียวแกมน้ำเงิน

สารพิษที่สาหร่ายพิษสีเขียวแกมน้ำเงินผลิตขึ้นมาเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างและสลายของเซลล์ เป็นสารที่ไม่เกี่ยวข้องหรือจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต แม้ว่าในบางครั้งจะช่วยในการแข่งขันเพื่อความอยู่รอดในธรรมชาติ ในปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริง ในการผลิตสารพิษของสาหร่าย แต่คาดว่าสารพิษนี้สร้างมาเพื่อเป็นสารป้องกันตัว (protective compound) (อาภารัตน์, 2539) หรือใช้ในการแข่งขันกันในสภาพธรรมชาติกับสาหร่ายชนิดอื่น โดยมีลักษณะเป็นแบบ allelopathy สารพิษจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเมื่อแบ่งตามโครงสร้างทางเคมีจะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (ตาราง 1) ได้แก่ Cyclic peptide, Alkaloids และ Lipopolysaccharide (LPS) โดยสารพิษแต่ละกลุ่มก็จะมีอวัยวะเป้าหมายในการออกฤทธิ์แตกต่างกันออกไป hepatotoxin ออกฤทธิ์ต่อตับ neurotoxin ออกฤธิ์ต่อระบบประสาท cytotoxins สารพิษที่เป็นพิษต่อเซลล์ skin irritans ทำให้เกิดอาการแพ้หรือคันส่วนที่สัมผัสน้ำ และ gastrointestinal ก่อให้เกิดการอักเสบที่ระบบช่องท้อง (Codd, 1998) โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดเดียวกันสามารถสร้างสารพิษได้มากกว่า 1 ชนิด สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแต่ละสปีซีส์จะสร้างสารพิษได้ต่างกัน บางสปีซีส์สามารถสร้างสารพิษได้มากกว่า 1 ชนิด สารพิษที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสร้างขึ้นสามารถแบ่งได้หลายกลุ่ม ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ใช้จำแนก ถ้าแบ่งตามระดับความเป็นพิษ จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มแรกจะทำให้เกิดพิษเฉียบพลันจนทำให้สัตว์ถึงตายได้ ได้แก่ neurotoxin และ hepatotoxin ส่วนสารพิษอีกกลุ่มจะแสดงฤทธิ์ทางชีวภาพแต่ไม่ทำให้สัตว์น้ำถึงตาย ได้แก่ cytotoxins (Sivonen and Jones, 1999)

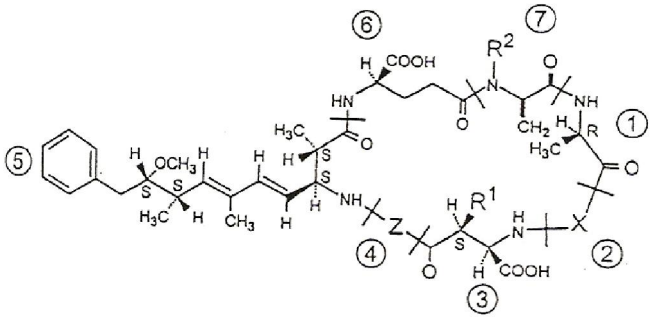
ตารางที่ 1 สารพิษกลุ่มต่างๆ ที่สร้างจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและอวัยวะเป้าหมายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Chorus and Batram, 1999)

กลุ่มสารพิษ	ชนิดสารพิษ	อวัยวะเป้าหมายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	จีนัสของสาหร่ายในกลุ่ม Cyanophyceae ที่สร้างสารพิษ
Cyclic peptide	Microcystins	Liver	*Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix* (*Oscillatoria*), *Nostoc*, *Hapalosiphon*, *Anabaenopsis*
	Nodularins	Liver	*Nodularia*
Alkaloids	Anatoxin-a	Nerve synapse	*Anabaena*, *Planktothrix* (*Oscillatoria*), *Aphanizomenon*
	Anatoxin-a (s)	Nerve synapse	*Anabaena*,
	Aplysiatoxins	Skin	*Lyngbya*, *Schizothrix*, *Planktothrix* (*Oscillatoria*)
	Cylindrospermopsins	Liver	*Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon*, *Umezakia*
	Lyngbyatoxin-a	Skin-gastrointestinal tract	*Lyngbya*
	Saxitoxins	Nerve axons	*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Lyngbya*, *Cylindrospermopsis*,
Lipopolysaccharide (LPS)	LPS	Potential irritant; affects any exposed tissue	All Cyanophyceae

สารพิษ microcystins เป็นสารพิษพวก cyclic peptide ที่พบได้ในเกือบทุกครั้งที่มีเจริญเของสาหร่ายพิษสีเขียวแกมน้ำในแหล่งน้ำหลายแห่งทั่วโลก เป็นสารพิษที่มีการศึกษากันมาก นอกจากนั้น microcystins นั้นเป็นสารพิษจากสาหร่ายที่มีการค้นพบเป็นชนิดแรก โดยพบว่าสร้างมาจากสาหร่าย *Microcystis aeroginosa* NRC-1 (Bishop *et al*., 1959) ภายหลังต่อมาก็พบว่า สาหร่ายอีกหลายสกุลก็สามารถสร้างสารพิษ microcystins ได้เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 1) สารพิษในกลุ่มนี้มีอวัยวะเป้าหมายในการออกฤทธิ์คือ ตับ จึงมีชื่ออีกอย่างว่า hepatotoxin cyclic peptides

สารพิษ microcystins มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วย กรดอะมิโนทั้งสิ้น 7 ตัว มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 800-1000 มีสูตรโครงสร้างดังนี้ Cyclo-(-D-Ala^{1}-X^{2}-D-MeAsp^{3}-Z^{4}-Adda^{5}-D-Glu^{6}-Mdha^{7}) (ภาพที่ 1) ตำแหน่งที่ทำให้เกิดการผัน

แปรเป็น microcystins ชนิดต่างๆ คือ ตำแหน่ง X และ Z ซึ่งจะเป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ แตกต่างกันไป ในปัจจุบันมีรายงานพบ microcystins มากกว่า 60 ชนิด (Codd, 1998) ชนิดที่มีความเป็นพิษมากที่สุดคือ microcystins-LR มีค่า LD_{50} ประมาณ 50-60 ไมโครกรัม/กิโลกรัม bw i.p. mouse ส่วนชนิดที่พบได้บ่อยนั้นคือ microcystins-YR และ RR มีค่า LD_{50} ประมาณ 70 และ 600-700 ไมโครกรัม/กิโลกรัม bw i.p. mouse ตามลำดับ (Sivonen and Jones, 1999)



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารพิษไมโครซิสติน
ที่มา : Sivonen and Jones (1999)

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยย่อยที่ 1: การศึกษาปริมาณไมโครซิสตินในเนื้อปลานิล

1. การวางแผนการทดลอง ทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design)

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 หน่วยการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

หน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control)

หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบให้อาหารตลอดการเลี้ยง

หน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย

การเตรียมตัวอย่างปลานิล

ลูกปลานิลที่ใช้ทดลองขนาด 3 นิ้ว ซื้อจากฟาร์มที่เชื่อถือได้

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ทำการทดลอง ในคณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้บ่อดินขนาด 100 ตารางเมตร จำนวน 9 บ่อ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 210 วัน



ภาพที่ 2 ลักษณะของบ่อทดลองที่ไม่ให้อาหาร (A) บ่อทดลองที่ให้อาหารตลอดการเลี้ยง (B) และพันธุ์ปลานิลแดง (C และ D)

2. การศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

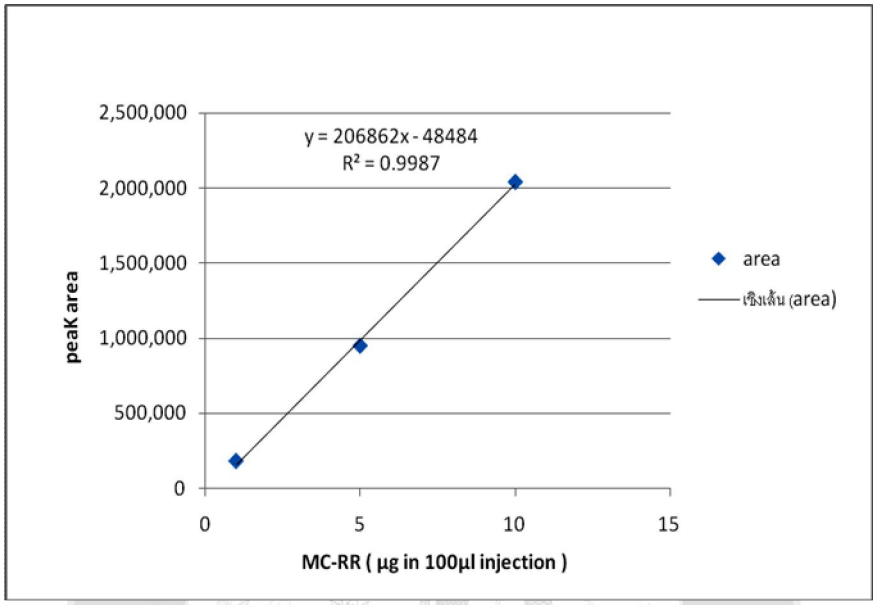
โดยทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุกๆ 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนปริมาตร 5 ลิตร เก็บน้ำที่กรองได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง รักษาสภาพด้วย Lugol 's solution ประมาณ 1 หยด และนำตัวอย่างที่เก็บไว้ไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณ ($\times 10^3$ เซลล์/มิลลิลิตร) บันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. การวิเคราะห์สารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลา

1. นำตัวอย่างเนื้อปลาจากตู้แช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) มาทำการ freeze dry จำนวน 10 กรัม

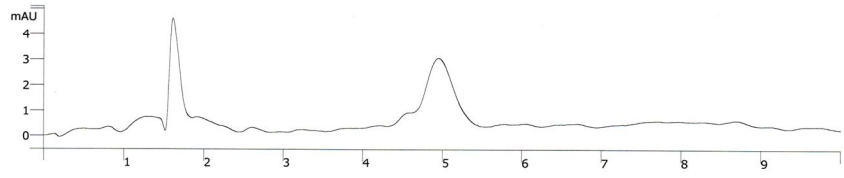
2. นำตัวอย่างเนื้อปลาที่ผ่าน freeze dry มา 0.5 กรัม แล้วเติม 100% Methanol จำนวน 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการสกัดโดยใช้เครื่อง Ultrasonic ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไป centrifuge ที่ 12,000 รอบ เป็นเวลา 30 นาที

3. นำ supernatant มากรองด้วย Milipore 0.45 ไมครอน แล้วนำมาตรวจสอบที่เครื่อง HPLC ระยะเวลา 1 เดือน/ครั้ง ระยะเวลาการเลี้ยง 8 เดือน



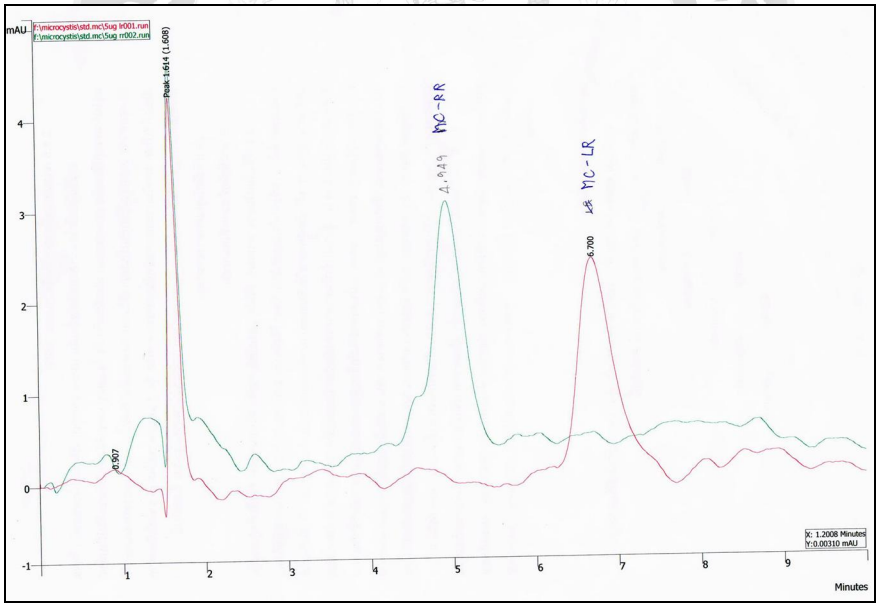
ภาพที่ 3 กราฟมาตรฐานของสารไมโครซิสตินที่ผ่านเครื่อง HPLC

Data File:	f:\microcystis\std.mc\5ug rr002.run	Operator (Calc):	LAB
Channel:	1 = 238 nm RESULTS	Calc Date:	11/19/2008 02:45:12
Sample ID:	5ug rr	Times Calculated:	4
Operator (Inj):	LAB	Calculation Method:	5ug lr001-1.mth
Injection Date:	09/03/2008 03:44:55 PM	Instrument (Calc):	beer
Injection Method:	f:\microcystis\microcysistis1f1.00.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	10.000	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:	HP_PAVILION	Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	beer	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



Peak No	Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Rel Ret Time	Area (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Group
1		6.4845	1.276	0.000	0.00	106954	VV	0.0		0
2	Peak 1.614	27.0994	1.608	-0.006	0.00	446970	VV	8.6		0
3		9.9444	1.909	0.000	0.00	164020	VV	39.9		0
4		56.4717	4.949	0.000	0.00	931428	VV	25.5		0
	Totals	**100.0000**		**-0.006**		**1649372**				

ภาพที่ 4 Peak ของสารไมโครซิสตินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC



ภาพที่ 5 โครมาโตแกรมของสารไมโครซิสตินชนิด RR และ LR

4. คุณภาพน้ำ

ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำทางเคมี และทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลานิล ระบบน้ำเขียวทุก ๆ 1 เดือน/ครั้ง ได้แก่

- ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
- ออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
- คลอโรฟิลล์-เอ ดัดแปลงจาก Wintermans and de Mots (1965), Saijo (1975)
- แอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธี Phenate method
- ไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method
- ไนเตรท-ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction method
- ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride method

5. การเก็บข้อมูล

ชั่งน้ำหนัก ในแต่ละหน่วยการทดลอง ทุกๆ 15 วัน/ครั้ง เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต



ภาพที่ 6 การชั่งน้ำหนัก (A) และวัดความยาวปลานิล (B)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละหน่วยการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของหน่วยการทดลองโดยวิธี Duncan Multiple Range Test ; DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 for Windows

งานวิจัยย่อยที่ 2: ศึกษาปริมาณ Microcystin ในปลานิลจากบ่อที่เลี้ยงปลานิลแบบผสมผสานที่ทำการตรวจสอบจากฟาร์มเลี้ยงปลาในจังหวัดเชียงรายจำนวน 10 ฟาร์ม

1. การวิเคราะห์สารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลา

1. นำตัวอย่างเนื้อปลาจากตู้แช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) มาทำการ freeze dry จำนวน 10 กรัม

2. นำตัวอย่างเนื้อปลาที่ผ่าน freeze dry มา 0.5 กรัม แล้วเติม 100% Methanol จำนวน 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการสกัดโดยใช้เครื่อง Ultrasonic ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไป centrifuge ที่ 12,000 รอบ เป็นเวลา 30 นาที

3. นำ supernatant มากรองด้วย Milipore 0.45 ไมครอน แล้วนำมาตรวจสอบที่เครื่อง HPLC

2. การศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

โดยทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุกๆ 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนปริมาตร 5 ลิตร เก็บน้ำที่กรองได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง รักษาสภาพด้วย Lugol 's solution ประมาณ 1 หยด และนำตัวอย่างที่เก็บไว้ไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืช แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแพลงก์ตอนพืช ($\times 10^3$ เซลล์/มิลลิลิตร) บันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. คุณภาพน้ำ

ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำทางเคมี และทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบน้ำเขียวทุก ๆ 1 เดือน/ครั้ง ได้แก่

- ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
- ออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
- คลอโรฟิลล์-เอ โดยวิธี Modified by Wintermans and de Mots (1965), Saijo (1975)
- แอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธี Phenate method

- ไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method
- ไนเตรท-ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction method
- ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride method



ภาพที่ 7 การเก็บตัวอย่างปลานิล น้ำ และแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิล (A–C)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดทดลองโดยวิธี Duncan Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 for Windows

ผลการทดลอง

งานวิจัยย่อยที่ 1: การศึกษาปริมาณไมโครซิสตินในเนื้อปลา

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้น ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR)

อัตราการให้อาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)
ไม่ให้อาหาร (control : T1)	41.5±0.2[a]	76.1±4.8[c]	0.80±0.01 [c]
ให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2)	41.5±0.2[a]	310.2±24.0[a]	1.65±0.13 [a]
ให้อาหารเม็ด 30 วันก่อนจับขาย (T3)	41.5±0.2[a]	107.7±7.7[b]	1.17±0.13[b]

หมายเหตุ : อักษร a,b แสดงว่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษาผลของการให้อาหารโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 หน่วยการทดลอง ดังนี้ หน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control : T1) หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและให้อาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) ตามลำดับ พบว่า หน่วยการทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายสูงที่สุด เท่ากับ 310.2±24.0 กรัม/ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย ในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control) และ หน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 76.1±4.8 และ 107.7±7.7 กรัม/ตัว ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ พบว่า หน่วยการทดลองที่ 2 ให้อาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยงมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด เท่ากับ 1.65±0.13 เปอร์เซ็นต์/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย

ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.80±0.01 และ 1.17±0.13 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 1)

ตารางที่ 3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และ อัตราการรอด (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐาน)

อัตราการให้อาหาร	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	FCR	อัตรารอด (%)
ไม่ให้อาหาร (control : T1)	32.7±3.9[c]	-	80.2±1.3[b]
ให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2)	276.3±15.3[a]	2.2±0.3[a]	91.2±0.3[a]
ให้อาหารก่อนจับ 30 วัน (T3)	66.2±7.7[b]	2.1±0.3[a]	80.6±3.7[b]

หมายเหตุ : อักษร a, b แสดงว่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษาผลของการให้อาหารโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 หน่วยการทดลอง ดังนี้ หน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control : T1) หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) ตามลำดับ พบว่า หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด เท่ากับ 276.3±15.3 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในหน่วยการทดลองที่ 1 (control : T1) เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 32.7±3.9 และ 66.2±7.7 กรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ส่วนอัตราแลกเนื้อพบว่า หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) พบว่ามีอัตราแลกเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 2.2±0.3 เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราแลกเนื้อในหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) มีค่าเท่ากับ 2.1±0.3 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) พบว่ามีอัตรารอดสูงที่สุด เท่ากับ 91.2±0.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตรารอดในหน่วยการทดลองที่ 1 (control: T1)

เลี้ยงแบบไม่ให้อาหาร (control) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบให้อาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 80.2±1.3 และ 80.6±3.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 2)

ตารางที่ 4 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกรมน้ำเงินที่พบในบ่อทดลอง

คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัม/ลิตร)	หน่วยการทดลอง		
	T1	T2	T3
	214±54.9	143.2±0.8	163.5±13.6
ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ($\times 10^3$ เซลล์/มิลลิตร)			
Oscillatoria sp.	2.5×10^3	5.1×10^3	3.0×10^3
Anabaena sp.	-	5.4×10^3	5.8×10^3
Microcystis sp.	$6.1\text{x}10^3$	3.5×10^3	2.0×10^3

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบผสมผสานโดยไม่ให้อาหาร (control, T1) หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 214±54.9, 143.2±0.8 และ 163.5±13.6 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ส่วนชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในบ่อที่เลี้ยงปลานิลในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบผสมผสานโดยไม่ให้อาหาร (control, T1) หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) พบว่า *Oscillatoria* sp. มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 2.5, 5.1 และ 3.0×10^6 เซลล์/มิลลิตร ตามลำดับ ส่วนหน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) พบว่า *Anabaena* sp. มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 5.4 และ 5.8 $\times10^6$ เซลล์/มิลลิตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า

Microcystis sp.มีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 6.1, 3.5 และ 2.0×10^{6} เซลล์/มิลลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ชนิดของ Microcystin ที่พบในบ่อทดลอง

ชนิดของ Microcystin	หน่วยการทดลอง		
	T1	T2	T3
Microcystin RR	nd	nd	nd
Microcystin YR	nd	nd	nd
Microcystin LR	nd	nd	nd

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบผสมผสานโดยไม่ให้อาหาร (control, T1) หน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) ตรวจไม่พบปริมาณ Microcystin

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำของบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำ	หน่วยการทดลอง		
	T1	T2	T3
pH	7.4±0.2	7.3±0.1	7.4±0.2
DO (มิลลิกรัม/ลิตร)	4.9±0.7	5.2±0.7	4.9±1.3
NH_4-N (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.61±0.17	0.13±0.42	0.08±0.31
NO_2-N (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.11±0.03	0.21±0.06	0.11±0.04
NO_3-N (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.30±0.20	0.50±0.40	1.40±0.70
PO_4-P (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.08+0.01	0.20+0.07	0.07+0.02

งานวิจัยย่อยที่ 2: ศึกษาปริมาณ Microcystin ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลที่ทำการตรวจสอบจากฟาร์มเลี้ยงปลาในจังหวัดเชียงราย

ตารางที่ 7 ชนิดของ Microcystin ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสานที่ จ. เชียงราย จำนวน 10 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ชนิดของ Microcystin	ปริมาณ Microcystin	cyanobacteria ชนิดเด่น	จำนวน cyanobacteria ($\times 10^3$ เซลล์/มิลลิลิตร) ชนิดเด่น
1	-	nd	*Oscillatoria* sp.	56.67
2	MC-LR	5.64	*Anabaena* sp.	53.33
3	-	nd	*Pseudanabaena* sp.	30.00
4	-	nd	*Microcystis* sp.	53.33
5	-	nd	*Oscillatoria* sp.	120.00
6	-	nd	*Oscillatoria* sp.	63.33
7	MC-LR	2.93	*Oscillatoria* sp.	43.33
8	-	nd	*Oscillatoria* sp.	66.67
9	-	nd	*Oscillatoria* sp.	30.00
10	-	nd	*Microcystis* sp	53.33
(min-max)	-	nd-5.64	*Microcystis* sp	86.67



ภาพที่ 8 *Oscillatoria* sp. (A), *Anabaena* sp. (B), *Microcystis* sp. (C) และ *Pseudanabaena* sp. (D)

ตารางที่ 8 ปริมาณ Microcystin ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสานที่ จ. เชียงราย จำนวน 10 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ชนิดของ Microcystin	ปริมาณ Microcystin	ปริมาณ คลอโรฟิลล์ (ไมโครกรัม/ลิตร)
1	-	nd	550.5
2	MC-LR	5.64	361.4
3	-	nd	523.6
4	-	nd	366.3
5	-	nd	938.3
6	-	nd	454.4
7	MC-LR	2.93	516.5
8	-	nd	903.2
9	-	nd	578.6
10	-	nd	401.8
(min-max)	-	nd-5.64	361.4-938.3

หลังจากที่งานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยแล้วได้จัดอบรมเกษตรกร เรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย “ การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารพิษและกลิ่นไม่พึงประสงค์ ” โดยดำเนินการฝึกอบรมที่ศูนย์ปรัชญาเศรษฐกิจชุมชน หมู่ที่ 13 อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2552 โดยมีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลสนใจเข้าร่วมฝึกอบรมจำนวน 65 คน ในการฝึกอบรมครั้งนี้ทางคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และประมงอำเภอแม่แตง (คุณรัตนา ใจเย็น) ได้ดำเนินการร่วมกัน และมีวิทยากรจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด จ. เชียงใหม่ (คุณประยูร อาทิ) เข้าร่วม



