



รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชุดโครงการ

เรื่อง

ระบบการพัฒนาเชิงพาณิชย์ที่ยั่งยืนสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาบึก
The Commercial Sustainable Development Culture System of
Pla Buk (*Pangasianodon gigas*)

โดย

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล ประจวบ ฉายบุ
จิราพร โรจน์ทินกร กระสิษฐ์ หังสพฤกษ์ สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย ขจรเกียรติ แซ่ตัน



รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชุดโครงการเรื่อง : ระบบการพัฒนาเชิงพาณิชย์ที่ยั่งยืนสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาบึก
The Commercial Sustainable Development Culture
System of Pla Buk (*Pangasianodon gigas*)

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2550 - 2551
จำนวน 3,734,000 บาท

ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย
หัวหน้าโครงการย่อย

รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1 : รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2 : นายสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3 : ผศ.ดร.บัญญัติ มณฑะเทียรอาสน์
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 4 : ผศ.ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 5 : อ.กระสินธุ์ หังสพฤกษ์
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 6 : นายขจรเกียรติ ศรีนวลสม
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 7 : ผศ.ดร.ประจวบ ฉายบุญ
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 8 : อ.ดร.จิราพร โรจน์ทินกร

งานวิจัยเสริมจลน์สมบูรณ์

16 มีนาคม 2552

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2550 - 2551 เป็นจำนวนเงิน 3,734,000 บาท ขอขอบคุณ คณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึง ในที่นี้ ที่ได้ให้การสนับสนุน ให้คำแนะนำ และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ข
รายละเอียดชุดโครงการวิจัย	ฅ
บทนำ	1
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
เอกสารอ้างอิง	7
ความสำคัญของการวิจัย	10
วัตถุประสงค์	11
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
โครงการที่ 1 ระบบการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อการผลิตสายพันธุ์ปลาบึก	12
บทคัดย่อ	13
Abstract	14
บทนำ	15
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	16
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	18
เอกสารอ้างอิง	23
โครงการที่ 2 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย Cladophora (โก) และ Spirulina เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงปลา	26
บทคัดย่อ	27
Abstract	28
บทนำ	29
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	30
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	37
เอกสารอ้างอิง	75

	หน้า
โครงการที่ 3 เทคนิคชีววิถีกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลาบึกเพื่อลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาแบบยั่งยืน	79
บทคัดย่อ	80
Abstract	81
บทนำ	82
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	85
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	91
เอกสารอ้างอิง	106
โครงการที่ 4 การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิง พาณิชย์	110
บทคัดย่อ	111
Abstract	112
บทนำ	113
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	121
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	129
เอกสารอ้างอิง	156
โครงการที่ 5 ระบบการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1-2 ปี ในบ่อดินเพื่อการค้า	162
บทคัดย่อ	163
Abstract	164
บทนำ	165
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	168
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	170
เอกสารอ้างอิง	180

	หน้า
โครงการที่ 6 ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล และ การเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิล	185
บทคัดย่อ	186
Abstract	187
บทนำ	188
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	189
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	200
เอกสารอ้างอิง	243
โครงการที่ 7 ผลของ Growth hormone analog ต่อการเติบโต และการเจริญพันธุ์ของ ปลานิล (ปีที่ 1 ปี พ.ศ.2550)	247
บทคัดย่อ	248
Abstract	248
บทนำ	249
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	250
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย (ปีที่ 2 ปี พ.ศ.2551)	251
บทคัดย่อ	253
Abstract	253
บทนำ	254
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	255
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	257
เอกสารอ้างอิง	259

โครงการที่ 8 การศึกษายีนแสดงออกในการเจริญพันธุ์และยีนระบุเพศในปลาบึก	260
เพศเมีย (<i>Pangasianodon gigas</i>)	
บทคัดย่อ	261
Abstract	261
บทนำ	262
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	263
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	271
เอกสารอ้างอิง	279



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
โครงการที่ 1 ระบบการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อการผลิตสายพันธุ์ปลานิล	
ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบอาหารและโปรตีนของอาหารเม็ดในปริมาณ 100 กิโลกรัม	17
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก.) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	19
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณฮอร์โมน Testosterone และ Estradiol	21
ตารางที่ 4 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้ เดือนกรกฎาคม 2551	21
ตารางที่ 5 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้ เดือนสิงหาคม 2551	21
ตารางที่ 6 การผสมไขกับน้ำเชื้อปลานิลในเดือนสิงหาคม 2551	22
โครงการที่ 2 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย Cladophora (ไก่อ) และ Spirulina เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงปลา	
ตารางที่ 1 สัดส่วนของอาหารผสมที่มีวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ต่ออาหาร 100 กิโลกรัม	32
ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลาก่อนการทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)	33
ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ผ่านการกรองและพักไว้ 2 สัปดาห์	38
โครงการที่ 3 เทคนิคชีวิตกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลานิลเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาแบบยั่งยืน	
ตารางที่ 1 ปริมาณสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่ (TSS) และฟอสฟอรัสในน้ำก่อนการทดลอง	92
ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่น (TSS) ช่วงแรก	92
ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น (TSS) ช่วงแรก	93
ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่น (TSS) ช่วงที่สอง	93
ตารางที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น (TSS) ช่วงที่สอง	93
ตารางที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่น (TDS) ช่วงแรก	94
ตารางที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น (TDS) ช่วงแรก	95

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่น (Transparency) ช่วงแรก	95
ตารางที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น (Transparency)ช่วงแรก	95
ตารางที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่น(Transparency) ช่วงที่สอง	96
ตารางที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น(Transparency)ช่วงที่สอง	96
ตารางที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปลูกปลาบึกช่วงแรก	98
ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของน้ำหนักรูปลูกปลาบึก ช่วงแรก	98
ตารางที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปลูกปลาบึกช่วงที่สอง	98
ตารางที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของน้ำหนักรูปลูกปลาบึกช่วงที่ สอง	99
ตารางที่ 16 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวปลาบึกช่วงแรก	99
ตารางที่ 17 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของความยาวรูปลูกปลาบึก ช่วงแรก	99
ตารางที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวรูปลูกปลาบึกช่วงที่สอง	100
ตารางที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของความยาวรูปลูกปลาบึกช่วง ที่สอง	100
ตารางที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารกลิ่นสาบโคลน (Geosmin) ในเนื้อปลา บึก	101
ตารางที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของสารกลิ่นสาบโคลน (Geosmin) ในเนื้อปลาบึก	102
ตารางที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารกลิ่นสาบโคลน(2-Methyl-Lisoborneol) ในเนื้อปลาบึก	102
ตารางที่ 23 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของสารกลิ่นสาบโคลน(2- Methyl-Lisoborneol) ในเนื้อปลาบึก	102
ตารางที่ 24 ปริมาณโดยเฉลี่ยของสาร Geosmin และสาร 2-methyl-lisoborneol ; MIB ใน เนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี	103
ตารางที่ 25 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาบึก ช่วงแรก	104

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 26 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของปริมาณฟอสฟอรัสช่วงแรก	104
ตารางที่ 27 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงช่วงที่สอง	105
ตารางที่ 28 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของปริมาณฟอสฟอรัสช่วงที่สอง	105
 โครงการที่ 4 การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิงพาณิชย์	
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหาร	123
ตารางที่ 2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ	123
ตารางที่ 3 สูตรอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาบึกโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25%	128
ตารางที่ 4 สูตรอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองที่ใช้ทดลอง	128
ตารางที่ 5 Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1	129
ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน	131
ตารางที่ 7 องค์ประกอบเลือดของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน	136
ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	138
ตารางที่ 9 Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2	139
ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเป็นเวลา 130 วัน	140
ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำในคอกเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	145
 โครงการที่ 5 ระบบการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1-2 ปี ในบ่อดินเพื่อการค้า	
ตารางที่ 1 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1 (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)	168

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างกัน	171
ตารางที่ 3 Chemical composition (%) ของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างกัน	172
ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน	172
ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน	173
ตารางที่ 6 Chemical composition (%) ของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน	174
ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำในบ่อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน	174
โครงการที่ 6 ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก	
ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ	200
ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ตลอดการทดลอง	201
ตารางที่ 3 องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551)	203
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกแต่ละบ่อตลอดการศึกษา	207
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ	210
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ	212
ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ	215
ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ตลอดการทดลอง	218
ตารางที่ 9 องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์	221
ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกแต่ละบ่อตลอดการศึกษา	229

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 11	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	230
ตารางที่ 12	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	231
ตารางที่ 13	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่าง ๆ	234
โครงการที่ 7	ผลของ Growth hormone analog ต่อการเติบโต และการเจริญพันธุ์ของปลาบึก	
ตารางที่ 1	แสดงน้ำหนักของปลาบึกก่อนและหลังการทดลองที่การฉีดฮอร์โมนอินซูลิน 3 ระดับ	251
ตารางที่ 2	แสดงอัตราการแลกเนื้อ(FCR) ของปลาบึก ที่การฉีดฮอร์โมนอินซูลิน 3 ระดับ	252
ตารางที่ 3	แสดงน้ำหนักของปลาบึกก่อนและหลังการทดลองที่การฝัง Growth Hormone Analog และฮอร์โมนอินซูลิน	257
ตารางที่ 4	แสดงอัตราการแลกเนื้อ(FCR) ของปลาบึก ที่การฝัง Growth Hormone Analog และฮอร์โมนอินซูลิน	258
โครงการที่ 8	การศึกษาอื่นแสดงออกในการเจริญพันธุ์และยีนระบุเพศในปลาบึก เพศเมีย (Pangasianodon gigas)	
ตารางที่ 1	สัดส่วนยีนแสดงออกในเลือดแม่ปลาบึกระหว่างระยะวางไข่และหลังวางไข่	271
ตารางที่ 2	ยีนแสดงออกในเลือดปลาบึกเพศเมียระยะวางไข่และหลังวางไข่	272

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
โครงการที่ 1 ระบบการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อการผลิตสายพันธุ์ปลานิล	
ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน	18
ภาพที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	18
ภาพที่ 3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	19
ภาพที่ 4 ปริมาณฮอร์โมน Estradiol	20
ภาพที่ 5 ปริมาณฮอร์โมน Testosterone	20
โครงการที่ 2 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย Cladophora (ไก) และ Spirulina เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงปลา	
ภาพที่ 1 คอกเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน	34
ภาพที่ 2 ลูกปลานิลอายุ 1 ปี น้ำหนัก 1 กก.	34
ภาพที่ 3 อาหารปลาทั้ง 4 สูตร	34
ภาพที่ 4 ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 2-3 กก. ระยะเวลา 10 เดือน	35
ภาพที่ 5 ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน	42
ภาพที่ 6 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน	42
ภาพที่ 7 ค่าตะกอนแขวนทั้งหมด (TDS) ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในตู้กระจกเป็นเวลา 15 วัน	43
ภาพที่ 8 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในตู้กระจกเป็นเวลา 15 วัน	43
ภาพที่ 9 ค่า BOD ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน	44

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 10 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคด้วยสูตรอาหาร JM และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจกเป็นเวลา 15 วัน	44
ภาพที่ 11 ค่า TKN ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจกเป็นเวลา 15 วัน	45
ภาพที่ 12 ค่า TP ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน	45
ภาพที่ 13 ผลผลิตของสาหร่ายไคที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน	46
ภาพที่ 14 ค่าอุณหภูมิของน้ำ (water temperature) , pH , DO และ BOD ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน	49
ภาพที่ 15 ค่า $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN , TN และ TP ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์เป็นเวลา 15 วัน	50
ภาพที่ 16 ค่าผลผลิต แคลโรทีนอยด์รวม และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไค ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน	51
ภาพที่ 17 ค่าอุณหภูมิของน้ำ (water temperature) , pH , DO และ BOD ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>S.platensis</i> ด้วยสูตรอาหาร Zm และน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 90 % และ 100 % ในบ่อซีเมนต์เป็นเวลา 15 วัน	55
ภาพที่ 18 ค่า $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN , TN และ TP ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์เป็นเวลา 15 วัน	56
ภาพที่ 19 ค่าผลผลิตแคลโรทีนอยด์รวมและคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย <i>S.platensis</i> ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้งจากโรงอาหาร ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน	57

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 20 น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กิโลกรัม/ ตัว) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	58
ภาพที่ 21 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 12 เดือน	59
ภาพที่ 22 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	60
ภาพที่ 23 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	60
ภาพที่ 24 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	61
ภาพที่ 25 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	61
ภาพที่ 26 อัตราการรอดตาย (%) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	62
ภาพที่ 27 ต้นทุนการผลิต (บาท/กก.) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน	62
ภาพที่ 28 องค์ประกอบทางคุณค่าอาหาร และ แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาบึกก่อนการเลี้ยง ด้วยอาหารผสมสาหร่าย	65
ภาพที่ 29 องค์ประกอบคุณค่าทางอาหาร และ แคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาบึกหลังการเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสาหร่าย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน	66
ภาพที่ 30 อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 10 เดือน	68
ภาพที่ 31 ปริมาณการนำไฟฟ้า (conductivity; $\mu\text{S}/\text{cm}$) ของน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน	68
ภาพที่ 32 ค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทั้งหมด (TDS; mg/L) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน	69
ภาพที่ 33 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH; Units) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน	69

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 34 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO; mg/ L ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน	70
ภาพที่ 35 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH ₃ -N; mg/ l) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน	70
ภาพที่ 36 ค่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P; mg/ l) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึงตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน	71
โครงการที่ 3 เทคนิคชีวิตกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลาบึงเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาแบบยั่งยืน	
ภาพที่ 1 การวางกระชังในบ่อทดลองภายในคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	85
ภาพที่ 2 การเตรียมผักตบชวาในระบบชีวิตเพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงปลาบึงในบ่อดิน	86
ภาพที่ 3 ลูกปลาบึงที่ใช้ในการทดลอง	87
ภาพที่ 4 กลุ่มทดลองที่ 1	88
ภาพที่ 5 กลุ่มทดลองที่ 2	88
ภาพที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 3	88
ภาพที่ 7 การสูบน้ำหนักและวัดขนาดลูกปลาบึงในระหว่างการทดลอง	89
โครงการที่ 4 การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลาบึงในกระชังเชิงพาณิชย์	
ภาพที่ 1 น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	132
ภาพที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	132
ภาพที่ 3 อัตราการแลกเนื้อของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	133
ภาพที่ 4 ผลผลิตของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	133
ภาพที่ 5 ความยาวสิ้นสุดของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	134
ภาพที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	134
ภาพที่ 7 ต้นทุนการผลิตของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	135
ภาพที่ 8 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	135

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 9 ค่าฮีมาโตคริตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	137
ภาพที่ 10 ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	137
ภาพที่ 11 ค่าซีรัมกลูโคสของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน	138
ภาพที่ 12 น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	141
ภาพที่ 13 อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	141
ภาพที่ 14 ผลผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	142
ภาพที่ 15 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	142
ภาพที่ 16 ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	143
ภาพที่ 17 ความยาวที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	143
ภาพที่ 18 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	144
ภาพที่ 19 ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	144
ภาพที่ 20 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง	145

โครงการที่ 5 ระบบการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1-2 ปี ในบ่อดินเพื่อการค้า

