



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง

การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก
[*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็น
มิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Use of the “*Biological - Ways – of - Life*” System for Earth-Musty Odors
Reducing in the Catfish, *Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758), Fillet for
Food Safety and Environmental Friendly

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : ระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อ
อาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ

โดย

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2557



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Use of the “*Biological - Ways – of - Life*” System for Earth-Musty Odors Reducing in the Catfish, *Clarias gariepinus* (Linnaeus,1758), Fillet for Food Safety and Environmental Friendly

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : ระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2556

จำนวน 249,810 บาท

หัวหน้าโครงการ บัญญัติ มนเทียรอาสน์

ผู้ร่วมโครงการ พิมพร มนเทียรอาสน์

ขจรเกียรติ ศรีนวลสม

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2556

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการ
การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ(วช.)ที่ได้อนุเคราะห์ตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ต่อการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณ
นักศึกษาระดับปริญญาตรี ทั้งที่สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีการประมงและ
ทรัพยากรทางน้ำ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยขึ้นนี้
จนสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี ความสำเร็จของงานวิจัยขึ้นนี้ มิใช่เพียงแค่ประโยชน์ที่ได้ทางวิชาการ
เท่านั้น แต่คือความสำเร็จที่ได้มาจากการร่วมมือร่วมใจกัน ของคนทุกภาคส่วน ที่มาทำงานร่วมกัน
ในครั้งนี้ และอีกหลายๆครั้งในโอกาสต่อไปอีกด้วย

คณะผู้ทำการวิจัย



สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	2
วัตถุประสงค์	4
ขอบเขตการทำวิจัย	4
ตรวจเอกสาร	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
วิธีดำเนินการวิจัย	10
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	13
สรุปผลการศึกษา	23
เอกสารอ้างอิง	24

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนทั้งชนิด Geosmin และ 2-Methyl lisoborneol ที่ตรวจพบและตรวจไม่พบ ในแต่ละกลุ่มทดลอง	14
ตารางที่ 2 น้ำหนักปลาตู้ที่เพิ่มขึ้นในการทดลองช่วงแรก 4 เดือน	15
ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความแตกต่างของ นน.ปลาตู้ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต ระหว่างสามกลุ่มทดลอง	15
ตารางที่ 4 ความยาวเฉลี่ยของปลาตู้ที่เพิ่มขึ้นในการทดลองช่วงแรก 4 เดือน	16
ตารางที่ 5 ปริมาณเฉลี่ยไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$)ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ บ่อคอนกรีต	17
ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ บ่อคอนกรีต	17
ตารางที่ 7 ปริมาณเฉลี่ยไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_2\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ บ่อคอนกรีต	18
ตารางที่ 8 ปริมาณเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจน($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ บ่อคอนกรีต	18
ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)ระหว่างกลุ่มทดลองเลี้ยงปลาตู้ บ่อคอนกรีต	19
ตารางที่ 10 ปริมาณออร์โธฟอสเฟส($\text{PO}_4\text{-P}$) ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ บ่อคอนกรีต	19
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบส(pH) ของน้ำเลี้ยงปลาตู้ ในบ่อคอนกรีต	20
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาตู้	21
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาตู้ ระบบธรรมชาติและระบบชีววิถีผักตบชวา	22

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 บ่อคอนกรีตขนาดเล็กที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 9 บ่อ	13
ภาพที่ 2 แสดงการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของปลาดุกที่เพิ่มขึ้นในการทดลอง	15
ภาพที่ 3 แสดงการเจริญเติบโตด้านความยาวของปลาดุกที่เพิ่มขึ้นในการทดลอง	16
ภาพที่ 4 แสดงปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$)ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต	17
ภาพที่ 5 แสดงปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$)ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต	18
ภาพที่ 6 แสดงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน($\text{NH}_3\text{-N}$)ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต	19
ภาพที่ 7 แสดงปริมาณออร์โธฟอสเฟส($\text{PO}_4\text{-P}$)ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต	20
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต	21
ภาพที่ 9 แสดงปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO)ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุก	22
ภาพที่ 10 อุณหภูมิในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกระบบธรรมชาติและระบบชีววิถีผักตบชวา	23

การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus*(Linnaeus,1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
Use of the “Biological-Ways-of-Life” system for Earthy-Musty Odors Reducing in the Cat fish, *Clarias gariepinus*(Linnaeus,1758), Fillet for Food Safety and Environmental Friendly

บัญญัติ มนเทียรอาสน์¹ พิมพร มนเทียรอาสน์² และ ขจรเกียรติ ศรีนวลสม¹
Bunyat Montien-Art¹ Pimporn Montien-Art² and Khajornkiat Srinuansom¹

¹ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนี้ ทำการศึกษานาน 12 เดือน ระหว่างมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2556 โดยใช้บ่อคอนกรีตขนาดเล็กของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 9 ซ้ำ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 บ่อคอนกรีตไม่ใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา(บ่อควบคุม) กลุ่มที่ 2 บ่อคอนกรีตใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 บ่อคอนกรีตใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่า บ่อคอนกรีตที่ใช้เทคนิคชีววิถีทั้งสองกลุ่ม ไม่สามารถตรวจพบสารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิด แต่บ่อคอนกรีตที่ไม่ใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา พบปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนชนิด Geosmin เฉลี่ยระหว่าง 42.85 – 47.23 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และ 2-Methyl isoborneol เฉลี่ยระหว่าง 0.781 – 0.915 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : Geosmin, 2-Methyl isoborneol, ปลาดุก, คุณภาพน้ำ, เทคนิคชีววิถี, บ่อคอนกรีต

Abstract

Use of the “Biological-Ways-of-Life” system(BWL) for earthy-musty odors reducing in the catfish , *Clarias gariepinus* (Linnaeus,1958), fillet for food safety and environmental friendly was conducted 12 months between January and December 2013 at the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resource, Maejo University. The study was divided in 3 treatments and 9 replications ; Treatment 1 (control) was designed by without the BWL system, Treatment 2 was designed by the BWL system of 30 percentages of water hyacinth, and Treatment 3 was also designed by the BWL system of 50 percentages of water hyacinth, respectively. Result showed that both of the 2 treatments of BWL system were not detected geosmin and 2-methyl isoborneol. In contrast to Treatment 1, which showed both of geosmin (42.85 – 47.23 microgram per kilogram) and 2-methyl isoborneol concentrations (0.781 – 0.915 microgram per kilogram), respectively.

Keywords : Geosmin, 2-Methyl isoborneol ,Catfish, Water quality, Biological-Ways-of-Life system, Concrete pond

คำนำ

ปัญหาเร่งด่วนของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาดุกในปัจจุบันนี้คือ (1) ปัญหาเรื่องการผลิตปลาดุกเพื่อให้ได้มาตรฐานอาหารปลอดภัยและเนื้อปลามีกลิ่นสาบโคลนน้อยที่สุด (2) ปัญหาราคาปลาดุกผลิตในมาตรฐานอาหารปลอดภัยแต่ขายในราคาแพงมากกว่าราคาปลาดุกที่เลี้ยงทั่วไป รวมทั้ง (3) ปัญหาน้ำเสียที่บ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ทั่วไปปล่อยทิ้งออกสู่ชุมชนข้างเคียงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ในกรณีปัญหาปลาดุกที่เลี้ยงเพื่อให้ได้คุณภาพมาตรฐานอาหารปลอดภัยและเนื้อปลามีกลิ่นสาบโคลนน้อยที่สุดหรือไม่มีกลิ่นเลยนั้น ปัจจุบันเป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภคปลาดุก โดยเฉพาะกลุ่มผู้นิยมบริโภคปลาดุกย่าง ปลาดุกรมควัน และแกงปลาดุกประเภทต่างๆตามร้านอาหารประเภทจานด่วนและร้านอาหารทั่วไปที่จำหน่ายแบบบรรจุถุงพลาสติกติดน้ำกลับไปบริโภคที่บ้าน ซึ่งปัจจุบันสังคมเมืองได้เปลี่ยนรูปแบบการใช้ชีวิตที่เคยมีเวลาปรุงอาหารเองในครัวเรือน มาเป็นวิถีชีวิตซื้อกินอาหารจานด่วนนอกบ้านมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การเลี้ยงปลาดุกแบบหนาแน่นเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตปลาดุกเป็นอาหารปลอดภัยและมีกลิ่นสาบโคลน