ภาพที่ 9 เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมจำนวน 65 คน



ภาพที่ 10 ประธานพิธีกล่าวเปิดโครงการฝึกอบรมที่ศูนย์ปรัชญาเศรษฐกิจชุมชน



ภาพที่ 11 การนำเสนอเรื่องมาตรฐานความปลอดภัยในระดับ GAP มาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดย คุณรัตนา ใจเย็น ประมงอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 12 เกษตรกรผู้เข้าร่วมฝึกอบรม



ภาพที่ 13 สาธิตการทำอาหารเม็ดจมที่ฟาร์มของเกษตรกรตัวอย่าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 14 วิธีการอัดอาหารโดยใช้เครื่องบดเนื้อเพื่อผลิตอาหารเม็ดจม

อภิปรายและวิจารณ์ผล

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างสารพิษไมโครซิสติน คือ*Oscillatoria* sp., *Anabaena* sp. และ *Microcystis* sp. สอดคล้องกับ (An and Carmichael, 1994; Watanabe, 1996) ได้รายงานไว้ว่า สารพิษไมโครซิสตินเป็นสารพิษที่เกิดขึ้นมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Nostoc* sp., *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาไม่พบการปนเปื้อนของสารพิษไมโครซิสตินในทุกหน่วยการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินค่อนข้างต่ำ

Magalhaes *et al*. (2001) รายงานว่า ปลาที่ใช้บริโภคที่มาจากทะเลสาบ Jacarepagua ประเทศบราซิลมีสารพิษไมโครซิสตินสะสมสูงกว่าระดับที่ปลอดภัย โดยค่า maximum allowable concentration (MAC) ซึ่งกำหนดโดย WHO คือ 1.00 ไมโครกรัม/ลิตร ในน้ำดื่ม และค่า Tolerable Daily Intake (TDI) คือ 0.04 ไมโครกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนักตัว/วัน และจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีปริมาณไมโครซิสตินในน้ำเฉลี่ย 0.22±0.09 (0.00-2.00) ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีความปลอดภัยที่กำหนดโดย WHO คือ ในน้ำดื่มไม่ควรมีสารพิษไมโครซิสตินเกินกว่า 1.00 ไมโครกรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังพบสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลาเฉลี่ย 1.22±0.48 (0.00-5.23) ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีสารพิษไมโครซิสตินสูงกว่าที่ตรวจพบในน้ำ คือ 0.22±0.09 (0.00-2.00) ไมโครกรัม/ลิตร

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสาหร่ายที่สร้างสารพิษในบ่อทดลองที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้กับบ่อเลี้ยงปลานิลของฟาร์มเอกชนที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่าปริมาณสาหร่ายที่สร้างสารพิษในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายมีปริมาณสูงกว่า 100-200 เท่า ดังนั้น จึงทำให้พบสารพิษในฟาร์มปลาเอกชนในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพิษในจังหวัดเชียงราย ได้ตรวจพบ 2 ตัวอย่าง คือ 2.89 และ 5.86 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งพบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่า TDI

ดังนั้น ปลาที่อยู่ในบ่อที่มีการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดที่สร้างสารไมโครซิสติน ทำให้มีโอกาสที่ปลานั้นสะสมสารไมโครซิสตินในร่างกายของสัตว์น้ำได้ ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคสัตว์น้ำ และการขาย-จำหน่ายปลานิล โดยเฉพาะตลาดต่างประเทศอีกด้วย แนวทางป้องกันและ

แก้ไขสำหรับบ่อเลี้ยงปลาที่มีการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดที่สร้างสารไมโครซิสตินนั้น จะต้องอาศัยการจัดการภายในบ่อร่วมด้วย เช่น ควรให้ความสำคัญด้านการให้อาหาร การใส่ปุ๋ย และการเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลา เพื่อลดความเสี่ยงต่อการสะสมสารไมโครซิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษในบ่อเลี้ยงปลา พบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้น การจัดการลดปริมาณสารพิษในบ่อเลี้ยงปลาควรจะดำเนินการจัดการในบ่อที่มีความเข้มข้นสูง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลาโดยวิธีการจัดการด้านอาหาร โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 210 วัน จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบผสมผสานโดยไม่ให้อาหาร (control, T1) ส่วนหน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30 วันก่อนจับขาย (T3) ไม่พบการปนเปื้อนของสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลาทุกหน่วยการทดลอง

2. จากการศึกษาสารพิษไมโครซิสตินที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างเนื้อปลามีการปนเปื้อนสารพิษไมโครซิสตินชนิด microcystin-LR จำนวน 2 ตัวอย่าง (20 %) โดยเนื้อปลามีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.92±1.36 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-5.64 (0.00-5.64) ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง

3. ได้มีการจัดอบรม โครงการฝึกอบรมเกษตรกรเรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย : การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารพิษและกลิ่นไม่พึงประสงค์ ได้จัดอบรมที่ศูนย์ปรัชญาเศรษฐกิจชุมชน หมู่ที่ 13 อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2552 โดยมีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลสนใจเข้าร่วมฝึกอบรมจำนวน 65 คน

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2546. **การเพาะเลี้ยงปลานิล.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th (20 สิงหาคม 2548)

ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ, วิรุฬระนอง ศรีณรงค์ และ อาภรณ์ ภู่นิยม. 2541. **การเพาะเลี้ยงปลานิล.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th (13 มีนาคม 2548)

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ สุเทพ ปั้นธิวงศ์ สมบูรณ์ ใจปินตา ประจวบ ฉายบุ สุดปราณี มณีศรี และรุ่งกานต์ อำไพพงศ์. 2545. **แนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่.** รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย PDG45N0008. 85 น.

อาภารัตน์ มหาขันธ์. 2539. **สารพิษจากสาหร่ายในน้ำแหล่งน้ำ.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11(1), 39-53.

An, J. and W.W. Carmichael. 1994. **Use of colorimetric protein phosphatase inhibition assay and enzyme linked immunosorbent assay for the study of microcystins and nodularins.** Toxicon 32, 1495-1507.

Bishop, C.T., E.F.L.J. Anet and P.R. Gorhaam. 1959. **Isolation and identification of the past-death factor in Microcystis aeruginasa NRC-1.** Can.J.Biochem.Physiol, 37, 453-471.

Chorus I. and Batram J. 1999. **Toxic cyanobacteria in water; a guide to their public health consequences monitoring and management.** London and New York. E&FN Spon.

Codd, G.A. 1998. **Cyanobacteria blooms and toxins in flesh, brackish and marine waters.** In B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernandez, T. Wyatt (Eds.) Harmful algae, Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

Fujuki H., Sueoka E. and Sukanuma M. 1996. **Carcinogennesis of *Microcystis*. In Toxic Microcystis** Watanabe M. F, Harada K., Carmichael W.W. and Fujiki H. (eds), USA., CRC Press, Baca Raton, 203-232.

Magalhães, V.F., R.M., Soares and S.M.F.O. Azevedo. 2001. **Microcystin contamination in fish from the Jacarepagua Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk.** Toxicon 39, 1077–1085

Piumsombun, S. 2001. **Production accessibility and consumption patterns of aquaculture products in Thailand.** FAO Fisheries Circular No. 973.

Sijo, Y. 1975. **A method for determination of chlorophyll.** Jap. J. Limnol. 36(3), 103-109.

Sivonen, K. and G. Jones. 1999. **Cyanobacterial toxins.** In: Chorus I., Bartram J. (Eds.). Toxin Cyanobactarial in Water, London and New York, E&FN Spon, an Imprint of Routledge, pp. 41-91.

Wintermans, J.F.G.M. and A. de Mots. 1965. **Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phaeophytins in ethanol.** Biochem Biophys Acta, 109, 448-453.

Zilberg, B. 1966. **Gastroenteritis in Salisbury European children a five-year study.** Cent. Afr. J. Med., 12(9):164-168.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การฝึกอบรมวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2552 ณ ศูนย์ปรัชญาเศรษฐกิจชุมชน หมู่ที่ 13 อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

เวลา	เรื่อง	ผู้รับผิดชอบ/วิทยากร	หมายเหตุ
08.00 น. - 08.30 น.	ลงทะเบียน	สำนักงานประมง อ.แม่แตง/เจ้าหน้าที่ ม.แม่โจ้	
09.00 น. – 09.30 น	พิธีเปิดชี้แจงความเป็นมา/วัตถุประสงค์โครงการ	สำนักงานประมง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	ประธาน นายอำเภอแม่แตง
09.30 น. - 10.30 น.	การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย	รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย	บรรยายวีดีทัศน์

10.30 น. - 10.15 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	สำนักงานประมง อ.แม่แตง/คณะกรรมการศูนย์ปรัชญาฯ	
10.15 น. - 12.00 น.	การปนเปื้อนของสารพิษไมโครซิสติน	รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย	บรรยายวีดีทัศน์
12.00 น. - 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	สำนักงานประมง อ.แม่แตง/คณะกรรมการศูนย์ปรัชญาฯ	
13.00 น. – 14.15 น.	ข้อปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางประมงที่ดี	คุณรัตนา ใจเย็น ประมงอำเภอแม่แตง จ.เชียงใหม่	บรรยาย
14.15 น. - 14.30 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	สำนักงานประมง อ.แม่แตง/คณะกรรมการศูนย์ปรัชญาฯ	
14.30 น. - 15.30 น.	อาหาร/ยาและสารเคมีกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ระเบียบ/ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	คุณประยูร อาทิวิทยากรจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด จ.เชียงใหม่	บรรยายวีดีทัศน์
15.30 น. - 16.30 น.	แบบประเมิน สรุป/ซักถามปัญหา	ทีมวิทยากร	

แผนงานวิจัยกลุ่มที่ 3 : กลุ่มการวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำ โดยการปรับปรุงพันธุ์และเปลี่ยนเพศสัตว์น้ำเศรษฐกิจเพื่ออาหารปลอดภัย ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย ดังนี้

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 7 : การเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก

The Growth Performance and Genetics of Hybrid Catfish New Strain for Valued and Export Promotions

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน[1] และจอมสุดา ดวงวงษา[1]

Kriangsak Mengumphan[1] and Jomsuda Duangwongsa[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้สาหร่ายสไปรูลินาผสมอาหารเม็ด ต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ในพ่อแม่ปลา 3 ชนิด ได้แก่ ปลาบึกจากการเลี้ยงรุ่นที่ 1 อายุ 6 ปี โดยแบ่งการศึกษาเป็น หน่วยทดลองที่ 1 ไม่ผสมสาหร่าย หน่วยทดลองที่ 2 ผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% ส่วนปลาเผาะอายุ 2 ปี แบ่งการทดลองเป็น หน่วยการทดลองที่ 1 ไม่ผสมสาหร่าย หน่วยการทดลองที่ 2 ผสมสาหร่ายในอาหาร 3% หน่วยการทดลองที่ 3 ผสมสาหร่ายในอาหาร 6% ส่วนปลาสวายอายุ 2 ปี ใช้อาหารผสมสาหร่าย 3% การเจริญพันธุ์พบในหน่วยการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา พบการเจริญพันธุ์ในปลาทั้ง 3 ชนิด มากกว่าพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยไม่ผสมสาหร่ายและสามารถเพาะผสมเทียมได้ ผลของการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสูตรอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา สำหรับการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาดังกล่าว เพื่อการเพาะขยายพันธุ์ การปรับปรุงสายพันธุ์ปลา และการผลิตปลาลูกผสมตามความต้องการของตลาดต่อไป ส่วนการเลี้ยงลูกปลา 4 สายพันธุ์ในกระชัง (3 ซ้ำ) พบว่าสายพันธุ์ปลาลูกผสม (ปลาบึก-ปลาย

สวาย และ ปลาเผาะ-ปลาบึก) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว (11.4, 5.7 กรัม) อัตราการแลกเนื้อ (1.1, 2) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (0.5, 0.26 กรัม) และอัตราการรอด (100, 95.5%) ตามลำดับ ดีกว่าและแตกต่างทางสถิติ ($P< 0.05$) กับสายพันธุ์ ปลาบึก และ ปลาสวาย

ลักษณะและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ เอเอฟแอลพี (AFLP: Amplified Fragment Length Polymorphism) โดยการรวบรวมปลาจากบ่อเลี้ยง จำนวน 21 ตัว แยกเป็นปลาบึกจำนวน 3 ตัว ปลาสวาย จำนวน 4 ตัว ปลาเผาะจำนวน 2 ตัว และปลาลูกผสมระหว่าง ปลาบึก X ปลาบึก จำนวน 3 ตัว ปลาสวาย X ปลาสวายจำนวน 3 ตัว ปลาบึก X ปลาเผาะ จำนวน 3 ตัว และ ปลาบึก X ปลาสวาย จำนวน 3 ตัว จากการศึกษาด้วย AFLP จำนวน 12 คู่ไพร์เมอร์ พบแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดระหว่าง 100-1,100 คู่เบส จำนวน 25-53 แถบดีเอ็นเอต่อคู่ไพร์เมอร์ และมีจำนวนแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่าง 7-35 แถบดีเอ็นเอ ซึ่งคิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ polymorophism อยู่ระหว่าง 25-83 เปอร์เซ็นต์ และทำการหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม โดยสร้างแผนผังความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) ของปลาบึกและปลาสวาย จาก 134 markers มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเท่ากับ 41 เปอร์เซ็นต์ และสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ปลาบึก จำนวน 6 ตัว และ กลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วย ปลาสวาย จำนวน 4 ตัว สวาย X สวาย จำนวน 3ตัว และ ปลาบึก X สวายจำนวน 3ตัว ในขณะที่ปลาบึกและเผาะมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม 43 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงปลาเผาะ 1 ตัวที่แบ่งกลุ่มออกมาที่เหลือเป็นกลุ่มเดียวกันทั้งหมด จากผลการทดลองที่ได้พบว่า AFLP มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ศึกษาแยกลักษณะและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในด้านการปรับปรุงพันธุ์

สายพันธุ์ปลาบึก ปลาเผาะ ปลาสวาย และปลาลูกผสมมีศักยภาพสูงที่จะสามารถพัฒนาต่อให้เป็นปลาเศรษฐกิจตัวใหม่เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการส่งออกได้หากได้ทำการศึกษาและพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลูกปลา ระบบการเลี้ยงเชิงพาณิชย์จนถึงขนาดตลาด และการศึกษาลักษณะของสายพันธุ์ปลาทั้ง 4 ชนิด เช่น ลักษณะของเนื้อปลาและสีสัดส่วนของเนื้อกับซาก ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

The purpose of this study was to evaluate effects of *Spirulina sp*. supplementary pellet feed application reproduction and maturation performance in three different brood stock fish. The 6-years-old Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*) brood stocks were use in the first trial with 2 treatments. Treatment 1, catfish were fed formulation pellet only while Treatment 2 catfish were fed with 10 % fresh *Spirulina sp*. in pellet feed. The 2 years old of Pla Poa (*Pangasius bocourti*) were used in the second trial. These were divided into 3 treatments as 0 %, 3%, and 6 % of fresh *Spirulina sp*. in pellet feed formulation. The 2 years old Chao Phraya Catfish (*Pangasis hypothalamus*) were cultured in the third trial with 3 % fresh *Spirulina sp*. in pellet feed. The maturation and fertilization abilities of 3 species catfish brood stock fed with fresh *Spirulina sp*. were found more than brood stock fed without fresh *Spirulina sp*. The results of this study will be useful for catfish pellet formulation to enhance fish propagation of this species and hybrid for fish breeding program and commercial purpose. The nursing studies of 4 stains in cage were divided in to 4 treatments with 3 replicates. The results were found that a hybrid (*P. gigas* x *P. hypothalamus* and *P. gigas* x *P. bocourti*)) had gain in weight (11.4, 5.7 g) food conversion rate (1.1, 2) average dairy gain (0.5, 0.26 g) and survival rate (100, 95.5%) better than *P. gigas* and *P. hypothalamus* with significance different ($P< 0.05$).

The characteristics and genetic relationships of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*)**,** Chao Phraya Catfish (*P. hypothalamus*), Pla Poa (*P. bocourti*) and crossbred fish were identified by Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). Twenty-one fish were collected including 3 Mekong Giant Catfish, 4 Chao Phraya Catfish, 2 Pla Poa, and 3 Mekong Giant Catfish X Mekong Giant Catfish, 3 Chao Phraya Catfish X Chao Phraya Catfish, 3 Mekong Giant Catfish X Pla Poa and Mekong Giant Catfish X Chao Phraya Catfish. Twelve AFLPs showed DNA bands with size 100 - 1,100 base pairs. It

was found 25 – 53 DNA bands per primer, 7 – 35 bands showed the differentiation fragments and the percent of polymorphism was 25.00-83.33%. The phylogenic dendrogram created by 134 markers showed genetic distance between Mekong Giant Catfish and Chao Phraya Catfish was 41 %. The first group was composed of 6 Mekong Giant Catfish and the second group was composed of all Chao Phraya Catfish. Moreover, the genetic distance between Mekong Giant Catfish X Chao Phraya Catfish and Mekong Giant Catfish X Pla Poa was 43%. There was only one of Pla Poa separated from this group. This study illustrates AFLP was appropriate for genetic relationship identification of catfish and this information will be used for genetic improvement.

The Mekong Giant Catfish (MGC), Chao Phraya Catfish (CPC), Pla Poa and its hybrid stains have a height potential performance for economic aquaculture industries and export. However, future study should focus on improving in fingerling production, production system, meat qualities and marketable acceptation of these stains.

บทนำ

ปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดหนึ่ง ไม่มีเกล็ด อาศัยอยู่ในแม่น้ำโขงแถบประเทศลาว ปลาบึกวัยอ่อนมีฟันและกินเนื้อเป็นอาหาร แต่เมื่อโตขึ้นฟันก็จะหายไป และเปลี่ยนพฤติกรรมการกินจากกินเนื้อมาเป็นกินพืช ปลาบึกเป็นปลาที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ปลาบึกเป็นปลาที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและเนื้อมีรสชาติดี แต่การเพาะเลี้ยงปลาบึกให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจ จำเป็นต้องสร้างสายพันธุ์จากการเลี้ยงที่มีลักษณะที่ดี เป็นที่ต้องการของตลาดและมีปริมาณเพียงพอ การที่จะทำให้ปลาที่เลี้ยงโตเร็ว ลดต้นทุน และระยะเวลา ไม่มีโรค และสามารถที่จะพัฒนาเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้ จากการที่คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ได้ทำการศึกษาวิจัยด้านองค์ความรู้ต่างๆ ดังกล่าว เกี่ยวกับปลาบึก จึงทำให้การเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก จากบ่อดินประสบความสำเร็จในการเพาะผสมเทียมพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก F1 และ F2 ที่มีอายุน้อยที่สุดได้เป็นรายแรกของโลก (Mengumphan K and Saengkrachang J, 2008) ได้ลูกปลาบึกจำนวนมากพอกับ

การเลี้ยงและบริโภค ประกอบกับคุณค่าทางโภชนาการที่ดีและความอร่อยของปลาบึก จึงสามารถที่จะพัฒนารูปแบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกในเชิงพาณิชย์ เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกร ผู้เลี้ยงปลาบึก และผู้บริโภคในอนาคตอันใกล้ได้สำเร็จ และจะส่งผลดีต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและประเทศไทยมากขึ้น และการส่งออกปลาบึกจากการเลี้ยงก็จะทำให้รายได้และเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น รวมถึงสุขภาพที่สมบูรณ์แข็งแรงรูปร่างดีสมสัดส่วนและมีความสูงที่มาตรฐานของผู้บริโภคที่ได้รับคุณค่าอาหารจากเนื้อปลาบึก เนื้อปลาบึกมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยประกอบไปด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และกรดไขมันหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ กรดไขมันชนิด omega-3 เช่น docosahexaenoic (DHA) และ omega-6 (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2551) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของสมอง เนื่องจากประเทศอื่นยังไม่สามารถทำการเพาะเลี้ยงปลาบึกได้ แต่ประเทศไทยมีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงปลาบึกให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการสร้างสายพันธุ์จากการเลี้ยงที่มีลักษณะที่ดี เป็นที่ต้องการของตลาดและมีปริมาณเพียงพอ

ปลาเผาะ (*Pangasius bocourti* Sauvage) เป็นปลาตระกูลเดียวกับปลาสวาย พบกระจายพันธุ์ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นจำนวนมาก ในประเทศไทยพบมากในแม่น้ำโขงและแม่น้ำเจ้าพระยา เนื้อปลามีสีขาวและรสชาติดีเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศเช่น กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และในอนาคตอาจมีตลาดใหม่ในประเทศรัสเซียและตลาดเอเชีย ปัจจุบันประเทศที่ส่งออกปลาเผาะในรูป Fillet อยู่ประเทศเดียวคือประเทศเวียดนาม มีปริมาณการส่งออกในปี 2542 จำนวน 20,000 ตัน และปี 2547 มีประมาณการส่งออก 120,000 ตัน มูลค่าการตลาด 20,000 ล้านบาท ในปัจจุบันประเทศเวียดนามประสบปัญหาคุณภาพผลผลิตเช่น ระบบการผลิตลูกปลาที่ไม่มีคุณภาพเพียงพอเนื่องจากขาดพ่อแม่พันธุ์ที่มีคุณภาพดี และผลจากการเกิดเลือดชิด การเจริญเติบโตลดลง ส่งผลให้เนื้อปลา Fillet มีน้ำหนักลดลง ส่วนปลาสวาย (*Pangasius hypothamus* Fewler) เป็นปลาที่เลี้ยงง่ายแต่มียังมีปัญหาเรื่องคุณภาพของเนื้อปลา การเจริญเติบโตที่ช้าและตลาดไม่นิยมทำให้ราคาค่อนข้างถูก

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการเลี้ยงพ่อแม่พันธ์เพื่อการเพาะพันธุ์ของปลาหนังลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลาหนัง 3

ชนิดด้วยกัน คือ ปลาเผาะ ปลาสวาย และปลาบึก เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ปลาลูกผสมที่เจริญเติบโตดี ได้ผลผลิตเนื้อที่มีคุณภาพ และมีลักษณะเนื้อที่ขาวเป็นที่นิยมของตลาด ทั้งในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรม และผลิตได้ปริมาณมากขึ้น จากนั้นคณะผู้วิจัยจะทำการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนทุกระดับในรูปฐานเรียนรู้ ทั้งบริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ ผู้ประกอบการฟาร์มปลาบึก และเกษตรกร เพื่อช่วยยกระดับฐานะ และความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อการเพาะขยายพันธุ์ปลาลูกผสมที่เพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์และการส่งออก
2. เพื่อผลิตปลาลูกผสมสายพันธุ์ที่เป็นที่ต้องการของในประเทศและต่างประเทศ
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของปลาลูกผสม
4. เพื่อการเผยแพร่อันจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจำนวนปลาลูกผสมสายพันธุ์ใหม่
2. ได้ปลาลูกผสมสายพันธุ์ที่ดีเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและต่างประเทศ
3. ได้องค์ความรู้ เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา
4. สามารถตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับ ชาติและนานาชาติได้

การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงปลาสิ่งที่สำคัญคืออาหาร วัตถุดิบที่นิยมนำมาผสมอาหารจะประกอบไปด้วย ปลาป่น รำ ปลายข้าว กากถั่วเหลืองและน้ำมันพืช จากการที่ปลาบึกเป็นปลาที่มีการเจริญพันธุ์และเติบโตช้า จึงมีการนำสาหร่ายสไปรูลินามาเป็นส่วนผสมในอาหาร เพราะสาหร่ายสไปรูลินามีสารอาหารที่เพิ่มภูมิต้านทานโรคให้กับสัตว์น้ำ (ปิยาลัย และวิษณุพร 2547) จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณของธาตุอาหารของสาหร่ายสไปรูลินาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของสัตว์น้ำสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย (ยุวดี 2546, อาภารัตน์ 2547, มารศรี 2549)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบธาตุอาหารของสาหร่ายสไปรูลินา