ภาพ	หน้า
โครงการที่ 6 ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก	
ภาพที่ 1 การปล่อยลูกปลาบึกที่ใช้ในการทดลองในคอกพลาสติก	191
ภาพที่ 2 การเตรียมอาหารเม็ดสำเร็จรูปและปริมาณอาหารทุก 1 เดือน	191
ภาพที่ 3 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและตรวจวินิจัยชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์	192
ภาพที่ 4 การสุ่มวัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลาบึกระหว่างการทดลอง	193
ภาพที่ 5 ปลาบึกที่ได้จากการทดลอง โดยนำเนื้อปลาบึกไปตรวจวัดปริมาณสารประกอบจีโอสมิน และเอ็มไอบี	194
ภาพที่ 6 การสุ่มปล่อยปลาบึกที่ใช้ในการทดลองลงในคอกพลาสติก	196
ภาพที่ 7 การเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำที่บ่อและในห้องปฏิบัติการ	197
ภาพที่ 8 การชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลูกปลาบึกเพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโต	198
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์	209
ภาพที่ 10 ปริมาณของสารประกอบเอ็มไอบีและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกก่อนการทดลอง	213
ภาพที่ 11 ปริมาณของสารประกอบเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึก	214
ภาพที่ 12 ปริมาณของสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึก	214
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกตลอดการทดลอง	217
ภาพที่ 14 ปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร	235
ภาพที่ 15 ปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร	236
ภาพที่ 16 ปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารในอัตราที่ต่างกัน	237
ภาพที่ 17 ปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารในอัตราที่ต่างกัน	237
ภาพที่ 18 ปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร	238
ภาพที่ 19 ปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร	239
โครงการที่ 7 ผลของ Growth hormone analog ต่อการเติบโต และการเจริญพันธุ์ของปลาบึก	
-	

ภาพ	หน้า
โครงการที่ 8 การศึกษายีนแสดงออกในการเจริญพันธุ์และยีนระบุเพศในปลาบึก เพศเมีย (<i>Pangasianodon gigas</i>)	
ภาพที่ 1 แผนผังการวิจัย	270
ภาพที่ 2 BLASTX alignment ของ EST clone O1024	273
ภาพที่ 3 BLASTX alignment ของ EST clone O5030	274
ภาพที่ 4 BLASTX alignment ของ EST clone A3017	275
ภาพที่ 5 BLASTX alignment ของ EST clone O2089	276
ภาพที่ 6 BLASTX alignment ของ EST clone O1005	277
ภาพที่ 7 BLASTX alignment ของ EST clone O1004	278



บทนำ

ปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดหนึ่ง ไม่มีเกล็ด อาศัยอยู่ในแม่น้ำโขงแถบประเทศลาว โดยที่ปลายวัยอ่อนมีฟันและกินเนื้อเป็นอาหาร แต่เมื่อโตขึ้นฟันก็จะหายไป และเปลี่ยนพฤติกรรมการกินจากกินเนื้อมาเป็นกินพืช ปลาบึกเป็นปลาที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ปลาบึกเป็นปลาที่นิยมบริโภคเป็นจำนวนมากเนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและเนื้อมีรสชาติดี การเพาะเลี้ยงปลาบึกให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจ จำเป็นต้องสร้างสายพันธุ์จากการเลี้ยงที่มีลักษณะที่ดี เป็นที่ต้องการของตลาดและมีปริมาณเพียงพอ การที่จะทำให้ปลาที่เลี้ยงโตเร็ว ลดต้นทุน และระยะเวลา ไม่มีโรค และสามารถที่จะพัฒนาเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้ สืบเนื่องจากปลาบึกถูกจัดเป็นปลาชนิดที่มีจำนวนน้อยใกล้สูญพันธุ์ (Endangered species) ซึ่งในธรรมชาติสามารถพบปลาบึกเฉพาะในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาท่อนั้น ประกอบกับกรมประมงประสบความสำเร็จในการผสมเทียมปลาบึกจากแม่น้ำโขง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 และจากบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกในปี พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา หน่วยงานภาครัฐ โดยเฉพาะกรมประมง ก็ได้ดำเนินการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์มากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อลดการจับปลาบึกจากธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรก็ให้ความสนใจ ทั้งนี้เนื่องจากปลาบึกเป็นสัตว์น้ำที่มีราคาค่อนข้างแพง จึงเป็นสิ่งจูงใจการเลี้ยงปลาบึกของเกษตรกร แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันก็ยังมีต้นทุนสูง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของบ่อและค่าอาหาร เพราะปลาบึกเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้บ่อที่มีขนาดใหญ่และลึกพอสมควร อีกทั้งการเพาะเลี้ยงปลาบึกเพื่อให้ได้ขนาดที่จะจำหน่ายได้ต้องใช้ระยะเวลานาน ต้นทุนค่าอาหารก็เลยสูงตามไป ฉะนั้นถ้าหากสามารถหาสิ่งทดแทนอาหารเม็ดสำเร็จรูปหรือสามารถลดปริมาณการให้อาหารเม็ดสำเร็จได้ก็จะทำให้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ลดลงได้

นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันยังอาจมีปัญหาเรื่องของเสีย เช่น เศษอาหาร เหลือตกค้างในบ่อเลี้ยง ทำให้มีสารอาหารส่วนเกินและคุณภาพน้ำในบ่อมีค่าไม่เหมาะสมหรือเน่าเสียได้ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก และยิ่งถ้าปล่อยน้ำออกสู่ธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัดก็จะกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้ปัจจุบันมุมมองของการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์เปลี่ยนแปลงไป โดยมุมมองของการเพาะเลี้ยงจะไม่มุ่งเน้นเฉพาะการผลิตปลาบึกเพื่อจำหน่ายเพียงอย่างเดียว แต่จะให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนค่าอาหารเม็ดและลดสารอาหารส่วนเกินจากของเสียที่เหลือตกค้างในบ่อเพื่อไม่ให้เกิดกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและสภาวะสิ่งแวดล้อม จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์จากเดิมเป็น “การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์ หรือ การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงนิเวศน์”

บทคัดย่อ

ประโยชน์ของการศึกษาผลของการใช้สารห่วยสไปรูลินาผสมอาหารเม็ด ต่อการเจริญเติบโต และการเจริญพันธุ์ของปลาบึกจากการเลี้ยง รุ่นที่ 1 อายุ 6 ปี แบ่งการศึกษาเป็น หน่วยทดลองที่ 1 ให้อาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ หน่วยทดลองที่ 2 ให้อาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารห่วยสไปรูลินา 10% พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ± 1.29 และ 4.71 ± 0.48 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.72 ± 0.47 และ 1.70 ± 0.17 กิโลกรัมตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ± 0.02 และ 0.04 ± 0.00 ตามลำดับ ปริมาณฮอร์โมนเพศเมีย estradiol หน่วยการทดลองที่ 1 และ 2 ในเดือน เมษายน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.70 ± 3.49 และ 42.32 ± 5.02 ส่วนเดือนกรกฎาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.19 ± 1.97 และ 45.73 ± 12.67 (pg/ml) ตามลำดับ ปริมาณฮอร์โมนเพศผู้ testosterone หน่วยการทดลองที่ 1 และ 2 ในเดือน เมษายน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 ± 0.14 และ 0.143 ± 0.07 เดือน กรกฎาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 ± 0.00 และ 0.16 ± 0.05 (ng/ml) ตามลำดับ พบว่าในแต่ละหน่วย การทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) อย่างไรก็ตาม หน่วยการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมสารห่วยสไปรูลินา 10% สามารถเพาะผสมพันธุ์เทียมได้ และฟักลูกปลาบึกได้จำนวน 2,514 ตัว

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate effects of *Spirulina* supplementary pellet feed application to 6 years old Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*) brood stock on growth and maturation abilities. This study was divided in to 2 treatments. Treatment 1, catfish were fed formulation pellet only while Treatment 2 catfish were with fresh *spirulina* sp. 10% in pellet feed formulation. The results showed average daily gain (ADG), Gain weight and feed conversion rate (FCR) were not significant different ($P>0.05$). Catfish in treatment 1 and 2 provided ADG of 4.78 ± 1.29 and 4.71 ± 0.48 grams/treatment; Gain weight of 1.72 ± 0.47 and 1.70 ± 0.17 kilograms/treatment and FCR of 0.05 ± 0.02 and 0.04 ± 0.00 , respectively. Catfish estradiol were not significant different ($P>0.05$) between treatment 1 and 2 with a value of 16.70 ± 3.49 , 42.32 ± 5.02 in April and 28.19 ± 1.97 and 45.73 ± 12.67 (pg/ml) in July, respectively. In addition, testosterone were not significant different ($P>0.05$) between treatment 1 and 2 with a number 0.48 ± 0.14 , 0.143 ± 0.07 in April and 0.02 ± 0.00 and 0.16 ± 0.05 (ng/ml) in July, respectively. However, in July and August the fish from treatment 2 (SP 10%) provided both eggs and sperm and obtained fingerling amount 2,514 fingerling by artificial breeding.

บทนำ

ปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดหนึ่ง ไม่มีเกล็ด อาศัยอยู่ในแม่น้ำโขงแถบประเทศลาว ปลาบึกวัยอ่อนมีฟันและกินเนื้อเป็นอาหาร แต่เมื่อโตขึ้นฟันก็จะหายไป และเปลี่ยนพฤติกรรมการกินจากกินเนื้อมาเป็นกินพืช ปลาบึกเป็นปลาที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ปลาบึกเป็นปลาที่นิยมบริโภคเป็นจำนวนมากเนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและเนื้อมีรสชาติดี การเพาะเลี้ยงปลาบึกให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจ จำเป็นต้องสร้างสายพันธุ์จากการเลี้ยงที่มีลักษณะที่ดี เป็นที่ต้องการของตลาดและมีปริมาณเพียงพอ การที่จะทำให้ปลาที่เลี้ยงโตเร็ว ลดต้นทุน และระยะเวลา ไม่มีโรค และสามารถที่จะพัฒนาเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้ สิ่งที่สำคัญในการเลี้ยงคือเรื่องของอาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาบึกส่วนใหญ่จะนิยมทำการผสมอาหารขึ้นเองจากวัตถุดิบธรรมชาติ วัตถุดิบที่นิยมนำมาผสมอาหารจะประกอบไปด้วย ปลาป่น รำ ปลาขี้ขาว กากถั่วเหลือง และน้ำมันพืช แต่เนื่องจากปลาบึกเป็นปลาที่มีการเจริญพันธุ์และเติบโตช้า จึงต้องมีการนำสาหร่ายสไปรูลินาเป็นส่วนผสมในอาหารด้วย เพราะสาหร่ายมีสารอาหารที่เพิ่มภูมิคุ้มกันโรคให้กับสัตว์น้ำ (วุฒิพร 2531, ปิยาลัยและคณะ. 2547.) สาหร่ายสไปรูลินา มีธาตุอาหารและวิตามินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของสัตว์น้ำ (ยุวดี 2546., อาภารัตน์ 2547., มารศรี 2549.) สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย

จากการที่คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ได้ทำการศึกษาวิจัยด้านองค์ความรู้ต่างๆ ดังกล่าว เกี่ยวกับปลาบึก จึงทำให้การเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก จากบ่อดินประสบความสำเร็จในการเพาะผสมเทียมพ่อแม่พันธุ์ปลาบึก F1 และ F2 ที่มีอายุน้อยที่สุดได้เป็นรายแรกของโลก ได้ลูกปลาบึกจำนวนมากพอกับการเลี้ยงและบริโภค ประกอบกับคุณค่าทางโภชนาการที่ดีและความอร่อยของปลาบึก จึงสามารถที่จะพัฒนารูปแบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกในเชิงพาณิชย์เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกร ผู้เลี้ยงปลาบึก และผู้บริโภคในอนาคตอันใกล้ได้สำเร็จ และจะส่งผลดีต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและประเทศไทยมากขึ้น และการส่งออกปลาบึกจากการเลี้ยงก็จะทำให้รายได้และเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น รวมถึงสุขภาพที่สมบูรณ์แข็งแรงรูปร่างดีสมสัดส่วนและมีความสูงที่มาตรฐานของผู้บริโภคที่ได้รับคุณค่าอาหารจากเนื้อปลาบึก และในอนาคตยังต้องทำการทดสอบเนื้อปลาบึกทางวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น เนื่องจากประเทศอื่นยังไม่สามารถทำการเพาะเลี้ยงปลาบึกได้ นอกจากนี้การเพิ่มมูลค่าจากไขมัน มาทำเป็นน้ำมันปลาและกระดูกปลาบึกด้านแปรรูปผลิตภัณฑ์ก็จะมีประเด็นที่ต้องพิจารณาทำต่อไป ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จะนำเผยแพร่ให้นักศึกษา เกษตรกร และประชาชนทั่วไป เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 หน่วยการทดลอง ดังนี้

หน่วยการทดลองที่ 1 ให้อาหารโปรตีน 30% (กลุ่มควบคุม)

หน่วยการทดลองที่ 2 ให้อาหารโปรตีน 30% ผสมสาหร่ายสไปรูลีนา 10%

แต่ละหน่วยการทดลอง มีละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีปลาจำนวน 6 ตัว อายุ 6 ปี น้ำหนัก 7-8 กิโลกรัม โดยเลี้ยงในคอกขนาด 55 ตารางเมตร จำนวน 6 คอก เลี้ยงนาน 10 เดือน (ตุลาคม 2550 - กันยายน 2551) ให้อาหารในอัตรา 3% ของน้ำหนักตัว ในช่วงเช้า เวลา 08.00 น. และช่วงเย็น 16.00 น.