ในเนื้อปลาน้อยหรือไม่มีกลิ่นเลยนั้นจึงเป็นที่ต้องการของร้านอาหารจานด่วน เพราะอาหารจานด่วนนี้ต้องปรุงสำเร็จก่อนลูกค้าสั่งซื้อ การทิ้งอาหารจานด่วนที่ปรุงเสร็จรอจำหน่ายนาน จะยิ่งเพิ่มกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาได้ การผลิตปลาดุกเนื้อมีกลิ่นสะอาदनั้น เกษตรกรจำเป็นต้องพยายามดูแลในเรื่องชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุกและต้องรักษาสุขภาพปลาดุกโดยการพยายามรักษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อลดโอกาสการเกิดแบคทีเรียบางกลุ่มที่ทำให้เนื้อปลามีกลิ่นสาบโคลนและลดการเกิดแพลงก์ตอนพืชบางชนิดเช่น *Oscillatoria*

simplicissima, *O. curviceps*, *O. tenuis* และ *Anabaena scheremetievi* ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ น้ำและเนื้อปลามีกลิ่นสาบโคลนชนิด Geosmin และ 2-methylisoborneol (George et al.,1982) อีกทั้งน้ำที่สะอาดยังช่วยลดการเกิดแผลและโรคสัตว์น้ำขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนการใช้สารเคมีและยารักษาโรคได้โดยตรง อีกทั้งยังสนับสนุนแนวทางการผลิตปลาดุกแบบอาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการวิจัยขึ้นนี้ที่มุ่งหวังการนำระบบชีววิถีโดยการใช้ผักตบชวา มาช่วยดูดซับของเสียในน้ำและช่วยควบคุมปริมาณแสงสว่างที่ส่องลงสู่ผิวน้ำตามวิธีแห่งระบบชีววิถีธรรมชาติในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อลดโอกาสการชักนำให้เกิดแพลงก์ตอนพืชชนิดที่ทำให้เกิดกลิ่นสาบโคลนข้างต้น ให้มีปริมาณอยู่ในระดับพอสมควรหรือมีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการใช้ผักตบชวapakคลุมผิวน้ำของบ่อเลี้ยงปลาดุกในปริมาณความหนาแน่นต่างกันร่วมกับปลาดุกในบ่อเลี้ยงคอนกรีต (ปีที่ 1) และบ่อดินเชิงพาณิชย์ (ปีที่ 2) ตามสัดส่วนพื้นที่ที่เป็นโจทย์แห่งการวิจัยในครั้งนี้ โดยใช้สมมุติฐานว่า ผักตบชวาในแต่ละสัดส่วนของการปล่อยเลี้ยงร่วมกับปลาดุกนั้น จะมีผลต่อการลดลงของปริมาณแร่ธาตุต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำและปริมาณความโปร่งแสงของน้ำ ผักตบชวามีผลต่อการยืดอายุการใช้น้ำในบ่อคอนกรีตและบ่อดินที่เลี้ยงปลาดุกให้ยาวนานยิ่งขึ้น มากกว่าเดิม(บัญญัติ และคณะ, 2555) โดยมีงานวิจัยต่างๆที่ยืนยันถึงความสามารถของผักตบชวาทั้งที่มีผลต่อการลดลงของสารก่อให้เกิดกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบึก(บัญญัติ และ ขจรเกียรติ, 2554) ผักตบชวาสามารถใช้ปล่อยเลี้ยงร่วมกับปลาดุกได้ดี(ชาลี, 2554) และผักตบชวามีผลต่อความโปร่งแสงของน้ำและมีผลต่อการกรองตะกอนขุ่นและดูดซับแร่ธาตุอาหารส่วนเกินและบำบัดน้ำเสียได้ (คลังปัญญาไทย,2554 ; กรมชลประทาน,2554 ; วิทิพีเตีย สารานุกรมเสรี, 2554) ซึ่งทั้งความเข้มข้นของแสงที่ส่องลงในน้ำและแร่ธาตุส่วนเกินนี้เองที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชทุกชนิด รวมทั้งชนิดที่ก่อให้เกิดกลิ่นสาบโคลนด้วย อีกทั้งยังก่อให้เกิดน้ำเสียขึ้นภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกตามมาอีกด้วย

ดังนั้น หากผลการวิจัยที่จะดำเนินการในครั้งนี้ ได้ผลตรงตามข้อสมมุติฐานข้างต้นจริง ก็จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเลี้ยงปลาดุกแบบอาหารปลอดภัยที่เนื้อมีกลิ่นสาบโคลนน้อยลง

หรือไม่มีกลิ่นโคลนเลย เพราะเกษตรกรสามารถใช้ระบบชีววิถีโดยการนำผักตบชวามาใช้ลดปริมาณแสงสว่างที่ส่องลงในน้ำและใช้ผักตบชวาลดปริมาณแร่ธาตุอาหารหลักในน้ำที่แพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่ก่อให้เกิดกลิ่นสาบโคลนนี้จำเป็นต้องใช้ให้ลดน้อยลงโดยตรง

จุดประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้เทคนิคชีววิถีโดยใช้ผักตบชวาในการช่วยลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนชนิด Geosmin ในเนื้อปลาดุก
2. เพื่อศึกษาการใช้เทคนิคชีววิถีโดยใช้ผักตบชวาในการช่วยลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนชนิด 2-methylisoborneol ในเนื้อปลาดุก

ประโยชน์ต่อเนื้อที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เกษตรกรสามารถผลิตปลาดุกในมาตรฐานอาหารปลอดภัยมีกลิ่นสาบโคลนน้อยลงหรือไม่มีเลย โดยการลดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำได้ ลดต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงปลาดุก ลดโอกาสการขาดทุน แต่กลับเพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางด้านราคาขายให้ใกล้เคียงกับราคาปลาดุกเชิงพาณิชย์ทั่วไปมากยิ่งขึ้น
2. ลดปัญหาน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงปลาดุก ส่งเสริมธุรกิจการประมงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดปัญหาทางสังคมได้
3. ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้สามารถเผยแพร่ในการประชุมทางวิชาการ และตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการได้
4. หน่วยงานที่จะได้รับประโยชน์จากงานวิจัยนี้ เช่น สถาบันทางการศึกษา กรมประมง กรมส่งเสริมการเกษตรฯ บริษัท และกลุ่มเกษตรกรต่างๆ

ขอบเขตการวิจัย

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เพื่อวิจัยและพัฒนาโดยการนำระบบชีววิถีที่มีการนำผักตบชวามาใช้ลดความเข้มของแสงที่ส่องลงในน้ำและเพื่อควบคุมธาตุอาหารส่วนเกินภายในบ่อเลี้ยงปลาดุก เพื่อลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มที่ก่อให้เกิดสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุกโดยศึกษาเฉพาะชนิดคือ Geosmin และ 2-

methylisoborneol งานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึงกลุ่มแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นสาบโคลนในเนื้อมีปลาและการคำนวณราคาต้นทุนการผลิตปลาทุกชนิดในระบบการจัดการฟาร์มทั่วไป แต่เป็นงานวิจัยเฉพาะจุดที่ถูกระบุในวัตถุประสงค์เท่านั้น จะมีการวิจัยทั้งในปอดคอนกรีตและปอดดินตามธรรมชาติ

การตรวจเอกสาร

“ปลาดุก” เป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีการเลี้ยงโดยกลุ่มเกษตรกรรายย่อยมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์และบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย (ภูมิไทยฟาร์ม, 2554) และถือได้ว่าเป็นปลาอีกชนิดหนึ่งที่เลี้ยงค่อนข้างง่าย แต่ในความจริงก็ใช้เวลาเมื่อทำการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์อย่างจริงจังแล้ว ผู้เลี้ยงปลาดุกทุกรายจะสามารถเลี้ยงแล้วมีกำไร เพราะโดยเฉลี่ยแล้วยังในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีปัจจัยอื่นมากระทบมากขึ้น ชัดเจนที่สุดคือเรื่องต้นทุนการเลี้ยงการจัดการน้ำและสถานการณ์ด้านราคาขาย (นิติสารธุรกิจสัตว์น้ำ, 2553) อีกทั้งปัจจัยผลกระทบที่มาจากข้อตกลงการเปิดเสรีการค้าไทย-อาเซียน ซึ่งมีผลบังคับใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2553 โดยการเปิดเสรีรับสินค้าปลาและผลิตภัณฑ์เข้าประเทศในกลุ่มอาเซียนด้วยกันโดยไม่ต้องเสียภาษีนั้น มีผลกระทบโดยตรงต่อกลุ่มผู้เลี้ยงปลาน้ำจืดรายย่อยของไทยที่ยังไม่พร้อมในการแข่งขันระหว่างประเทศได้ (ภูมิไทยฟาร์ม, 2554) เพราะการทะลักเข้ามาของสินค้าปลาและผลิตภัณฑ์จากประเทศอื่นๆมายังตลาดภายในประเทศไทยในขณะนั้น ทำให้ราคาจำหน่ายปลาดุกและปลาน้ำจืดอื่นๆของเกษตรกรรายย่อยมีราคาสูงกว่าปลาและผลิตภัณฑ์จากประเทศเพื่อนบ้าน หากรัฐบาลไทยไม่ชะลอการเปิดตลาดการค้าเสรีประมงนี้อีกต่อไปนั้น ผลประโยชน์คงเกิดขึ้นเฉพาะกลุ่มบริษัทธุรกิจทางการเกษตรรายใหญ่ของไทยและต่างประเทศ เพียงบางกลุ่มเท่านั้น เกษตรกรรายย่อยคงจะต้องปรับตัวเชิงธุรกิจโดยการยอมเข้าเป็นกลุ่มลูกข่ายของบริษัทรายใหญ่เท่านั้นจึงจะอยู่รอดได้ ในลักษณะแบบจ่ายอมให้เขาเอาหัวเอาเบียดอีกต่อไปอย่างไม่มีทางเลือก เพราะเมื่อเกษตรกรรายย่อยเข้าร่วมเป็นลูกข่ายในเครือบริษัทใหญ่นั้นจะมีต้นทุนการผลิตปลาดุกเช่นค่าลูกพันธุ์ ค่าอาหาร ค่ายาและสารเคมีอื่นๆประมาณกิโลกรัมละ 27-28 บาท บริษัทจะรับซื้อผลผลิตปลาดุกที่ได้ขนาดตามกำหนดไว้ราคาปากบ่อกิโลกรัมละ 33 บาท (วารสารทำมาหากิน, 2548) นั้นหมายความว่าเกษตรกรจะได้รับเงินส่วนต่างที่ 4-5 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น ในขณะที่ราคาจำหน่ายปลาดุกเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2552 มีราคาเฉลี่ยทั้งประเทศที่กิโลกรัมละ 38-41 บาท(สถานการณ์การผลิต การตลาดและราคาปลาในประเทศ, 2552 ; ภูมิไทยฟาร์ม, 2554) แต่ทั้งนี้เกษตรกรยังไม่ได้คิดค่าการใช้ที่ดิน(เพราะเป็นของตนเองและครอบครัวยังไม่ต้องเช่าซื้อเพื่อลงทุน) ค่าเสื่อมสภาพอุปกรณ์ ค่าการเสียโอกาสการใช้ที่ดินสร้าง