องค์ประกอบ	**ปริมาณ**
โปรตีน	55-70 %
คาร์โบไฮเดรท	15-25 %
ไขมัน	06-08%
แร่ธาตุ	07-13%
ความชื่น	03-07%
เถ้า	08-10%

เกรียงศักดิ์และจารุวัลย์ (2550) ทำการศึกษาการเจริญเติบโต ฮอร์โมนเพศ ปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวของปลาบึกอายุ 4 ปี รุ่นที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดผสมสาหร่าย สไปรูลินา ระยะเวลาของการทดลองคือ 4 เดือน พบว่าในหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูลินา 9 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มในการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และปริมาณเม็ดเลือดดีกว่าหน่วยการทดลองที่ไม่เสริมสาหร่ายสไปรูลินา ส่วนในด้านการเจริญพันธุ์พบปริมาณฮอร์โมนเพศ estradiol (E_2) มีค่าน้อยกว่า 5 pg/ml

Meng-umphan et.al, (2008) ใช้อาหารเม็ดโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ผสมสาหร่ายสไปรูลินา 0, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปลาเผาะสายพันธุ์ภาคเหนือและภาคอีสานในการทดลองจากผลการทดลองพบว่าปลาเผาะที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินามีแนวโน้มในการเจริญเติบโตดีกว่าหน่วยการทดลองที่ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา การเจริญพันธุ์พบว่าในเดือน กรกฎาคม ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 3 เปอร์เซ็นต์ พบเพศผู้มีน้ำเชื้อ 3 ตัว และพบเพศเมียมีไข่จำนวน 1 ตัว พบอัตราการผสม 26 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบในปลาที่ไม่ผสมสาหร่าย

สายพันธุ์ปลาที่ดีและเหมาะสมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในสถานการณ์ปัจจุบันเกษตรกรหันมาสนใจการเพาะเลี้ยงปลาบึกและลูกผสม กันมากขึ้น กอร์ปกับมีงานวิจัยจำนวนมากที่มุ่งศึกษาพัฒนาการเพาะพันธุ์ของปลาในวงศ์เดียวกันให้เป็นที่ยอม รับของตลาดโลก รวมทั้งการศึกษาเพื่อพัฒนาให้มีความหลากหลายในด้านสายพันธุ์มากขึ้นเป็นการป้องกันการผสมเลือดชิด (inbreeding) การศึกษาด้านพันธุกรรมของปลาในวงศ์

Pangasidae (Family Pangasidae) ในประเทศไทย ในอดีตมีน้อยมาก โดยเฉพาะการศึกษาด้านพันธุกรรมที่เพาะเลี้ยงอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดมาก่อนทำให้ไม่มีข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่จะใช้อ้างอิงเพื่อทราบจำนวน และลักษณะพันธุ์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิจัยในเรื่องนี้ เพื่อที่จะนำผลการศึกษาเป็นข้อมูลในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพทั้งในแง่สัณฐานวิทยา และทางด้านพันธุกรรมซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์สายพันธุ์ดั้งเดิมของปลาในวงศ์นี้ที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติ และสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ของปลาวงศ์ *Pangasidae* ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงให้ได้สายพันธุ์ที่เหมาะสมเพื่อการค้า เช่น ตัวใหญ่ เลี้ยงง่ายและโตเร็ว เป็นการแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรและเพิ่มรายได้ให้กับประเทศต่อไป ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม มีทั้งการศึกษาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา วงจรชีวิตและพฤติกรรมการดำรงชีวิตของปลากลุ่มดังกล่าว วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดตรงที่ ไม่สามารถตรวจสอบสายพันธุ์ปลากลุ่มนี้ที่มีความใกล้ชิดกันทางด้านพันธุกรรม รวมทั้งไม่สามารถตรวจสอบสายวิวัฒนาการปลาวงศ์ *Pangasidae*นี้ได้ จึงได้มีการนำเทคนิคระดับโมเลกุลเข้ามาใช้ในการศึกษา เช่น การศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยเปรียบเทียบแบบแผนของโปรตีน (protein polymorphism) แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถตรวจสอบการกลายพันธุ์แบบ synonymous mutation ได้ ปัจจุบันเทคนิคทางด้านดีเอ็นเอ คือ Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สร้าง genomic DNA fingerprints ด้วย arbitrary DNA primer สามารถนำมาใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตหลายๆ ชนิดได้ อีกทั้งยังเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอใช้ในการตรวจสอบชิ้นดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (Restriction Enzyme Fragment Length Polymorphism; RFLP)โดยการเพิ่มปริมาณด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase chain reaction ; PCR) เทคนิค AFLP เป็นเทคนิคผสมระหว่างวิธี RFLP และเทคนิค PCR เข้าด้วยกัน มีรายงานการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ AFLP ในการศึกษาจีโนมิก ดีเอ็นเอ (Vos et al., 1995) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด (Kocher et al. 1998; Liu et al. 1998; Seki et al. 1999; Agresti et al. 2000 และ Waldbieser et al. 2001) ดังนั้นเทคนิค AFLP จึงมีศักยภาพและเหมาะสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ใน

การตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม ได้ เนื่องจากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม บ่อเลี้ยงของฟาร์มเกษตรกรในประเทศไทยในปัจจุบันยังมีข้อมูลไม่มาก ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มขึ้นจึงได้มีการศึกษาครั้งนี้โดยตรวจหาความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม ได้พ่อแม่และรุ่นลูกในบ่อเลี้ยงของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในอดีตการกระจายตัวและปริมาณของปลาบึกและ สวาย ในประเทศไทยค่อนข้างจะมาก แต่ปัจจุบันปริมาณของของปลาบึกและ สวาย ในแหล่งน้ำธรรมชาติลดปริมาณอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีการวิจัยครั้งนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุกรรม และการบริหารทรัพยากรปลาในวงศ์ *Pangasidae* ในประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก ปลาเผาะ และปลาสวาย

โดยปลาแต่ละชนิดทำการฉีดสี Alchian bule บริเวนครีบเพื่อทำเครื่องหมาย และเลี้ยงด้วยสูตรอาหารเม็ดผสมสาหร่ายสไปรูลินาระดับต่างกันกันระยะเวลานาน 10 เดือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งการทดลองดังนี้

1. 1 ปลาบึก อายุ 6 ปี แบ่งการทดลองออกเป็น 2 หน่วยทดลอง

หน่วยทดลองที่ 1 อาหารผสมโปรตีน 30% ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา

หน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมโปรตีน 30% ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 10%

แต่ละหน่วยการทดลอง มี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีปลาจำนวน 6 ตัว อายุ 6 ปี น้ำหนัก 6-8 กิโลกรัม โดยเลี้ยงในบ่อเดียวกันที่กันคอกขนาด 55 ตารางเมตร จำนวน 6 บ่อ ให้อาหารในอัตรา 3% ของน้ำหนักตัวที่ โดยสูตรอาหาร สัดส่วนของโปรตีน และพลังงานแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณวัตถุดิบอาหารและโปรตีนของอาหารเม็ดในปริมาณ 100

กิโลกรัม

ส่วนผสมวัตถุดิบอาหาร	สาหร่าย 0%	โปรตีน (%)	พลังงาน (KJ / g)	สาหร่าย 10 %	โปรตีน (%)	พลังงาน (KJ / g)
ปลาป่น	17	10.37	242.66	7	4.27	110.92
สาหร่ายสไปรูลิน	0	0	0	10	5.8	135.72
กากถั่วเหลือง	39	17.16	601.55	39	17.16	601.54
รำละเอียด	22	1.76	322.18	22	1.76	322.18
ปลายข้าวต้ม	20	1.2	280.08	20	1.2	280.08
น้ำมันพืช	2	0	0	2	0	0
รวม	**100**	**30.49**	**1,446.47**	**100**	**30.19**	**1,450.44**

หมายเหตุ: วิเคราะห์โดยวิธี AOAC, 1990

1.2 ปลาเผาะ อายุ 2 ปี ขนาด 1-2 กก. โดยเลี้ยงในบ่อขนาด 22 ตารางเมตร จำนวน 9 บ่อ ให้อาหารในอัตรา 3% แบ่งการทดลองออกเป็น 3 หน่วยทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำแต่ละซ้ำ ใช้ปลา 6 ตัว

หน่วยทดลองที่ 1 อาหารผสมโปรตีน 30% ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา

หน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมโปรตีน 30% ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 3%

หน่วยทดลองที่ 3 อาหารผสมโปรตีน 30% ผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 6%

โดยสูตรอาหาร สัดส่วนของโปรตีน และพลังงานแสดงในตารางที่ 3

1.3 ปลาสวาย อายุ 2 ปี ขนาด 1-2.5 กก. เพศผู้และเพศเมียอย่างละ 8 ตัวโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 หน่วยการทดลองได้แก่

หน่วยการทดลองที่ 1 เพศผู้ให้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 3 %

หน่วยการทดลองที่ 1 เพศเมียให้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสด 3 %

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณวัตถุดิบอาหาร,โปรตีน และพลังงานของแต่ละสูตรอาหารปลาเผาะ

วัตถุดิบอาหาร	สาหร่าย 0 %			ผสมสาหร่าย 3%			ผสมสาหร่าย 6%		
	วัตถุดิบ (Kg)	โปรตีน %	พลังงาน (KJ/g)	วัตถุดิบ (g)	โปรตีน %	พลังงาน (KJ/g)	วัตถุดิบ (Kg)	โปรตีน %	พลังงาน (KJ/g)
ปลาป่น (61%)	16	9.7	274.42	13	7.93	222.97	10	6.1	171.51
สไปรูลินา (58%)	0	0	0	3	1.74	56.54	6	3.48	113.08
กากถั่วเหลือง (44%)	40	17.6	604.54	40	17.6	604.54	40	17.6	604.54
รำระเอียด (8%)	21	1.68	322.25	21	1.68	322.25	21	1.68	322.25
ปลายข้าว (6%)	21	1.26	271.53	21	1.26	271.53	21	1.26	271.53
น้ำมัน (0%)	2	0	16.94	2	0	16.94	2	0	16.94
รวม	**100**	**30.3**	**1489.68**	**100**	**30.21**	**1494.77**	**100**	**30.12**	**1499.85**

หมายเหตุ: วิเคราะห์โดยวิธี AOAC, 1990

2. ศึกษาอัตราการผสม อัตราการฟัก อัตราการรอด และการอนุบาลปลาลูกผสม

ตรวจการพัฒนาของไข่และน้ำเชื้อ ในเดือน เมษายน กรกฎาคม และสิงหาคม โดยการใช้สายยางขนาดเล็กดูดหรือโดยการรีด หากมีการพัฒนาของไข่ๆที่พร้อมผสมเทียมปลาบึกจะมีขนาดประมาณ 1.5 มม. มีสีเหลืองอ่อนใส ส่วนไข่

ปลาเผาะจะมีขนาดประมาณ 2 มม. มีสีเหลืองขาวใส ส่วนน้ำเชื้อพร้อมที่จะผสมเทียมจะมีสีขาวขุ่น ในเดือน กรกฎาคม และสิงหาคม ช่วงฤดูกาลวางไข่โดยสังเกตจากการขยายตัวของท้องตัวเมียที่กว้างและนิ่ม ก่อนทำการฉีดฮอร์โมนเพื่อผสมเทียม ส่วนตัวผู้โดยการรีดท้องเบา ๆ จะมีน้ำเชื้อไหลมีลักษณะสีขาวขุ่น เมื่อพ่อแม่ปลาพร้อมทำการผสมเทียมโดยฉีดฮอร์โมน Latinizing and Releasing hormone (LHRL) ฉีด 2 เข็ม ระยะเวลาการฉีดห่างกัน ประมาณ 8-10 ชั่วโมง โดยใช้ความเข้มข้น 15 ไมโครกรัม ผสมโมทิเลี่ยม 5 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ทิ้งไว้ประมาณ 8-10 ชั่วโมง จากนั้นฉีดเข็มที่ 20 ไมโครกรัม ผสมโมทิเลี่ยม 5 มิลลิกรัม / กิโลกรัม แล้วตรวจสอบเพื่อการรีดไข่และน้ำเชื้อ วัดปริมาณ และนับจำนวนพ่อแม่ปลาที่ทำการผสมเทียม อัตราการผสม อัตราการฟักเป็นตัว จากแต่ละหน่วยทดลอง

1.การอนุบาลในตู้กระจก

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งหน่วยการทดลองออกเป็น 4 หน่วยการทดลองๆ คือ 1) พ่อปลาสวาย-แม่ปลาสวาย 2) พ่อปลาบึก-แม่ปลาบึก 3) พ่อปลาบึก-แม่ปลายสวาย และ 4) พ่อปลาเผาะ-แม่ปลาบึก หน่วยละ 3 ซ้ำ ใช้ลูกปลาอายุ 2 สัปดาห์โดยน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากัน 7 กรัม/ซ้ำ เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 14 x 20 นิ้วโดยมีลูกปลาสวาย (พ่อปลาสวาย-แม่ปลาสวาย) มีจำนวน 43, 49 และ 50 ตัว ลูกปลาบึก (พ่อปลาบึก-แม่ปลาบึก) มีจำนวน 22, 22 และ 23 ตัว ปลาลูกผสม (พ่อปลาบึก-แม่ปลายสวาย) มีจำนวน 7, 8 และ 8 ตัว และปลาลูกผสม (พ่อปลาเผาะ-แม่ปลาบึก) จำนวน 30, 30 และ 30 ตัว ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ใช้อาหารลูกปลาดุก มีโปรตีน 30 % เท่ากันทุกหน่วยการ ระยะเวลาทดลอง 6 สัปดาห์ (9 กันยายนถึง 21 ตุลาคม 2552) เก็บตัวอย่างปลาโดยการชั่งน้ำหนักทุก 2 สัปดาห์ สุ่มตรวจคุณภาพน้ำ และตรวจสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต นำข้อมูลที่ได้ไปปรับการให้อาหาร

2.การเลี้ยงในกระชัง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 หน่วยทดลองๆละ 3 ซ้ำ รวมจำนวน 12 กระชัง ขนาด 2 x1.5x 1 เมตร แผนการทดลองนี้จะทำการทดลองต่อจากตู้กระจก โดยลูกปลาสวายมีจำนวน 33, 45 และ 44 ตัว ลูกปลาบึก 22, 22 และ 23 ตัว ลูกปลาลูกผสม (พ่อปลาบึก-แม่ปลาสวาย) มีจำนวน 7, 6 และ 7 ตัว และปลาลูกผสม (พ่อปลาเผาะ-แม่ปลาบึก) จำนวน 15, 14 และ 15 ตัว

และ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 194 กรัมในแต่ละซ้ำของการทดลอง ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ในแต่ละซ้ำของการทดลองให้อาหารลูกปลาดุก มีโปรตีน 30 % ให้ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ระยะเวลาทดลอง 9 สัปดาห์ (14 พฤศจิกายน 2552 ถึง 16 มกราคม 2553) แบ่งการทดลองดังนี้

3. การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ น้ำหนักที่เพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก 30 วัน เพื่อคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight) = $\frac{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมด}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมด}}$

ข. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)=$\frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$

ค. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/ตัว (กรัม) = $\frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุด - น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมด}}$

ง. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

4. การเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรม ระหว่างปลาลูกผสม ปลาสวาย ปลาบึก และปลาเผาะ

4.1. การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างครีบปลา

นำครีบปลามาตัดให้มีขนาด 0.5 x 0.5 มม. เติมสารละลาย Digestion-buffer 800 µl เติมสารละลาย 10 % SDS จำนวน 50 µl และเติมสารละลาย Proteinase K (20 mg/ml) จำนวน 10 µl ลงในหลอดเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติม NaCl ความเข้มข้น 6 M จำนวน 500 µl แล้วนำไปปั่นที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 10 นาที ดูดเอาส่วนใส (supernatant of DNA) เติม Sodium acetate (3M) pH 5.2 ในอัตราส่วน 1 : 10 ของ supernatant of DNA และเติม Isopropanal : supernatant of DNA ในอัตราส่วน 1 : 1 เขย่าให้เข้ากัน จนเห็นตะกอนของดีเอ็นเอ ดูดส่วนใสทิ้ง

ล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วยเอธานอล (80 %) จำนวน 500 µl จำนวน 2 ครั้ง และตากตะกอนดีเอ็นเอให้แห้ง ก่อนเติม สารละลายบัฟเฟอร์ Tris-EDTA (TE) buffer จำนวน 50-100 µl ปริมาณดีเอ็นเอที่ได้ เขย่าให้ดีเอ็นเอละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

4.2. การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค AFLP

นำตัวอย่างสารละลายดีเอ็นเอของปลา จำนวน 500 นาโนกรัม (100 ng/µl) เติมน้ำกลั่น จำนวน 15 µl ก่อนนำมาตัดด้วยเอนไซม์ *Taq*I ที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สารละลายดีเอ็นเอที่ได้ มาตัดด้วย restriction enzyme *Eco*RI ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สารละลายดีเอ็นเอที่ผ่านการตัดด้วย restriction enzmyes *Taq*I และ *Eco*RI ถูกนำมาเชื่อมต่อด้วย *Taq*I adaptor และ *Eco*RI adaptor โดยใช้ enzyme ligase และบ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 4 °C ข้ามคืน สารละลายดีเอ็นเอหลังผ่านการเชื่อมกับ adaptor นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5 (ligation solution จำนวน 10 µl + น้ำกลั่น จำนวน 40 µl เพื่อใช้เป็นดีเอ็นเอแม่แบบ สำหรับเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลอง สารละลายดีเอ็นเอถูกนำมาคัดเลือกในขั้นตอน preselective amplification (PCR I) โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีการเติมเบสจำนวน 1 นิวคลีโอไทด์ (primer E-N / primer T-N) ซึ่งมีปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

สารละลายดีเอ็นเอนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:20 (PCR I จำนวน 5 µl + น้ำกลั่น จำนวน 95 µl) และเพื่อใช้เป็นดีเอ็นเอแม่แบบ สำหรับการคัดเลือกด้วย selective amplification (PCR II) สารละลายดีเอ็นเอนำมาคัดเลือกในขั้นตอน selective amplification (PCR II) โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีการเติมเบสจำนวน 2-3 นิวคลีโอไทด์ (primer E-NNN / primer T-NNN รายละเอียดดังตาราง 4)

สารละลายผลิตภัณฑ์ของ PCR ที่ได้ ถูกนำมาเติม loading dye จำนวน 6 µl และนำไป denature ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปแช่ในน้ำแข็ง แล้วนำ denaturing PCR products ที่ได้ไปแยกขนาด DNA fragments ด้วย denaturing polyacrylamide gel electrophoresis (6%) โดยใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ 55 วัตต์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แผ่นเจลถูกนำไปย้อมสีด้วยวิธี silver staining แช่แผ่นเจลในสารละลายกรดอะซิตริกที่ความเข้มข้น 10 % จำนวน 300 ml นาน 20 นาที และตามด้วยกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 % จำนวน 300 ml นาน 20 นาที แล้วล้างด้วย deionized

water จำนวน 3 ครั้ง ก่อนแช่ด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท เข้มข้น 0.1 % จำนวน 300 ml ซึ่งถูกผสมด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ (37%) จำนวน 450 µl นานเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ด้วย deionized water จำนวน 2 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (3 % ที่มีสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 260 µl) ที่เจือจางด้วย deionized water ในอัตราส่วน 1:2 จำนวน 2 ครั้ง หลังจากนั้นแช่แผ่นเจลในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตจนกระทั่งแถบดีเอ็นเอปรากฏ หยุดปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดอะซิตริก (10%) และล้างแผ่นเจลด้วย deionized water จำนวน 3 ครั้ง ก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง gel dryer

ตารางที่ 4 ไพรเมอร์สำหรับวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายโมเลกุล AFLP

Combination	Primer-E	Sequence Primer-E	Primer-T	Sequence Primer-T
1	E-AGC	5'-GACTGCGTACCAATTCAGC-3'	T-CCA	5'-GATGAGTCCTGACCGACCA-3'
2	E-ATC	5'-GACTGCGTACCAATTCATC-3'	T-CTG	5'-GATGAGTCCTGACCGACTG-3'
3	E-ACC	5'-GACTGCGTACCAATTCACC-3'	T-CCA	5'-GATGAGTCCTGACCGACCA-3'
4	E-ACC	5'-GACTGCGTACCAATTCACC-3'	T-CGA	5'-GATGAGTCCTGACCGACGA-3'
5	E-ACG	5'-GACTGCGTACCAATTCACG-3'	T-CAC	5'-GATGAGTCCTGACCGACAC-3'
6	E-ACG	5'-GACTGCGTACCAATTCACG-3'	T-CGA	5'-GATGAGTCCTGACCGACGA-3'
7	E-AGC	5'-GACTGCGTACCAATTCAGC-3'	T-CTG	5'-GATGAGTCCTGACCGACTG-3'
8	E-AGG	5'-GACTGCGTACCAATTCAGG-3'	T-CAG	5'-GATGAGTCCTGACCGACAG-3'
9	E-ATC	5'-GACTGCGTACCAATTCATC-3'	T-CCA	5'-GATGAGTCCTGACCGACCA-3'
10	E-ATG	5'-GACTGCGTACCAATTCATG-3'	T-CTG	5'-GATGAGTCCTGACCGACTG-3'
11	E-AAG	5'-GACTGCGTACCAATTCAAG-3'	T-CGA	5'-GATGAGTCCTGACCGACGA-3'
12	E-AAC	5'-GACTGCGTACCAATTCAAC-3'	T-CGT	5'-GATGAGTCCTGACCGACGT-3'

4.3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แถบเครื่องหมายโมเลกุล AFLP จากแผ่นเจลถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลตัวเลข โดยแถบ ดีเอ็นเอที่ปรากฏ แทนด้วย "1" และแถบดีเอ็นเอที่ไม่ปรากฏในแถวเดียวกัน แทนด้วย "0" เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรม

การวิเคราะห์หาความหลากหลายทางพันธุกรรม หรือความแตกต่างทางพันธุกรรม สามารถถูกวัดในรูปค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายกัน (similarity coefficients) ดังสูตร

$$S_{ij} = \frac{a}{a + b + c}$$

โดยที่ S_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมระหว่างปลา i และ j

a = จำนวนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในทั้งสองตัวอย่าง

b = จำนวนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในปลา i แต่ไม่ปรากฏในปลา j

c = จำนวนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในปลา j แต่ไม่ปรากฏในปลา i

ระยะห่างระหว่างพันธุกรรม (genetic distances) ด้วยวิธีของ Jaccard coefficient ซึ่งใช้การประเมินค่าความคล้ายกันทางพันธุกรรม (genetic similarity estimates ; S_{ij}) โดยนำค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกัน (similarity coefficients) เปลี่ยนรูปเป็น ระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distances) ดังสูตร

$$\text{Genetic distance } (D_{ij}) = 1 - S_{ij}$$

โดยที่ D_{ij} = ระยะห่างทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ i และ j

S_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ i และ j

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม โดยนำค่า genetic distance matrix ไปสร้างแผนผังความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) ตามวิธี Unweighted Pair-Group mean arithmetic Method Analysis (UPGMA) ใช้โปรแกรม NTSYS 2.01d (Rohlf, 1995) โดยใช้สูตรของ Nei and Li (1997)

สถิติที่ใช้ในการทดลอง

โดยนำค่าข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละ Treatment สรุปในรูปกราฟตาราง และค่าเฉลี่ย ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$ และเปรียบเทียบความแตกต่าง

ของค่าเฉลี่ยแต่ละหน่วยทดลองโดย Least Significant Different (LSD) แต่ละ Treatment โดยโปรแกรม Statistic Package Social Science (SPSS) version 15