2. สุ่มวัดการอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ น้ำหนักที่เพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก 30 วัน เพื่อคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{ก. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมด}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมด}}$$

$$\text{ข. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$\text{ค. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Total biomass increase, กรัม)} = \text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุด} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{ง. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

3. เก็บตัวอย่างเลือดปลาบริเวณเส้นเลือดใหญ่ของโคนหาง 1-2 มิลลิตรนำมาวิเคราะห์ระดับฮอร์โมนเพศ Estradiol (E_2) และ Testosterone หลังทำการทดลอง นำตัวอย่างเลือดปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 10,000 รอบ นาน 5 นาที นำเซรัมที่แยกเป็นชั้นสีใส ออกจากเม็ดเลือดนำไปวิเคราะห์ฮอร์โมน ณ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเครื่อง electrochemiluminescence immunoassay รุ่น 1010

4. ในเดือน กรกฎาคม และสิงหาคม ช่วงฤดูการวางไข่ตรวจสอบ และนับจำนวนพ่อแม่ปลาที่พร้อมทำการผสมเทียมโดยตรวจการมีน้ำเชื้อและมีไข่ โดยสังเกตจากการขยายตัวของท้องตัวเมียที่กว้างและนูน หรือใช้สายยางขนาดเล็กสอดเข้าช่องไข่เพื่อดูดไข่และดูความสมบูรณ์ของไข่ที่จะทำการฉีดฮอร์โมนและผสมเทียม ส่วนตัวผู้โดยการรัดท้องเบา ๆ จะมีน้ำเชื้อไหลออกมามีลักษณะสีขาวขุ่น เมื่อพ่อแม่ปลาพร้อมทำการผสมเทียมโดยฉีดฮอร์โมน LHRL ในการฉีดฮอร์โมนจะฉีด 2 เข็ม

ระยะเวลาการฉีดห่างกัน ประมาณ 8-10 ชั่วโมง โดยใช้ความเข้มข้น 15-30 ไมโครกรัม เสริมโมทีเลียม 5 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ผสมน้ำในปริมาตรไม่เกิน 5 ซีซี ทำการฉีดปลาในด้านหนึ่ง ทิ้งไว้ประมาณ 8-10 ชั่วโมง แล้วตรวจสอบการขยายของท้องปลาบึก จากนั้นฉีดเข็มที่ 2 ตรวจสอบการขยายของท้องอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นทำการรีดน้ำเชื้อปลาเพศผู้ใส่บีกเกอร์นำมาผสมเทียมกับไข่ปลาที่รีดไว้แล้ว ใช้ชนไก่คนไข่ปลาและน้ำเชื้อให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำเกลือ 0.09 % และทำการล้างไข่ประมาณ 1-2 ครั้ง จากนั้น นำมาเพาะฟักในบ่อเพาะฟัก

5. นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (FW) จำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่มีไข่และน้ำเชื้อ และอัตราการผสมและจำนวนลูกปลาที่ได้ โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ SPSS 15.0 แบบ One-way analysis of variance (ANOVA) ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT)

ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบอาหารและโปรตีนของอาหารเม็ดในปริมาณ 100 กิโลกรัม

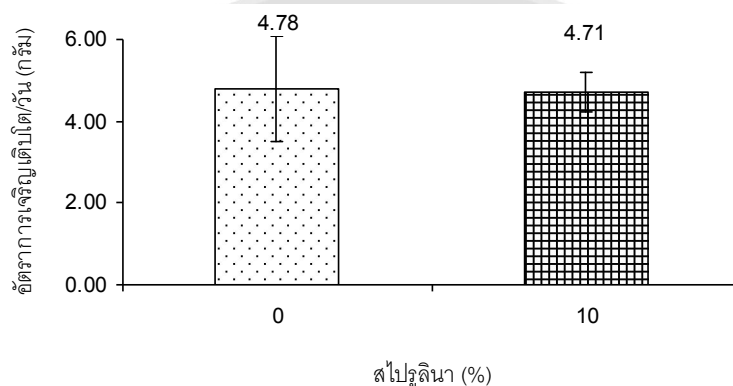
สูตรอาหาร องค์ประกอบ	โปรตีน (%)	สำหรับ 0%		สำหรับ 10%	
		โปรตีน (%)	วัตถุดิบ (กก.)	โปรตีน (%)	วัตถุดิบ (กก.)
สไปรูลินา	55	0	0	0.55	10
ปลาป่น	55	9.92	18.04	8.72	15.85
กากถั่วเหลือง	44	15.88	36.08	13.95	31.70
รำ	8	2.45	30.58	2.26	28.30
ปลายข้าว	6	0.92	15.29	0.85	14.15
ปริมาณโปรตีนรวม		29.17	99.99	26.33	100

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

1. อัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่อหน่วยทดลอง (กรัม)

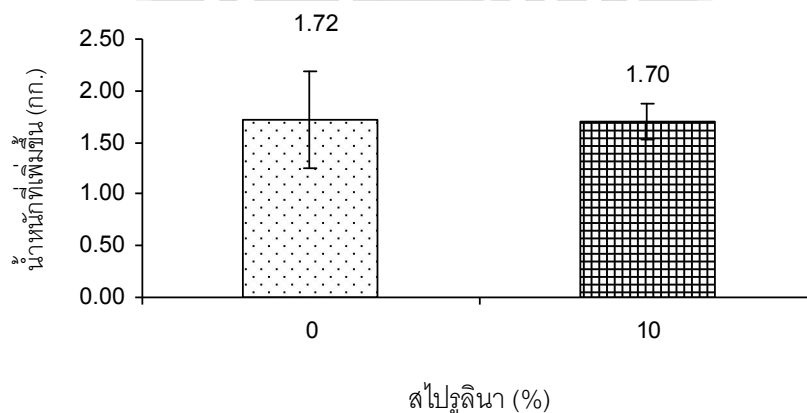
จากการทดลอง (ภาพที่ 1) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน/หน่วยทดลอง (กรัม) ในหน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 4.78 ± 1.29 กรัม และหน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ± 0.48 กรัม เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน/หน่วยทดลอง (กรัม)

2. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยการทดลอง (กิโลกรัม)

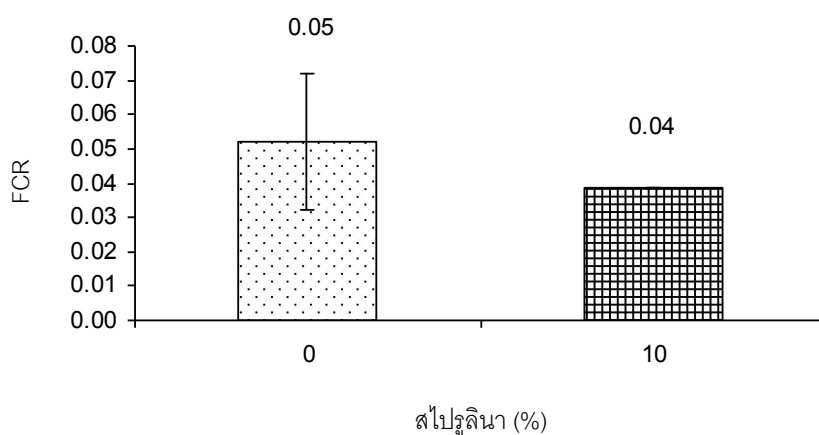
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยทดลอง พบว่า หน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.72 กิโลกรัม หน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.70 กิโลกรัม (ภาพที่ 2) เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/หน่วยการทดลอง (กิโลกรัม) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

จากภาพที่ 3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของหน่วยการทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ± 0.02 และหน่วยการทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 ± 0.00 เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

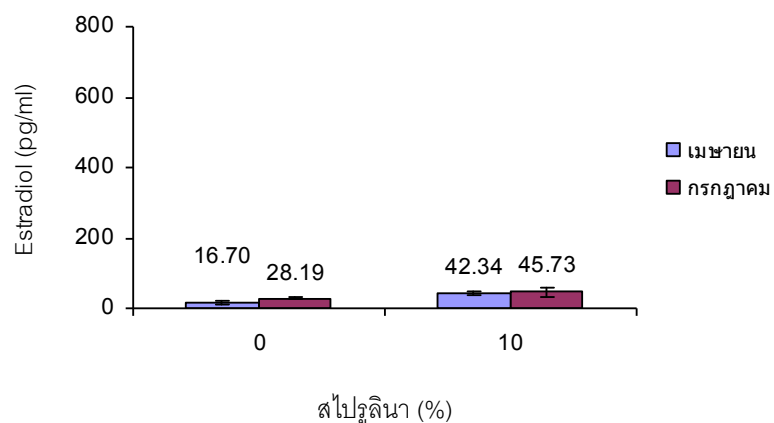
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก.) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

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

4. ปริมาณฮอร์โมน Estradiol (pg/ml)

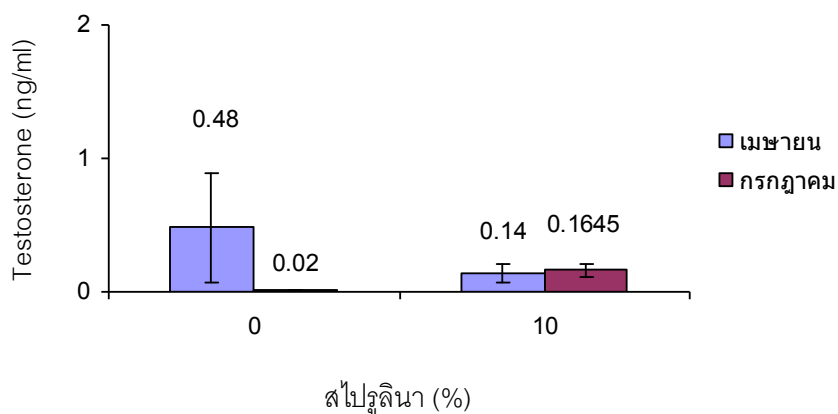
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนเพศเมีย Estradiol (pg/ml) ในเดือนเมษายน พบว่า หน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.70 ± 3.49 และหน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.32 ± 5.02 (pg/ml) ส่วนเดือนกรกฎาคม พบว่า หน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.19 ± 1.97 และหน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.73 ± 12.69 (pg/ml) เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปริมาณฮอร์โมน Estradiol (pg/ml) เดือนเมษายน และกรกฎาคม 2551

5. ปริมาณ Testosterone (ng/ml)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนเพศผู้ Testosterone (ng/ml) ในเดือนเมษายน พบว่าหน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 ± 0.14 และหน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.143 ± 0.07 ส่วนเดือนกรกฎาคม พบว่าหน่วยทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลินา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 ± 0.00 และหน่วยทดลองที่ 2 อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 ± 0.05 เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปริมาณฮอร์โมน Testosterone (ng/ml) เดือนเมษายน และกรกฎาคม 2551

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณฮอร์โมน Testosterone (ng/ml) และ Estradiol (pg/ml) ของเดือนเมษายน และ เดือนกรกฎาคม 2551

หน่วยการทดลอง	Testosterone (ng/ml)		Estradiol (pg/ml)	
	เดือนเมษายน	เดือนกรกฎาคม	เดือนเมษายน	เดือนกรกฎาคม
	2551	2551	2551	2551
สำหรับ 0%	0.48±0.14 ^a	0.02±0.00 ^a	16.70±3.49 ^a	28.19±1.97 ^a
สำหรับ 10%	0.143±0.07 ^a	0.16±0.05 ^a	42.32±5.02 ^a	45.73±12.67 ^a

ตารางที่ 4 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกที่สามารถรัดไข่และน้ำเชื้อได้เดือน กรกฎาคม 2551

หน่วยทดลอง	จำนวนตัว	น้ำหนัก (กก.)	ไข่/กก. (กรัม)	ไข่/กรัม (ฟอง)	น้ำเชื้อ/กก. (cc.)	วันที่
สำหรับ 0%	1	8	-	-	2.87	11 ก.ค. 51
	1	8	21.25	728	-	1 ก.ค. 51
สำหรับ 10%	1	7.6	-	-	1.84	1 ก.ค. 51
	1	6	56.67	728	-	6 ก.ค. 51

หมายเหตุ เดือนกรกฎาคม ไม่สามารถเพาะผสมพันธุ์ปลาบึกได้

ตารางที่ 5 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกที่สามารถรัดไข่และน้ำเชื้อได้เดือน สิงหาคม 255

หน่วยทดลอง	จำนวนตัว	น้ำหนัก (กก.)	ไข่/กก. (กรัม)	ไข่/กรัม (ฟอง)	น้ำเชื้อ/กก. (cc.)	วันที่
สำหรับ	1	6	26.67	826	-	6 ส.ค. 51
10%	1	6	33.33	826	-	6 ส.ค. 51
	1	6	-	-	0.03	22 ส.ค. 51

ตารางที่ 6 การผสมไข่กับน้ำเชื้อปลาบึกในเดือนสิงหาคม 2551

หน่วย ทดลอง	จำนวน ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ไข่/กก. (กรัม)	ไข่/กรัม (ฟอง)	น้ำเชื้อ/ กก. (cc.)	อัตราการ ผสม (%)	จำนวนที่ ฟัก (ตัว)	วันที่
สำหรับ	1	6	26.67	826	-	54	455	6 ส.ค. 51
10%	1	6	-	-	0.03	20	859	22 ส.ค. 51

หมายเหตุ ไข่กับน้ำเชื้อที่ได้จากปลาบึกอายุ 6 ปี นำมาผสมกับปลาบึกอายุ 12 ปี

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และปริมาณฮอร์โมนเพศของปลาบึก อายุ 6 ปี ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสำหรับสไปรูลิना 10 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงนาน 10 เดือน โดยหน่วยทดลองที่ 1 ให้อาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ หน่วยทดลองที่ 2 ให้อาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสำหรับสไปรูลิना 10% พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน หน่วยทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ± 1.29 และ 4.71 ± 0.48 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.72 และ 1.70 กิโลกรัม ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ± 0.02 และ 0.04 ± 0.00 ตามลำดับ วุฒิพรและอัญชลี (2531) ทำการศึกษาผลของสำหรับสไปรูลิनाต่อการเจริญเติบโต และระดับแอนติบอดีในปลาอุกพันธุ์ลูกผสม การทดลองให้อาหาร 1 สูตร โดยให้สำหรับสไปรูลิना แห้งที่ต่างระดับกันคือ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30% ใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า อาหารที่ผสมสำหรับสไปรูลิना 10% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด เตือนใจ (2548) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบึก โดยให้อาหารผสมสำหรับสไปรูลิनाแก่ปลาบึกในระดับที่ต่างกันคือ ให้อาหารผสมโปรตีน 30% ไม่ผสมสำหรับ อาหารผสมโปรตีน 30% ผสมสำหรับ 5% และ 10% ตามลำดับ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสูตรอาหารที่ผสมสำหรับ 10% เป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกมากที่สุด เนื่องจาก มีน้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากที่สุด และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด

ปริมาณฮอร์โมนเพศเมีย Estradiol ในหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 เดือนเมษายน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.70 ± 3.49 และ 42.32 ± 5.02 (pg/ml) ตามลำดับ เดือนกรกฎาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.19 ± 1.97 และ 45.73 ± 12.67 (pg/ml) ตามลำดับ ปริมาณฮอร์โมนเพศผู้ Testosterone ใน

หน่วยทดลองที่ 1 และ 2 เดือนเมษายน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 ± 0.14 และ 0.143 ± 0.07 (ng/ml) ตามลำดับ เดือนกรกฎาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 ± 0.00 และ 0.16 ± 0.05 (ng/ml) ตามลำดับ (เกรียงศักดิ์, 2551) ศึกษาผลของฮอร์โมนเพศต่อระดับฮอร์โมน T และ E₂ ในปลาบึก พบว่าปลาบึกที่ฉีดฮอร์โมน มีแนวโน้มสูงกว่าหน่วยควบคุม แต่ระดับฮอร์โมนของปลาบึกจะสูงสุดในเดือนมิถุนายน ปลาสรวยจะสูงสุดในเดือนกันยายน ในปลาบึกระดับฮอร์โมนเพศ T ในเพศผู้ มีค่า 6 ng/ml ส่วน E₂ ของปลาบึกเพศเมียก่อนการรัดไข่มีค่า 0.45 ng/ml และวันที่ 8 กรกฎาคม 2544 สามารถรัดไข่และน้ำเชื้อได้จากหน่วยทดลองที่ฉีดด้วย GnRHa 300 µg/kg ผสม DOM 20 mg/kg แต่ผสมไม่ติด หลังจากนั้นระดับฮอร์โมนเพศในเดือนสิงหาคมมีค่าลดลง ส่วนปลาสรวยก่อนการวางไข่ (มิถุนายน 2544) เพศผู้มีค่า T เท่ากับ 11 ng/ml เพศเมียมีค่า E₂ เท่ากับ 0.47 ng/ml สามารถรัดไข่และน้ำเชื้อได้ในวันที่ 22 กรกฎาคม ผสมเทียมได้จากทุกหน่วยการทดลอง ในเดือนกันยายนมีฮอร์โมนเพศเพิ่มขึ้น โดยเพศผู้มีค่า T เท่ากับ 13.9 ng/ml และในเพศเมียมีค่า E₂ เท่ากับ 0.98 ng/ml แสดงว่า ปลาสรวยมีช่วงฤดูกาลวางไข่ยาวนานกว่าปลาบึก คือ ถึงเดือนกันยายน ส่วนเดือนพฤศจิกายน ปริมาณฮอร์โมนลดลง