ประโยชน์อย่างอื่นและค่าความเสี่ยงจากภัยพิบัติธรรมชาติ ฯลฯ ดังนั้นถ้าหากเกษตรกรรายย่อย รายใด ที่ต้องการเลี้ยงปลาแบบลดต้นทุนเพื่อผลิตปลาขายในราคาที่อยู่ในตลาดได้ต่อไปนั้น การนำระบบชีววิถีเข้ามาประยุกต์ใช้นับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยรักษาอาชีพอิสระของตนเองและชุมชนเกษตรกรรายย่อยไว้ได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ระบุตรงกันว่า ระบบชีววิถี หรือเทคนิคชีววิถีสามารถช่วยลดต้นทุน เสริมประสิทธิภาพการผลิต และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (บัญญัติ และคณะ, 2552 ; บัญญัติ และ ขจรเกียรติ, 2553; ประพัฒน์พงศ์, 2553 ; พชร, 2552).

การใช้เทคนิคชีววิถีโดยนำผักตบชวามาช่วยดูดซับธาตุอาหารส่วนเกินในแหล่งน้ำนี้ มี การศึกษาโดยนักวิจัยต่าง ๆ มาเป็นเวลานานแล้ว (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., 1974; Baldwin, 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) ทั้งนี้เนื่องจากระบบรากของผักตบชวาสามารถกรองตะกอนแขวนลอย ดูดซับธาตุอาหาร และเป็นที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตได้น้ำต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มี ประโยชน์ จะช่วยทำให้น้ำเลี้ยงปลาถูกเน่าเสียน้อยลงได้จากการย่อยเศษอาหารและปฏิกูล ดังกล่าวเร็วขึ้น โดยทั่วไปคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรจะมีปริมาณออกซิเจน ละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 3 ppm (Swingle, 1969) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำควรอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 (เมฆ, 2530) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) และค่าความกระด้างของน้ำ (Hardness) ควรอยู่ในช่วง 20 -300 ppm และระดับค่าความเป็นด่าง-ค่าความกระด้างควรมีระดับใกล้เคียง กัน (ไม่ตรี, 2524) ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลาควรควบคุมให้อยู่ต่ำกว่า 2.5 ppm (ปกรณ์, 2530 ; ไม่ตรี, 2524) Colman et al. (1981) รายงานว่า ไนโตรเจนจะเป็นพิษกับปลา Channal catfish โดยจะไปจับตัวกับ Haemoglobin ในเลือดทำให้เลือดปลาจับออกซิเจนได้ น้อยลง Boyd (1979) รายงานว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติมักไม่เกิน 1.0 ppm แต่ปริมาณฟอสเฟตที่พบในบ่อเลี้ยงปลามักมีปริมาณสูง ไมโครไบโอเทค (2536) รายงาน ถึงการสะสมของของเสียและสิ่งขับถ่ายที่พื้นก้นบ่อปลาทำให้เกิดสภาพเน่าเสียและมีก๊าซพิษเช่น แอมโมเนีย ก๊าซไข่เน่า และก๊าซไนโตรเจนเป็นต้น อันมีผลทำให้ปลาเครียด กินอาหารลดลง เติบโต ช้า อ่อนแอและมีโอกาสเป็นโรคสูง ดังนั้นนักวิจัยของไมโครไบโอเทคจึงพยายามนำเทคนิคชีววิถี มาปรับใช้โดยการเติม “แบคทีเรีย” (Bactocell) ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ช่วยกำจัดของ

เสียที่พื้นกันบ่อปลา พร้อมทั้งปรับสภาพน้ำและกำจัดแอมโมเนีย โดยมีอัตราการใช้ประมาณ 500 กรัม/1 ไร่ และใช้ติดต่อกันทุกๆ 15 – 30 วัน นอกจากนี้ยังการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์กลุ่ม Probiotic ในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อช่วยขจัดสารพิษแอมโมเนีย ไนไตรต์ และกาซไข่เน่าจากทั้งน้ำและดินตะกอน (Grommen และ Verstraete, 2002 ; Gross et al., 2003) การใช้เทคนิคชีววิถีโดยเน้นการใช้ จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่เพาะเลี้ยงขึ้นโดยตรงมาใช้ในบ่อปลานั้นมักพบว่าราคาต้นทุนมักสูงกว่า การทำเป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพ ดังนั้น ในช่วงเวลาต่อมาเกษตรกรจึงประยุกต์การทำปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อ ผลิตจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ดังกล่าวขึ้นเอง โดย สุริยา (2542) รายงานถึงการใช้น้ำชีวภาพ ที่อุดมไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์นี้ไปใช้บำบัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือแม้กระทั่ง การนำไปผสมอาหารให้สัตว์น้ำกินโดยตรง ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติควิเซ (2537) ได้เผยแพร่องค์ความรู้การใช้จุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ (EMs) ทางการประมงชีววิถีว่า สามารถใช้เพื่อรักษาคุณภาพน้ำและสุขภาพสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี โดยแนะนำให้ใช้ในอัตรา 1 : 10,000 หรือใช้จุลินทรีย์ 1 ลิตร / น้ำ 10 ลบ.ม. ใส่ทุกๆ 7-10 วัน แล้วแต่สภาพน้ำและอัตรา ความหนาแน่นของสัตว์น้ำ การผสมจุลินทรีย์ในอาหารสัตว์น้ำแนะนำให้ใช้ 1 ส่วน / น้ำ 50-100 ส่วนคลุกเคล้ากับอาหาร (ประมาณ 1 ลิตร / อาหาร 10-15 กก.) การใช้จุลินทรีย์ดังกล่าว นอกจากจะช่วยมิให้น้ำเน่าเสียเร็วแล้ว ยังช่วยให้สุขภาพสัตว์น้ำดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับ อาณัฐ (2549) ที่รายงานว่า จุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ทางการเกษตรมีหลายกลุ่ม ในทางการประมงนั้น มักนิยมเลือกจุลินทรีย์กลุ่มที่มีความสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์หรือเซลลูโลสได้ดี ซึ่งจุลินทรีย์ กลุ่มนี้มักประกอบไปด้วยแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิต และโปรโตซัว เช่น *Bacillus Aspergillus* , *Trichoderma* , *Penicillium* และ *Thermoactinomyces* เป็นต้น จุลินทรีย์ เหล่านี้พบได้ทั่วไปในระหว่างการสลายตัวของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ซากพืช ซาก สัตว์ ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหญ้า และขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆทำให้เกิดปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ น้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น ในปุ๋ยหมักที่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ค่อนข้างดีจะพบว่าใน ทุกๆ 1 กรัมของปุ๋ยหมักจะมีแบคทีเรีย 150-300 ไมโครกรัม และพบแบคทีเรียที่มีกิจกรรมสูง (Active) ประมาณ 15-30 ไมโครกรัม มีเชื้อรา 150-200 ไมโครกรัม เชื้อราที่มีกิจกรรมสูง 2-10 ไมโครกรัม มีโปรโตซัวประมาณ 10,000 ตัว/ 1 กรัมของน้ำปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ยังมีกลุ่ม จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟอสเฟสได้เช่น *Bacillus* , *Aspergillus* , *Thiobacillus* , *Penicillium* และ *Rhizopus* เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีผลจากการวิจัยของบัญญัติ และคณะ (2547) ที่พบว่า ระบบเกษตรชีว วิถีสามารถลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบผสมผสานนาน 12 เดือนได้ประมาณ 12.37 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 1.86 บาท/กิโลกรัม และลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลเมื่อเลี้ยงนาน 24

เดือนได้ประมาณ 13.30 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 2 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ (บัญญัติ และ ดนุวัฒน์, 2548) การลดต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลแบบชีววิถีนี้ เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น และการกระตุ้นให้เกิดอาหารตามธรรมชาติได้มากขึ้นเช่น ตัวอ่อนแมลงน้ำ แพลงก์ตอนสัตว์ กุ้งขนาดเล็ก และหนอนน้ำชนิดต่างๆ ฯลฯ ซึ่งปลานิลที่เกษตรกรเลี้ยงสามารถกินอาหารธรรมชาติ เหล่านี้เป็นอาหารเสริมร่วมกับการกินอาหารเม็ดที่ใช้เป็นหลักในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์อยู่แล้ว