ผลการวิจัย

การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก ปลาเผาะ และปลาสวาย

1. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกอายุ 6 ปี

1. 1 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่อหน่วยทดลอง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน/หน่วยทดลอง (กรัม) ในหน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 4.78±1.29 กรัม และหน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71±0.48 กรัม เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่5)

1.2. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยการทดลอง จากตารางที่ 5 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยทดลอง พบว่า หน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่าย สไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.72 กิโลกรัม หน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.70 กิโลกรัม เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

1.3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จากตารางที่ 5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของหน่วยการทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05±0.02 และหน่วยการทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่าย สไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04±0.00 เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก.) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

หน่วยการทดลอง	เจริญเติบโตต่อวัน (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก.)	การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
(T1) สาหร่าย 0%	4.78±1.29[a]	1.72±0.47[a]	0.05±0.02[a]
(T2) สาหร่าย 10%	4.71±0.48[a]	1.70±0.17[a]	0.04±0.00[a]

a, b, c = เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับ P<0.05 อักษรเหมือนกันในคอลัมน์ แสดงว่าไม่แตกต่างกัน

1.4 ปริมาณพ่อแม่พันธุ์ที่มีไข่และน้ำเชื้อและการผสมเทียม จากตารางที่ 6 ในเดือน กรกฎาคม 2551 สามารถรีดน้ำเชื้อได้จากพ่อพันธุ์ปลาบึก 1 ตัวจากหน่วยทดลองที่ไม่ผสมสาหร่ายในขณะที่หน่วยทดลองผสมสาหร่ายสามารถรีดไข่ได้ 2 ตัวและน้ำเชื้อ 1 ตัว แต่ยังไม่สามารถเพาะผสมเทียมได้เนื่องจากไข่ยังไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 6 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกที่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้ในเดือนกรกฎาคม 2551

หน่วยทดลอง	จำนวนตัว	น้ำหนัก (กก.)	ไข่/กก. (กรัม)	ไข่/กรัม (ฟอง)	น้ำเชื้อ/กก. (ซีซี.)
สาหร่าย 0%	1	8	-	-	2.87
สาหร่าย 10%	1	8	21.25	728	-
	1	7.6	-	-	1.84
	1	6	56.67	728	-

จากตารางที่ 7 ในเดือนสิงหาคมหน่วยทดลองผสมสาหร่ายสามารถรีดไข่ได้เพิ่มอีก 2 ตัวและน้ำเชื้อ 1 ตัว และสามารถเพาะผสมเทียมได้มีอัตราผสมเฉลี่ย 54 % และได้ลูกปลาบึกขนาดขนาดยาว 1-2 เซนติเมตร 1,314 ตัว ในขณะที่ปลาบึกที่เลี้ยงโดยไม่ผสมสาหร่ายไม่สามารถเพาะผสมเทียมได้

ตารางที่ 7 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกที่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้ในเดือสิงหาคม 2551

หน่วยทดลอง	จำนวนตัว	น้ำหนัก (กก.)	ไข่/กก. (กรัม)	ไข่/กรัม (ฟอง)	น้ำเชื้อ/กก. (ซีซี)
สาหร่าย 10%	1	6	26.67	826	-
	1	6	33.33	826	-
	1	6	-	-	0.03

2. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาเผาะอายุ 2 ปี

2.1 การเจริญเติบโตของปลาเผาะ จากตาราง ที่ 8 อัตราการเจริญเติบโตของปลาเผาะเพศผู้ในการเลี้ยงด้วยการผสมสาหร่าย 3 % สามารถให้อัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 673.40 กรัม ในเพศเมียการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 3% มีแนวโน้มเติบโตเจริญเติบโตดีที่สุดโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 993.33 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างหน่วยการทดลองและพบว่าตัวเมียมีการเจริญเติบโตดีกว่าตัวผู้

ตารางที่ 8 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว (กรัม) ของปลาเผาะ

ปัจจัยการศึกษา	หน่วยทดลอง (เพศผู้)			หน่วยทดลอง (เพศเมีย)		
	สาหร่าย 0%	สาหร่าย 3%	สาหร่าย 6%	สาหร่าย 0%	สาหร่าย 3%	สาหร่าย 6%
อัตราการเจริญเติบโต/วัน (กรัม)	3.57±0.18^{ab}	4.48±0.27^{a}	2.88±0.36^{b}	4.91±0.19^{a}	6.22±1.44^{a}	3.11±0.23^{a}
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/ตัว (กรัม)	536.66±27.28^{ab}	673.33±40.96^{a}	433.33±54.87^{b}	736.66±29.62^{a}	933.33±216.12^{a}	466.66±35.27^{a}

2.2 ปริมาณพ่อแม่พันธุ์ที่มีไข่และน้ำเชื้อและการผสมเทียม จากตารางที่ 9 ใน เดือนเมษายน 2552 สามารถเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาเผาะที่มีไข่ได้จำนวน 2 ตัว จากหน่วยทดลองที่เลี้ยงสาหร่าย 3% และมีน้ำเชื้อได้ 3 ตัวจากหน่วยทดลองที่เลี้ยง

ด้วยสาหร่ายผสม 6 % ได้อัตราการผสมเฉลี่ย 25 % และได้ลูกปลาเผาะขนาดยาว 1-2 เซนติเมตร 250 ตัว ในขณะที่การเลี้ยงปลาเผาะด้วยอาหารเม็ดไม่ผสมสาหร่าย ไม่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้เลย

ตารางที่ 9 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลาเผาะที่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้ในเดือน เมษายน 52

หน่วยทดลอง (% สาหร่าย)	ไข่ (กรัม)	ไข่ (กรัม)	จำนวน (กรัม/กก.)	น้ำเชื้อ (ซีซี)	น้ำเชื้อ (ซีซี/กก.)
3	310	155	77.5	-	-
3	300	150	75.0	-	-
6	-	-	-	3	2.3
6	-	-	-	6.5	5.4
6	-	-	-	1	0.77

4. **การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาสวาย อายุ 2 ปี** จากตาราง ที่ 10 อัตราการเจริญเติบโตของปลาสวายเพศผู้ในการเลี้ยงด้วยการผสมสาหร่าย 3 % ให้อัตราการเจริญเติบโตโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 484.55 กรัม มีการเจริญเติบโตโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 601.48 กรัม และพบว่าตัวเมียมีการเจริญเติบโตดีกว่าตัวผู้เช่นเดียวกับปลาเผาะ และมีอัตราการผสมในเดือน มิถุนายน 2552 เฉลี่ย 65 % และได้ลูกปลาขนาด ยาว 1-2 เซนติเมตร ประมาณ 5,000 ตัว

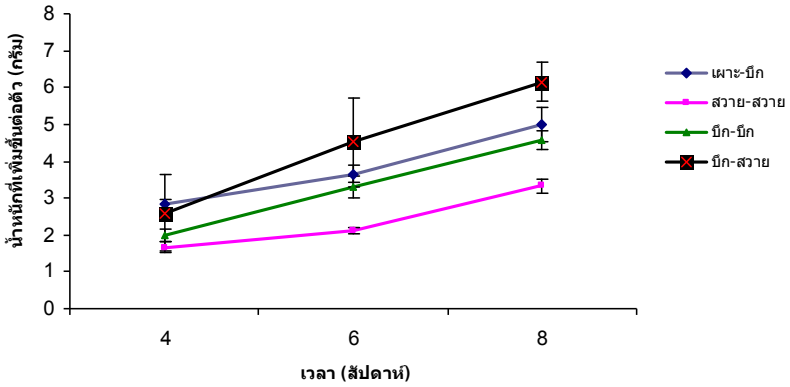
ตารางที่ 10 การเจริญเติบโตของพ่อแม่พันธุ์ปลาสวาย ในการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดผสมสาหร่าย 3 %

เพศ	จำนวน (ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	จำนวนที่มีน้ำเชื้อและไข่ (ตัว)
ผู้	8	484.55±33.96	5
เมีย	8	601.48±32.27	4

การศึกษาการอนุบาลและการเจริญเติบโตของปลาลูกผสม

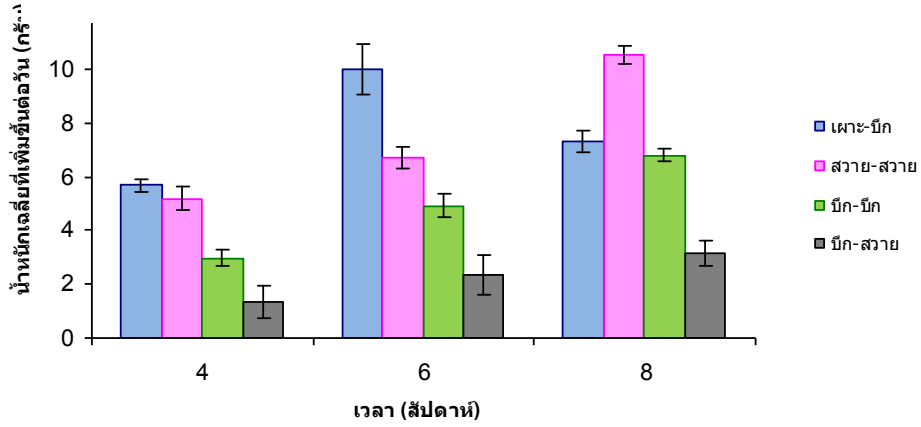
การอนุบาลในตู้กระจก

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของลูกปลา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) ปลาสวาย-ปลาสวาย 2) ปลาบึก-ปลาบึก 3) ปลาบึก-ปลายสวาย และ 4) ปลาเผาะ-ปลาบึก ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 1 โดยพบว่า ปลาลูกผสม (พ่อเผาะ-แม่บึก) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว(Weight gain/fish) มากกว่าลูกปลาสวาย (พ่อสวาย-แม่สวาย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4-8 ในขณะที่ปลาลูกผสม (พ่อบึก-แม่สวาย) กับ ลูกปลาบึก (พ่อบึก-แม่บึก) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวมากกว่าลูกปลาสวาย (พ่อสวาย-แม่สวาย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6-8



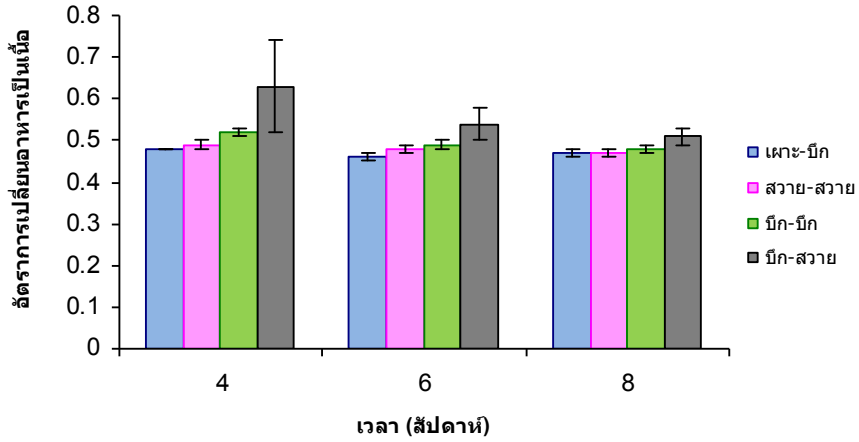
รูปที่ **ภาพที่ 1** น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อตัวในการเลี้ยง 8 สัปดาห์

ภ



รูปที่ 2 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการเลี้ยง 8 สัปดาห์

ตลอด 8 สัปดาห์ในตู้กระจก พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) ในปลาลูกผสม (พ่อบึก-แม่สวาย) และลูกปลาบึก (พ่อบึก-แม่บึก) มีค่า ADG ต่ำกว่าปลาลูกผสมบึก (พ่อเผาะ-แม่บึก) และลูกปลาสวาย (พ่อสวาย-แม่สวาย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4-8 ในขณะที่ปลาลูกผสม พ่อเผาะ-แม่บึก) มีค่า ADG สูงกว่าทุกสายพันธุ์ภายในในสัปดาห์ที่ 6 ในขณะที่ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ลูกปลาสวายมีค่า ADG สูงกว่าทุกสายพันธุ์



ภาพที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการเลี้ยง 8 สัปดาห์

อัตร

ปลาลูกผสม

สัปดาห์ที่ 4-8

พันธุ์ และสา

ในตารางที่ 1

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/ตัว (Weight gain/ตัว) ADG และ FCR ของลูกปลา 4 สายพันธุ์ ในการอนุบาลในตู้กระจกนาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SE ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

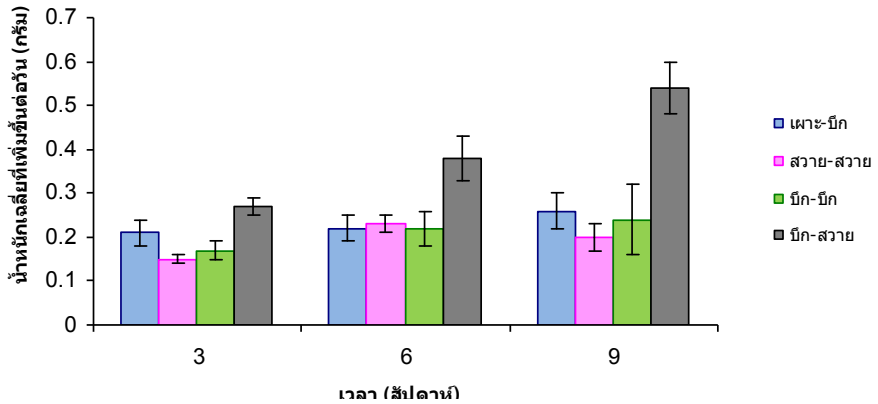
การเจริญเติบโต	สายพันธุ์ลูกปลา		
	Weight gain/ตัว (g)	**ADG (g)**	**FCR**
T1 พ่อเผาะ-แม่บึก	5.0 ± 0.5^{b}	7.3 ± 0.4^{b}	0.47 ± 0.0^{a}
T2 พ่อสวาย-แม่สวาย	3.3 ± 0.2^{a}	10.5 ± 0.3^{c}	0.47 ± 0.0^{a}
T3 พ่อบึก-แม่บึก	4.6 ± 0.3^{b}	6.8 ± 0.2^{b}	0.48 ± 0.2^{a}
T4 พ่อบึก-แม่สวาย	6.2 ± 0.5^{c}	3.2 ± 0.5^{a}	0.51 ± 0.0^{b}

การเลี้ยงในกระชัง

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการเลี้ยงนาน 9 สัปดาห์ ของลูกปลา 4 สายพันธุ์ พบว่าลูกปลาบึก ลูกปลาสวาย และปลาลูกผสม (พ่อบึก-แม่สวาย) มีค่าน้อยกว่าปลาลูกผสม (พ่อเผาะ-แม่บึก) ส่วนอัตราการอด ปลาลูกผสม (พ่อบึก-แม่สวาย) มีอัตราการรอดสูงสุด 100 % ผลแสดงในภาพที่ 3, 4 และตารางที่ 12

อัตราการรอดของลูกปลา 4 สายพันธุ์ พบว่า ใน 6 อาทิตย์ที่เลี้ยงในกระชังมีอัตราการรอด 100% แต่ลดลงในลูกปลาสวาย บึก และปลาลูกผสม (พ่อเผาะ-แม่บึก) ส่วนปลาลูกผสม (พ่อบึก-แม่สวาย) ยังคงมีอัตราการรอดเป็น 100% อย่างไร

ก็ตามพบว่าปลาลูกผสมมีอัตราการรอดสูงกว่าลูกปลาสายพันธุ์แท้ คือ ปลาบึกและปลาสวาย ผลแสดงในตารางที่ 12



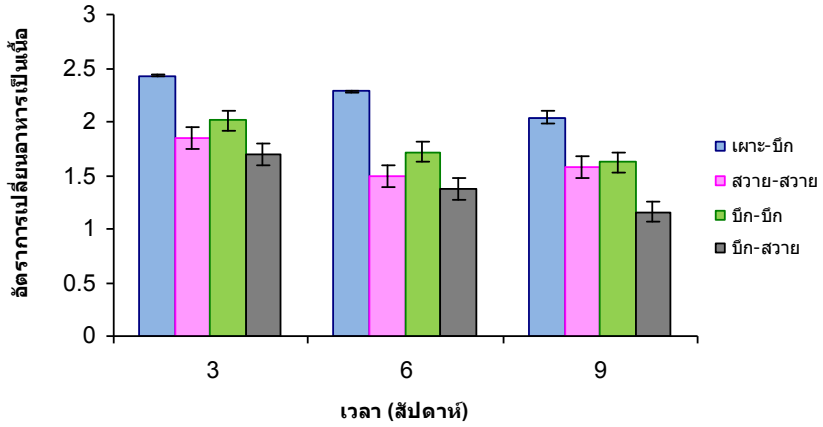
ภาพที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการเลี้ยงนาน 9 สัปดาห์

ตารางที่ 4 สาย

พันธุ์จาก

สายพันธุ์ปลา	Weight gain/ ตัว (g)	ADG (g)	FCR	อัตราการรอด (%)
T1 พ่อเผาะ-แม่บึก	5.72 ± 0.13 [b]	0.26 ± 0.0 [a]	2.04 ± 0.05 [b]	95.55 ± 3.85 [b]
T2 พ่อสวาย-แม่สวาย	4.29 ± 0.82 [a]	0.20 ± 0.03 [a]	1.57 ± 0.09 [a]	72.46 ± 10.72 [a]
T3 พ่อบึก-แม่บึก	4.95 ± 0.13 [a]	0.24 ± 0.03 [a]	1.63 ± 0.07 [a]	65.92 ± 4.17 [a]
T4 พ่อบึก-แม่สวาย	11.40 ± 0.96 [c]	0.54 ± 0.04 [b]	1.16 ± 0.06 [a]	100 ± 0.00 [b]

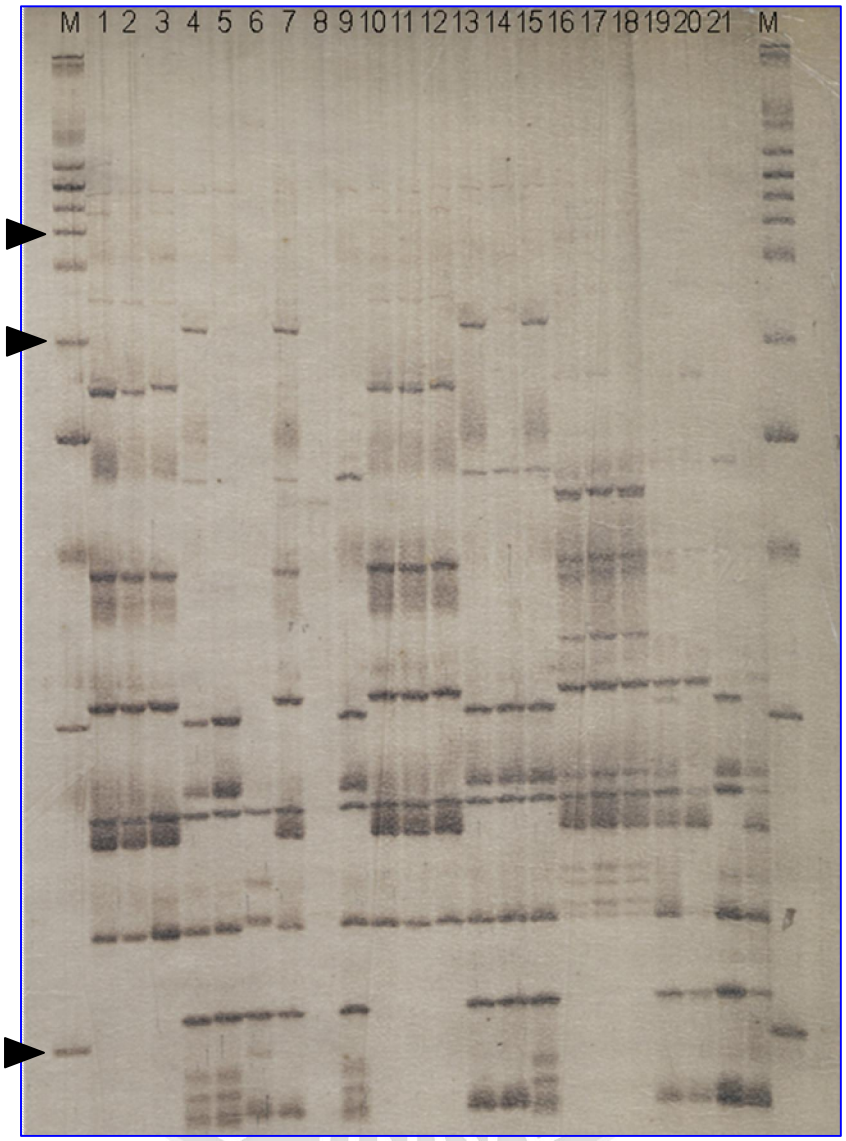
หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SE ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในการเลี้ยงนาน 9 สัปดาห์

การวิเคราะห์ลักษณะและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้ไม่พบดีเอ็นเอที่เสียสภาพ ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม จำนวนปลาทั้งหมด 21 ตัว โดยเครื่องหมาย AFLP จำนวน 12 Primer combination พบแถบดีเอ็นเอมีขนาดระหว่าง 100-1100 คู่เบส (ภาพที่ 5) โดยมีจำนวนแถบดีเอ็นเอต่อ Primer combination อยู่ระหว่าง 25-53 แถบดีเอ็นเอ และมีจำนวนแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างอยู่ระหว่าง 7-35 แถบ ดีเอ็นเอ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ polymorphism อยู่ระหว่าง 25.00-83.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

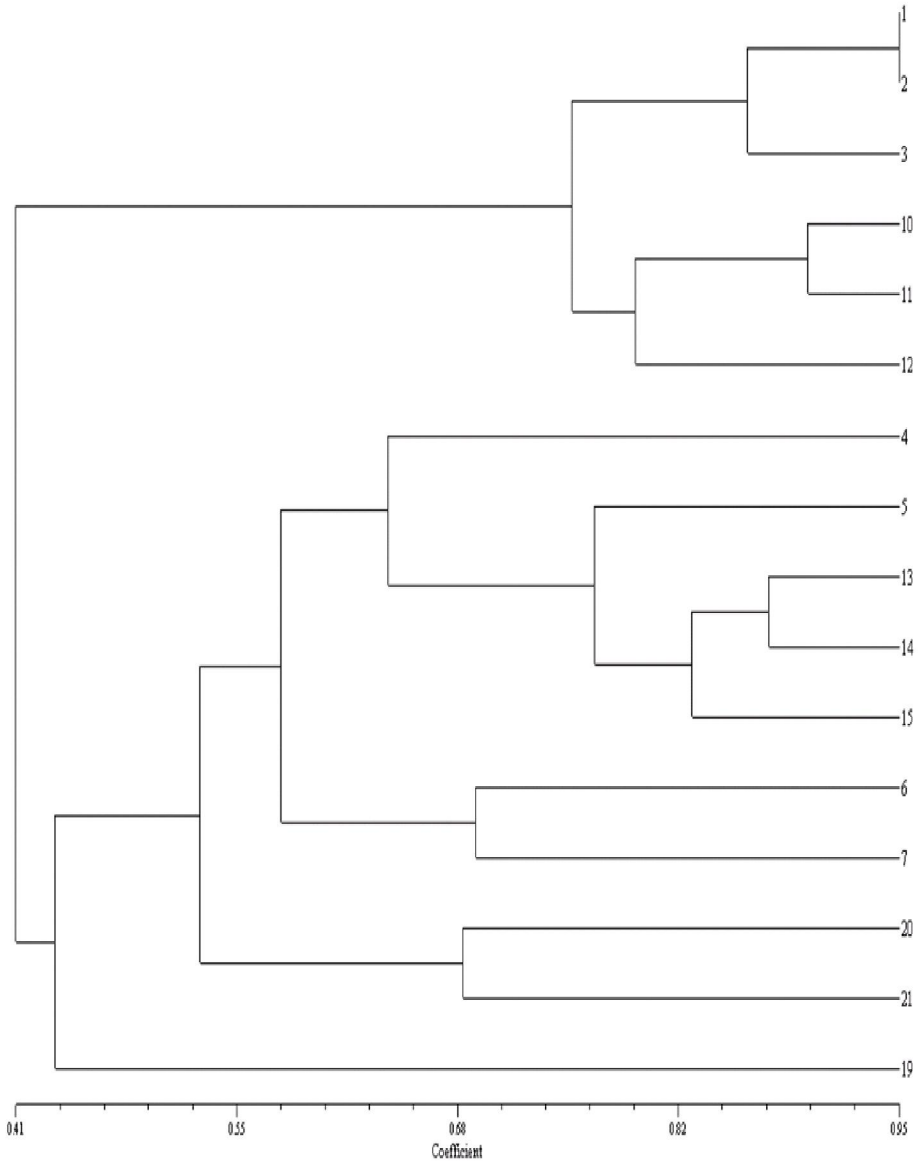


ภาพที่ 5 ตัวอย่าง AFLP band ของปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม ใช้ AFLP primer combination EcoRI TaqI (1-21 = ตัวอย่างปลาที่ใช้ในการทดลอง M =