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมงจังหวัดเชียงราย. 2549. ชีววิทยาปลาบึก. แหล่งที่มา: <http://www.fisheries.go.th/sf-chiangrai/sara/GiantCatfish.htm>, 20 มีนาคม 2551
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. หลักการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2550. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 208 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2551. การเพาะเลี้ยงปลาบึกเพื่อประโยชน์อย่างยั่งยืน. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 176 หน้า.
- ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ จงกล พรหมยะ .2549. คู่มือปฏิบัติการสาหร่ายวิทยา(Phycology). คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่.
- ขวลิต วิทยานนท์ และสมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์. 2536. อนุกรมวิธานของปลาบึกและปลาสรวย (วงศ์ Pangasiidae). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.
- ปิยาลย์ สถาพรและวิษณุ. 2547. ศึกษาการใช้สาหร่ายสไปรูลินาในการป้องกันโรคตัวแดงดวงขาวในกึ่งกุลาดำ. วารสารประมง. 57 (4) : 353-356

- มารศรี เรืองจิตชัชวาล. 2549. สหรัยสไปรูลินา. สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. สหรัยวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 225หน้า.
- วุฒิพร อัญชลี. 2531. ผลของสหรัยสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลา
ดุ๊กพันธุ์ลูกผสม. วารสารสงขลานครินทร์. 10 (2) : 195 – 203.
- สมศักดิ์ วรคามิน. 2547. สหรัยอาหารของอนาคต. กรุงเทพฯ. 65 หน้า.
- สุกัญญา ขำขาว. 2549. สหรัยสไปรูลินา แหล่งคุณค่าทางอาหารสู่นวัตกรรมเพื่อความงาม
ของร่างกาย. นิตยสารสร้างเงิน สร้างงาน. พฤษภาคม 2 (24) หน้า 152-154
- อภารัตน์ มหพันธ์. 2547. สหรัย มากคุณค่า โอซารส. ศูนย์จุลินทรีย์ (ศจล.). สถาบันวิจัย
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.). จังหวัดประทุมธานี.
- Bold, H.C. and Wyne, M.J. (1987) Introduction to the algae. Prentice-Hall, Inc.,
Englewood Cliffs,
- Dillon, J.C. and Phan, P.A., 1993. Spirulina as a source of proteins in human nutrition.
Bulletin de Institute Océanographique 12, pp. 103–107.
- Chevey, P. 1930. Sur un nouveau silure geant du bassin du Mekong, *Pangasanodon*
gigas nov.g., nov.sp. Bull.Soc.Zool.France, 55 : 536-542.
- Ciferri O. 1983. *Spirulina* sp, the edible microorganism. Copy right December 47(4)
551-578.
- Colin E. Purdom. 1993. Genetics and Fish Breeding. Ministry of Agriculture Fisheries
and Food. Fish laboratory, Lowestoft, Suffolk. 277 p.
- Henriksson, E., Nordin Henriksson, K. (2005) Salt-stress signalling and the role of
calcium in the regulation of the Arabidopsis *ATHB7* gene. Plant, Cell and
Environment, 28, 202-210
- Kriangsak Meng-umphan and Jaruwan Saengkrachang. 2007. The first success on the
production of Generation 2 (F2, The Blabuk Maejo 75) Mekong Giant Catfish
(*Pangasinodon gigas*) Cultured with *Spirulina* sp. Additive Pellet Feeds. Maejo
International Journal of Science and Technology.
- Nelson, J.S. 1994. Fish of The World 3rd edition. New York : John Willey & Sons, Inc.
600 pp.

R. D. Schwartz and FA Keller. 1954. Apple. Dried *Spirulina sp* cells are eaten at the present time by the people in the Lake Chad region of Africa (2). Present-day
Venkataraman, L.V. (1986) Blue-green algae as bio-fertilizer. In Richmond, A. (ed)
Handbook of Micro algal Mass Culture, CRC Press, Inc., 455-472



บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Cladophora* (ไก) และ *Spirulina platensis* เพื่อเป็นอาหารปลาบึก ได้ทำการวิจัย ณ คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ระหว่าง เดือน มกราคม 2550 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2551 ได้ทำ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสกุล *Cladophora* (ไก) ในสูตรอาหาร Jaworski's medium (JM) ปรับปรุง และใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ความเข้มข้น 10% ถึง 100% เลี้ยงสาหร่ายในตู้กระจก และบ่อซีเมนต์ มีการเติมอากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 15-30 วัน พบว่า ผลผลิตของสาหร่ายไกที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 80% มีผลผลิตของสาหร่ายในรูปแห้งสูงสุด รองลงมา คือ ที่ระดับความเข้มข้น 100%, 90%, 70% และ 60% คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก โดยน้ำหนักแห้งที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% มีปริมาณแคโรทีนอยด์ 580 µg/g โปรตีน 31.37% สูงกว่าสาหร่ายไกที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงอาหารความเข้มข้น อื่นๆ และมีค่า BOD, NH₃-N, NO₃-N, TP และ TKN ลดลงจากวันแรกของการเลี้ยงสาหร่าย และการการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในสูตรอาหาร modified Zarrouk's medium (Zm) และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90% และ 100% ทำการทดลองในบ่อซีเมนต์ กลม ให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 15-30 วัน พบว่า ผลผลิตของสาหร่าย *S. platensis* ที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 100% มีผลผลิตของสาหร่ายแห้งสูงสุด รองลงมา คือ สูตรอาหาร Zm และน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 90% ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *S. platensis* โดยน้ำหนักแห้ง สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% และ Zm มีปริมาณแคโรทีนอยด์ 630-700 µg/g โปรตีน 40.86-54.83% โดยน้ำหนักแห้ง และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% มีค่า BOD, NH₃-N, NO₃-N, TP และ TKN ลดลงจากวันแรกของการเลี้ยง คณะผู้วิจัยจะนำน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% เพาะเลี้ยงสาหร่ายไก และ น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% ไปเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์ขนาดใหญ่ แบบ raceway pond เพื่อนำผลผลิตไปเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินต่อไป

การทดลองนี้ใช้ปลาปลาบึก น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวประมาณ 1,200-1,500 กรัม โดยใช้บ่อดินทำเป็นคอก ขนาด 2 x 5 x 1 เมตร สูตรอาหารทดลองมี 4 สูตร แต่ละสูตรมี 3 ซ้ำ โดยอาหารสูตรที่ 1 – 4 มีส่วนผสมของ สาหร่าย ระดับ 0%, สาหร่ายไก 3%, สาหร่าย สไปรูลิน่า 3% และสาหร่ายไก 1.5%ผสม สาหร่ายสไปรูลิน่า 1.5% ปรับอาหารทุกสูตรให้มีระดับของโปรตีนใกล้เคียงกันเท่ากับ 29% ใช้เวลาการเลี้ยงเป็นเวลา 10 เดือน จากผลการทดลองพบว่า ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไก 1.5% ผสม สาหร่ายสไปรูลิน่า 1.5% มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ และต้นทุนการผลิต ดีกว่า สูตรอาหาร สาหร่าย

0%, สาหร่ายไถ 3% และ สาหร่าย สไปรูลิน่า 3% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) และพบว่า อาหารผสมสาหร่าย สไปรูลิน่า 3% ทำให้ ปริมาณของแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น

Abstract

Culture of a Green Alga Genus *Cladophora* (Kai) and *Spirulina* as Feed for the Mae-Kong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey) was researched at Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai in January 2007 to February 2008. *Cladophora* cultivated with Jaworski's medium (JM) and cafeteria wastewater (Cw) 10%Cw to 100%Cw in aquarium and cement pond. Water quality, biomass production and nutritional value of *Cladophora* were determined from cultures harvested every 5 days for a period of 15-30 days. The highest level of biomass production, total- carotenoid (580 ug/g) and protein (31.37% DW) of *Cladophora* was achieved in 80%Cw. The 80%Cw produced lower BOD, TP, $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN, $\text{NO}_3\text{-N}$ and TN compared to each treatment. *Spirulina platensis* cultivated with modified Zarrouk's medium (Zm), 100% cafeteria wastewater (100%Cw) and 90% cafeteria wastewater (90%Cw) in the cement pond. Water quality, biomass production and nutritional value of *S. platensis* were determined from cultures harvested every 5 days for a period of 15-30 days. The highest level of biomass production, total- carotenoid (630 ug/g) and protein (40.86 % DW) of *S. platensis* was achieved in 100%Cw and Zm. The 100%Cw produced lower BOD, TP, $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN, $\text{NO}_3\text{-N}$ and TN compared to Zm and 90%Cw. The *Cladophora* will culture with 80%Cw and *S. platensis* 100%Cw in raceway pond was evaluated as a protein source for cultured the Mae-Kong Giant Catfish in earth pond.

A 10-month feeding trail was carried out for Mae-Kong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey) with an initial average weight of 1,200-1,500 g for size 2 x 5 x 1 m. (stable) in earthen ponds. Feeds containing varying percentages of blue-green alga and green alga genus *Spirulina. platensis* and *Cladophora* (Kai): 0% Alga, 3% *Cladophora*, 3% *S. platensis* and 1.5% *S. platensis* + 1.5% *Cladophora* were

tested with three replications for each treatment. All the feeds were formulated to contain dietary requirement for the Mae-Kong Giant Catfish 29% protein. Results showed that the feed growth rate, weight gain, specific growth rate, feed conversion rate and production cost in Mae-Kong Giant Catfish fed diets 1.5% *Cladophora* + 1.5% *S. platensis* had significantly higher than those fed with diets with control diets (0 % algae), 3% *Cladophora* and 3% *S. platensis* ($p < 0.05$) respectively. The carotenoid contents in fish increased 3% *S. platensis* in feed.

บทนำ

สาหร่ายจัดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในการนำมาผลิตเป็นอาหารของปลาและของมนุษย์ เพื่อทดแทนอาหารจากแหล่งอื่น ๆ สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ *Cladophora* หรือภาษาท้องถิ่นเรียกว่า “โก” เป็นสาหร่ายสีเขียวที่พบมากในลำน้ำนาน และลำน้ำโขง ที่ชาวบ้านบริเวณลุ่มน้ำทั้งสองนิยมนำมาบริโภคในรูปแบบต่าง ๆ ได้มีผู้ศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายโกพบว่าปริมาณโปรตีนถึงร้อยละ 28.22 และคาโรทีนอยด์ ถึง $339.68 \mu\text{g g}^{-1}$ (น้ำหนักแห้ง) และสาหร่ายสไปรูลินามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Spirulina platensis* เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินขนาดเล็กที่มีคุณประโยชน์มากมาย เพราะมีโปรตีนสูงกว่า 60 % ของน้ำหนักแห้ง และยังมีกรดอะมิโนที่สำคัญอีกกว่า 18 ชนิดนอกจากนี้ยังมีวิตามินและเบต้าแคโรทีนสูงด้วย เหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาทำเป็นอาหารเสริมทั้งของคนและสัตว์ ซึ่งสาหร่ายทั้งสองชนิดมีคาโรทีน (carotene) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) และเป็นที่ยอมรับกันมาแล้วว่าคาโรทีนกลุ่มเบต้าคาโรทีน (β -carotene) จัดเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ลดการเกิดต้อกระจกและการเสื่อมของเรตินา (retina) ของตา ในปัจจุบันมีการนำคาโรทีนอยด์มาใช้ประโยชน์มากมาย อาทิ ผสมอาหารของสัตว์น้ำ กระตุ้นการเกิดสีในปลา การเกิดสีในไก่และไข่แดง ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และใช้เป็นสีผสมอาหารแทนสีสังเคราะห์

ปลาบึก (*Pangasianodon gigas*, Chevey) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ มีถิ่นกำเนิดและแพร่พันธุ์ในลำน้ำโขง เป็นปลาที่กินพืชซึ่งรวมถึงสาหร่ายเป็นอาหารหลัก กรมประมงได้ทำการขยายพันธุ์ปลาบึกโดยวิธีผสมเทียม และส่งเสริมให้เกษตรกรได้มีการเลี้ยงในบ่อเป็นอาชีพมากขึ้น โดยการให้อาหารสำเร็จรูป ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่ได้มาจากปลาป่น จึงทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงปลาบึกสูง ดังนั้นการศึกษาและเพาะเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนและคาโรทีนอยด์ ทั้งในห้องปฏิบัติการและเพาะเลี้ยงแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์ด้วยน้ำทิ้งที่มีสารอาหารต่างกัน รวมทั้งการศึกษาถึง

อัตราส่วนที่จะใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นและจากแหล่งอื่น ๆ การศึกษาถึงปริมาณคาร์บอนไนโตรเจนในเนื้อปลาก็ว่ามีมากนักน้อยเพียงใด พร้อมทั้งการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงสาหร่าย เพื่อเป็นอาหารโปรตีนแก่ปลาบึก จึงเป็นวิธีการที่จะลดต้นทุนอาหารโปรตีนจากปลาป่น และโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ รวมทั้งเป็นการสร้างแหล่งโภชนาการที่ให้ คาร์บอนไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์ในการวิจัย

1. เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เช่น pH meter , Do meter , Spectrophotometer เป็นต้น
2. กล้องจุลทรรศน์

วิธีการ

ระยะที่ 1 ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550)

1. การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีของน้ำทั้งจากครัวเรือนต่อการเติบโต

ของสาหร่าย

ระดับห้องปฏิบัติการ

- วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี ของน้ำทั้งก่อนนำมาบำบัดทางกายภาพ
- นำน้ำทิ้งใส่บ่อตกตะกอน ขนาด 6 ตารางเมตร เพื่อการบำบัดทางกายภาพ โดยทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ ใช้ผ้าขาวบางกรองเอาตะกอนและไขมันทิ้ง
- วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีของน้ำทิ้งที่กรองตะกอนและไขมันแล้ว (temperature, pH, DO, BOD, TKN, TN, NO₃-N และ TP)
- แจกจ่ายน้ำทิ้งด้วยน้ำประปาให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยขึ้นกับปริมาณสารอาหาร (N, P) ว่ามีค่าเท่าใด เพื่อปรับให้น้ำทิ้งที่จะใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีปริมาณสารอาหารที่ใกล้เคียงกับในแหล่งน้ำธรรมชาติที่พบสาหร่ายเจริญอยู่ (ถ้ามีน้ำน่านและลำน้ำโขง) มี อัตราส่วน N:P เท่ากับ 4-6:1 หากขาดสารอาหารตัวหนึ่งตัวใดไป จะทำการเติมอาหารอินทรีย์ทดแทนในปริมาณที่เหมาะสม โดยใช้น้ำทิ้งความเข้มข้นต่างๆ กัน คือ น้ำทิ้ง : น้ำประปาในอัตราส่วน 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90

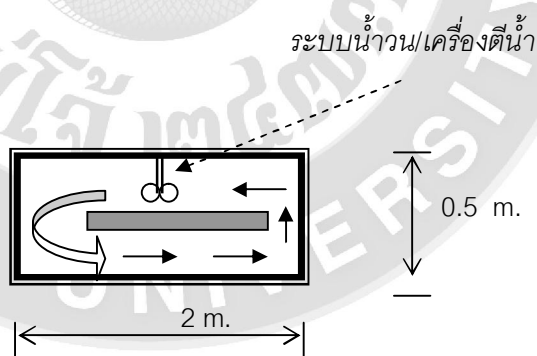
2. ศึกษานิเวศวิทยาของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากครัวเรือน และสูตรอาหารมาตรฐานในระดับห้องปฏิบัติการ และบ่อกลางแจ้ง