สมมุติฐานนี้พบว่าเป็นจริงจากผลการวิจัยของ บัญญัติ และคณะ (2550) ที่ได้เปรียบเทียบ ศักยภาพห่วงโซ่อาหารตามธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลด ต้นทุนการผลิตปลานิลนาน 12 เดือน โดยพบว่า องค์ประกอบทางชีวภาพในห่วงโซ่อาหารสามารถ ช่วยลดต้นทุนการผลิตปลานิลแบบผสมผสานได้ 1.83 บาท / 1 มื้อ / ปลานิลที่เลี้ยง 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ระบบชีววิถีโดยผักตบชวายังถูกประยุกต์นำไปใช้ในบ่อเลี้ยงลูกปลาบิกเพื่อลดต้นทุน และเพื่อเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาบิกให้ปราศจากกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาเช่นกัน จากผลการวิจัย ของ บัญญัติ และ ขจรเกียรติ (2554) พบว่า ระบบชีววิถีมีผลต่อปริมาณความขุ่นของน้ำที่เกิด จากสารแขวนลอยขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ(TSS) เฉพาะใน 14 เดือนแรกที่เลี้ยงลูกปลาบิก หลังจากนั้นระบบชีววิถีจะมีผลเด่นชัดมากต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาบิก ปริมาณสาร Geomin ที่ก่อให้เกิดกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบิก และมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารกลุ่มฟอสฟอรัส ในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ระบบชีววิถีโดยการใช้ผักตบชวานี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในการดูดซับแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและ ทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้อีกทางหนึ่งด้วย (บัญญัติ และคณะ, 2549 ; Bunyat et al, 2007) โดยพบว่า ทั้งปลานิลและผักตบชวาสามารถใช้เนื้อเยื่อร่างกายดูดซับแคดเมียมได้ ปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียนี้อาจมีชีวิตรอดได้ตามปกติ ถึงแม้ว่าปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียจะไม่สามารถนำมารับประทานได้ แต่เราก็สามารถนำปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียที่มีปริมาณสะสม แคดเมียมในเนื้อเยื่อประมาณ 54.06 มิลลิกรัม/กรัม นี้ไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารเลี้ยงจะเข้ น้ำจืด ให้มีขนาดลำตัวยาวกว่าปกติได้ (Bunyat, 2008)

ดังนั้น จึงสนับสนุนได้ว่า ระบบรากและระบบการทำงานของเซลล์ต่างๆในผักตบชวา สามารถนำมาส่งเสริมร่วมกับจุลินทรีย์ในการรักษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาได้ และควรประยุกต์ นำมาใช้ในระบบชีววิถีทางการประมงน้ำจืดเพื่อเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนสร้างโอกาส ต่อการแข่งขันของเกษตรกร

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



: Specific Growth Rate; SGR

มีกลิ่นสาบโคลน/ ตื่นทุนสูง

: Survival rate

: FCR

ความล้มเหลวในการเพาะเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ในภาชนะน้ำมันแพง

พัฒนาระบบการเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับการใช้เทคนิคชีววิถีโดยใช้ผักตบชวาเป็นอาหารปลอดภัยลดกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

แผนการวิจัย

แผนการวิจัย ปีที่ 1

ระยะที่ 1 : ทบทวนเอกสารและร่างแบบเสนอโครงการวิจัย

1. ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและหนังสือต่างๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ไขปัญหาและออกแบบวางแผนทดลองและการวิจัยร่วมกับนักศึกษาและเกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาระบบการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ และนักวิจัยท้องถิ่น
3. วางแผนการดำเนินงานและขออนุมัติโครงการวิจัย

ระยะที่ 2 : ระยะศึกษาและทดลองทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองดังนี้

1. การทดลองที่ 1 : ทดสอบการลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตระบบปิด (ปีที่ 1: พ.ศ.2556)

เป็นการทดลองโดยใช้บ่อทดลองคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 เมตร สูงประมาณ 0.80 เมตร จำนวน 9 บ่อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

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

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาแบบปิดเชิงพาณิชย์ทั่วไป ไม่มีการใช้ระบบชีววิถี ไม่ใช้ผักตบชวา

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาแบบปิดระบบชีววิถี ใช้ผักตบชวากั้นคอกปล่อย 30% ของพื้นที่ผิวน้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาแบบปิดระบบชีววิถี ใช้ผักตบชวากั้นคอกปล่อย 50% ของพื้นที่ผิวน้ำ

1.2. มีการควบคุมปริมาณผักตบชวาในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยการกั้นคอกตามพื้นที่ๆ กำหนดอย่างคงที่ตลอดการทดลอง หากผักตบชวามีการตายลงจะไม่มีกรเก็บออกทิ้ง และไม่มีการนำผักตบชวาชุดใหม่มาใส่แทนที่

1.3. ใช้ปลาดุกอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 60 ตัว / ตร.ม. ให้อาหารเม็ดลอยน้ำปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

1.4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Water quality analysis) วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกบ่อทดลอง วันเว้นวัน ที่เวลาประมาณ 10.00 น. โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางบ่อ จำนวน 1 จุด/บ่อ การควบคุมระดับน้ำในบ่อทดลองจะรักษาระดับน้ำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง คุณภาพน้ำที่จะวิเคราะห์ได้แก่ กลุ่มไนโตรเจน (Inorganic nitrogen ; $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$), ฟอสฟอรัส (Orthophosphate, $\text{PO}_4\text{-P}$), pH, ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ตามวิธีของ American Public Health Association (1989) การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองเลี้ยงปลาดุก ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละกลุ่มทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00

1.5. ตรวจสอบผลผลิตปลาดุก เช่น ขนาด น้ำหนัก อัตรารอด ทุกๆสัปดาห์

1.6. ตรวจสอบสารกลิ่นสาบโคลนทั้ง Geosmin และ 2-methy lisoborneol ในเนื้อปลาดุกโดย Headspace Gas Chromatography(SPME-GC/MS) ตามวิธีของ วรพงษ์ และคณะ (2548)

1.7. ทำการทดลองในบ่อคอนกรีตจำนวน 2 ครั้งๆละ 4 เดือน รวมเป็น 8 เดือน หลังจากนั้นจะทำการทดลองต่อเนื่องในบ่อดินต่อไปอีก 2 ครั้งๆละ 4 เดือน รวมต่อเนื่องเป็น 16 เดือน เวลารุ่นอื่นๆนอกจากนี้เป็นการดำเนินการทางด้านการเตรียมสถานที่และวิเคราะห์ข้อมูล (ตามตารางแผนการทดลองด้านล่าง)

2. การทดลองที่ 2 : ทดสอบการลดปริมาณสารกลืนสาปโคลนในเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อดินกลางแจ้ง (ต่อเนื่องในปีที่ 2 : พ.ศ.2557)

เป็นการทดลองในบ่อดินกลางแจ้งขนาดประมาณ 5.0 x 10.0 x 1.0 เมตร. จำนวน 3 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

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

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดในบ่อดิน ไม่ใช้ระบบชีววิถี ไม่ใช้ผักตบชวา

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดในบ่อดินระบบชีววิถี ปล่อยผักตบชวา 30% ของพื้นที่ผิวน้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดระบบชีววิถี ปล่อยผักตบชวา 50% ของพื้นที่ผิวน้ำ

2.2. มีการควบคุมปริมาณผักตบชวาในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยการกั้นคอกตามพื้นที่ๆ กำหนดอย่างคงที่ตลอดการทดลอง หากผักตบชวามีการตายลงจะไม่มีเก็บออกทิ้ง และไม่มีการนำผักตบชวาชุดใหม่มาใส่แทนที่

2.3. ใช้ปลาดุกอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 60 ตัว / ตร.ม. ให้อาหารเม็ดลอยน้ำปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

2.4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Water quality analysis) วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกบ่อทดลอง วันเว้นวัน ที่เวลาประมาณ 10.00 น. โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางบ่อ จำนวน 1 จุด/บ่อ การควบคุมระดับน้ำในบ่อทดลองจะรักษาระดับน้ำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง คุณภาพน้ำที่จะวิเคราะห์ได้แก่ กลุ่มไนโตรเจน (Inorganic nitrogen ; $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$), ฟอสฟอรัส (Orthophosphate, $\text{PO}_4\text{-P}$), pH, ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ตามวิธีของ American Public Health Association (1989) การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองเลี้ยงปลาดุก ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00

2.5. ตรวจสอบผลผลิตปลาดุก เช่น ขนาด น้ำหนัก อัตรารอด ทุกๆสัปดาห์

2.6. ตรวจสอบสารกลิ่นสาบโคลนทั้ง Geosmin และ 2-methyl isoborneol ในเนื้อปลา
 ดุกโดย Headspace Gas Chromatography(SPME-GC/MS) ตามวิธีของ วรพงษ์ และคณะ
 (2548)



ภาพที่ 1 บ่อคอนกรีตขนาดเล็กที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 9 บ่อ