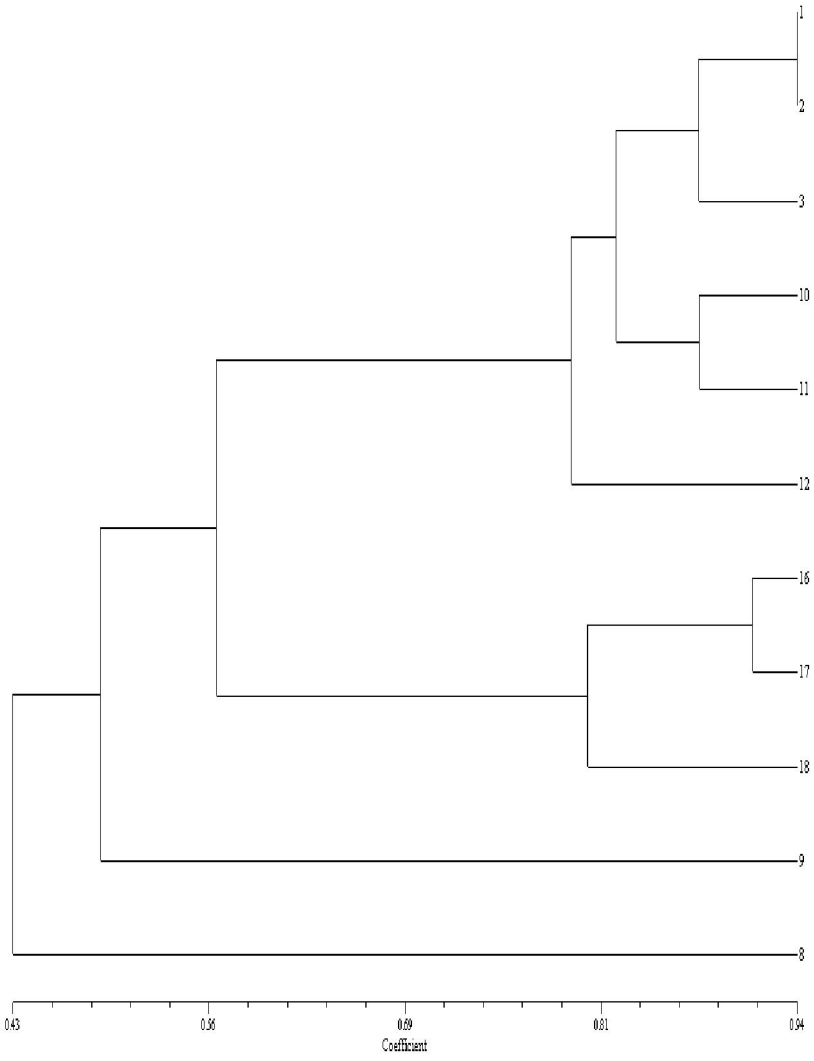
ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์ AFLP แสดง จำนวนแถบ DNA ต่อคู่ไพรเมอร์ จำนวนแถบ DNA
ที่แสดงความแตกต่าง Polymorphic และเปอร์เซ็นต์ Polymorphic

Primer Combination	จำนวนแถบ DNA ต่อคู่ไพรเมอร์	จำนวนแถบ DNA (Polymorphic)	% Polymorphic
1	40	31	77.50
2	42	35	83.33
3	46	25	54.35
4	26	19	73.08
5	28	7	25.00
6	33	15	45.45
7	25	16	64.00
8	32	26	81.25
9	53	31	58.49
10	36	26	72.22
11	30	23	76.67
12	26	20	76.92
รวม	417	274	788.27
เฉลี่ย	34.75	22.83	65.69

ความสัมพันธ์พันธุกรรมจากการวิเคราะห์ข้อมูลแถบดีเอ็นเอ นำมาคำนวณค่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และแผนผังความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) ของปลาบึกและปลาสวายพบว่า มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเท่ากับ 41 เปอร์เซ็นต์ และสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ปลาบึก จำนวน 6 ตัว และ กลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วย ปลาสวาย จำนวน 4 ตัว สวาย X สวาย จำนวน 3ตัว และ ปลาบึก X สวายจำนวน 3ตัว (ภาพที่ 6) และแผนผังความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) ของปลาบึกและเผาะมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม อยู่ 43 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงปลาเผาะ 1 ตัวที่แบ่งกลุ่มออกมาที่เหลือเป็นกลุ่มเดียวกันทั้งหมด (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 6 แผนผังความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) ของปลาบึกและปลาสวาย จาก 134 markers



ภาพที่ 7 แผนผังความสัมพันธ์ (Phylogenic dendrogram) ของปลาบึกและปลาเผาะจาก 134 markers

หมายเหตุ: ลำดับของประชากรที่ศึกษาแสดงดังนี้

ลำดับ	ประชากร	ลำดับ	ประชากร
1	ปลาบึก 1	12	ปลาบึก x ปลาบึก 3
2	ปลาบึก 2	13	ปลาสวาย x ปลาสวาย 1
3	ปลาบึก 3	14	ปลาสวาย x ปลาสวาย 2
4	ปลาสวาย 1	15	ปลาสวาย x ปลาสวาย 3
5	ปลาสวาย 2	16	ปลาบึก x ปลาเผาะ 1
6	ปลาสวาย 3	17	ปลาบึก x ปลาเผาะ 2
7	ปลาสวาย 4	18	ปลาบึก x ปลาเผาะ 3
8	ปลาเผาะ1	19	ปลาบึก x ปลาสวาย 1
9	ปลาเผาะ 2	20	ปลาบึก x ปลาสวาย 2
10	ปลาบึก x ปลาบึก 1	21	ปลาบึก x ปลาสวาย 3
11	ปลาบึก x ปลาบึก 2		

วิจารณ์ผล

1. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก ปลาเผาะ และปลาสวาย

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และการเจริญพันธุ์ของปลาบึก อายุ 6 ปี ปลาเผาะและปลาสวาย อายุ 2 ปี ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10 เปอร์เซ็นต์ 6% และ3 % ตามลำดับเลี้ยงนาน 10 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้จากตารางที่ 2 และ 3 เนื่องจากสูตรผสมอาหารที่ให้ควบคุมปริมาณโปรตีนและพลังงานให้ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการผสมสาหร่ายมีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยสูงกว่า โดยเฉพาะในปลาเผาะเพศผู้ที่เลี้ยงสาหร่าย 3 % มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด นอกจากนี้ในปลาเผาะและปลาสวายเพศเมียมีการเจริญเติบโตเฉลี่ยดีกว่าปลาเพศผู้ ทั้งนี้จะมีข้อมูลในการคัดพันธุ์และเลี้ยงปลากลุ่มปลาหนังเพศเมียอย่างเดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและลดต้นทุน มีรายงานการศึกษาของ วุฒิพรและอัญชลี (2548) ทำการศึกษาผลของสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาดุกพันธุ์ลูกผสม การทดลองใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาแห้งที่ต่างที่ระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30% ใช้ระยะเวลาเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์

พบว่า อาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบึก โดยให้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาแก่ปลาบึกในระดับที่ต่างกันคือ ให้อาหารผสมโปรตีน 30% ไม่ผสมสาหร่าย อาหารผสมโปรตีน 30% ผสมสาหร่าย 5% และ 10% ตามลำดับ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสูตรอาหารที่ผสมสาหร่าย 10% เป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกมากที่สุด เนื่องจาก มีน้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากที่สุด และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ จงกล และ ขจรเกียรติ์ (2549) ทำการศึกษาการเลี้ยงปลานิลแดงโดยใช้สาหร่ายสไปรูลินาสดผลการศึกษาพบว่าอาหารผสมสาหร่าย *Spirulina sp.* สด 55% มีการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสาหร่ายสไปรูลินามีผลต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ทั้งปลาหนัง และปลาเกล็ด และปริมาณสาหร่ายสไปรูลินาที่นิยมนำมาเสริมในสูตรอาหารคือ 10%

เนื่องจากพบว่าปลาทั้งสามชนิดที่มีการเจริญพันธุ์ มีความสมบูรณ์เพศที่สามารถเพาะผสมพันธุ์เทียมได้มาก ในหน่วยการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 3% 6% และ10% ในขณะที่พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยไม่ผสมสาหร่ายไม่พบการเจริญพันธุ์หรือพบน้อยกว่า โดยพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกที่ผสมพันธุ์ได้ในครั้งนี้ มาจากพ่อแม่พันธุ์รุ่นที่ 1อายุ 6 ปี ในบ่อดิน สามารถฟักได้ลูกปลาบึกรุ่นที่ 2 และในปลาเผาะกับปลาสวายอายุ 2 ปี แสดงว่าในสาหร่ายมีสารอาหารวิตามิน แร่ธาตุ กรดไขมันที่เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญพันธุ์ ว่าในสาหร่าย10 กรัม มีกรดไข่มันที่จำ 5 % เป็นในกลุ่ม gamma linolenic acid (GLA) 100 มก.ในกลุ่มไข่มันที่จำเป็นจะเป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมน prostaglandins (PGE1) ที่มีบทบาทสำคัญต่อกลไกลการทำงานของร่างกาย การหมุนเวียน ความดันของเลือด และระบบฮอร์โมน (www. Spirulia-source.com) นอกจากนี้พบว่าในสาหร่ายสไปรูลินามีธาตุอาหารและวิตามินที่มีผลต่อ การเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของสัตว์น้ำ (ยุวดี 2546 ; อาภารัตน์ 2547) ผลของการเสริมสาหร่ายสไปรูลินา 9%ในสูตรอาหาร (โปรตีน 30%) เลี้ยงปลาบึกอายุ 4 ปี พบว่าการเจริญเติบโตปริมาณ ฮอร์โมนเพศ estradiol (E_2) ในเดือนมีนาคม มีค่า

น้อยกว่า 5 pg/ml และยังไม่พบการเจริญพันธุ์ (เกรียงศักดิ์ 2550) ส่วนในปลาบึกอายุ 5 ปี ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสามารถเจริญพันธุ์ได้และมีปริมาณพ่อแม่ปลาที่มีน้ำเชื้อและไข่และผสมเทียมได้ลูกปลาบึกรุ่นที่2จากการเลี้ยงในบ่อดินครั้งแรก ประมาณ 2,000 ตัว (Mengumphan and Saengkrachag,2008) ส่วนในปลาเผาะอายุ 3 ปี เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 3% สามารถมีระดับฮอร์โมนเพศ (estradiol and testosterone)เฉลี่ยสูงกว่าที่ไม่ผสมอาหารด้วยสาหร่ายและสูงสุดในเดือนมีนาคม และในเดือนกรกฎาคมพ่อพันธุ์ 3 ตัวและแม่ปลา 2 ตัว สามารถมีไข่และผสมเทียมได้สำเร็จ (Mengumphan,2009)

2. การอนุบาลลูกปลา 4 สายพันธุ์ในตู้กระจกและกระชัง

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการเลี้ยงอีกแบบหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มกำลังผลิตของแหล่งน้ำธรรมชาติ สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเลี้ยงปลาบึกในกระชังคือต้องทำความสะอาดกระชังอยู่เสมอเพื่อให้น้ำมีการถ่ายเทได้สะดวก ซึ่งปลาบึกจะได้รับอาหารที่มีอยู่ในธรรมชาติได้ เป็นการลดต้นทุนเรื่องอาหาร สายพันธุ์ปลาอัตราการปล่อยและนิสัยการกินอาหารที่เหมาะสม หลังจากการอนุบาลลูกปลา 4 สายพันธุ์ในกระชัง พบว่าสายพันธุ์ปลาลูกผสม (ปลาบึก-ปลายสวาย และ ปลาเผาะ-ปลาบึก) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว (11.4, 5.7 กรัม) อัตราการแลกเนื้อ (1.1, 2) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (0.5, 0.26 กรัม) และอัตราการรอด (100, 95.5%) ตามลำดับ ดีกว่าและแตกต่างทางสถิติ ($P< 0.05$) กับสายพันธุ์ ปลาบึก และ ปลาสวาย ทั้งนี้อาจเนื่องจากลูกผสมเกิดลักษณะที่มีค่าเฉลี่ยของรุ่นลูกดีกว่ารุ่นพ่อแม่(heterosis) ประกอบกับอัตราการปล่อยของปลาลูกผสมปล่อยน้อยกว่าการปล่อยลูกปลาสวาย ทั้งที่น้ำหนักรวมเฉลี่ยเริ่มต้นปล่อยเท่ากัน ที่สอดคล้องกับการศึกษาในหน่วยทดลองที่มีอัตราความหนาแน่นน้อยมีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวดีที่สุด

การทดลองของ ธีรพัฒน์ (2530) การเจริญเติบโตของปลาบึกขนาดน้ำหนัก 67. 22 กรัม ความยาว 20.19 เซนติเมตร ปล่อยลงกระชังขนาด 6x6x3 เมตร อัตราส่วน 2 และ 3 ตัวต่อตารางเมตร โดยให้อาหารสำเร็จรูปชนิดจม เป็นระยะเวลา 6 เดือนน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 252.50 กรัม และความยาวสุดท้ายเฉลี่ย 29.92 เซนติเมตร จากนั้นนำปลาบึกลงเลี้ยงต่อในคอกในอ่างเก็บน้ำ มีการให้อาหารสมทบ ภายหลังระยะเวลาผ่านไป 3 เดือน พบว่าปลาบึกมีน้ำหนักและความยาวมากกว่าปลาบึกที่ทดลองเลี้ยงในกระชังเกือบเท่าตัว จึงน่าจะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าปลาบึกสามารถเจริญเติบโตในอ่างเก็บน้ำและพื้นที่กว้างได้ดีกว่าใน

กระชัง เช่นเดียวกับการทดลองปลาเลี้ยงบึกในกระชังไม้โดยปล่อยปลาบึกขนาด 100 กรัม/ตัว จำนวน 2 ชุด อัตราการปล่อย 10 ตัว/18 ตารางเมตร และ 20 ตัว/18 ตารางเมตร เลี้ยงนาน 6 เดือน ให้อาหารโปรตีน 38% อัตราการเจริญเติบโต 607 และ 609 กรัม/ตัว อัตราการรอด 100 % อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 5.14 ส่วนการเลี้ยงปลาบึกในกระชังในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ อัตราปล่อย 2 ตัว/ตารางเมตร และ 3 ตัว/ตารางเมตร ระยะเวลา 6 เดือน ในขณะที่ปลาบึกที่เลี้ยงในคอกในอ่างเดียวกันโตกว่าการเลี้ยงในกระชังเกือบเท่าตัว (อนันต์ และ ชัยศิริ, 2528)

อัตราการแลกเนื้อของปลาบิ๊กหวาย และปลาเผาะ-ปลาบึกมีค่า 1.1และ1.2 ดีที่สุด เมื่อเทียบกับปลาบึกและปลาสวาย ปลาชนิดนี้จะขึ้นมาฮุบน้ำลงในแนวดิ่งอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะว่ายรวมกันเป็นกลุ่มบริเวณพื้น และเมื่อมีการรบกวนปลาบึกจะตกใจง่ายไม่กินอาหารและว่ายน้ำขึ้นลงตลอดเวลา และยังสอดคล้องกับ Mitamura (2005) ซึ่งได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของปลาบึกโดยการใช้เครื่องมือติดตามตัวแบบ Biotelemeter พบว่าปลาบึกมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงสู่ด้านล่าง จะเคลื่อนที่สู่ผิวน้ำในเวลากลางคืน และได้สรุปว่า ปลาบึกน่าจะเคลื่อนที่จากผิวน้ำลงสู่ด้านล่างในเวลากลางวันเพราะต้องการหลบซ่อนตัวและกินอาหาร และจะขึ้นมาบริเวณริมฝั่งเพื่อกินสาหร่ายในช่วงเวลากลางคืน ส่วนปลาบิ๊กหวายซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้มาจากปลาบึกและปลาสวาย ที่สามารถปรับตัวในสภาพการเลี้ยงและกินอาหารลอยเม็ดน้ำได้ดีกว่าปลาบึกและปลาสวายในสภาพการเลี้ยงในกระชัง ส่วนอัตราการรอดเฉลี่ยของปลาบึกและปลาสวาย (65-75%) พบว่ามีแนวโน้มลดลงในเดือนมกราคม เมื่อเทียบกับปลาลูกผสม (95-100%) เนื่องจากในช่วงดังกล่าวเป็นฤดูหนาวและพบโรคจากพยาธิภายนอกในปลาสวาย และปลาบึกๆมีพฤติกรรมกินอาหารตามพื้นดิน จึงส่งผลให้การกินอาหารลดน้อยลงเมื่ออยู่กระชัง จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำมีผลต่อการกินอาหาร

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทดลองเลี้ยงปลาลูกผสมบึกกับสวายในกระชังขนาด 6x6x2 เมตร ปล่อยปลาขนาด 700 กรัม อัตรา 1ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารเม็ดลอยน้ำ พบว่าในระยะเวลา 6 เดือน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.2 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 15 กรัม ส่วนปลาบึกและลูกผสมในบ่อดินในบ่อดิน ปลาขนาด 400 กรัมอัตราการปล่อย 1 ตัว/3ตารางเมตร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.7 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 8 กรัม ผลตอบแทนเบื้องต้นจากปลาบึกและปลาหนังลูกผสมเนื้อขาว (พ่อบึก x แม่สวาย) พบว่าปลาบึกมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า

ปลาหนังลูกผสม มีค่าใช้จ่าย 9,133 บาท รายรับ 17,084 บาท และผลตอบแทนเบื้องต้น 7,951.50 บาท หรือประมาณ 84,816 บาท/ไร่/ปี ส่วนการเลี้ยงปลาลูกผสมในกระชัง มีค่าใช้จ่าย 7,765 บาท รายรับ 11,566 บาท และผลตอบแทนเบื้องต้น 3,801บาท หรือ 7,602 บาท/ปี และพบว่าปลาบึกมีอัตราการเจริญเติบโตในบ่อดินดีกว่าการเลี้ยงในกระชัง (เกรียงศักดิ์ 2553) เช่นเดี่ยวกับการศึกษาของ ซึ่งสอดคล้องกับ เสน่ห์ และภาณุ (2540) กล่าวถึงลูกผสม พ่อบึก-แม่สวาย (ปลาบิ๊กหวาย)ในช่วงตัวเล็กมักจะมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วไม่แตกต่างกัน พอโตขึ้นอัตราการเจริญเติบโต (น้ำหนัก,ความยาว) จะเริ่มแตกต่างกัน การเจริญเติบโตของปลาที่แตกต่างกันจะมีส่วนสำคัญคือความหนาแน่นของปลา/พื้นที่ หรือปลาชนิดนี้เป็นปลาที่โตเร็วกว่าตัวอื่นในกลุ่ม ก็จะกินเก่งโตเร็ว สำหรับบิ๊กหวายที่โตเร็วคงเนื่องมาจากปลาสวายเป็นปลาเลี้ยงที่มีลักษณะของสายพันธุ์เลี้ยง แล้วจึงมีลักษณะกินเก่งเช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาดุกหรือปลาเผาะในกระชัง ส่วนปลาบึก ยังเป็นปลาที่มีสายพันธุ์ธรรมชาติอยู่มาก และไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงในตู้กระจกหรือกระชังที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับบ่อดินที่มีพื้นที่กว้างและลึก ตลอดจนมีอาหารธรรมชาติที่อยู่ตามพื้นบ่อตามนิสัยการกินอาหารของปลาบึกได้ดีกว่า ซึ่งจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าการเลียงในกระชังมีการเจริญเติบโตต่อตัว

3. การศึกษาลักษณะและความสัมพันธุ์ทางพันธุกรรม

ผลการศึกษาพบว่าเทคนิค AFLP เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเพื่อ ตรวจพบดีเอ็นเอและตรวจสอบความสัมพันธ์ในกลุ่มของปลาหนัง เป็นทางเลือกและวิธีการที่เหมาะสมในการพัฒนาเครื่องหมายทางพันธุกรรมนอกจะศึกษาถึงความหลากหลาย ความสัมพันธ์ทางด้านพันธุกรรม ตลอดจนสามารถใช้เครื่องหมายพันธุกรรมนี้ไปสร้างแผนที่ยีน เหมือนกับปลาในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งใช้เครื่องหมายพันธุกรรมนี้ในการสร้างแผนที่ยีน ในปลาดุกอุย และเครื่องหมายเหล่านี้มีการถ่ายทอดไปยังลูกผสม F1 ทั้งหมด ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกัน ทำให้สามารถใช้เครื่องหมายพันธุกรรมเหล่านี้สร้างแผนที่ยีนสำหรับปลาดุกอุยได้ (Supawadee and Srijanya 2003) นอกเหนือจาก จะสามารถใช้ เครื่องหมาย AFLP ในการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และการสร้างแผนที่ยีน กลุ่มของปลาในรุ่น F1 ยังสามารถใช้ศึกษาในรุ่น F2 ได้ เช่นในการศึกษาของปลาในกลุ่มเดียวกัน คือลูกผสมของ *C. macrocephalus* and *C. gariepinus* ในรุ่น F2 ตรวจพบ

95 markers ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมสำหรับการทำแผนที่พันธุกรรม(Liu *et al.* 1998) ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้ ผลของการศึกษาสามารถบอกได้ว่า ปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม ยังมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้กันซึ่งในอนาคตสามารถใช้เครื่องหมายพันธุกรรม AFLP ในการศึกษา เรื่องที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม การทำแผนที่ยีน การศึกษาลักษณะการถ่ายทอดการเชื่อมโยงลักษณะต่างกับยีนที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ทั้งนั้นเนื่องจากเรื่องความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของปลา ทั้งสามสายพันธ์เป็นข้อมูลสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุเป็นอย่างยิ่งทำให้เราสามารถว่างแผนว่าควรที่จะวางแผนปรับปรุงพันธุอย่างไร และนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาเพื่อป้องกันการเลือดชิดและเรื่องการแยกชนิดของสายพันธุ์

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. อัตราการเจริญเติบโต และการเจริญพันธุ์ของปลาบึก อายุ 6 ปี ปลาเผาะ และปลาสวาย อายุ 2 ปี ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10 เปอร์เซ็นต์ 6% และ 3 % ตามลำดับเลี้ยงนาน 10 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการผสมสาหร่ายมีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยสูงกว่า โดยเฉพาะในปลาเผาะเพศผู้ที่เลี้ยงสาหร่าย 3 % มีน้ำเพิ่มขึ้นสูงสุด นอกจากนี้ในปลาเผาะและปลาสวายเพศเมียมีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาเพศผู้ ส่วนการเจริญพันธุ์พบว่าในหน่วยการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 3% 6% และ10% ในขณะที่พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยไม่ผสมสาหร่ายไม่พบการเจริญพันธุ์หรือพบน้อยกว่า