1) เตรียมหัวเชื้อ (inoculum) สาหร่าย

- เพาะเลี้ยงเริ่มแรกในปีกเกอร์ ใช้อาหาร 2 ชนิด คือ น้ำทิ้งจากครัวเรือนในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน (ข้อ 1) และเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Jaworski's medium (JM) ปรับปรุง ไม่น้อยกว่า 6 เดือน และย้ายสาหร่ายไปเพาะเลี้ยงในตู้กระจก

2) เพาะเลี้ยงสาหร่าย ในบ่อซีเมนต์กลางแจ้ง

- เพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ที่ได้จากข้อ 1 เพื่อศึกษาปริมาณสารอาหาร และเพื่อหาระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่ายโดยเพาะเลี้ยงในถังพลาสติก หรือบ่อซีเมนต์ ขนาด กว้าง 0.5 m. x ยาว 2 m. x สูง 0.5 m ใส่ปั้มน้ำ ให้มีน้ำไหลเวียนตลอดเวลา
- วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี (ศิริเพ็ญ, 2543 และ APHA, 1985) สัปดาห์ละครั้ง
- วัดมวลชีวภาพ และผลผลิตเบื้องต้นของสาหร่าย 15 วันครั้ง
- วัดอัตราการเติบโตของสาหร่าย
- วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และคาร์บอนอยด์ (นิรุฒิ และสุฤทธิ, 2540)



รูปบ่อแบบ raceway pond

ระยะที่ 2 ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551)

อุปกรณ์และวิธีการทดลองในการเลี้ยงปลาบึก ปีที่ 2

1. **การเตรียมอุปกรณ์** มีการกั้นคอกในบ่อดิน ขนาดคอกปลา 2 x 5 x 1 เมตร (ภาพที่ 1) ทำความสะอาดบ่อดินก่อน โดยการใส่ปูนขาว 50-100 กก./ไร่ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน และเติมน้ำจากบ่อพักน้ำ ให้ระดับน้ำในบ่อทดลองสูง 1-1.5 เมตร ใส่ปุ๋ยคอก 250 กก. / ไร่ เพื่อให้เกิด แพลงก์ตอนในบ่อ และติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศ โดยให้อากาศตอนกลางคืน และวันที่อากาศปิด

2. **การเตรียมสัตว์ทดลอง** ปลาบึก จำนวน 24 ตัว จากศูนย์ประมงจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ปลาน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 1,200-1,500 กรัม (ภาพที่ 2) มาเลี้ยงในบ่อ พื้นที่ 5 x 20 x 1 เมตร และให้อากาศ ออกซิเจน เพื่อให้ปลาคู่คุ้นเคยกับอาหารทดลอง 2 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรควบคุม ที่ใช้ในการทดลองนี้ (อาหารผสมสาหร่ายไค 0%) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 8.30 น. และ 16.30 น. สังเกตพฤติกรรมการยอมรับอาหาร และนำปลาตรวจสอบสุขภาพ ไม่มีโรคใด ๆ จากนั้นจึงคัดขนาดให้ใกล้เคียงกัน และจึงนำมาเลี้ยงในคอก ทดลองขนาด 2 x 5 x 1 เมตร จำนวน 5 ตัว/ ซ้ำ (15 ตัว / ชุดการทดลอง มีทั้งหมด 4 ชุดทดลอง ใช้ปลาทดลองทั้งหมด จำนวน 60 ตัว)

3. **การเตรียมสาหร่าย** มีการเพาะเลี้ยงในบ่อ raceway pond ขนาด 2 x 15 x 0.20 เมตร เพาะเลี้ยงสาหร่ายไค และสาหร่ายสไปรูลินาประมาณ 10-20 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตของสาหร่ายสดนำไปอบแห้ง บดเป็นผง และผสมในอาหารปลาบึกแต่ละสูตร นำอาหารปลาไปอบที่อุณหภูมิ 60° C เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง เมื่อแห้งสนิท นำบรรจุถุงเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (จงกล และขจรเกียรติ, 2548)

4. **การเตรียมอาหารทดลอง** เตรียมวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้แก่ รำ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว วิตามินแร่ธาตุ โดยซื้อ จากร้าน ขายอาหารสัตว์ นำมาผสม สาหร่าย เตรียมสูตรอาหารผสม สาหร่ายดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของอาหารผสม ที่มีวัตถุดิบ ชนิดต่างๆ ต่ออาหาร 100 กิโลกรัม

หน่วยทดลอง	สาหร่าย ไค (กก.)	สไปรูลิ นา (กก.)	ปลา ป่น (กก.)	กากถั่ว เหลือง (กก.)	รำ ละเอียด (กก.)	ปลา ขี้ขาว (กก.)	วิตามิน-แร่ ธาตุ (กก.)	ราคา อาหาร (บาท/ กก.)
สาหร่าย 0%	0.00	0.00	9.30	40.00	30.00	20.00	0.50	24.30
สาหร่ายไค 3%	3.00	0.00	6.80	40.00	30.00	20.00	0.20	24.78
สาหร่าย สไปรูลินา 3%	0.00	3.00	6.80	40.00	30.00	20.00	0.20	28.80
สาหร่ายไค+สไปรูลินา3%	1.50	1.50	6.30	40.00	30.00	20.00	0.20	26.70

นำอาหารปลาทั้ง 4 หน่วยทดลอง (ภาพที่ 3) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต หรือไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก (nitrogen free extract, NFE) คำนวณจาก 100-(ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) และ Carotenoid content ตามวิธีของ AOAC (1990) และ Sommer *et al.* (1992) ดังแสดงในตาราง 2 และคำนวณสูตรอาหารแต่ละสูตรให้มีโปรตีน 30 %

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของ อาหารปลาก่อนการทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)

หน่วยทดลอง	จำนวนซ้ำ	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	แคลโรทีนอยด์ มิลลิกรัม/กรัม
Algae 0%	T1R1	28.89	37.21	9.20	4.89	9.22	9.59	0.03
	T1R2	28.38	37.19	9.30	5.00	9.10	9.40	0.04
	T1R3	28.70	37.80	9.10	4.90	9.00	9.50	0.05
<i>Cladophora</i> 3%	T2R1	29.86	35.79	9.36	5.53	9.41	10.05	0.14
	T2R2	28.10	35.85	9.35	5.40	9.30	10.00	0.20
	T2R3	28.89	36.11	9.20	5.50	9.20	10.10	0.28
<i>Spirulina</i> 3%	T3R1	29.68	34.23	8.51	3.47	9.60	8.51	0.09
	T3R2	28.80	34.23	9.56	2.30	9.50	9.40	0.13
	T3R3	28.78	34.46	7.60	1.23	9.63	10.30	0.20
<i>Cladophora</i> + <i>Spirulina</i> 1.5%+1.5%	T4R1	29.66	32.50	9.68	3.05	9.02	11.09	0.09
	T4R2	28.00	32.49	9.50	2.00	9.00	11.00	0.10
	T4R3	28.78	32.37	8.61	3.10	9.04	11.10	0.12



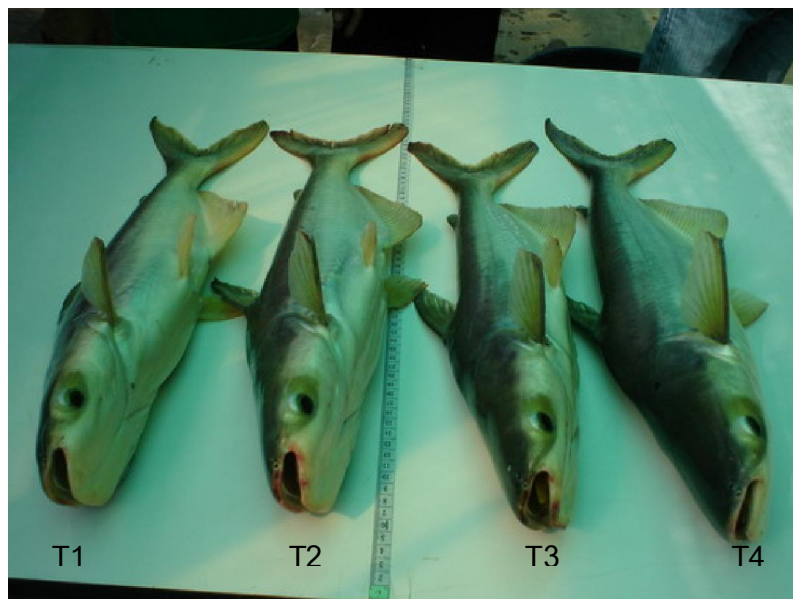
ภาพที่ 1 คอกเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน



ภาพที่ 2 ลูกปลานิลอายุ 1 ปี น้ำหนัก 1 กก.



ภาพที่ 3 อาหารปลาทั้ง 4 สูตร



ภาพที่ 4 ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 2-3 กก. ระยะเวลา 10 เดือน

5. **แผนการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล** วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design; CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (ดังข้อ 4) ศึกษาปริมาณ Carotenoid ในเนื้อปลา และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาบึก เริ่มจากสุ่มปลาในบ่อดินที่ปักปลาไว้ และปล่อยลงในคอกทดลองขนาด $2 \times 5 \times 1$ เมตร จำนวน 5 ตัว/ซ้ำ โดยที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,200–1,500 กรัม/ตัว ให้อาหารทดลอง วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 8.30 น. และ 16.30 น. ให้ปลากินอาหารประมาณ 2-3 % ต่อน้ำหนักตัว/วัน โดยการให้อาหารในยอ เขี่ยอาหารลงการให้อาหาร 1 ชั่วโมง และบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือ รวมทั้งบันทึกปริมาณอาหารที่ปลากินทุกวัน สุ่มชั่งน้ำหนักปลาทุก 1 เดือน โดยการสุ่มปลา 2-3 ตัว วัดความยาวของปลา (Standard length) ตลอดการทดลอง 12 เดือน

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 **การตรวจสอบพฤติกรรม และลักษณะที่แสดงออกภายนอก** ในขณะทำการทดลอง สังเกตลักษณะภายนอกทั่วไปของปลาทุกชุดทดลอง เพื่อติดตามสุขภาพของปลา การกินอาหารของปลา และความสะอาดของน้ำ ในบ่อโดยเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 20% ของปริมาตรน้ำทั้งหมด

6.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของปลา โดยการเก็บข้อมูลนำไปประเมินค่า อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADG) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR %/วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio) และอัตราการรอด (survival rate) นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยใน แต่ละค่า ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$1.1 \text{ อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันการทดลอง}}$$

$$1.2 \text{ อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

$$1.3 \text{ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR \%/\text{วัน})} \\ = \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}} \times 100$$

$$1.4 \text{ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate; FCR)}$$

$$\text{FCR} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ (g)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (g)}}$$

$$1.5 \text{ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER)}$$

$$\text{PER} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน}}$$

$$1.6 \text{ อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

6.3 ตรวจคุณภาพน้ำ ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา ตามวิธีของ ศิริเพ็ญ (2543) และ APHA (1998) ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณสารแขวนลอย (TDS) ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4\text{-P}$)

6.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทดลอง สุ่มตัวอย่างปลาก่อนเริ่มทดลอง และหลังทดลองแต่ละชุดการทดลองจำนวน 1-2 ตัว ไปผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 48 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์ไฮเดรต

หรือไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก (nitrogen free extract, NFE) คำนวณจาก 100-(ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + แร่ + เยื่อใย) คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (1990)

6.5 การศึกษาปริมาณคาร์ทีนอยด์ในอาหารปลา และเนื้อปลา ในอาหารปลาทดลอง ใช้ปริมาณ 20 กรัม/ ชั่ว และ ในเนื้อปลา โดยสุ่มปลา 1-2 ตัว จากทุกชุดการทดลอง นำมาสับให้ละเอียด นำไปผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 60 ° C นาน 12 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปริมาณ 20 กรัม/ ชั่ว ทั้งอาหารปลา และเนื้อปลา นำมาสกัดหาปริมาณคาร์ทีนอยด์ ตามวิธี ของ (Sommer *et al.*, 1992)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำ ผลผลิต แคลโรทีนอยด์ คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย แต่ละความเข้มข้น เปรียบเทียบผลของการใช้สาหร่าย ต่อ อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการรอดตาย ปริมาณคาร์ทีนอยด์ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา และ คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี แต่ละหน่วยทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่าง Treatment โดยวิธี Duncan Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย (Results) ในปี 2550

(การทดลองเลี้ยงสาหร่ายไก่อ ในตู้กระจก และบ่อซีเมนต์ รวมทั้งการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์กลม)

ผลการศึกษาจากการทำวิจัยเรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว สกุล *Cladophora* (ไก่อ) และสาหร่าย *S. platensis* เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (Culture of a Green Alga Genus *Cladophora* (Kai) and *S. platensis* as Feed for the Mae-Kong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey) ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษาออกเป็น 3 ผลการศึกษา คือ

- 4.1 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในห้องปฏิบัติการ โดยการเพาะเลี้ยงในตู้กระจก
- 4.2 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในบ่อซีเมนต์ขนาดเล็กแบบ raceway pond
- 4.3 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในห้องปฏิบัติการ ได้ทำการวิจัยในโครงการเพาะเลี้ยงสาหร่าย และแพลงก์ตอนเพื่อเป็นอาหารปลานิลในปีงบประมาณ 2549

และเอาผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ กับการเพาะเลี้ยง
สาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์กลม กลางแจ้ง โดยมีรายละเอียดของผล
การศึกษาดังนี้

4.1 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในตู้กระจก

4.1.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากโรงอาหารของ มหาวิทยาลัยแม่ โจ้

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ผ่าน
การกรองและพักไว้ 2 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำทิ้งจากโรงอาหาร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ผ่านการกรองและพักไว้ 2 สัปดาห์

ปัจจัย	ผลการศึกษา	ปัจจัย	ผลการศึกษา
pH	7.5	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	0.024
Alkalinity (mg L ⁻¹)	157	TKN (mg L ⁻¹)	5.381
EC (us cm ⁻¹)	820	NH ₃ -N (mg L ⁻¹)	3.45
TDS (mg L ⁻¹)	400	TN (mg L ⁻¹)	5.556
DO (mg L ⁻¹)	0	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	8.204
BOD (mg L ⁻¹)	420	TP (mg L ⁻¹)	40.12
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	0.179	N:P	0.14 : 1

ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ผ่านการกรองและพักไว้ 2 สัปดาห์ พบว่า

- น้ำมีความเป็นด่าง และมีความกระด้างมาก
- ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปที่เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) เป็นส่วน
ใหญ่ ส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ไนโตรเจน จะมีปริมาณมากในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน
แต่ไนเตรทไนโตรเจนมีปริมาณน้อยมากจนตรวจวัดค่าไม่ได้
- มีอัตราส่วนของ ไนโตรเจน ต่อ ฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.14 : 1

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนตุ้กระจก ด้วยสูตรอาหาร Jm' s media ซึ่งเป็นสูตรอาหารควบคุมและน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% และ 100% เป็นระยะเวลา 15 วัน การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ มีรายละเอียดดังนี้ (ภาพที่ 5 – 12)