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนทั้งชนิด Geosmin และ 2-Methyl isoborneol ตรวจพบได้เฉพาะในเนื้อปลาดุกที่ถูกเลี้ยงในบ่อควบคุม ซึ่งไม่ใช้ระบบชีววิถี ผักตบชวา ในปริมาณระหว่าง 42.85 – 47.23 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 0.781 – 0.915 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่สารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิดนี้ กลับไม่สามารถตรวจพบในเนื้อปลาดุก ที่ถูกเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก ที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานี้เลย (ตารางที่ 1) ทั้งนี้ อาจเกิดจากการทดลองครั้งนี้ใช้บ่อคอนกรีตขนาดเล็กและตื้นมากประมาณ 80 เซนติเมตร เท่านั้น (ภาพที่ 1) ดังนั้น ปริมาณผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้ปกคลุมผิวน้ำนี้ ระบบรากของผักตบชวาจึงสามารถแผ่ขยายคลุมในส่วนใต้ท้องน้ำได้ค่อนข้างสมบูรณ์ จึงอาจจะมีผลต่อการกำจัดสารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิดได้อย่างเต็มที่ ดังนั้น จึงควรมีการทดลองต่อไปในบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตร ซึ่งระบบรากของผักตบชวาจะไม่สามารถแผ่

ปกคลุมไปถึงก้นน้ำเบื้องล่างได้ ปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนดังกล่าว จึงอาจจะสามารถตกค้างมากขึ้นจนถึงระดับที่สามารถจะตรวจพบได้

ตารางที่ 1 ปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนทั้งชนิด Geosmin และ 2-Methyl lisoborneol ที่ตรวจพบ และตรวจไม่พบ ในแต่ละกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	Geosmin (ug/kg)	2-Methyl lisoborneol (ug/kg)
<u>กลุ่มที่ 1</u> (0% ผักตบชวา)		
เดือนที่ 1 (นน.เนื้ปลา 5.06 กรัม)	42.85	0.781
เดือนที่ 2 (นน.เนื้ปลา 5.10 กรัม)	44.58	0.877
เดือนที่ 3 (นน.เนื้ปลา 5.04 กรัม)	47.23	0.915
<u>กลุ่มที่ 2</u> (30% ผักตบชวา)		
เดือนที่ 1 (นน.เนื้ปลา 5.06 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
เดือนที่ 2 (นน.เนื้ปลา 5.01 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
เดือนที่ 3 (นน.เนื้ปลา 5.03 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
<u>กลุ่มที่ 3</u> (50% ผักตบชวา)		
เดือนที่ 1 (นน.เนื้ปลา 5.06 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
เดือนที่ 2 (นน.เนื้ปลา 5.11 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
เดือนที่ 3 (นน.เนื้ปลา 5.15 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ

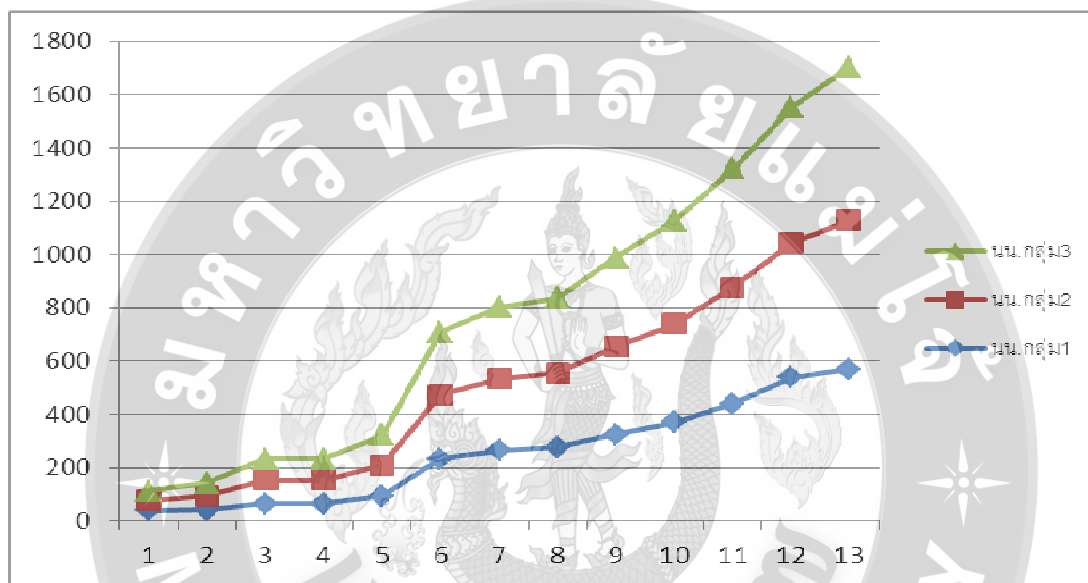
หมายเหตุ : สมการเส้นกราฟมาตรฐานของ Geosmin คือ $y = 1E+07X + 1E + 06$ ($R^2 = 0.997$)

สมการเส้นกราฟมาตรฐานของ 2-Methyl lisoborneol คือ $y = 7E+06X - 1E + 06$ ($R^2 = 0.9941$)

จากผลการเลี้ยงปลาตู้ทดลองในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก ตามที่วางแผนการทดลองไว้ที่ 4 เดือนในแต่ละช่วงนั้น พบว่า ปลาตู้มีอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยสังเกตว่า น้ำหนักปลาตู้ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต กลุ่มทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด (223.99 กรัม) รองลงไปที่กลุ่มทดลองที่ 2 (220.95 กรัม) และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยสุดคือ กลุ่มทดลองที่ 1 (217.30 กรัม) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติวิสัยแล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญใดๆ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 น้ำหนักปลาตกที่เพิ่มขึ้นในการทดลองช่วงแรก 4 เดือน

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	217.30
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	220.95
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	223.99



ภาพที่ 2 แสดงการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของปลาตกที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความแตกต่างของ นน.ปลาตกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต ระหว่างสามกลุ่มทดลอง

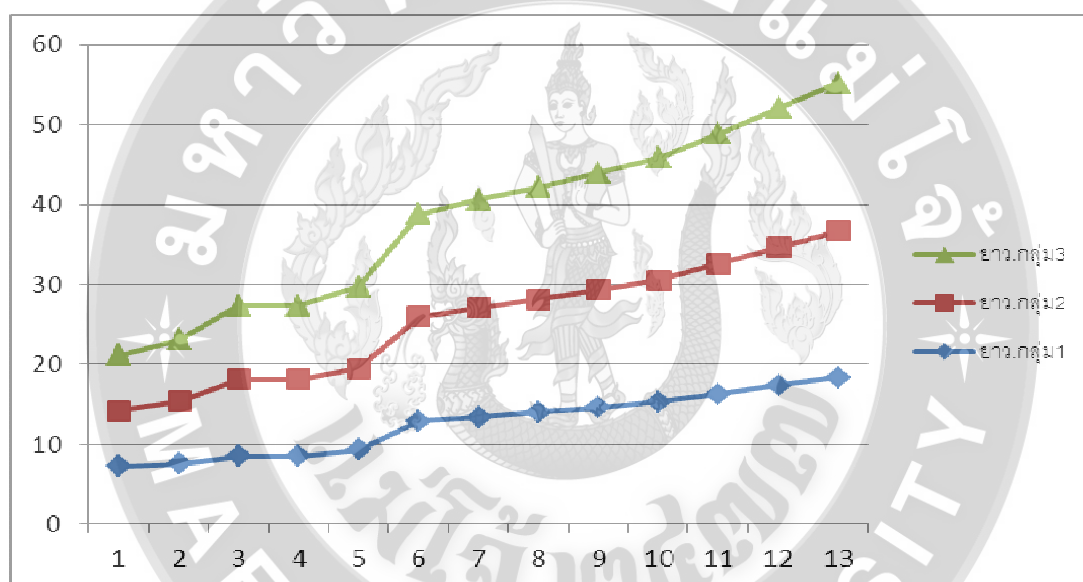
Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	2	155.32	77.66	0.00ns	3.23	5.18	0.99
Ex.Error	48	1484949.49	30936.44				
Total	50	1485104.8123	29702.0962				

จากผลการเลี้ยงปลาตกทดลองในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก ตามที่วางแผนการทดลองไว้ที่ 4 เดือนในแต่ละช่วงนั้น พบว่า ปลาตกมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยสังเกตว่า ความยาวปลาตกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต กลุ่มทดลองที่ 2 มีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด (5.87 ซม.) รองลงไปคือกลุ่มทดลองที่ 3 (5.74 ซม.) และน้ำหนัก

เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยสุดคือ กลุ่มทดลองที่ 1 (5.36 ซม.) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติวิจัยแล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญใดๆ

ตารางที่ 4 ความยาวเฉลี่ยของปลาอุกที่เพิ่มขึ้นในการทดลองช่วงแรก 4 เดือน

กลุ่มทดลอง	ความยาวเฉลี่ย ที่เพิ่มขึ้น (ซม.)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	5.36
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	5.87
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	5.74