2. การเจริญเติบโตของสายพันธุ์ปลาลูกผสม (ปลาบึก-ปลายสวาย และปลาเผาะ-ปลาบึก) ในกระชัง มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการรอด ดีกว่าและแตกต่างทางสถิติ ($P< 0.05$) กับสายพันธุ์ ปลาบึก และ ปลาสวาย และปลาลูกผสมที่เลี้ยงกระชัง มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในตู้กระจก

3. ผลของการศึกษาสามารถบอกได้ว่า ปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม ยังมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้กันซึ่งในอนาคตสามารถใช้เครื่องหมายพันธุกรรม AFLP ในการศึกษา เรื่องที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาความสัมพันธ์ทาง

พันธุกรรม การทำแผนที่ยีน การศึกษาลักษณะการถ่ายทอดการเชื่อมโยงลักษณะต่างกับยีนที่เกี่ยวข้อง และที่จำเป็นควรมีระบบการปรับปรุงพันธุ์ปลาบึก สวาย และ เผาะ ในประเทศที่ดี คือ การปรับปรุงพันธุ์แบบวงจร (Recurrent Selection) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) คัดเลือกพ่อแม่ที่ดีเด่น จับคู่ผสมแบบต่างๆ เช่น Fullsib, Halfsib 2) ทดสอบรุ่นลูก (progeny test) ในบ่อดินเพื่อเลือกคู่พ่อแม่ที่ดีที่สุด 3) นำพ่อแม่ที่ให้ลูกที่ดีมาผสมแบบหมู่พบกันหมด (recombination) เพื่อสร้างประชากรชุดใหม่เพื่อการผสมพันธุ์ ทำเช่นนี้หลายๆ รอบจนได้ปลาบึก สวาย และ เผาะ ที่มีความเจริญเติบโตดีและมีอัตราการเจริญเติบโตสม่ำเสมอ แต่ยังคงรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรเอาไว้ได้ คือ สามารถที่จะเพาะขยายพันธุ์แล้วคงลักษณะที่ดีไว้อย่างสม่ำเสมอ

4. สายพันธุ์ปลาบึก ปลาสวาย ปลาเผาะ และลูกผสมมีศักยภาพสูงที่จะสามารถพัฒนาต่อให้เป็นปลาเศรษฐ์กิจตัวใหม่ได้หากได้นำลักษณะที่ดีมารวมกัน และควรทำการศึกษาเพิ่มเติม เช่นควรวิเคราะห์คุณค่าอาหาร เช่น วิตามิน กรดไขมัน ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮอร์โมน และการเจริญพันธุ์ในแต่ละสูตรอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตลูกปลา ตลอดจนเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเชิงพาณิชย์จนถึงขนาดตลาด และลักษณะของสายพันธุ์ปลาทั้ง 4 ชนิด เช่น ลักษณะของเนื้อปลาและสี สัดส่วนของเนื้อกับซาก ตลอดการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และ จารุวัลย์ แสงกระจ่าง. 2550. การเจริญเติบโตฮอรีโมนเพศปริมาณเม็ดเลือดแดงและขาวของปลาบึกอายุ 4 ปี เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา. วารสารการประมง ปีที่ 60(6): 510-511.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2550. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 208 หน้า.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2551. การเพาะเลี้ยงปลาบึกเพื่อประโยชน์อย่างยั่งยืน. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 176 หน้า.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2553. การเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตสายพันธุ์ปลาบึกและปลาหนังเนื้อขาว. รายงานฉบับสมบูรณ์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 60 หน้า

จงกล พรมยะ และ ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2549. การเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis* sp.) โดยใช้ สาหร่ายสไปรูลินาสด.คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ.มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ธีรพัฒน์ ทองคำ. 2530. การเลี้ยงปลาบึกในกระชัง. รายงานผลการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 14 หน้า

ปิยาลัย สถาพร และ วิษณุพร . 2547. ศึกษาการใช้สาหร่ายสไปรูลินาในการป้องกันโรคตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำ. วารสารประมง. 57 (4): 353-356.

มารศรี เรืองจิตชัชวาล. 2549. สาหร่ายสไปรูลินา. สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 225 หน้า.

วุฒิพร พรหมขุนทอง และอัญชลี พิพัฒนวัฒนากุล. 2548. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาดุกพันธุ์ลูกผสม. วารสารสงขลานครินทร์. 10 (2): 195-203.

เสน่ห์ ผลประสิทธิ์ และภาณุ เทวรัตน์มณีกุล. 2540. ชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงปลาบึก. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 31. กรมประมง. กรุงเทพมหานคร. 79 หน้า.

อนันต์ หาญประสิทธิ์คำ และ ชัยศิริ ศิริกุล. 2528. การทดลองเลี้ยงปลาบึกในกระชัง. รายงานประจำปี. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . หน้า 56-59.

อาภารัตน์ มหาขันธ์. 2547. สาหร่ายมากคุณค่าโอชารส. ศูนย์จุลินทรีย์ (ศจล.). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.). จังหวัดประทุมธานี.

Agresti, J.J., S. Seki, A. Cnaani, S. Poompuang, E.M. Hallerman, N. Umiel, G. Hulata, G.A.E. Gall and B. May. 2000. Breeding new strains of tilapia: development of an artificial center of origin and linkage map based on AFLP and microsatellite loci. Aquaculture 185:43-56.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlinton, VA. 1360 p.

Kocher, T.D., W-J. Lee, H. Sobolewska, D. Penman and B. McAndrew. 1998. A genetic linkage map of a cichlid fish, the tilapia *(Oreochromis niloticus)*. Genetics 148:1225- 1232.

Liu, Z., A. Nichols, P. Li, and R.A. Dunham. 1998. Inheritance and usefulness of AFLP markers in channel catfish *(Ictalurus punctatus)*, blue catfish *(I. furcatus)*, and their F1, F2, and backcross hybrids. Molecular and General Genetics 258:260-268.

Mengumphan K and Saengkrachang J. 2008. Production of Generation 2 Mekong Giant Catfish (*Pangasinodon gigas*) Cultured with *Spirulina sp*. Maejo International Journal of Science and Technology.2(03): 559-567.

Mengumphan K. 2009. Growth Performance, Sex Hormone Levels and Matuation Ability of Pla Pho (*Pangasius bocourti*) Fed with *Spirulina sp* Supplementary Pellet and Hormone Application. Int J. Agric. Biol., 11:458-462

Mitamura, H. 2005. Studies on the behavior of Mekong giant catfish using biotelemetry. Department of Social Inrormatics Graduate School of Informatics Kyoto University Japan. 82pp.

Nei, M. and Li, W.H. (1979). Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Sci., 76, 5269-5273.

Rohlf, F.J. 1995. NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.01. Exeter Software, New York, 244 p.

Seki, S., J.J. Agresti, G.A.E. Gall, N. Taniguchi, and B. May. 1999. AFLP analysis of genetic diversity in three populations of Ayu *Plecoglossus altivelis*. Fisheries Science 65(6): 888-892.

Supawadee P., and Srijanya S.,2003. Conservation of microsatellite loci between *Clarias spp*. and *Pangasius hypophthalmus* and identification of AFLP markers in *C. macrocephalus* and *C. gariepinus*. Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University. 6 p.

Vos, P.,Hogers, R, Bleeker, M. 1995.AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Res., 23:4407-4414

Waldbieser, G. C., B.G. Bosworth, D.J. Nonneman and W. R. Wolters. 2001. A microsatellite-based genetic linkage map for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Genetics 158:727-734.

www. Spirulia-source.com.

ภาพผนวก

ภาพที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยฯ



ภาพผนวกที่ 1 พ่อพันธุ์ปลาสวายอายุ 2 ปี



ภาพผนวกที่ 2 แม่พันธุ์ปลาสวาย อายุ 2 ปี



ภาพผนวกที่ 3 พ่อพันธุ์ปลาเผาะอายุ 2 ปี



ภาพผนวกที่ 4 พ่อพันธุ์ปลาบึกอายุ 6 ปี



ภาพผนวกที่ 5 แม่พันธุ์ปลาบึกอายุ 6 ปี



ภาพผนวกที่ 6 ผสมสาหร่ายสไปรูลินาในอาหาร



ภาพผนวกที่ 7 การอาหารอัดเม็ด



ภาพผนวกที่ 8 อาหารเม็ดผสมสาหร่าย



ภาพผนวกที่ 9 ฉีดฮอร์โมนเพื่อรีดไข่และน้ำเชื้อปลาบึก



ภาพผนวกที่ 10 การรีดไข่ปลาบึก



ภาพผนวกที่ 11 การผสมเทียมไข่กับน้ำเชื้อ



ภาพผนวกที่ 12 การฟักไข่ในบ่อเพาะฟักและการอนุบาล ลูกปลาบึกอายุ 7 วัน





ภาพผนวกที่ 13 การอนุบาลลูกปลาในตู้

ภาพผนวกที่ 14 การชั่งน้ำหนักลูกปลา



ภาพผนวกที่ 15 ลูกปลาสวายอายุ 2 เดือน



ภาพผนวกที่ 16 ลูกปลาบึก–สวาย อายุ 2 เดือน



ภาพผนวกที่ 17 ลูกปลาบึกอายุ 2 เดือน



ภาพผนวกที่ 18 ลูกปลาเผาะ–บึก อายุ 2 เดือน



ภาพผนวกที่ 19 กระชังที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 20 เผาะ-บึก สวาย-สวาย บึก-บึก บึก-สวาย อายุ 5 เดือน

โครงการวิจัยย่อย เรื่องที่ 8 : รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและเป็นอาหารปลอดภัย

Appropriate Techniques for Sex-reversal of Common Lowland Frog (*Rana rugulosa*)

to Increase Production Potential and Use as Food Safety

บัญญัติ มนเทียรอาสน์[1] และ อานุภาพ วรรณคนาพล[1]

Bunyat Montien-Art[1] and Anupap Wanakanapol[1]

[1] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

.....

บทคัดย่อ

รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาอายุ 10 เดือน ของการศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินการศึกษาโดยใช้ฮอร์โมนจำนวน 3 ชนิดคือ Estradiol 17 beta(E2), Diethyl Stilbestrol(DES), และสารสกัดจากสมุนไพรกวาวเครือขาว (*Pueraria candollei*) ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ โดยการแช่และใช้ผสมในอาหารให้ลูกกบนากินโดยตรง ผลการศึกษาพบการแสดงเพศเมียของกบนาอายุ 10 เดือน ทั้งจากการแช่ลูกอ๊อดกบนาในฮอร์โมนสังเคราะห์ Estradiol 17 beta(E2) นาน 3 วัน และการผสมฮอร์โมนนี้ลงในอาหารให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน ก่อนเลี้ยงตามปกติต่อไป ให้ผลการแสดงเพศเมียที่มากที่สุดถึง 80 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย Chi-Square ($P<0.05$) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับทั้งการแช่ในฮอร์โมนสังเคราะห์ Diethyl Stilbestrol(DES) และการผสมฮอร์โมน DES นี้ให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน แต่กลับให้ผลการแสดงเพศเมียเพียง 40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เป็นที่น่าสังเกตว่า จากการทดลองในครั้งนี้ ฮอร์โมนสกัดจากสมุนไพรธรรมชาติกวาวเครือขาวทุกระดับความเข้มข้นและทุกวิธีที่ใช้ทั้งการแช่และการผสมในอาหารให้ลูกกบนากิน ไม่แสดงผลใดๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยต่อการแสดงเพศเมียของกบนาอายุ 10 เดือน

คำสำคัญ : กบนา , ฮอร์โมน , Estradiol 17 beta , Diethyl Stilbestrol

Abstract

The appropriate techniques for sex-reversal of common lowland frog (*Rana rugulosa*), aged 10 months, were conducted by use the solutions of Estradiol 17 beta(E2), Diethyl Stilbestrol(DES), and mixture of *Pueraria candollei* at 12.5 µg/L, 25 µg/L and 50 µg/L, respectively. Both of immersion and mix hormones together with food were applied. Results showed that the female frogs from Estradiol 17 beta(E2) were significant ($P<0.05$) by Chi-Square Test at 80 and 60 percentage, respectively. The female frogs from Diethyl Stilbestrol(DES) were also significant ($P<0.05$) by Chi-Square Test at 40 percentage. However, we noted that non-significant relationship showed between female frogs and all concentrations the mixture of *Pueraria candollei* of this study.

Keywords : Common lowland frog, Hormone, Estradiol 17 beta , Diethyl Stilbestrol .

คำนำ

กบเป็นสัตว์เศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง ที่ปัจจุบันตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีความต้องการเพื่อการบริโภคและเพื่อใช้ประโยชน์อื่นๆเพิ่มมากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันปริมาณกบในธรรมชาติกลับมีปริมาณลดน้อยลงเป็นจำนวนมากอันเนื่องจากการขยายตัวของชุมชน การใช้สารเคมีทางการเกษตร และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งล้วนส่งผลกระทบทำให้ถิ่นที่อยู่อาศัยในธรรมชาติถูกทำลายไป นอกจากนี้การจับกบมาใช้อย่างต่อเนื่องยังทำให้ห่วงโซ่ชีวิตของกบขาดช่วงไป ส่งผลให้กบไม่สามารถเติบโตเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้อย่างสมบูรณ์ ในการผลิตสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน การพัฒนาการเลี้ยงสัตว์น้ำเพศเดียวมีบทบาทมากยิ่งขึ้น โดยอาศัยแนวคิดการเพิ่มผลผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโต ปริมาณเนื้อ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนิยมทำกันมากในปลา เช่น นวลมณีและคณะ (2538) ได้ศึกษาการเปลี่ยนเพศปลาสลิดให้เป็นเพศเมียล้วนเนื่องจากเพศเมียจะมีน้ำหนักใหญ่กว่าเพศผู้ 37.2 % เนื่องจากเพศเมียจะมีน้ำหนักใหญ่กว่าเพศผู้ 37.2 % โดยใช้ฮอร์โมน 17 beta Estradiol ผสมอาหาร

ให้ลูกปลากิน และการแช่ในสารละลายฮอร์โมน นอกจากนี้ก็ยังมีการผลิตปลาตะเพียนเพศเมียล้วนโดยเหตุผลเดียวกับปลาสลิด(กรมประมง, 2535) เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบในการแปลงเพศปลานิลให้เป็นเพศเมีย (กรมประมง, 2538) เพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ในการผลิตปลานิล GMT โดยใช้ฮอร์โมน Diethylstibestrol(DES) ให้ลูกปลากิน พบว่า สามารถแปลงเพศได้มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการเปลี่ยนเพศปลาให้เป็นเพศผู้ กรมประมง(2536)ได้ศึกษาพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิลโดยการเปลี่ยนเพศปลานิลให้เป็นเพศผู้ โดยอาศัยแนวคิดว่าปลาเพศผู้จะมีขนาดใหญ่และโตเร็วกว่าเพศเมีย 10 - 30% โดยใช้ฮอร์โมนเพศผู้ (17 Alpha Methyltestosterone) ผสมในอาหารให้ลูกปลากิน 21 – 28 วัน จะทำให้ได้เพศผู้มากกว่า 97% และกำลังมีการพัฒนาวิธีการแช่ ในลูกปลาเพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยเพ็ญพรรณ(2542) แต่ก็ยังไม่สามารถนำมาผลิตแบบมหภาคได้ จากเหตุผลข้างต้นนี้จึงนำแนวคิดมามาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนเพศกบนาให้เป็นกบนาเพศเมียให้มากยิ่งขึ้น โดยประยุกต์ใช้สมุนไพรที่มีสารคล้ายฮอร์โมนเพศเมียจากธรรมชาติเข้ามาใช้เปรียบเทียบกับการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ในแบบเดิม ที่ค่อนข้างมีราคาแพง ทั้งนี้เนื่องจากว่ากบนาเพศเมียมีการเจริญเติบโตดีกว่าเพศผู้ประมาณ 20 – 40% รวมทั้งการสร้างผลิตภัณฑ์การแปรรูปกบให้เหมาะสมความต้องการของตลาดในประเทศมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในแง่พฤติกรรมและลักษณะนิสัยของกบที่เลี้ยงง่าย ใช้เวลาน้อย ลงทุนน้อย ดูแลรักษาง่าย โดยเฉพาะกบนา (Common lowland Frog (*Rana rugulosa*)) ที่ตลาดค่อนข้างจะกว้างกว่ากบบูลฟร็อก ทำให้เกษตรกรที่สนใจพัฒนารูปแบบการเลี้ยงสามารถเลี้ยงได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงในบ่อดินกั้นขอบบ่อ การเลี้ยงในกระชังในบ่อดิน การเลี้ยงในคอก และการเลี้ยงในยางรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีจะให้ผลผลิตที่แตกต่างกันตามกำลังทุนทรัพย์และวัตถุประสงค์ในการเลี้ยง ปัญหาหนึ่งที่พบในการเลี้ยงกบคือ การเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากัน มีขนาดที่แตกต่างกันมาก เวลาเลี้ยงจึงต้องหมั่นคัดขนาดเพื่อป้องกันการกินกันเอง ซึ่งจะส่งผลให้มีอัตราการรอดต่ำ และผลผลิตได้น้อย สาเหตุหนึ่งก็อาจเนื่องมาจาก การได้ลูกพันธุ์กบไปเลี้ยงไม่สามารถทราบเบื้องต้นได้ว่าเป็นลูกกบเพศใดและอัตราส่วนเท่าไร ซึ่งการเจริญเติบโตในธรรมชาติกบเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่ากบเพศผู้ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์

จากเหตุผลนี้การศึกษาการเปลี่ยนเพศกบนาตั้งแต่ขนาดเล็กให้เป็นเพศเมียมากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยให้แก่เกษตรกรมากยิ่งขึ้น เพื่อให้กบมีขนาดใกล้เคียงกัน ลดการกินกันเอง และในปัจจุบันเทคนิคการแปลงเพศส่วนใหญ่ทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก็นิยมทำมากกับปลา มีส่วนน้อยที่ทำกับสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ดังนั้นเทคนิคในการเปลี่ยนเพศจึงมีความจำเป็นมากเพื่อเพิ่มศักยภาพสัตว์น้ำเศรษฐกิจประเภทกบให้ทำรายได้เพิ่มมากขึ้น

จุดประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการเปลี่ยนเพศกบนาให้เป็นเพศเมียตลอดจนต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม
2. เพื่อค้นหาแนวทางที่เหมาะสมในการอนุรักษ์กบนาให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นเพื่อปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและตลาดกบนาให้มากยิ่งขึ้น
2. เป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงการผลิต เพื่อให้ตรงกับความต้องการของ ตลาด

หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
3. สถาบันการศึกษาของรัฐและเอกชน
4. เกษตรกรและบุคคลทั่วไป

แนวทางการดำเนินการวิจัย

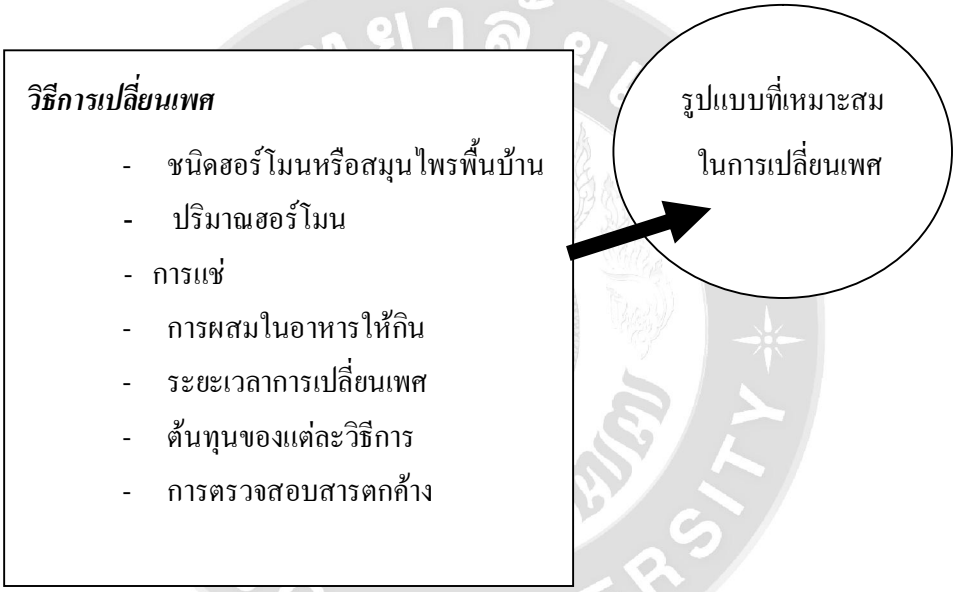
ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sciencetific method) เพื่อศึกษาหารูปแบบที่เหมาะสมในการเปลี่ยนเพศกบ อาทิเช่น ชนิดฮอร์โมน ปริมาณฮอร์โมน

การแช่ การผสมอาหารให้กิน ระยะเวลาหรือวิธีการอื่น ๆ รวมทั้งศึกษาต้นทุน-ผลตอบแทนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้สถิติที่เหมาะสม

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบความคิดในการศึกษา

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) **ตัวแปรตาม (Dependent Variables)**



อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

ออกแบบการทดลองแบบ (Sciencetific methods)

การทดลองที่ 1 ใช้ฮอร์โมน E2(Estradiol 17 beta) ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม./ลิตร.แช่ในขณะที่เป็นลูกอ๊อดอย่างละ 10 ตัว นาน 3 วัน และเลี้ยงต่อจนกลายเป็นกบอายุครบ 10 เดือน (ภาพที่ 1)

การทดลองที่ 2 ใช้สมุนไพรกวาวเครือขาว ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม./ลิตร.แช่ในขณะที่เป็นลูกอ๊อดอย่างละ 10 ตัว นาน 3 วัน และเลี้ยงต่อจนกลายเป็นกบอายุครบ 10 เดือน

การทดลองที่ 3 ใช้ฮอร์โมน DES ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม./ลิตร. แช่ในขณะที่เป็นลูกอ๊อดอย่างละ 10 ตัว นาน 3 วัน และเลี้ยงต่อจนกลายเป็นกบอายุครบ 10 เดือน

การทดลองที่ 4 ใช้ฮอร์โมน E2(Estradiol 17 beta) ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม./ลิตร.ผสมในอาหารให้ลูกกบที่เริ่มกินอาหารเม็ดเป็นระยะเวลา 30 วัน อย่างละ 10 ตัว และเลี้ยงต่อจนกลายเป็นกบอายุครบ 10 เดือน

การทดลองที่ 5 ใช้สมุนไพรกวาวเครือขาว ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม./ลิตร. ผสมในอาหารให้ลูกกบที่เริ่มกินอาหารเม็ดแล้วเป็นระยะเวลา 30 วันอย่างละ 10 ตัว และเลี้ยงต่อจนกลายเป็นกบอายุครบ 10 เดือน

การทดลองที่ 6 ใช้ฮอร์โมน DES ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม./ลิตร. ผสมในอาหารให้ลูกกบที่เริ่มกินอาหารเม็ดแล้วเป็นระยะเวลา 30 วันอย่างละ 10 ตัว และเลี้ยงต่อจนกลายเป็นกบอายุครบ 10 เดือน



ภาพที่ 1 กบนาตัวเต็มวัย อายุ 10 เดือน

การตรวจสอบเพศ โดยวิธีการตรวจสอบลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด ตามวิธีของผุสดี และคณะ (2532) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การตรวจสอบเพศกบนาอายุ 10 เดือนเพศผู้จะต่างจากเพศเมียที่บริเวณรอยหยักสีดำใต้คาง

วิเคราะห์ข้อมูล ไคสแควร์(Chi-Squares) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 15.0