สูตรอาหาร Jm

สูตรอาหาร Jm พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-28.67 °C, pH 7.50-7.90, DO 2.31-8.26 mg L⁻¹, BOD 5.00-26.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.155-0.850 mg L⁻¹, NO₂-N 0.039-0.601 mg L⁻¹, NO₃-N 0.020-0.408 mg L⁻¹, TKN 1.546-8.206 mg L⁻¹, TN 1.711-8.628 mg L⁻¹ และ TP 26.00-34.23 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 10%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 10% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-29.33 °C, pH 7.40-8.00, DO 2.18-10.10 mg L⁻¹, BOD 2.00-26.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.069-0.709 mg L⁻¹, NO₂-N 0.005-0.076 mg L⁻¹, NO₃-N 0.001-0.425 mg L⁻¹, TKN 0.044-1.079 mg L⁻¹, TN 0.05-1.536 mg L⁻¹ และ TP 7.480-34.40 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 20%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 20% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.50-29.50 °C, pH 7.20-7.99, DO 2.23-11.17 mg L⁻¹, BOD 5.00-20.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.140-0.660 mg L⁻¹, NO₂-N 0.010-0.054 mg L⁻¹, NO₃-N 0.005-0.528 mg L⁻¹, TKN 0.125-2.060 mg L⁻¹, TN 0.140-2.60 mg L⁻¹ และ TP 36.67-8.958 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 30%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 30% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.50-29.17 °C, pH 7.50-8.21, DO 2.13-9.12 mg L⁻¹, BOD 12.00-22.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.267-0.580 mg L⁻¹, NO₂-N 0.025-0.424 mg L⁻¹, NO₃-N 0.005-0.398 mg L⁻¹, TKN 0.426-0.812 mg L⁻¹, TN 0.317-1.257 mg L⁻¹ และ TP 40.87-9.606 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 40%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 40% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.50-29.33 °C, pH 7.60-8.18, DO 2.57-10.80 mg L⁻¹, BOD 13.00-38.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.132-0.766 mg L⁻¹, NO₂-N 0.013-0.339 mg L⁻¹, NO₃-N 0.004 -0.589 mg L⁻¹, TKN 0.437-1.450 mg L⁻¹, TN 0.492-1.985 mg L⁻¹ และ TP 11.834-43.34 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 50%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 50% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-29.00 °C, pH 7.80-8.25, DO 2.24-9.65 mg L⁻¹, BOD 12.58-48.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.211-0.875 mg L⁻¹, NO₂-N 0.020-0.191 mg L⁻¹, NO₃-N 0.005 -0.414 mg L⁻¹, TKN 0.524-2.650 mg L⁻¹, TN 0.583-2.785 mg L⁻¹ และ TP 13.00-44.34 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 60%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 60% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-29.00 °C, pH 7.50-8.29, DO 2.34-10.73 mg L⁻¹, BOD 13.40-55.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.121-0.850 mg L⁻¹, NO₂-N 0.051-0.254 mg L⁻¹, NO₃-N 0.013 -0.463 mg L⁻¹, TKN 0.522-3.631 mg L⁻¹, TN 0.586-3.881 mg L⁻¹ และ TP 11.112-47.78 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 70%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 70% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-29.17 °C, pH 6.60-8.30, DO 2.36-9.07 mg L⁻¹, BOD 15.10-60.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.145-0.984 mg L⁻¹, NO₂-N 0.021-0.240 mg L⁻¹, NO₃-N 0.011-0.485 mg L⁻¹, TKN 0.579-3.853 mg L⁻¹, TN 0.655-4.168 mg L⁻¹ และ TP 12.00-49.23 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 80%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 80% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-29.00 °C, pH 7.67-8.23, DO 2.38-10.85 mg L⁻¹, BOD 16.38-67.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.189-1.340 mg L⁻¹, NO₂-N 0.019-0.382 mg L⁻¹, NO₃-N 0.022-0.494 mg L⁻¹, TKN 0.412-3.963 mg L⁻¹, TN 0.487-4.323 mg L⁻¹ และ TP 12.00-51.12 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้น 90%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 90% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-28.67 °C, pH 7.46-8.30, DO 2.32-10.93 mg L⁻¹, BOD 17.00-85.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.216-1.242 mg L⁻¹, NO₂-N 0.051-0.376 mg L⁻¹, NO₃-N 0.03-0.464 mg L⁻¹, TKN 0.280-3.984 mg L⁻¹, TN 0.314-4.550 mg L⁻¹ และ TP 9.204-53.78 mg L⁻¹

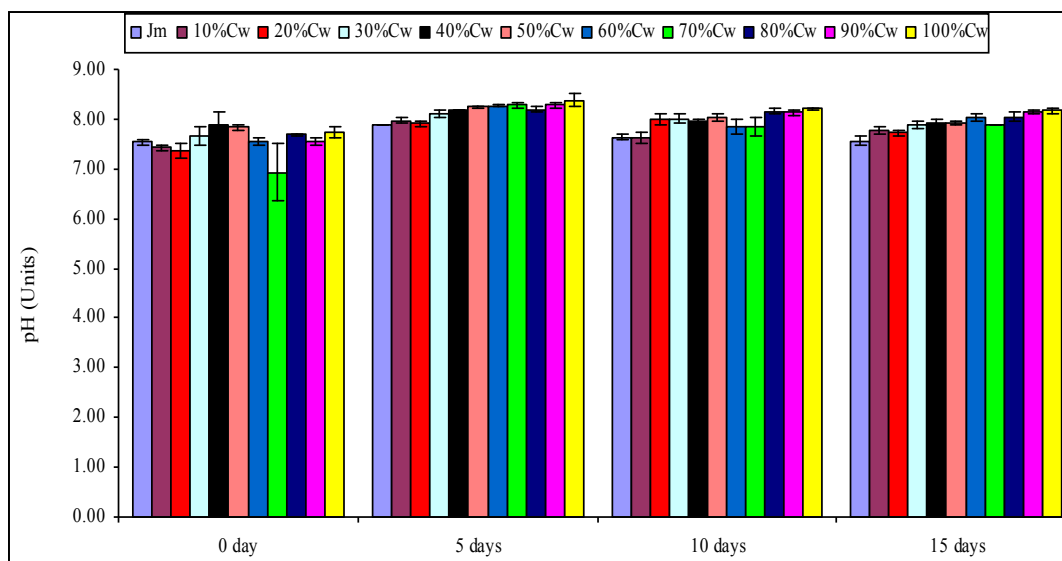
น้ำทิ้งความเข้มข้น 100%

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 100% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-29.00 °C, pH 7.70-8.53, DO 6.00-11.00 mg L⁻¹, BOD 18.00-210.00 mg L⁻¹, NH₃-N 0.400-1.340 mg L⁻¹, NO₂-N 0.051-0.438 mg L⁻¹, NO₃-N 0.034-0.482 mg L⁻¹, TKN 0.443-4.163 mg L⁻¹, TN 0.530-4.772 mg L⁻¹ และ TP 9.893- 54.67 mg L⁻¹

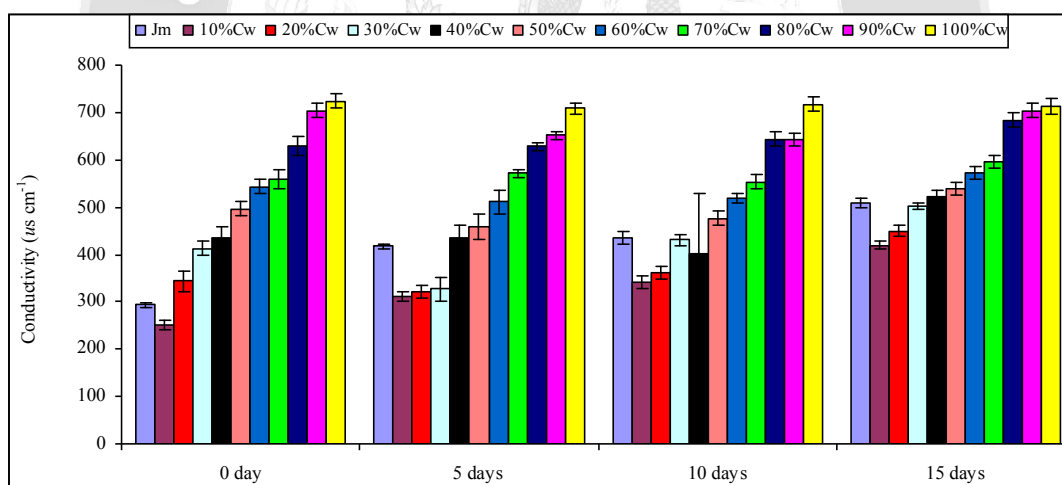
สรุปได้ว่า ในน้ำทิ้งทุกความเข้มข้นมีค่า pH ที่เป็นตัวต่าง และค่า DO แต่ละความเข้มข้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน BOD และสารอาหาร ในน้ำมีค่าสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากโรงอาหาร และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อมีการเลี้ยงสาหร่าย อาจกล่าวได้ว่า คุณภาพของน้ำทิ้งเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายโก เมื่อเพาะเลี้ยงในตู้กระจก

4.1.2 ผลผลิตของ สาหร่ายโกแห้ง

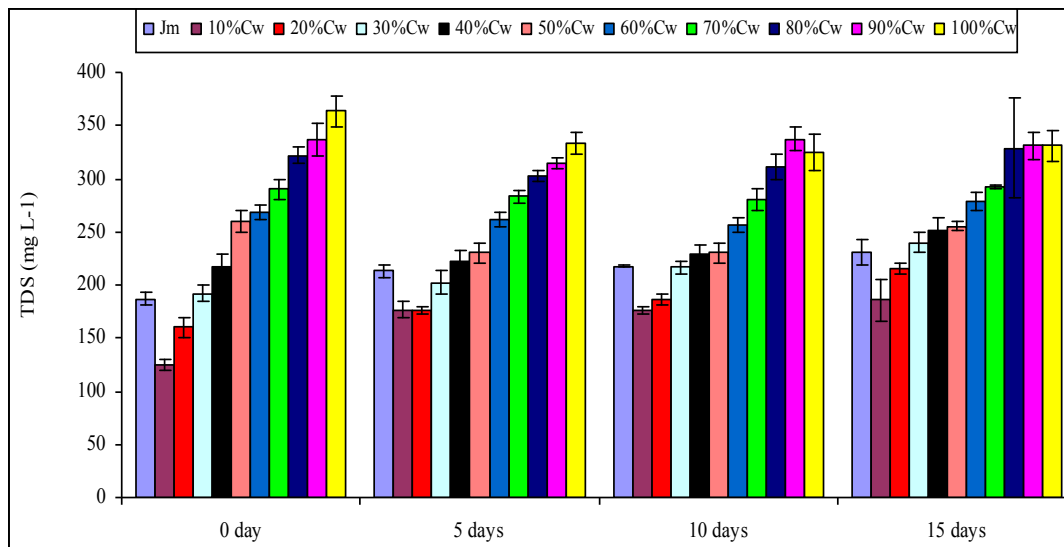
สาหร่ายโกที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน ส่วนใหญ่มี การเจริญน้อยที่สุดในวันที่ 5 และวันที่ 10 ของการเลี้ยง หรือในน้ำทิ้งบางความเข้มข้นสาหร่ายโกมีการเจริญลดลง เนื่องจากสาหร่ายบางส่วนตาย และหลุดออกจากตาข่าย ซึ่งน่าเป็นผลจากการปรับตัวของสาหร่าย จากการทดลองพบว่าสาหร่ายโกที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหาร มีผลผลิตในรูปของสาหร่ายแห้ง อยู่ระหว่าง 12- 26 กรัมต่อตารางเมตร (ภาพที่ 13) ที่ระดับความเข้มข้น 80% มีผลผลิตสาหร่ายโดยน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงมา คือ ที่ระดับความเข้มข้น 90%, 100%, 70%, 60% และ 3m จึงทำการเลือกความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับ 80%, 90% และ 100% เพื่อใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายโกในบ่อซีเมนต์ ที่มีระบบน้ำแบบ raceway pond แล้วนำไป ทดลอง เป็นอาหารของปลาบึก ต่อไป



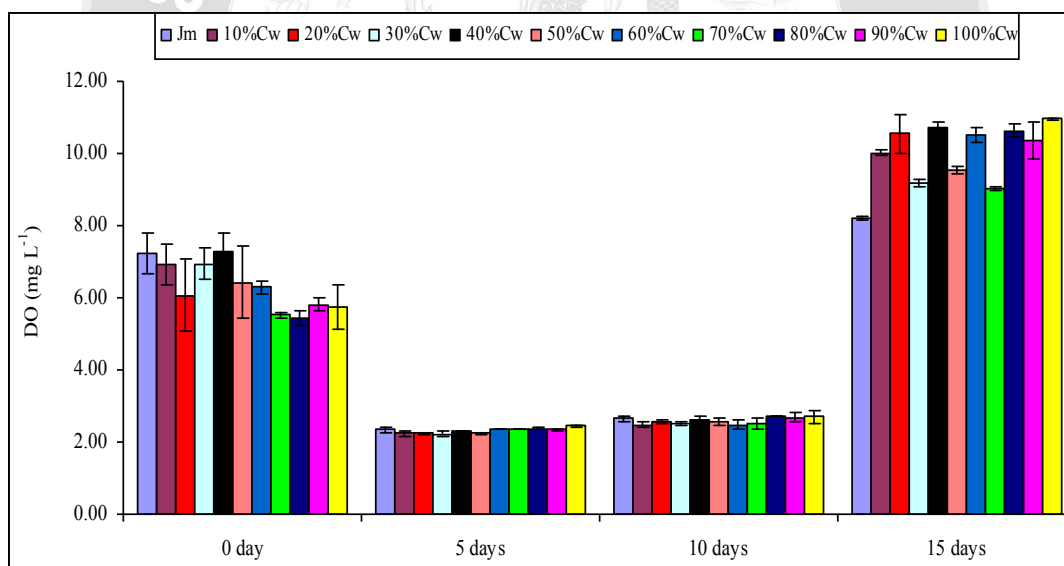
ภาพที่ 5 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำ จากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



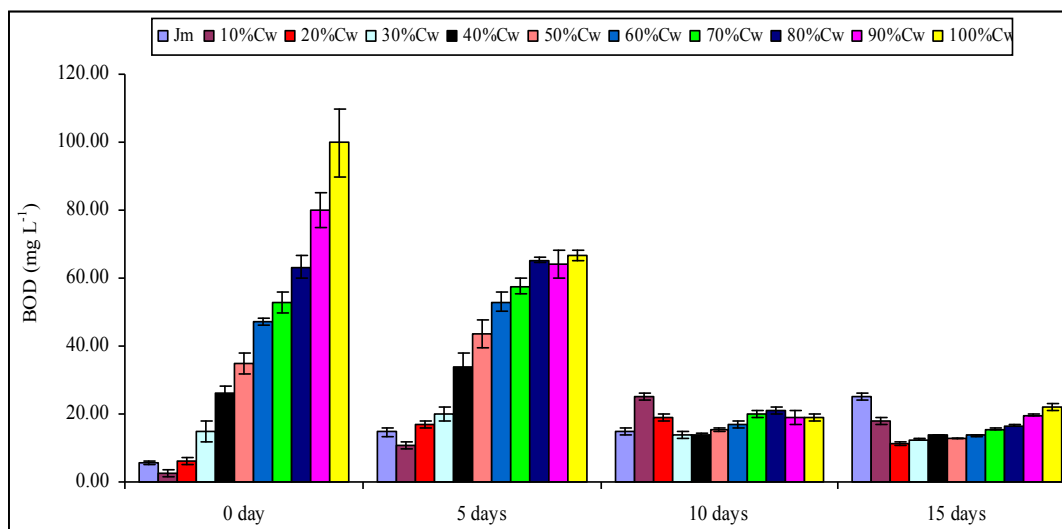
ภาพที่ 6 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