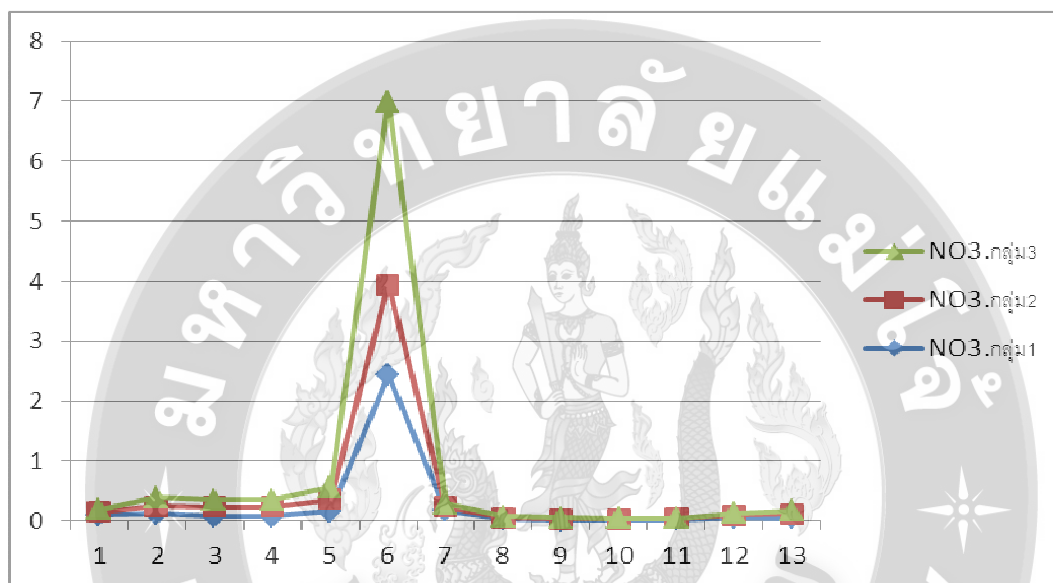


ภาพที่ 3 แสดงการเจริญเติบโตด้านความยาวของปลาอุกที่เพิ่มขึ้น

คุณภาพน้ำด้านปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 3 มีปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนมากที่สุด(0.088 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 (0.066 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 2 (0.046 มก/ล) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณเฉลี่ยไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต

กลุ่มทดลอง	$\text{NO}_3\text{-N}$ เฉลี่ย (มก/ล)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	0.066
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	0.046
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	0.088



ภาพที่ 4 แสดงปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต

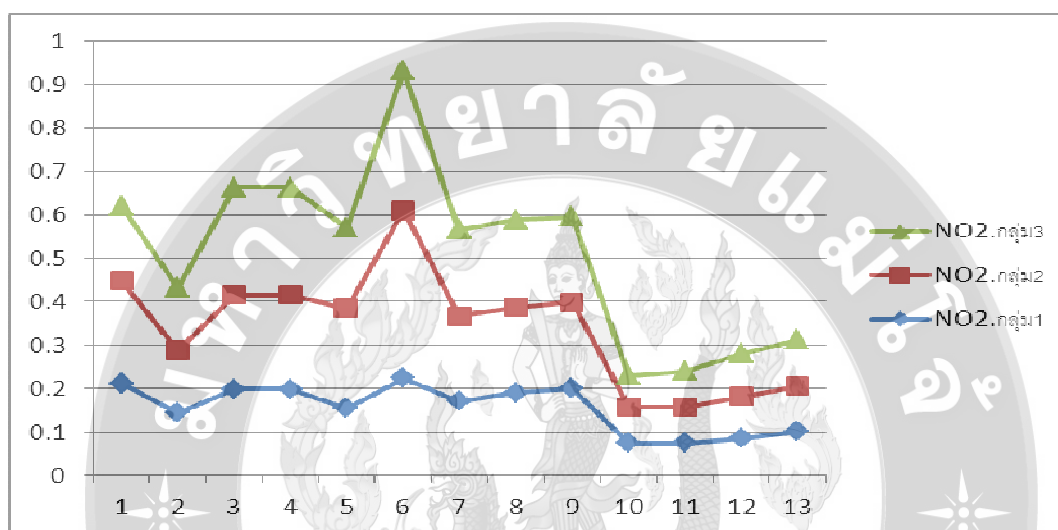
ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	2	0.0251	0.0125	0.04ns	3.23	5.18	0.9632
Ex.Error	48	15.9035	0.3313				
Total	50	15.9286	0.3186				

คุณภาพน้ำด้านปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_2\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนมากที่สุด(0.183 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 3 (0.175 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 1 (0.156 มก/ล) ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปริมาณเฉลี่ยไนโตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_2\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต

กลุ่มทดลอง	$\text{NO}_2\text{-N}$ เฉลี่ย (มก/ล)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	0.156
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	0.183
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	0.175

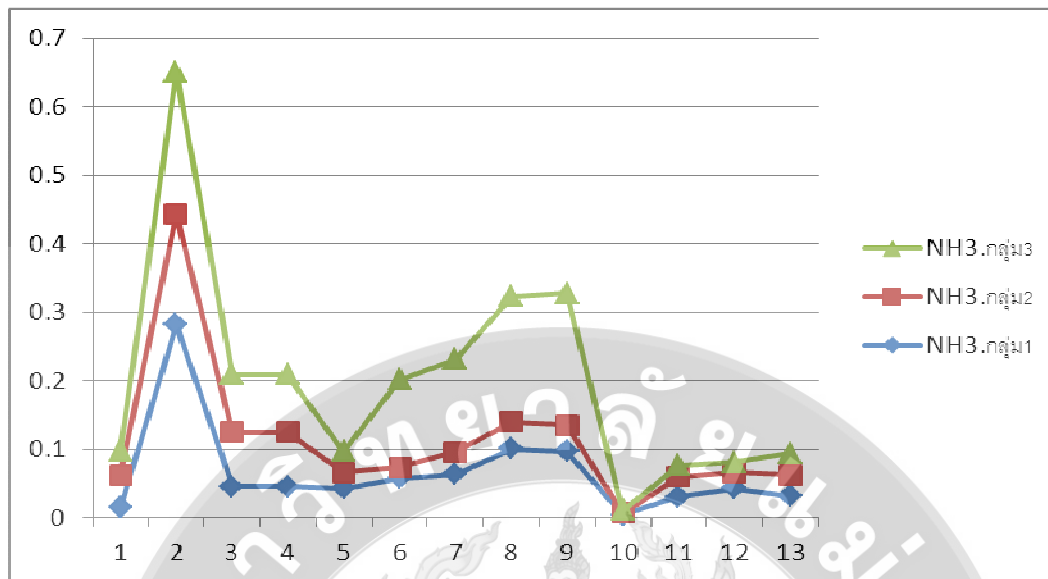


ภาพที่ 5 แสดงปริมาณไนโตรต-ไนโตรเจน($\text{NO}_2\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต

คุณภาพน้ำด้านปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากที่สุด(7.193 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (6.801 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 3 (6.731 มก/ล) ตามลำดับ (ตารางที่ 8) การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ปริมาณเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจน($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต

กลุ่มทดลอง	$\text{NH}_3\text{-N}$ เฉลี่ย (มก/ล)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	7.193
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	6.801
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	6.731



ภาพที่ 6 แสดงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต

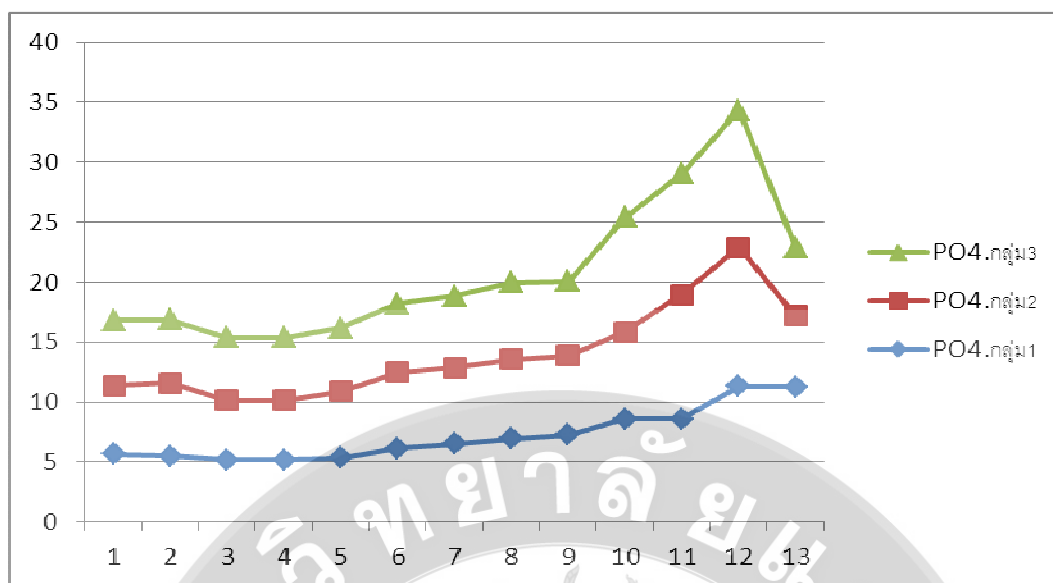
ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน($\text{NH}_3\text{-N}$) ระหว่างกลุ่มทดลองเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	2	0.0077	0.0039	1.17ns	3.23	5.18	0.3205
Ex.Error	48	0.1594	0.0033				
Total	50	0.1671	0.0033				