สถานที่ทำการทดลอง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 บ่อคอนกรีตทดลองเลี้ยงกบนาคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองโดยการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ Estradiol 17 beta (E2) จำนวน 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ แช่ตัวอ่อนลูกกบนาในขณะที่ยังเป็นตัวลูกอ๊อดนาน 3 วัน หลังจากนั้นจึงเลี้ยงต่อในภาวะปกติต่อไปอีกนาน 10 เดือน ผลการทดลองปรากฏผล การแสดงเพศเมีย(Females)ในเดือนที่ 10 เรียงเปอร์เซ็นต์ตามลำดับจากมากไปสู่น้อย ดังนี้คือ 80%, 30% และ 0% ตามลำดับ โดยเป็นไปในแนวทางเปอร์เซ็นต์การเป็นเพศเมียที่ลดลงตามความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ E2 ที่ใช้ในการทดลองนี้ (ตารางที่ 1) นั้นหมายถึงว่า การแช่ลูกอ๊อดกบนาในฮอร์โมน E2 ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L นาน 3 วัน มี

ความสัมพันธ์ต่อการแสดงเพศเมียของกบนามากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย (P<0.05) (ตารางที่ 2) จากผลการทดลองครั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ปริมาณฮอร์โมนสังเคราะห์ E2 ในปริมาณที่น้อยที่สุดของการทดลองให้ผลการเป็นเพศเมียของกบนาเมื่ออายุครบ 10 เดือนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลข(a)ในตารางที่ 2 พบมีจำนวนช่องมากถึงร้อยละ 50 ที่เป็นค่าคาดหวังตามทฤษฎี ซึ่งมีจำนวนมากเกินร้อยละ 20 ดังนั้น การอ่านค่า Chi-Square ครั้งนี้อาจจะคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไปคือ จะต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างกบนาที่ใช้ในการทดลองให้มีจำนวนมากกว่า 30 ตัว ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 1

			Hormones			Total
			12.5 µg/L	25 µg/L	50 µg/L	
(Sexual)	Male	Count	2	7	10	19
		% within Hormones	20.0%	70.0%	100.0%	63.3%
(Sexual)	**Female**	**Count**	**8**	**3**	**0**	**11**
		% within Hormones	**80.0%**	**30.0%**	**0%**	**36.7%**
Total		Count	10	10	10	30
		% within Hormones	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ตารางที่ 2 ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 1

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square	14.067[a]	2	**0.001**
Likelihood Ratio	17.204	2	0.000
Linear-by-Linear Association	13.321	1	0.000
N of Valid Cases	30		

(a.) 3 cells (50%) have expected count less than 5, The minimum expected count is 3.67

การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองโดยการใช้ฮอร์โมนสกัดจากสมุนไพรธรรมชาติกวาวเครือขาว จำนวน 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ แช่ตัวอ่อนลูกกบนาในขณะที่ยังเป็นตัวลูก อ๊อดนาน 3 วัน หลังจากนั้นจึงเลี้ยงต่อในภาวะปกติต่อไปอีกนาน 10 เดือน ผลการทดลองปรากฏผล การแสดงเพศเมีย(Females)ในเดือนที่ 10 เรียงเปอร์เซ็นต์ตามลำดับจากมากไปสู่น้อย ดังนี้คือ 50%, 40% และ 40% ตามลำดับ โดยเป็นไปในแนวทางเปอร์เซ็นต์การเป็นเพศเมียที่ลดลงตามความเข้มข้นของฮอร์โมนสกัดกาวเครือขาวที่ใช้ในการทดลองนี้ (ตารางที่ 3) นั้นหมายถึงว่า การแช่ลูกอ๊อดกบนาในฮอร์โมนสกัดฯ ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L นาน 3 วัน มีความสัมพันธ์ต่อการแสดงเพศเมียของกบนาจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย (P>0.05)

(ตารางที่ 4) จากผลการทดลองครั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ปริมาณฮอร์โมนสกัดฯ ในปริมาณที่น้อยที่สุดของการทดลองให้ผลการเป็นเพศเมียของกบนาเมื่ออายุครบ 10 เดือนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลข(a)ในตารางที่ 4 พบมีจำนวนช่องมากถึงร้อยละ 50 ที่เป็นค่าคาดหวังตามทฤษฎี ซึ่งมีจำนวนมากเกินร้อยละ 20 ดังนั้น การอ่านค่า Chi-Square ครั้งนี้อาจจะคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไปคือ จะต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างกบนาที่ใช้ในการทดลองให้มีจำนวนมากกว่า 30 ตัว ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

ตารางที่ 3 แสดงร้อยละของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 2

		Hormones			Total
		12.5 µg/L	25 µg/L	50 µg/L	
(Sexual) Male	Count	5	6	6	17
	% within Hormones	50.0%	60.0%	60.0%	56.7%
(Sexual) Female	**Count**	**5**	**4**	**4**	**13**
	% within Hormones	**50.0%**	**40.0%**	**40.0%**	**43.3%**
Total	Count	10	10	10	30
	% within Hormones	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ตารางที่ 4 ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 2

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square	0.271[a]	2	**0.873**
Likelihood Ratio	0.270	2	0.873
Linear-by-Linear Association	0.197	1	0.657
N of Valid Cases	30		

(a.) 3 cells (50%) have expected count less than 5, The minimum expected count is 4.33

การทดลองที่ 3 เป็นการทดลองโดยการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ Diethyl Stilbestrol (DES) จำนวน 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ แช่ตัวอ่อนลูกกบนาในขณะที่ยังเป็นตัวลูก อ๊อดนาน 3 วัน หลังจากนั้นจึงเลี้ยงต่อในภาวะปกติต่อไปอีกนาน 10 เดือน ผลการทดลองปรากฏผลการแสดงเพศเมีย(Females)ในเดือนที่ 10 ดังนี้คือ 40%, 20% และ 40% ตามลำดับ (ตารางที่ 5) นั้นหมายถึงว่า การแช่

ลูกอ๊อดกบนาในฮอร์โมนสังเคราะห์ฯ ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L และ 50 µg/L นาน 3 วัน มีความสัมพันธ์ต่อการแสดงเพศเมียของกบนาจำนวน 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($P<0.05$) (ตารางที่ 6) ในขณะที่การแช่ฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้น 25 µg/L กลับพบเปอร์เซ็นต์การแสดงเพศเมียออกมาน้อยที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้ออกมาเช่นนี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยได้สร้างความแปลกใจให้แก่คณะผู้วิจัย เพราะไม่ทราบด้วยเหตุอะไรที่การแสดงผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยจึงเกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลข (a)ในตารางที่ 6 พบมีจำนวนช่องมากถึงร้อยละ 50 ที่เป็นค่าคาดหวังตามทฤษฎี ซึ่งมีจำนวนมากเกินร้อยละ 20 ดังนั้น การอ่านค่า Chi-Square ครั้งนี้อาจจะคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไปคือ จะต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างกบนาที่ใช้ในการทดลองให้มีจำนวนมากกว่า 30 ตัว ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

ตารางที่ 5 แสดงร้อยละของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 3

		Hormones			Total
		12.5 µg/L	25 µg/L	50 µg/L	
(Sexual) Male	Count	6	8	6	20
	% within Hormones	60.0%	80.0%	60.0%	66.7%
(Sexual) Female	**Count**	**4**	**2**	**4**	**10**
	% within Hormones	**40.0%**	**20.0%**	**40.0%**	**33.3%**
Total	Count	10	10	10	30
	% within Hormones	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ตารางที่ 6 ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 3

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square	1.200[a]	2	**0.549**
Likelihood Ratio	1.262	2	0.532
Linear-by-Linear Association	0.000	1	1.000
N of Valid Cases	30		

(a.) 3 cells (50%) have expected count less than 5, The minimum expected count is 3.33

การทดลองที่ 4 เป็นการทดลองโดยการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ Estradiol 17 beta (E2) จำนวน 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ ผสมในอาหารให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน หลังจากนั้นจึงเลี้ยงต่อในภาวะปกติต่อไปอีกนาน 10 เดือน ผลการทดลองปรากฏผล การแสดงเพศเมีย(Females)ในเดือนที่ 10 ดังนี้คือ 60%, 20% และ 40% ตามลำดับ (ตารางที่ 7) นั้นหมายถึงว่า การนำฮอร์โมน E2 ผสมในอาหารให้ลูกกบนากิน ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L และ 50 µg/L เท่านั้น นาน 30 วัน มีความสัมพันธ์ต่อการแสดงเพศเมียของกบนาจำนวน 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($P<0.05$) (ตารางที่ 8) ในขณะที่การผสมฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้น 25 µg/L กลับพบเปอร์เซ็นต์การแสดงเพศเมียออกมาน้อยที่สุดเพียง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ออกมาเช่นนี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ได้สร้างความแปลกใจให้แก่คณะผู้วิจัยอีกครั้งหนึ่ง เพราะไม่ทราบด้วยเหตุอะไรที่การแสดงผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยจึงเกิดขึ้นได้ โดยค่าร้อยละการแสดงเพศเมียกบนาไม่แสดงผลออกมาที่ระดับฮอร์โมน 25 µg/L จะเป็นไปได้หรือไม่ที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ 25 µg/L นี้จะมีผลกระทบอะไรบางอย่างต่อระบบสรีระวิทยาภายในของกบนาเป็นกรณีเฉพาะที่พิเศษออกไป ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษาต่อไปเป็นอย่างยิ่ง แต่อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลข(a)ในตารางที่ 8 พบมีจำนวนช่องมากถึงร้อยละ 50 ที่เป็นค่าคาดหวังตามทฤษฎี ซึ่งมีจำนวนมากเกินร้อยละ 20 ดังนั้น การอ่านค่า Chi-

Square ครั้งนี้อาจจะคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไปคือ จะต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างกบนาที่ใช้ในการทดลองให้มีจำนวนมากกว่า 30 ตัว ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

ตารางที่ 7 แสดงร้อยละของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 4

		Hormones			Total
		12.5 µg/L	25 µg/L	50 µg/L	
(Sexual) Male	Count	4	8	6	18
	% within Hormones	40.0%	80.0%	60.0%	60.0%
(Sexual) Female	**Count**	**6**	**2**	**4**	**12**
	% within Hormones	**60.0%**	**20.0%**	**40.0%**	**40.0%**
Total	Count	10	10	10	30
	% within Hormones	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ตารางที่ 8 ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 4

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square	3.333[a]	2	**0.189**
Likelihood Ratio	3.452	2	0.178
Linear-by-Linear Association	0.806	1	0.369
N of Valid Cases	30		

(a.) 3 cells (50%) have expected count less than 5, The minimum expected count is 4.00

การทดลองที่ 5 เป็นการทดลองโดยการใช้ฮอร์โมนสกัดจากสมุนไพรธรรมชาติกวาวเครือขาว จำนวน 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ ผสมในอาหารให้ลูกกบนากินเป็นอาหารนาน 30 วัน หลังจากนั้นจึงเลี้ยงต่อในภาวะปกติต่อไปอีกนาน 10 เดือน ผลการทดลองปรากฏผล การแสดงเพศเมีย(Females)ในเดือนที่ 10 เรียงเปอร์เซ็นต์ตามลำดับจากมากไปสู่น้อย ดังนี้คือ 30%, 20% และ 20% ตามลำดับ โดยเป็นไปในแนวทางเปอร์เซ็นต์การเป็นเพศเมียที่ลดลงตามความเข้มข้นของฮอร์โมนสกัดกาวเครือขาวที่ใช้ผสมในอาหารในการทดลองนี้ (ตารางที่ 9) นั่นหมายถึงว่า การผสมฮอร์โมนสกัดฯ ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L ให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน มีความสัมพันธ์ต่อการแสดงเพศเมียของกบนาจำนวน 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย (P>0.05) (ตารางที่ 10) จากผลการทดลองครั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ปริมาณฮอร์โมนสกัดฯ ในปริมาณที่น้อยที่สุดของการทดลองให้ผลการเป็นเพศเมียของกบนาเมื่ออายุครบ 10 เดือนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลข(a)ในตารางที่ 10 พบมีจำนวนช่องมากถึงร้อยละ 50 ที่เป็นค่าคาดหวังตามทฤษฎี ซึ่งมีจำนวนมากเกินร้อยละ 20 ดังนั้น การอ่านค่า Chi-Square ครั้งนี้อาจจะคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไปคือ จะต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างกบนาที่ใช้ในการทดลองให้มีจำนวนมากกว่า 30 ตัว ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

ตารางที่ 9 แสดงร้อยละของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 5

		Hormones			Total
		12.5 µg/L	25 µg/L	50 µg/L	
(Sexual) Male	Count	7	8	8	23
	% within Hormones	70.0%	80.0%	80.0%	76.7%
(Sexual) Female	**Count**	**3**	**2**	**2**	**7**
	% within Hormones	**30.0%**	**20.0%**	**20.0%**	**23.3%**
Total	Count	10	10	10	30
	% within Hormones	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ตารางที่ 10 ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 5

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square	0.373[a]	2	**0.830**
Likelihood Ratio	0.363	2	0.834
Linear-by-Linear Association	0.270	1	0.603
N of Valid Cases	30		

(a.) 3 cells (50%) have expected count less than 5, The minimum expected count is 2.33

การทดลองที่ 6 เป็นการทดลองโดยการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ Diethyl Stilbestrol (DES) จำนวน 12.5 µg/L, 25 µg/L และ 50 µg/L ตามลำดับ ผสมในอาหารให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน หลังจากนั้นจึงเลี้ยงต่อในภาวะปกติต่อไปอีกนาน 10 เดือน ผลการทดลองปรากฏผล การแสดงเพศเมีย(Females)ในเดือนที่ 10 เรียงเปอร์เซ็นต์

ตามลำดับจากมากไปสู่น้อย ดังนี้คือ 40%, 20% และ 10% ตามลำดับ โดยเป็นไปในแนวทางเปอร์เซ็นต์การเป็นเพศเมียที่ลดลงตามความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ DES ที่มากขึ้นที่ใช้ในการทดลองนี้ (ตารางที่ 11) นั้นหมายถึงว่า การผสมฮอร์โมน DES ในอาหาร ที่ระดับความเข้มข้น 12.5 µg/L ให้ลูกกบนานกินนาน 30 วัน มีความสัมพันธ์ต่อการแสดงเพศเมียของกบนา 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($P<0.05$) (ตารางที่ 12) จากผลการทดลองครั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ปริมาณฮอร์โมนสังเคราะห์ DES ในปริมาณที่น้อยที่สุดของการทดลองให้ผลการเป็นเพศเมียของกบนาเมื่ออายุครบ 10 เดือนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลข(a)ในตารางที่ 12 พบมีจำนวนช่องมากถึงร้อยละ 50 ที่เป็นค่าคาดหวังตามทฤษฎี ซึ่งมีจำนวนมากเกินร้อยละ 20 ดังนั้น การอ่านค่า Chi-Square ครั้งนี้อาจจะคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไปคือ จะต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างกบนาที่ใช้ในการทดลองให้มีจำนวนมากกว่า 30 ตัว ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

ตารางที่ 11 แสดงร้อยละของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 6

		Hormones			Total
		12.5 µg/L	25 µg/L	50 µg/L	
(Sexual) Male	Count	6	8	9	23
	% within Hormones	60.0%	80.0%	90.0%	76.7%
(Sexual) Female	**Count**	**4**	**2**	**1**	**7**
	% within Hormones	**40.0%**	**20.0%**	**10.0%**	**23.3%**
Total	Count	10	10	10	30
	% within Hormones	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ตารางที่ 12 ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพศกบนาในการทดลองที่ 6

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square	2.609[a]	2	**0.271**
Likelihood Ratio	2.626	2	0.269
Linear-by-Linear Association	2.432	1	0.119
N of Valid Cases	30		

(a.) 3 cells (50%) have expected count less than 5, The minimum expected count is 2.33

สรุปผลการศึกษา

1. การแสดงเพศเมียของกบนาอายุ 10 เดือน จากทั้งการแช่ลูกอ๊อดกบนาในฮอร์โมนสังเคราะห์ Estradiol 17 beta(E2) นาน 3 วัน และการผสมฮอร์โมนนี้ลงในอาหารให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน ก่อนเลี้ยงตามปกติต่อไป ให้ผลการแสดงเพศเมียที่มากที่สุดถึง 80 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย Chi-Square ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับทั้งการแช่ในฮอร์โมนสังเคราะห์ Diethyl Stilbestrol(DES) และการผสมฮอร์โมน DES ให้ลูกกบนากิน ซึ่งให้ผลการแสดงเพศเมียเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน
2. ฮอร์โมนสกัดจากสมุนไพรธรรมชาติกวาวเครือขาว ทุกระดับความเข้มข้นและทุกวิธีที่ใช้ทั้งการแช่และการผสมในอาหารให้ลูกกบนา ในการทดลองครั้งนี้ ไม่มีผลใดๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยต่อการแสดงเพศเมียของกบนาอายุ 10 เดือน

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2535. การปรับปรุงพันธุ์ปลาตะเพียนขาว. เอกสารวิชาการกรมประมง 20/2535 กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมประมง. 2536. การเพาะขยายพันธุ์ปลานิล. เอกสารวิชาการกรมประมง 16/2536 กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมประมง. 2538. การผลิตปลานิล GMT. เอกสารวิชาการกรมประมง 10/2538 กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. ผลของกวาวเครือแดงต่ออัตราการเปลี่ยนเพศของปลานิล. Proceeding การประชุมวิชาการประจำปี 2547. ฝ่ายวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นวลมณี พงษ์ธนา สุภัทรา อุไรวรรณ์ และบัญชา ทองมี. 2538. ผลของฮอร์โมน 17 beta estradiol ต่อการเปลี่ยนเพศปลาสลิด. เอกสารวิชาการกรมประมง 02/2538 กรมประมง กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.

ผุสดี ปริยานนท์, สุดสนอง ผาตินาวิน, กัมพล อิศรากูร ณ อยุธยา, นงเยาว์ จันทร์ผ่อง, ธีรวรรณ นุตประพันธ์, วิโรจน์ ดาวฤกษ์ และ พนวสันต์ เอี่ยมจันทร์. 2532. การพัฒนาการเลี้ยงกบในประเทศไทย 2531 : รายงานวิจัยการทำฟาร์มเลี้ยงกบนาแบบครบวงจรในฟาร์มกึ่งถาวร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัชรี สิงห์สม. 2552. การเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยโดยเทคนิคชีววิถี. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 127 น.

เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว. 2542. การผลิตลูกปลานิลเพศผู้โดยวิธีการแช่. เอกสารเผยแพร่ สืบค้นได้ ใน www.kku.ac.th.

อนุวัติ อุปนันไชย, สุพัตร์ ศรีพัฒน์ และพัชรี สิงห์สม. 2548. การเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นที่แตกต่างกัน. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 35 น.

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัยของชุดโครงการตลอด 2 ปี

แผนงานวิจัยกลุ่มที่ 1 : วิจัยและพัฒนาระบบบ่อผลิตสัตว์น้ำแบบปิด (Close system or re-circulated system) เพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าวัสดุท้องถิ่น ประกอบไปด้วย

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (MMOs) สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่จะมีผลต่อการลดความขุ่น ตะกอน ของเสีย และทดสอบประสิทธิภาพวัสดุยึดเกาะชนิดต่างๆ สำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ในระบบบ่อกรองของเสียแบบปิด ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลหรือปลาทับทิมเชิงพาณิชย์แบบชีววิถี

1.1. โครงการย่อยที่ 1 เรื่อง "การใช้เทคนิคชีววิถีในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ มีจุดประสงค์หลักต้องการประยุกต์ใช้เทคนิคชีววิถีที่พึ่งพาความสามารถในการย่อยสลายของเสียต่างๆในบ่อเลี้ยงปลาโดยจุลอินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์และผลิตในทางการค้าได้โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ซึ่งมีชื่อทางการค้าคือ "MMOs" นอกจากนี้ยังต้องการศึกษาชนิดของวัสดุเหลือใช้ราคาถูกที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุยึดเกาะของจุลอินทรีย์ในชั้นกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลาระบบปิดดังกล่าว โดยมีสมมุติฐานที่ว่า หากระบบกรองน้ำมีประสิทธิภาพที่ดีย่อมส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่ดี และคุณภาพน้ำที่ดีย่อมส่งผลต่อสุขภาพและอัตราการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงให้ดีตามไปด้วยเช่นกัน การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 38 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

1.1.1. การใช้จุลินทรีย์สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ สูตร 3 (MMOs) ทั้งในปริมาณ 18.20 และ 36.40 ซีซี / ปริมาตรน้ำในตู้ทดลอง 364 ลิตร / เดือน พบว่าไม่มีผลใดๆทางสถิติวิจัยต่อการปรับสภาพน้ำในบ่อระบบปิดภายในอาคารที่ใช้เลี้ยงลูกปลานิลทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ใดๆเลย แต่เมื่อดูจากแนวโน้มของข้อมูลดิบเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนี้พบว่า การทดลองเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณ 36.40 ซีซี / บ่อ หรือการเพิ่มความถี่การใส่จุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงปลานิล

ระบบปิดภายในอาคาร อาจจะให้ผลบางประการที่ชัดเจนขึ้นมากกว่านี้ได้ ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าปริมาณการใช้จุลินทรีย์ของการวิจัยครั้งนี้ยังใช้ในปริมาณที่น้อยเกินไปสำหรับบ่อกรองระบบปิดของการเลี้ยงปลานิล หนาแน่นเชิงพาณิชย์ในอาคารที่ไม่มีแสงแดดเช่นนี้ การกำหนดปริมาณ 18.20 และ 36.40 ซีซี / ปริมาตรน้ำในตู้ทดลอง 364 ลิตร / เดือน นั้นเป็นการคำนวณตามคู่มือแนะนำการใช้จุลินทรีย์ MMOs เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียทั่วไป ยังไม่เคยมีการวิจัยที่นำจุลินทรีย์สูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ สูตร 3 ดังกล่าวนี้ไปใช้ในระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดมาก่อนเลย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาอีกต่อไป

1.1.2. การใช้วัสดุกรองบางชนิดเช่น ฝาขวดพลาสติคและลูกพลาสติคไบโอบอล ผสมใช้งานร่วมกับการใช้วัสดุมาตรฐานคือหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติค ในระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคาร ไม่แสดงประสิทธิภาพการลดของเสียได้อย่างแตกต่างกันทางสถิติวิจัยกับบ่อควบคุมที่ใช้หินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคเพียงอย่างเดียว ดังนั้น จึงมีข้อน่าสังเกตว่า หากเกษตรกรเลือกที่จะลดต้นทุนค่าวัสดุกรอง โดยการเลือกใช้ฝาขวดพลาสติคซึ่งสามารถเก็บสะสมเองหรือหาซื้อจากร้านรับซื้อของเก่าเหลือทิ้งทั่วไป นำผสมกับหินภูเขาไฟและเส้นใยพลาสติคอาจจะเป็นวิธีที่ดีที่สามารถลดต้นทุนได้ อนึ่ง การทดลองซ้ำโดยเลือกใช้เฉพาะฝาขวดพลาสติคเพียงอย่างเดียวในระบบกรองก็เป็นสิ่งที่ควรศึกษาต่อไป

1.1.3. การทดลองใช้ 30% ผักตบชวาในระบบชีววิถี ที่มีการเติมจุลินทรีย์เท่ากันลงในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดภายในอาคารโรงเรือนที่ไม่มีแสงแดด ส่งผลให้มีปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำเหมาะสมแก่การเลี้ยงปลานิลได้ในจุดที่ไม่ต่ำกว่า 3.60 – 4.02 มิลลิกรัม / ลิตร ตลอดการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเพียง 1.66 – 1.74 มิลลิกรัม / ลิตร ที่พบในบ่อทดลองที่ไม่มีผักตบชวา แต่อย่างไรก็ตามทุกการทดลองในครั้งนี้ พบปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัสและไนโตรเจนสูงเกินกว่า 0.20 และ 0.02 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ไม่เกินมาตรฐานการเลี้ยงปลาน้ำจืดทั่วไป ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล