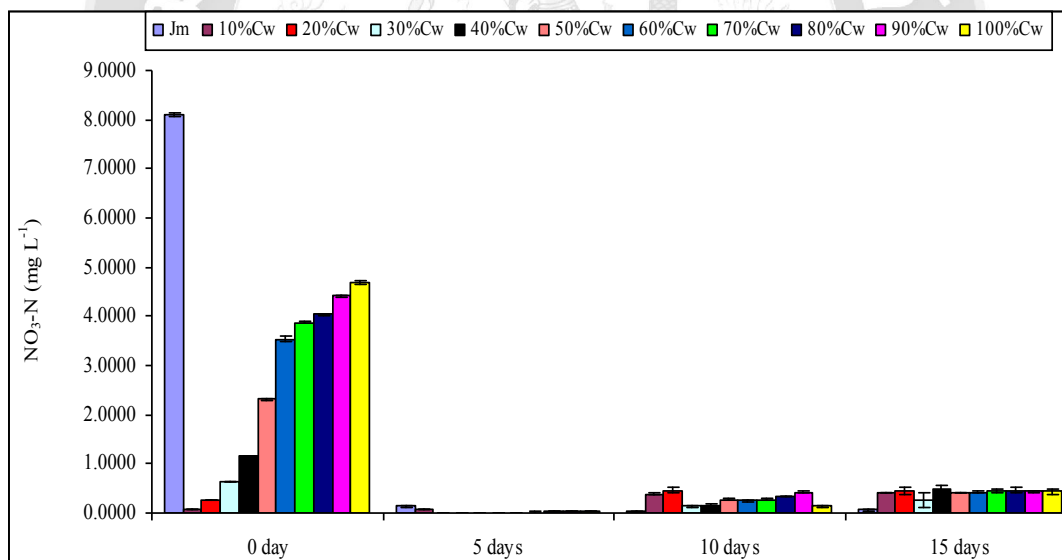
ภาพที่ 7 ค่าตะกอนแขวนทั้งหมด (TDS) ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



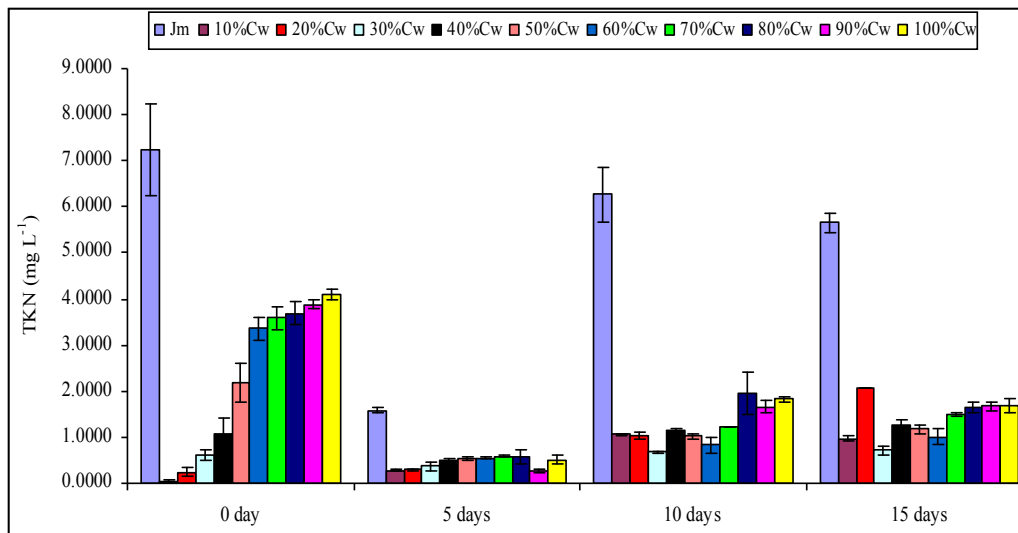
ภาพที่ 8 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



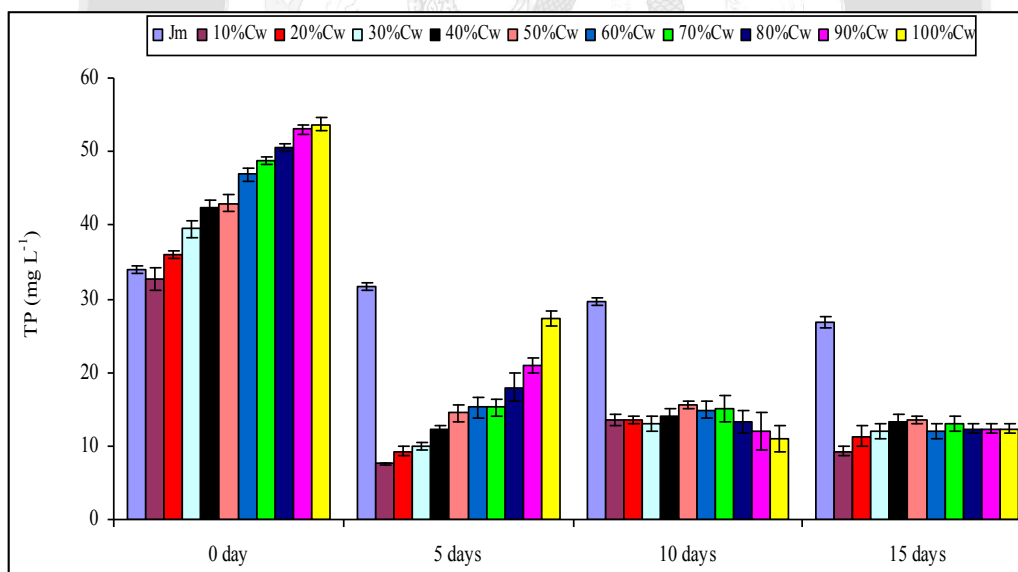
ภาพที่ 9 ค่า BOD ของน้ำใน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายโก ด้วยสูตรอาหาร Jm และ น้ำจากโรงอาหาร ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



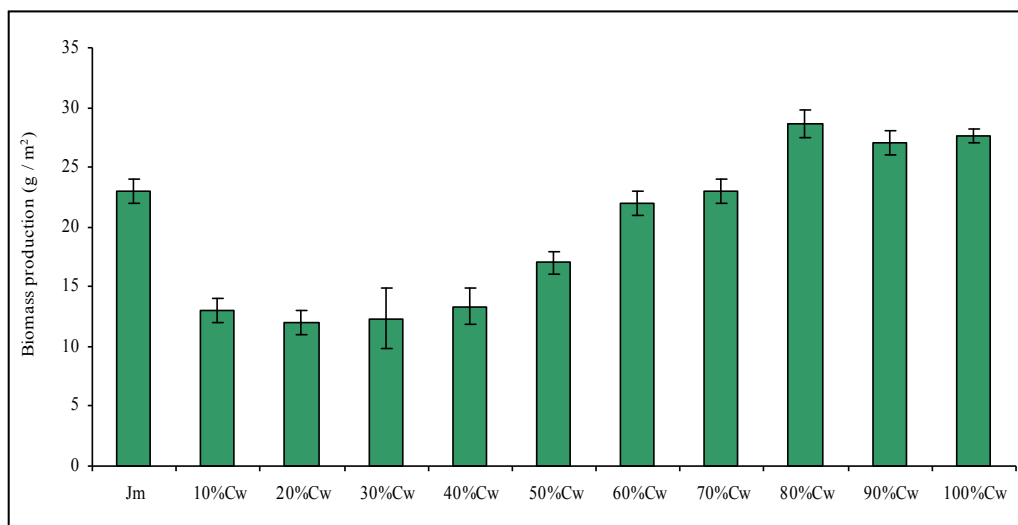
ภาพที่ 10 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน(NO₃-N) ของน้ำใน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายโก ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 11 ค่า TKN ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และน้ำจากโรงอาหาร ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 12 ค่า TP ของน้ำใน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหาร Jm และ น้ำจากโรงอาหาร ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 13 ผลผลิตของสาหร่ายไค ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Jm และ น้ำจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตู้กระจก เป็นเวลา 15 วัน

4.2 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ แบบ raceway pond

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อซีเมนต์ขนาดเล็กแบบ raceway pond ที่มีน้ำไหลเวียนตลอดเวลาด้วยน้ำทิ้งจากโรงอาหารแยกเป็น 3 หน่วยการทดลอง โดยเลือกใช้ความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 3 ความเข้มข้น (T_1 , T_2 และ T_3) แต่ละความเข้มข้นทำ 3 ซ้ำ (R_1 , R_2 และ R_3) ดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ความเข้มข้น 80% ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

หน่วยทดลองที่ 2 เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ความเข้มข้น 90% ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

หน่วยทดลองที่ 3 เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ความเข้มข้น 100% ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

4.2.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี (ภาพที่ 14 - 15)

เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 3 ความเข้มข้นคือ 80%, 90% และ 100% จะมีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ดังนี้

น้ำทิ้งความเข้มข้นที่ 80% (T_1)

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 80% พบว่า มีอุณหภูมิอากาศ 27°C มีอุณหภูมิของน้ำ $27.00-29.00^{\circ}\text{C}$, pH 7.67-8.23, DO $2.32-10.85\text{ mg L}^{-1}$, BOD $16.38-67.00\text{ mg L}^{-1}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ $0.63-4.34\text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0.022-0.494\text{ mg L}^{-1}$, TKN $1.64-13.96\text{ mg L}^{-1}$, TN $2.08-14.32\text{ mg L}^{-1}$ และ TP $12.00-51.12\text{ mg L}^{-1}$

น้ำทิ้งความเข้มข้นที่ 90% (T_2)

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 90% พบว่า มีอุณหภูมิอากาศ $27-29.67^{\circ}\text{C}$ มีอุณหภูมิของน้ำ $27.00-29.00^{\circ}\text{C}$, pH 7.46-8.30, DO $2.32-10.93\text{ mg L}^{-1}$, BOD $17.00-85.00\text{ mg L}^{-1}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ $0.216-6.99\text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0.03-0.464\text{ mg L}^{-1}$, TKN $1.55-13.98\text{ mg L}^{-1}$, TN $2.10-14.55\text{ mg L}^{-1}$ และ TP $9.20-53.78\text{ mg L}^{-1}$

น้ำทิ้งความเข้มข้นที่ 100% (T_3)

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 100% พบว่า มีอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ $27.00-29.00^{\circ}\text{C}$, pH 7.67-8.53, DO $2.41-11.00\text{ mg L}^{-1}$, BOD $18.00-170.00\text{ mg L}^{-1}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ $0.40-7.34\text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0.034-0.482\text{ mg L}^{-1}$, TKN $1.599-14.16\text{ mg L}^{-1}$, TN $2.03-14.77\text{ mg L}^{-1}$ และ TP $9.89-54.67\text{ mg L}^{-1}$

สรุปได้ว่า น้ำทิ้งทุกความเข้มข้นมีค่า pH ที่ต่างกัน ค่า DO แต่ละความเข้มข้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณสารอาหาร พบว่า $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN, TKN, $\text{PO}_4\text{-P}$ และ TP จะมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้น หรือวันที่ 0 เช่นเดียวกับค่า BOD

4.2.2 ผลผลิตของสาหร่ายไค คาโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการ (ภาพที่ 16)

ผลผลิตสาหร่ายไคในรูปน้ำหนักแห้ง มีค่า อยู่ระหว่าง $26-30\text{ g/m}^2$ มีค่าสูงสุดใน $80\%\text{Cw}$ ($28-30\text{ g/m}^2$) ต่ำสุดใน $90\%\text{Cw}$ ($26-27\text{ g/m}^2$) ผลการวิเคราะห์ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงอาหาร น้ำหนักสาหร่ายแห้งของ $80\%\text{Cw}$ มีค่ามากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงใน น้ำทิ้งจากโรงอาหาร $100\%\text{Cw}$ และ $90\%\text{Cw}$ ตามลำดับ

คาโรทีนอยด์ รวมในสาหร่ายไก่อ มีค่า อยู่ระหว่าง 420.00-580.45 $\mu\text{g}/1\text{ g DW}$ โดยมีปริมาณสูงสุดใน 80% Cw (580.45 $\mu\text{g}/\text{g DW}$) แต่ต่ำสุดเมื่อเพาะเลี้ยงใน 90% Cw (420.00 $\mu\text{g}/\text{g DW}$) ผลการวิเคราะห์ พบว่า สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงใน 80% Cw มีค่าคาโรทีนอยด์มากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงใน 100% Cw และ 90% Cw ตามลำดับ

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

เปอร์เซ็นต์โปรตีน โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 26.12-31.37 % สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% Cw มีค่า 31.37 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90% Cw มีค่า 26.12 %

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 6.42-12.21 % สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90% Cw มีค่า 12.21 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% Cw มีค่า 6.42 %

เปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 2.01-3.35 % สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% Cw มีค่า 3.35 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% Cw มีค่า 2.01 %

เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 15.89-17.80 % สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90% Cw มีค่า 17.89 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% Cw มีค่า 15.89 %

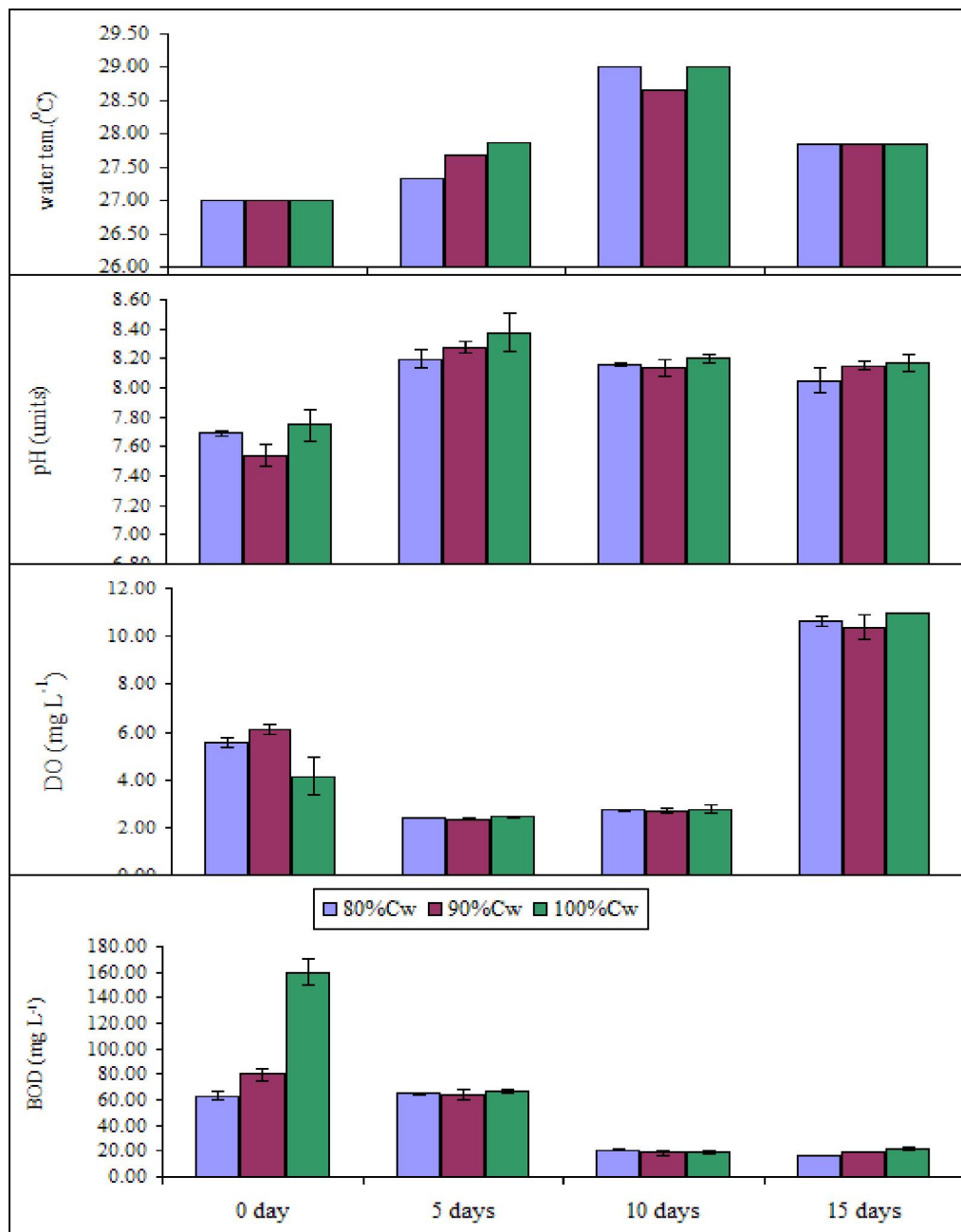
เปอร์เซ็นต์ ความชื้น โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 15.89-18.10 % สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% Cw มีค่า 18.10 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% Cw มีค่า 15.89 %