คุณภาพน้ำด้านปริมาณอโรฟอสเฟส($\text{PO}_4\text{-P}$) ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีปริมาณอโรฟอสเฟสมากที่สุด(5.514 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (5.220 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 3 (5.192 มก/ล) ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณอโรฟอสเฟส($\text{PO}_4\text{-P}$) ในน้ำเลี้ยงปลาดุก บ่อคอนกรีต

กลุ่มทดลอง	$\text{PO}_4\text{-P}$ เฉลี่ย (มก/ล)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	5.514
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	5.220
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	5.192

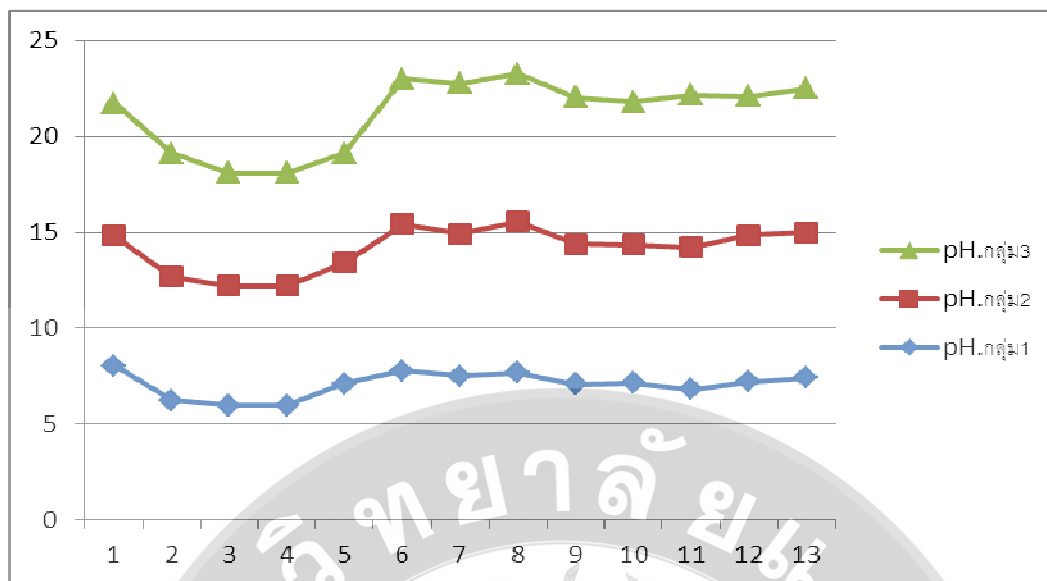


ภาพที่ 7 แสดงปริมาณอโรฟอสเฟส($\text{PO}_4\text{-P}$) ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ก บ่อคอนกรีต

คุณภาพน้ำด้านความเป็นกรด-เบส(pH) ในน้ำเลี้ยงปลาตู้ก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-เบสมากที่สุด(7.31) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (7.27) และกลุ่มทดลองที่ 3 (7.26) ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบส(pH) ของน้ำเลี้ยงปลาตู้ก ในบ่อคอนกรีต

กลุ่มทดลอง	pH เฉลี่ย
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	7.31
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	7.27
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	7.26

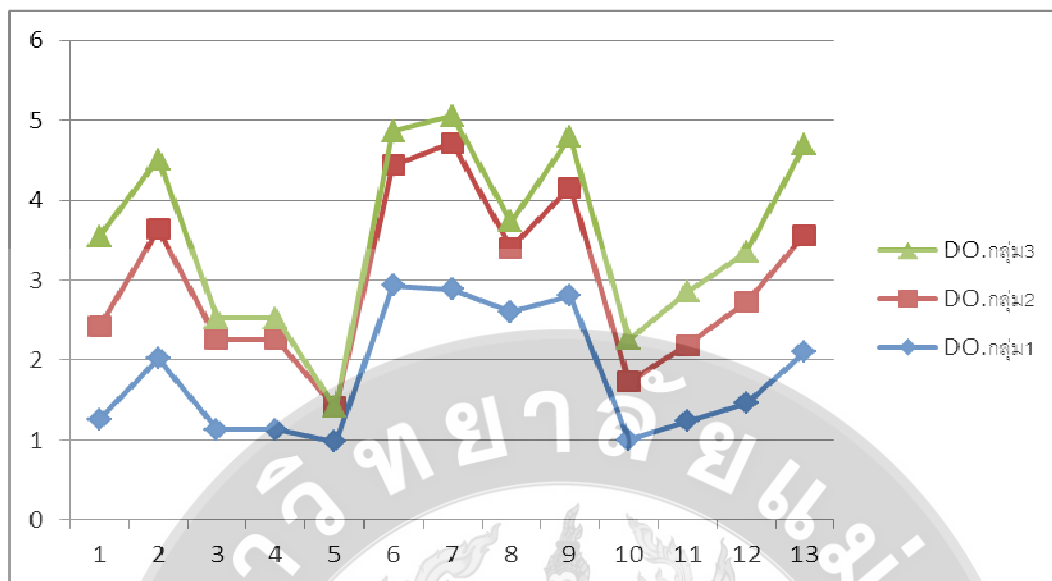


ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส(pH) ในน้ำเลี้ยงปลาดุก ป๋อคอนกรีต

คุณภาพน้ำด้านปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ในน้ำเลี้ยงปลาดุก ป๋อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด(5.15 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (4.57 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 3 (4.04 มก/ล) ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ในป๋อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุก

กลุ่มทดลอง	DO เฉลี่ย (มก/ล)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	5.15
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	4.57
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	4.04

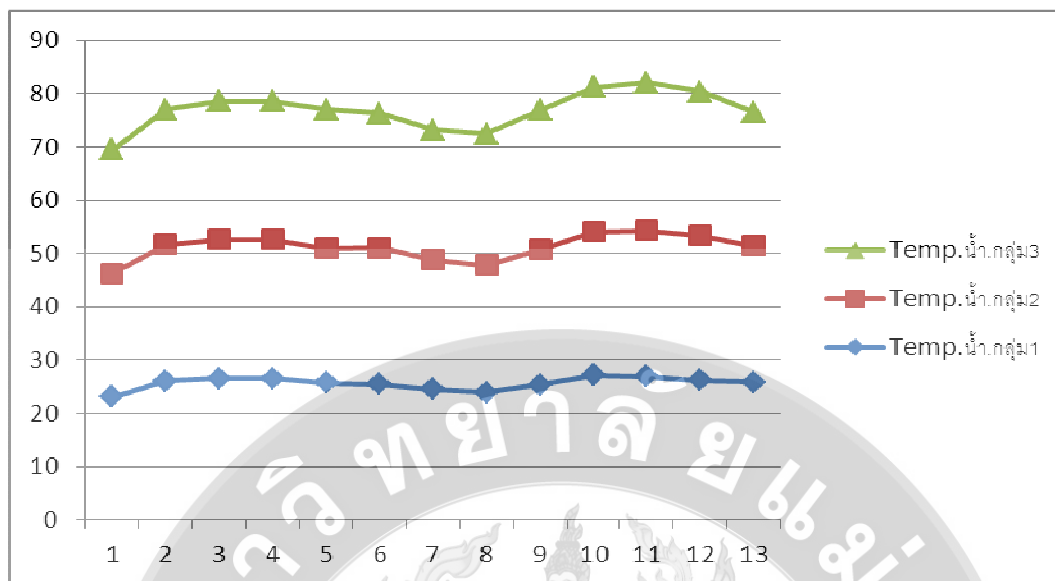


ภาพที่ 9 แสดงปริมาณการออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ในบ่อคอนกรีต เลี้ยงปลาดุก

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 3 มีค่ามากที่สุด (26.05 องศาเซลเซียส) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 (26.02 องศาเซลเซียส) และกลุ่มทดลองที่ 2 (25.83 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุก ระบบธรรมชาติและระบบชีววิถี ผักตบชวา

กลุ่มทดลอง	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ สูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ช่วงห่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
กลุ่ม 1 (0% ผักตบชวา)	23.1	28.0	26.02	4.90
กลุ่ม 2 (30% ผักตบชวา)	23.1	27.4	25.83	4.30
กลุ่ม 3 (50% ผักตบชวา)	23.2	28.33	26.05	5.13



ภาพที่ 10 อุณหภูมิน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุก ระบบธรรมดาและระบบชีววิถีผักตบชวา