1.1.4. ผลผลิตของปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบปิด ภายในอาคารโรงเรือนที่ไม่มีแสงแดดในการทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ใช้วัสดุมาตรฐานผสมกับลูกพลาสติคไบโอบอล ได้แสดงผลผลิตออกมาในรูปของน้ำหนักเฉลี่ยปลานิลสดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 59.93** , F = 6.15**) ตามลำดับ ส่วนผลผลิตปลานิลสดที่เลี้ยงในบ่อปิดที่ใช้วัสดุกรองมาตรฐานผสมกับฝาขวดพลาสติคนั้น แสดงผลผลิตออกมาอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย(P>0.05) กับบ่อควบคุมนั้นเป็นข้อมูลที่น่าสนใจ เพราะผลจากการวิจัยตลอด 2 ปีในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ผลทางด้านคุณภาพน้ำที่มาจากระบบกรองทั้งจากวัสดุท้องถิ่นที่มีราคาถูก และวัสดุมาตรฐานที่มีราคาแพง ให้ผลทางด้านคุณภาพน้ำที่ไม่มีความแตกต่างกันเลย แต่ทำไมผลผลิตปลานิลสดจากบ่อระบบปิดที่มีการกรองโดยใช้วัสดุมาตรฐานจึงให้ผลผลิตน้ำหนักปลานิลสดที่โตอ้วนพีดีกว่าบ่อที่ใช้วัสดุท้องถิ่น จึงควรมีการศึกษาอีกต่อไป

1.2. โครงการย่อยที่ 2 เรื่อง "แนวทางการผลิตปลาบู่ขนาด 300-600 กรัมเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ ฉายบุ

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปลาบู่ทรายที่เลี้ยงเชิงพาณิชย์ในบ่อปิดระบบน้ำหมุนเวียน

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 นี้มุ่งเน้นศึกษาด้านอัตราการเจริญเติบโตของปลาบู่ที่เลี้ยงอย่างหนาแน่นในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียนที่สร้างตามรูปแบบทางวิศวกรรมธุรกิจทั่วไป และมีการใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมด้วยบางส่วน การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 103 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

1.2.1. การเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิดที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าที่ระดับความ หนาแน่น 14 ตัว /ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโต ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่นทั้ง 3 ระดับ พบว่าคุณภาพน้ำของถัง

เลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P<0.05$)

1.2.2. ประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางทั้ง 3 ชนิด พบว่าวัสดุกรองตาข่ายกรองแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทและปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีดว่าวัสดุตัวกรองอื่น

1.2.3. สรุปได้ว่าการเลี้ยงปลาบู่ที่ความหนาแน่น 14 ตัว / ตารางเมตร ในบ่อระบบปิดที่มีน้ำหมุนเวียนผ่านระบบกรอง ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโต ในส่วนของวัสดุตัวกลางจะพบว่า วัสดุกรองตาข่ายกรองแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำได้ดีที่สุด

1.3. **โครงการย่อยที่ 3 เรื่อง "แนวทางการใช้ Prebiotic และ Probiotic เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่อเข้าสู่ระบบฟาร์มสัตว์น้ำตามแนวทางเกษตรอินทรีย์"** โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อศึกษาแนวทางการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทั้งกลุ่ม Prebiotics และ Probiotics ในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ เพื่ออาหารปลอดภัยตามแนวเกษตรอินทรีย์

โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้แบคทีเรียในกลุ่ม Prebiotic และ Probiotic ผสมในอาหารตามสูตรผสมต่างๆเลี้ยงปลานิลแปลงเพศเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล ลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคปลา ทั้งนี้โดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติที่แบคทีเรียและจุลอินทรีย์ชนิดที่มีประโยชน์หลายชนิดที่สามารถพบได้ในระบบทางเดินอาหารของปลานิลอยู่แล้ว แบคทีเรียเหล่านี้มีทั้งกลุ่ม Prebiotic และ Probiotic โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้หากสำเร็จจะมีประโยชน์ต่อชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯทางด้านการเลือกชนิดสายพันธุ์ของแบคทีเรียและจุลอินทรีย์ชนิดที่มีประโยชน์ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในระบบกรองน้ำของบ่อผลิตสัตว์น้ำระบบปิดตามแบบชีววิถีนอกเหนือจากการผสมโดยตรงในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำอีกทางหนึ่งด้วย การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 190 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

1.3.1. การเสริม Probiotic และการผสมระหว่าง Prebiotic และ Probiotic ทำให้ปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโต และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันดีขึ้น แตกต่างกับอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.3.2. การเสริม Probiotic และการผสมระหว่าง Prebiotic และ Probiotic ทำให้ปลานิลแปลงเพศมีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

1.3.3. ปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSFO มีต้นทุนสูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รองลงมาเป็นสูตร YSCH แต่ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม YSOO และ CTRL ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นควรเสริม Yeast0.1% (YSOO) ในอาหารเพราะมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

1.4. **โครงการย่อยที่ 4 เรื่อง "การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิด"** โดย อาจารย์กสินธุ์ หังสพฤกษ์

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อเพิ่มศักยภาพของบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามระบบปิดน้ำหมุนเวียน และเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกกุ้งรวมทั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบกรองน้ำแบบปิด

โครงการย่อยนี้มุ่งเน้นการเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามในบ่อระบบปิดที่มีน้ำผสมแร่ธาตุที่จำเป็นแบบหมุนเวียนภายในบ่อ โดยที่บ่อวิจัยนี้มีการสร้างระบบกรองน้ำเทคนิคชีววิถีที่สามารถลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรต์ โดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่าแร่ธาตุหลักบางส่วนที่ใช้เติมลงในน้ำจะเป็นส่วนหนึ่งของการกระตุ้นให้ลูกกุ้งก้ามกรามมีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นรวมทั้งแร่ธาตุเหล่านี้ยังมีส่วนเสริมสร้างจุลอินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ในระบบกรองแบบปิดของบ่อเลี้ยงทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นสามารถลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อลง โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้หากสำเร็จจะเป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะตอบโจทย์การประยุกต์ใช้เทคนิคชีววิถีใน

ระบบกรองแบบปิดได้อีกทางหนึ่ง การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 215 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

1.4.1. ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามโดยใช้น้ำเค็มในระบบไหลเวียนแบบปิดนั้น น้ำเค็มที่เตรียมมาจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมสามารถใช้แทนน้ำทะเลเข้มข้นจาก นาเกลือที่นำมาเจือจาง เพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามได้ โดยมีอัตราการรอดตายของลูกกุ้งร้อยละ 21.26 – 35.00 ส่วนน้ำเค็มที่เตรียมมาจากเกลือสินเธาว์ที่ทำการชดเชยแร่ธาตุแล้วนั้น ไม่เหมาะในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม และระบบการไหลเวียนของน้ำแบบปิดสามารถใช้ในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามได้

1.4.2. ในการอนุบาลลูกกุ้งในระยะที่ 1 จนถึงระยะคว่ำนั้น แมกนีเซียม เป็นแร่ธาตุที่ลูกกุ้งใช้มากที่สุด โดยที่แมกนีเซียมในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลดลง 7.64 mmol/L หรือร้อยละ 33.9 ของปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในน้ำ รองลงมาคือ โซเดียมซึ่งมีการลดลง 43.04 mmol/L หรือร้อยละ 19.9 ของปริมาณโซเดียมในน้ำ และ โพแทสเซียมซึ่งมีการลดลง 0.59 mmol/L หรือร้อยละ 11.6 ของปริมาณโพแทสเซียมในน้ำ ในขณะที่แคลเซียมนั้นมีการลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติมีปริมาณลดลง 0.11 mmol/L หรือร้อยละ 1.9 ของปริมาณแคลเซียมทั้งหมด แต่ปริมาณของคลอไรด์นั้นไม่พบว่ามีการลดลงแต่มีความเข้มข้นมาขึ้นเนื่องจากการระเหย

1.4.3. การชดเชยแร่ธาตุ Mg และ K ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันจะทำให้ได้อัตราการรอดของลูกกุ้งสูงขึ้น

แผนงานวิจัยกลุ่มที่ 2 : วิจัยและพัฒนาระบบบ่อดินการผลิตสัตว์น้ำแบบเปิด(Open system)เพื่ออาหารปลอดภัยและสร้างมูลค่าเพิ่มแก่การใช้วัสดุท้องถิ่น ประกอบไปด้วย

2.1. โครงการวิจัยย่อยที่ 5 เรื่อง "ผลของช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์" โดย อาจารย์ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อศึกษาผลของช่วงเวลาการใส่ปุ๋ยมูลไก่ซึ่งเป็นวัสดุท้องถิ่นราคาถูก โดยใส่ลงในบ่อดินเลี้ยงปลานิลระบบเปิดเชิงพาณิชย์ เพื่อศึกษาผลของช่วงเวลาการใส่ปุ๋ยดังกล่าวต่อปริมาณและชนิดของแพลงก์ตอนพืช ทั้งกลุ่มที่มีประโยชน์และกลุ่มที่เป็นพิษ

โครงการวิจัยย่อยชิ้นนี้มีจุดประสงค์อื่นๆอีกเช่น เพื่อค้นหาคำตอบการเกิดแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่เป็นอาหารของปลานิลและกลุ่มที่เป็นพิษต่อปลานิล(โดยเฉพาะกลุ่มที่ทำให้เนื้อปลานิลเกิดกลิ่นสาปโคลน) จากการใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงในบ่อดินที่เลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยในช่วงปีแรกของการศึกษาจะกำหนดกรอบเวลาใส่ปุ๋ยมูลไก่ไว้ที่ 1 และ 2 สัปดาห์ / ครั้ง ส่วนในช่วงปีที่สองของการศึกษาจะกำหนดกรอบเวลาใส่ปุ๋ยมูลไก่ไว้ที่ 1 และ 2 เดือน / ครั้ง ตามลำดับ โดยใช้หลักเทคนิคชีววิถีที่มูลไก่คือธาตุอาหารตั้งต้นที่จะเป็นแหล่งผลิตแพลงก์ตอนพืชในห่วงโซ่อาหารตามธรรมชาติภายในบ่อดินที่เลี้ยงปลานิล เป็นการใช้อาหารธรรมชาติมาช่วยลดต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงปลาได้อีกทางหนึ่ง งานวิจัยนี้หากสำเร็จจะมีประโยชน์ต่อชุดโครงการฯ ทางด้านระบบการผลิตอาหารที่ปลอดภัยโดยการทราบชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่มีประโยชน์และที่เป็นพิษ อีกทั้งยังมุ่งเน้นการใช้มูลไก่ที่เป็นวัสดุหาง่ายในท้องถิ่นนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยเทคนิคการกำหนดกรอบเวลากระตุ้นให้เกิดแพลงก์ตอนพืชชนิดที่มีประโยชน์ ควบคู่ไปกับการควบคุมชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดที่เป็นพิษและชนิดที่สร้างกลิ่นสาปโคลนในเนื้อปลานิลไปพร้อมๆกัน การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 304 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

2.1.1. การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิลในบ่อ เพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ

2.1.2. การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ภายหลังเริ่ม

ปล่อยปลานิลในเดือนเมษายน และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าโดยภาพรวมประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด และมีค่าต่ำสุดในบ่อที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และหากพิจารณาระหว่างบ่อที่ 2 และ 3 พบว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการเติบโตดีกว่าปลานิลในบ่อ ที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน และหากเปรียบเทียบระหว่างช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน (บ่อที่ 2) กับอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน (บ่อที่ 3) พบว่าช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ย มูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 1 เดือน จะส่งเสริมเกื้อกูลให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าน้ำในบ่อที่เว้นช่วงระยะเวลาที่ใช้ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 40 กก./ไร่/ 2 เดือน แต่จะต้องระมัดระวังหรือเฝ้าติดตามในการใช้ช่วงระยะเวลาที่เว้นช่วงในการใช้ปุ๋ยมูลไก่นี้ด้วย

2.1.3. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลแต่ละบ่อ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด โดยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อที่ 2 พบมากที่สุด คือ มีจำนวนชนิดเฉลี่ย เท่ากับ 23.86 ± 1.71ชนิด และมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 390.95 ± 69.35 เซลล์/มิลลิลิตร โดยแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Euglenophyta ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp. และ *Trachelomonas* sp.

ดังนั้นโดยสรุปเมื่อพิจารณาผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมด (การทดลองที่ 1 และ 2) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ร่วมกับมีการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/ 2 สัปดาห์ มีความเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงปลานิล และ หากใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงไปเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องจนมีปริมาณธาตุอาหารมากเกินระบบสมดุลของบ่อ ให้เว้นช่วงระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ เป็นอัตรา40 กก./ไร่/ 1 เดือน เพื่อให้ปลานิลยังคงมีประสิทธิภาพการเติบโตและผลผลิตที่ดีต่อไป ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการพัฒนาระบบการเลี้ยง ปลานิลเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์โดยการสร้างอาหารธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจ

ตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนาผลผลิตทางการประมงเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

2.2. **โครงการวิจัยย่อยที่ 6 เรื่อง "การลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในปลานิลที่เลี้ยงโดยระบบผสมผสาน(ชีววิถี)ด้วยการจัดการด้านอาหาร"** โดย รองศาสตราจารย์ ดร. นิวุติ หวังชัย

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อศึกษาผลของเทคนิคการให้อาหารต่อการสะสมสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินเชิงพาณิชย์

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นทำอย่างไรจึงจะสามารถลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินตามระบบชีววิถีได้ โดยพยายามใช้เทคนิคการใช้อาหารสำเร็จรูปที่ต่างชนิดกันให้ปลานิลกินนาน 30 วันก่อนจับออกมาขาย เพื่อศึกษาว่าปริมาณการสะสมสารพิษฯดังกล่าวในเนื้อปลานิลจะมีผลแตกต่างกันหรือไม่กับกลุ่มปลานิลที่หยุดให้อาหารเม็ดอย่างสิ้นเชิงนาน 30 วันก่อนจับขาย ทั้งนี้โดยมีสมมุติฐานว่า การได้รับสารพิษไมโครซิสตินเหล่านี้น่าจะได้รับจากการกินเข้าไปทางอาหารของปลานิลเป็นหลัก ดังนั้นประเภทของอาหารที่ใช้ก่อนจับปลา 30 วันน่าจะมีผลต่อการลดการสะสมปริมาณสารพิษฯได้ดีกว่ากลุ่มปลาที่ปล่อยให้หากินแพลงก์ตอนพืชโดยตรงนาน 30 วันก่อนจับออกขาย งานวิจัยนี้หากค้นพบความจริงที่เป็นประโยชน์ต่อการลดปริมาณสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลานิลได้ จะเป็นประโยชน์ต่อชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯ ทางด้านอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 336 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

2.2.1. จากการศึกษาสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลาโดยวิธีการจัดการด้านอาหาร โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 210 วัน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแบบผสมผสานโดยไม่ให้อาหาร (control, T1) ส่วนหน่วยการทดลองที่ 2 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินพืชตลอดการเลี้ยง (T2) และหน่วยการทดลองที่ 3 เลี้ยงแบบผสมผสานและเสริมอาหารเม็ดปลากินเนื้อ 30

วันก่อนจับขาย (T3) ไม่พบการปนเปื้อนของสารพิษไมโครซิสตินในเนื้อปลาทุกหน่วยการทดลอง

2.2.2. จากการศึกษาสารพิษไมโครซิสตินที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างเนื้อปลามีการปนเปื้อนสารพิษไมโครซิสตินชนิด microcystin-LR จำนวน 2 ตัวอย่าง (20 %) โดยเนื้อปลามีปริมาณสารพิษไมโครซิสตินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.92±1.36 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-5.64 (0.00-5.64) ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง

แผนงานวิจัยกลุ่มที่ 3 : วิจัยและพัฒนาระบบการผลิตโดยการปรับปรุงพันธุ์และเปลี่ยนเพศสัตว์น้ำเศรษฐกิจเพื่ออาหารปลอดภัย ประกอบไปด้วย

3.1. โครงการย่อยที่ 7 เรื่อง "ลักษณะการเจริญเติบโตและพันธุกรรมปลาหนังลูกผสมสายพันธุ์ใหม่เพื่อการเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการส่งออก"โดย รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ แม่งอำพัน

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อผลิตลูกปลาสายเลือดผสมระหว่างปลาเผาะและปลาสวาย เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในอนาคต

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ปลาหนังลูกผสมระหว่างปลาเผาะเพศผู้และปลาสวายเพศเมีย โดยต้องการลูกปลาผสมที่มีคุณภาพเนื้อที่ดีเช่นมีสีขาวและมีน้ำหนักเนื้อแน่นได้คุณภาพตามความต้องการของตลาดต่างประเทศในขณะนี้ โดยการวิจัยจะพยายามใช้สารเคมีและฮอร์โมนบางชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของปลาทั้งสองชนิดที่จะใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เท่าที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น เพื่อมุ่งหวังให้เกิดการผสมพันธุ์แบบข้ามสายพันธุ์ในการวิจัย โดยไม่สามารถรอให้เกิดการผสมข้ามสายพันธุ์ตามธรรมชาติได้ หวังผลไปยังลูกผสมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หากงานวิจัยนี้สำเร็จจะเป็นการสร้างลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่คาดว่าคุณภาพเนื้อจะตรงตามความต้องการของตลาด และหากลูกผสมดังกล่าวนี้สามารถสืบพันธุ์เองตามธรรมชาติได้ด้วย

นั้นจะเป็นการสร้างอาหารชนิดใหม่ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคในอนาคตต่อไป การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 370 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

4.1.1. อัตราการเจริญเติบโต และการเจริญพันธุ์ของปลาบึก อายุ 6 ปี ปลาเผาะและปลาสวาย อายุ 2 ปี ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10 เปอร์เซ็นต์ 6% และ 3 % ตามลำดับเลี้ยงนาน 10 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการผสมสาหร่ายมีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยสูงกว่า โดยเฉพาะในปลาเผาะเพศผู้ที่เลี้ยงสาหร่าย 3 % มีน้ำเพิ่มขึ้นสูงสุด นอกจากนี้ในปลาเผาะและปลาสวายเพศเมียมีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาเพศผู้ ส่วนการเจริญพันธุ์พบว่าในหน่วยการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 3% 6% และ10% ในขณะที่พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยไม่ผสมสาหร่ายไม่พบการเจริญพันธุ์หรือพบน้อยกว่า

4.1.2. การเจริญเติบโตของสายพันธุ์ปลาลูกผสม (ปลาบึก-ปลายสวาย และ ปลาเผาะ-ปลาบึก) ในกระชัง มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการรอด ดีกว่าและแตกต่างทางสถิติ ($P< 0.05$) กับสายพันธุ์ ปลาบึก และ ปลาสวาย และปลาลูกผสมที่เลี้ยงกระชัง มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในตู้กระจก

4.1.3. ผลของการศึกษาสามารถบอกได้ว่า ปลาบึก สวาย เผาะ และลูกผสม ยังมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้กันซึ่งในอนาคตสามารถใช้เครื่องหมายพันธุกรรม AFLP ในการศึกษา เรื่องที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม การทำแผนที่ยีน การศึกษาลักษณะการถ่ายทอดการเชื่อมโยงลักษณะต่างกับยีนที่เกี่ยวข้อง และที่จำเป็นควรมีระบบการปรับปรุงพันธุ์ปลาบึก สวาย และ เผาะ ในประเทศที่ดี คือ การปรับปรุงพันธุ์แบบวงจร (Recurrent Selection) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) คัดเลือกพ่อแม่ที่ดีเด่น จับคู่ผสมแบบต่างๆ เช่น Fullsib, Halfsib 2) ทดสอบรุ่นลูก (progeny test) ในบ่อดินเพื่อเลือกคู่พ่อแม่ที่ดีที่สุด 3) นำ

พ่อแม่ที่ให้ลูกที่ดีมาผสมแบบหมู่พบกันหมด (recombination) เพื่อสร้างประชากรชุดใหม่เพื่อการผสมพันธุ์ ทำเช่นนี้หลายๆ รอบจนได้ปลาบึก สวาย และ เผาะ ที่มีความเจริญเติบโตดีและมีอัตราการเจริญเติบโตสม่ำเสมอ แต่ยังคงรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรเอาไว้ได้ คือ สามารถที่จะเพาะขยายพันธุ์แล้วคงลักษณะที่ดีไว้อย่างสม่ำเสมอ

4.1.4. สายพันธุ์ปลาบึก ปลาสวาย ปลาเผาะ และลูกผสมมีศักยภาพสูงที่จะสามารถพัฒนาต่อให้เป็นปลาเศรษฐ์กิจตัวใหม่ได้หากได้นำลักษณะที่ดีมารวมกันและควรทำการศึกษาเพิ่มเติม เช่นควรวิเคราะห์คุณค่าอาหาร เช่น วิตามิน กรดไขมัน ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮอร์โมน และการเจริญพันธุ์ในแต่ละสูตรอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตลูกปลา ตลอดจนเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเชิงพาณิชย์จนถึงขนาดตลาด และลักษณะของสายพันธุ์ปลาทั้ง 4 ชนิด เช่น ลักษณะของเนื้อปลาและสี สัดส่วนของเนื้อกับซาก ตลอดการยอมรับของผู้บริโภค

3.2. โครงการย่อยที่ 8 เรื่อง "รูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาการเปลี่ยนเพศกบนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารปลอดภัย" โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และนายอานุภาพ วรรณคนาพล

จุดประสงค์หลักของชุดโครงการวิจัย คือ เพื่อผลิตกบนาเพศเมียให้เป็นอาหารปลอดภัยในอนาคต

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาหาแนวทางการผลิตกบนาเพศเมียให้ได้มากที่สุด เนื่องจากกบนาเพศเมียมีการเจริญเติบโตรวดเร็วกว่ากบนาเพศผู้มากถึง 20-40% แนวทางการศึกษาระบบการเปลี่ยนเพศกบนาโดยเลือกใช้สารเคมีและฮอร์โมนเฉพาะชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อผู้บริโภคจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ควรศึกษา หากงานวิจัยนี้สำเร็จจะเป็นประโยชน์ต่อชุดโครงการวิจัยและพัฒนาฯทางด้านอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยมุ่งหวังว่ากบนาเพศเมียที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้หากสามารถสืบพันธุ์ได้เองในอนาคตและมีลูกกบนาเพศเมียที่

เกิดขึ้นในอัตราส่วนที่มากกว่าเพศผู้แล้วนั้น จะเป็นประโยชน์ทางด้านพันธุกรรมกบนาที่ตรงกับความต้องการของตลาดผู้บริโภคด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะเป็นการลดการใช้สารเคมีเพื่อเปลี่ยนเพศกบนาในอนาคตได้ การวิจารณ์ผลงานวิจัยย่อยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ที่หน้า 393 ส่วนสรุปแสดงได้ดังนี้

3.2.1. การแสดงเพศเมียของกบนาอายุ 10 เดือน จากทั้งการแช่ลูกอ๊อดกบนาในฮอร์โมนสังเคราะห์ Estradiol 17 beta(E2) นาน 3 วัน และการผสมฮอร์โมนนี้ลงในอาหารให้ลูกกบนากินนาน 30 วัน ก่อนเลี้ยงตามปกติต่อไป ให้ผลการแสดงเพศเมียที่มากที่สุดถึง 80 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย Chi-Square ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับทั้งการแช่ในฮอร์โมนสังเคราะห์ Diethyl Stilbestrol(DES) และการผสมฮอร์โมน DES ให้ลูกกบนากิน ซึ่งให้ผลการแสดงเพศเมียเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

3.2.2. ฮอร์โมนสกัดจากสมุนไพรธรรมชาติกวาวเครือขาว ทุกระดับความเข้มข้น และทุกวิธีที่ใช้ทั้งการแช่และการผสมในอาหารให้ลูกกบนา ในการทดลองครั้งนี้ ไม่มีผลใดๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยต่อการแสดงเพศเมียของกบนาอายุ 10 เดือน