สรุปผลการวิจัย

1. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก โดยใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้งสองกลุ่มทดลองในครั้งนี้ ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณสารกลินسابโคลอนทั้งสองชนิดคือ Geosmin และ 2-Methyl isoborneol ได้ จึงยังไม่สามารถสรุปผลในการศึกษาครั้งนี้ได้ว่า ระบบชีววิถีผักตบชวาจะสามารถช่วยลดหรือกำจัดสารกลินسابโคลอนทั้งสองชนิดดังกล่าวได้จริงหรือไม่ จึงควรมีการทดลองในบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตรต่อไป
2. เนื้อปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก โดยไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา พบว่า มีปริมาณสารกลินسابโคลอนทั้งสองชนิดคือ Geosmin และ 2-Methyl isoborneol ในช่วงระหว่าง 42.85-47.23 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 0.781-0.915 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. กรมชลประทาน. 2554. ชีววิทยาของผักตบชวา. จาก
<http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/om/Water%20Hyacinth.htm> [13 กรกฎาคม 2554]
2. คลังปัญญาไทย สารานุกรมฟรี. 2554. การบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา. จาก
<http://www.panyathai.or.th> [13 กรกฎาคม 2554]
3. ชาลี สุวรรณชาติ. 2554. การเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์กลมแบบง่ายๆ. จาก
<http://www.sunnahstudent.com/forum/index.php?topic=4657.0> [13 กรกฎาคม 2554]
4. วรพงษ์ นลินานนท์, มยุรี จัยวัฒน์, นงนุช รักสกุลไทย และ จีราวรรณ แย้มประยูร. 2548. การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลา. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 1-7 น.
5. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2554. ผักตบชวา. จาก
<http://th.wikipedia.org/wiki> [13 กรกฎาคม 2554]
6. วารสารทำมาหากิน. 2548. ธุรกิจสัตว์น้ำกับซีพีเอฟ ช่องทางรวยของเกษตรกรยุคใหม่.
<http://www.chongtang.com/9c01plv11.php?tem9=bus>
7. นิตยสารธุรกิจสัตว์น้ำ. 2553. สถานการณ์ปลาดุก 4 ภาค ตอนที่ 1.
<http://www.buildborad.com/viewtopic.php/790/5966/70507/0/>
8. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ขจรเกียรติ ศรีนวลสม พิมพร มนเทียรอาสน์ และพัชรพล ศิริยะศักดิ์.
 2555. การใช้ระบบชีววิถีเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus*) ในบ่อคอนกรีตเชิงพาณิชย์เพื่อเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและอาหารปลอดภัย.
 วารสารวิจัยและส่งเสริม วิชาการเกษตร. 29(3) : 1-14 น.
9. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2554. การใช้เทคนิคชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในบ่อปลา. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 28(3) : 30-38 น.
10. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ วิชาญ นุ่นสังข์ และดนุวัฒน์ เพ็ญอัน. 2547. ระบบเกษตรชีววิถีเพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบผสมผสาน. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 5 หน้า 198-204 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วันที่ 20-21 พฤษภาคม 2547. เชียงใหม่.

11. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และธนวัฒน์ เพ็ชร์. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตปลาบกกับการผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (พ.ย. 2545-พ.ย. 2547). รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 หน้า 180-186 มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
12. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ภูสิต ปุกมณี จิราภรณ์ กิตติกุล และพิมพ์พร มนเทียรอาสน์. 2549. การใช้ปลานิลดูดซับแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสีย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 หน้า 123-131 มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
13. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ อภินันท์ สุวรรณรัตน์ และขจรเกียรติ แซ่ตัน. 2550. เปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิล 12 เดือน. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 1(2) : 171-181.
14. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ อภินันท์ สุวรรณรักษ์ นิรุติ หวังชัย ภูสิต ปุกมณี และจิราภรณ์ กิตติกุล. 2552. เทคนิคชีวิตกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลาบึกเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาแบบยั่งยืน. รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้. 33 น.
15. บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2553. การใช้เทคนิคชีวิตในระบบกรองน้ำของบ่อเลี้ยงปลานิลระบบปิดเพื่อผลผลิตปลานิลในเชิงพาณิชย์(12 เดือน). รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้. 26 น.
16. ประพัฒน์พงศ์ ทักษิณสัมพันธ์. 2553. เปรียบเทียบผลผลิตปลานิลจากบ่อเลี้ยงแบบชีวิตและบ่อเลี้ยงแบบเดี่ยวในพื้นที่โครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายในพระองค์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 104 น.
17. ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2530. โครงการพัฒนาตำราเพื่ออาชีพสำหรับประชาชน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 40-161 น.
18. พัชรีย์ สิงห์สม. 2552. การเลี้ยงกบนำร่วมกับปลาดุกบักโดยเทคนิคชีวิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 127 น.
19. ภูมิไทยฟาร์ม. 2554. ธุรกิจเลี้ยงปลาของไทยในอนาคตจะรุ่งหรือร่วง.
http://www.siamtilapia.com/th/news_activities/article_detail.p
20. เมฆ บุญพราหมณ์. 2530. การเลี้ยงปลา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. น. 21-104.

21. ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2524. การควบคุมคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง. 18 น.
22. ไมโครไบโอเทค. 2536. แบคทีเรีย. วารสารสัตว์น้ำ 4(41) : 105-106.
23. สถานการณ์การผลิต การตลาดและราคาปลาในประเทศ. 2552.
http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=4548
24. ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรกรรมชาติคิเว .2537 . การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ อีเอ็ม เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อมวันนี้. มุลนิธิบำเพ็ญสาธารณะประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา. กรุงเทพฯ. 63 น.
25. สุริยา ศาสนรักกิจ. 2542 . ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. วารสารเทคโนโลยีปุ๋ย 12(131) : 87-91.
26. อาณัฐ ตันโช. 2549 . เกษตรกรรมชาติประยุกต์ : หลักการ-แนวคิด-เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 281 น.
27. AOAC, 1990. Official Methods of Analysis.15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. 1360 p.
28. American Public Health Association. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Seventeenth Edition. Port City Press , Baltimore, Maryland. USA.
29. Abdelhamid, A.M. and Gabra, A.A. 1991. Evaluation of waterhyacinth as a feed for ruminants. Arch.Anim.Nutri.,41 (7-8): 745-756.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. Akcin, G., Saltabas, O. and Afsar, H. 1994. Removal of lead by waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). J. Environ. Sci. Health., 29 (10) : 2177-2183.

34. 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.
35. Bunyat Montien-Art, Phusit Pukmanee, Jiraporn Kitikul and Pimporn Montien-Art. 2007. Use of nile tilapia for cadmium adsorption in wastewater stocking pond. Proceedings of International Conference on Bridging Gaps in Agriculture Research and Development Toward Sustainable Development, April 10-11, 2007. Central Luzon State University, Philippines. 184-189 p.
36. Bunyat Montien-Art, 2008. Survival and growth of Siamese crocodile, *Crocodylus siamensis* , fed formulated diets with and without cadmium supplement. Proceedings of the 5th Taiwan-Thailand bilateral conference, May 7-9 , 2008, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan. 43-47 p.
37. Boyd, C.E. 1979. Water Quality in Warm Water Fish Ponds. Craftmaster Printers, Inc. Alabama. 359 p.
38. 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.
39. Baldwin, J.A., Hentges, J.F. and Bagnall, L.O. 1974. Preservation and cattle acceptability of waterhyacinth silage. Hyacinth. Control. J., 12 : 79-81.
40. Baldwin, J.A. 1975. Comparison of pangola grass and waterhyacinth silage as diet for sheep. J.Anim.Sci., 40(5) : 968-971.
41. Bashmacova, I.K. 1990. Estimation of the reactivity 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.
42. 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.

43. 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. *Boletim. Indust. Anim.*, 45(1) : 165-174.
44. 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.
45. 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.
46. Biswas, P. and Mandal, L. 1988. Use of fresh waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the ration of growing calves. *Indian. Vet.J.*, 65(6) : 496-500.
47. Biswas, P. and Mandal, L. 1989. Nutritive value of fresh waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) plants and leaves in adult cattle. *Indian. J.Diary.Sci.*, 42(2) : 359-361.
48. Blachier, P. 1990. Experimental rearing of *Tilapia zillii* in the warm waters of Pierrelatte, France. *Bois. Forêts. Des. Trop.*, 224 : 65-72.
49. Bloesch, J. 1977. Primary production, mineralization and sedimentation in the eutrophic zone of Swiss Lake. *Limnol. Oceanogr.*, 22 : 511-526.
50. Bolenz, S., Omram, H. and Gierschner, K. 1990. Treatments of waterhyacinth tissue to obtain useful products. *Biol. Wastes.*, 33 (4) : 263-274.
51. 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.
52. 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.
53. 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.

54. 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.
55. Colman, J.A., V. Srisuwantach, S. Boonyaratpalin and S. Chinbut. 1981. Pond management : Water environment and fish growth-out performance relationships in *Clarias* culture trails. Programme for Development of Pond Management Techniques and Disease Control (DOF-UNDP/FAO THA/75/012). National Inland Fisheries Institutes. Bangkok. 33 p.
56. Geoerge, I.,C.J. Hwang, W.S. Krasner, and M.J. McGuire. 1982. Geosmin and 2-Methylisoborneol from Cyanobacteria in Three Water Supply Systems. *App. Environ Microbiol.*, March, 43(3) : 708-714.
57. Grommen, R. and W. Verstraete. 2002. Environmental Biotechnology : The ongoing quest. *J. Biotechnology* 98 : 113-123.
58. Gross, R.L., W.F. Walker and R.D. Barns. 2003. Zoology. Nt.Ed., Sauder College Publishing, Chicago. 1009 p.
59. 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.
60. 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.
61. Swingle, H.S. 1969. Methods of Analysis of Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research. 119 p.
62. 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.