เปอร์เซ็นต์ เถ้า โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 24.00- 26.89 % สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% Cw และ 90% Cw มีค่า 26.89 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% Cw มีค่า 24.00 %

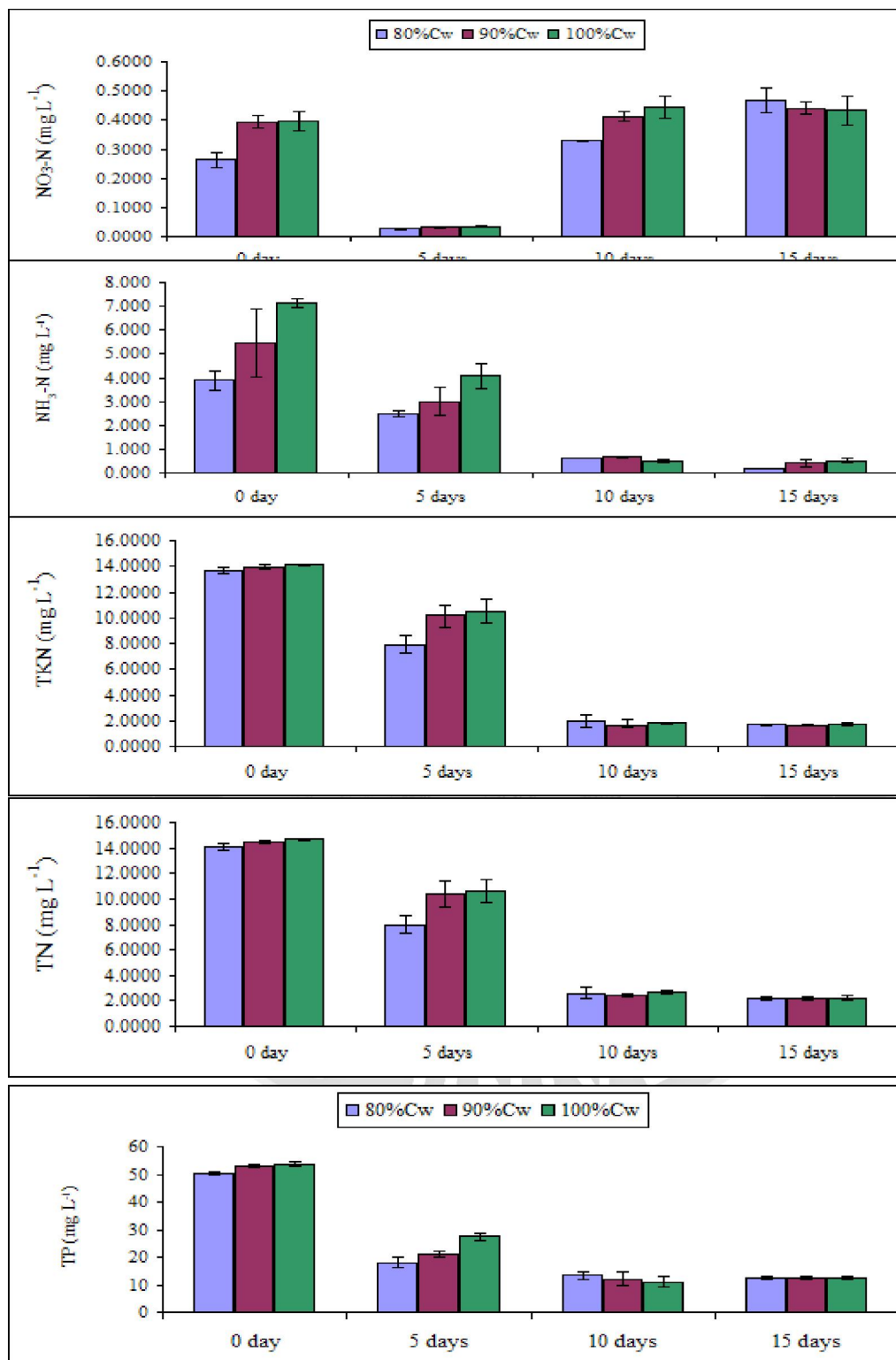
ต้นทุนการผลิตสาหร่ายไก่อแห้ง

อยู่ระหว่าง 60 – 95 บาท สูงสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100% Cw และ 90% Cw มีค่า 95 บาท ต่อ กิโลกรัม ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80% Cw มีค่า 60 บาท ต่อ กิโลกรัม

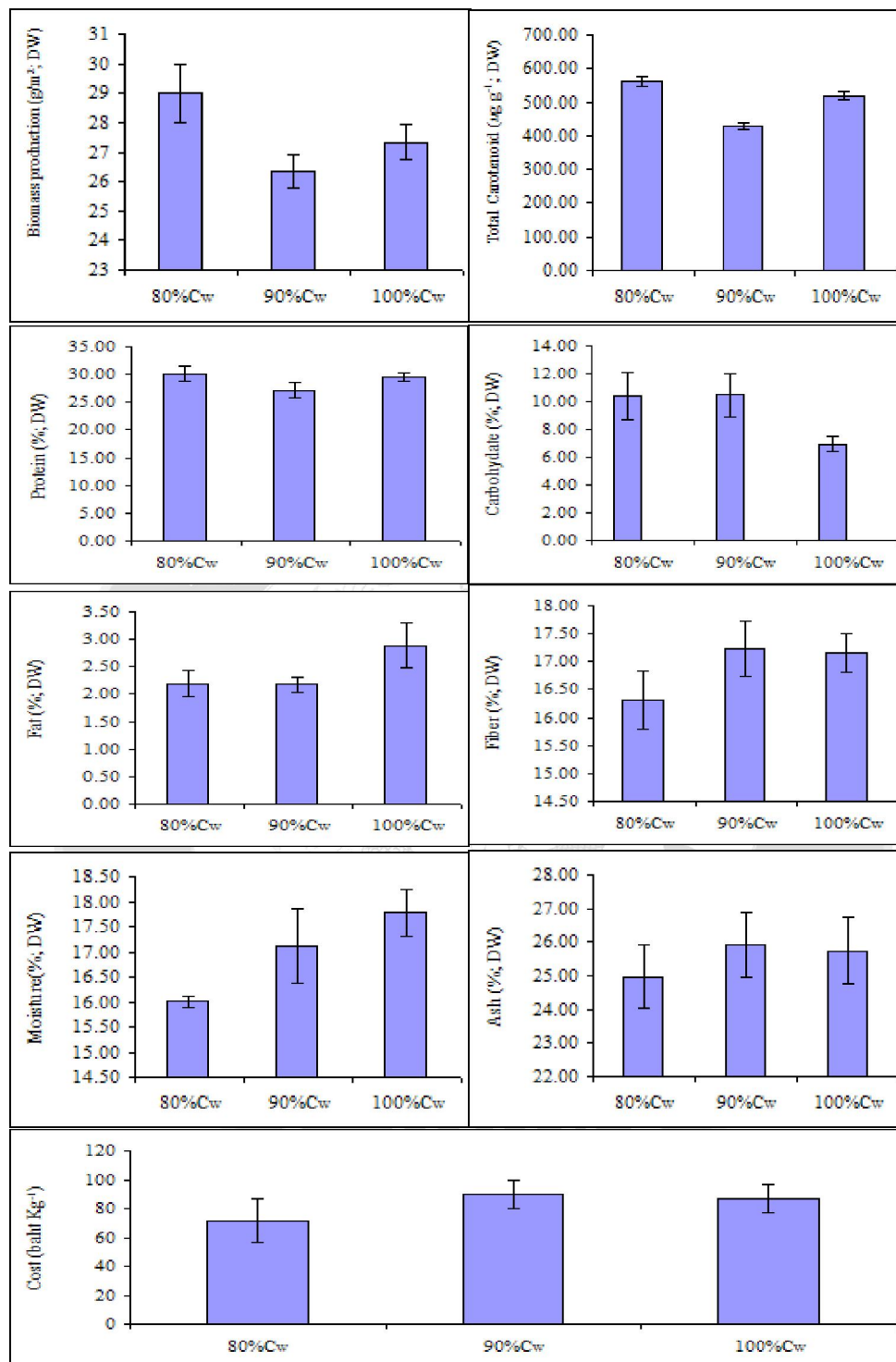
สรุปได้ว่า น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ความเข้มข้น 80% Cw มีการเจริญที่ดี ได้ผลผลิตสาหร่ายค่อนข้างสูง สาหร่ายมี Total carotenoid และคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่า การทดลองอื่น คณะผู้วิจัยจะนำน้ำทิ้งจากโรงอาหารความเข้มข้น 80% Cw ไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ แบบ raceway pond ขนาดใหญ่ต่อไป เพื่อ biomass production นำผลผลิตสาหร่าย ไปผสมอาหารเลี้ยงปลาบึกต่อไป ในปีงบประมาณ 2551 ต่อไป



ภาพที่ 14 ค่า อุณหภูมิของน้ำ (water temperature), pH, DO และ BOD ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้ง จากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 15 ค่า NO₃-N, NH₃-N, TKN, TN และ TP ของน้ำใน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้ง จากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 16 ค่าผลผลิต แคโรทีนอยด์รวม และ คุณค่าทางโภชนาการ ของสาหร่ายไค ที่เลี้ยงด้วย
 สูตรอาหารน้ำทิ้ง จากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา
 15 วัน

4.3 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์กลม

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์กลม ที่มีระบบหมุนเวียนน้ำ ตลอดเวลา โดยใช้สูตรอาหาร Zm ปรับปรุง (จงกล, 2543) และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร รวมเป็น 3 หน่วยการทดลอง ดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหาร Zm ปรับปรุงจาก (จงกล, 2543) แต่ ละการทดลองมี 3 ซ้ำ

หน่วยทดลองที่ 2 เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ความเข้มข้น 90%Cw ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

หน่วยทดลองที่ 3 เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร ความเข้มข้น 100%Cw ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

4.3.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี (ภาพที่ 17 - 18)

เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* โดยใช้ สูตรอาหาร Zm และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร 2 ความเข้มข้นคือ 90% และ 100% จะมีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ดังนี้

สูตรอาหาร Zm (T_1)

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 80% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.00-28.63 °C, pH 8.66-11.37, DO 3.38-7.78 mg L⁻¹, BOD 3.96-11.26 mg L⁻¹, NH₃-N 0.010-1.25 mg L⁻¹, NO₃-N 1.20-31.74 mg L⁻¹, TKN 0.06-10.75 mg L⁻¹, TN 1.832-31.82 mg L⁻¹ และ TP 12.12-14.74mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้นที่ 90% (T_2)

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 90% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำ 27.03-28.90 °C, pH 9.01-12.39, DO 0.21-7.67 mg L⁻¹, BOD 5.62-18.67 mg L⁻¹, NH₃-N 0.121-6.23 mg L⁻¹, NO₃-N 0.018-4.23 mg L⁻¹, TKN 0.59-20.80 mg L⁻¹, TN 0.618-24.04 mg L⁻¹ และ TP 11.48-13.94 mg L⁻¹

น้ำทิ้งความเข้มข้นที่ 100% (T_3)

น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 100% พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 27.00-29.00 °C, pH 9.43-12.00, DO 0.15-7.38 mg L⁻¹, BOD 4.70-18.97 mg L⁻¹, NH₃-N 0.134-7.10 mg L⁻¹, NO₃-N 0.020-4.70 mg L⁻¹, TKN 0.66-22.56 mg L⁻¹, TN 0.692-26.71 mg L⁻¹ และ TP 11.64-14.38 mg L⁻¹

สรุปได้ว่า น้ำทิ้งทุกความเข้มข้นมีค่า pH ที่แตกต่างกัน ค่า DO และ BOD แต่ละความเข้มข้นมีค่าที่ใกล้เคียง ปริมาณสารอาหาร พบว่า NH₃-N, NO₃-N, TKN, TN และ TP จะมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นของการเลี้ยงสาหร่าย เช่นเดียวกับค่า BOD

4.3.2 ผลผลิตของสาหร่าย *S. platensis* คาโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการ

(ภาพที่ 19)

ผลผลิตสาหร่าย *S. platensis* ใช้น้ำหนักแห้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.70-0.85 g L⁻¹ มีค่าสูงสุดใน 100%Cw (0.85 g L⁻¹) ต่ำสุดใน 90%Cw (0.70 g L⁻¹) ผลการวิเคราะห์เฉลี่ย พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงอาหาร น้ำหนักสาหร่ายแห้งของ 100%Cw มีค่ามากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงใน น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90%Cw และ สูตรอาหาร Zm ตามลำดับ

คาโรทีนอยด์ รวมในสาหร่าย *S. platensis* มีค่าอยู่ระหว่าง 450-700 µg/ 1 g DW โดยมีปริมาณสูงสุดใน Zm (700 µg/g DW) แต่ต่ำสุดเมื่อเพาะเลี้ยงใน 90%Cw (450 µg/g DW) ผลการวิเคราะห์เฉลี่ย พบว่า สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงใน Zm มีค่าคาโรทีนอยด์มากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงใน 100%Cw และ 90%Cw ตามลำดับ

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

เปอร์เซ็นต์โปรตีน โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 31.37-53.72 % สูงสุดที่สูตรอาหาร Zm ค่า 53.72 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90%Cw มีค่า 31.37%

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 14.36-27.67 % สูงสุดที่ สูตรอาหาร Zm มีค่า 27.67 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100%Cw มีค่า 14.36 %

เปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 1.75-3.81 % สูงสุดที่ น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100%Cw มีค่า 3.81 % ต่ำสุดที่สูตรอาหาร Zm มีค่า 1.75 %

เปอร์เซ็นต์เยื่อใย โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 2.09–11.36 % สูงสุดที่ น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100%*Cw* มีค่า 11.36 % ต่ำสุดที่สูตรอาหาร *Zm* มีค่า 2.09 %

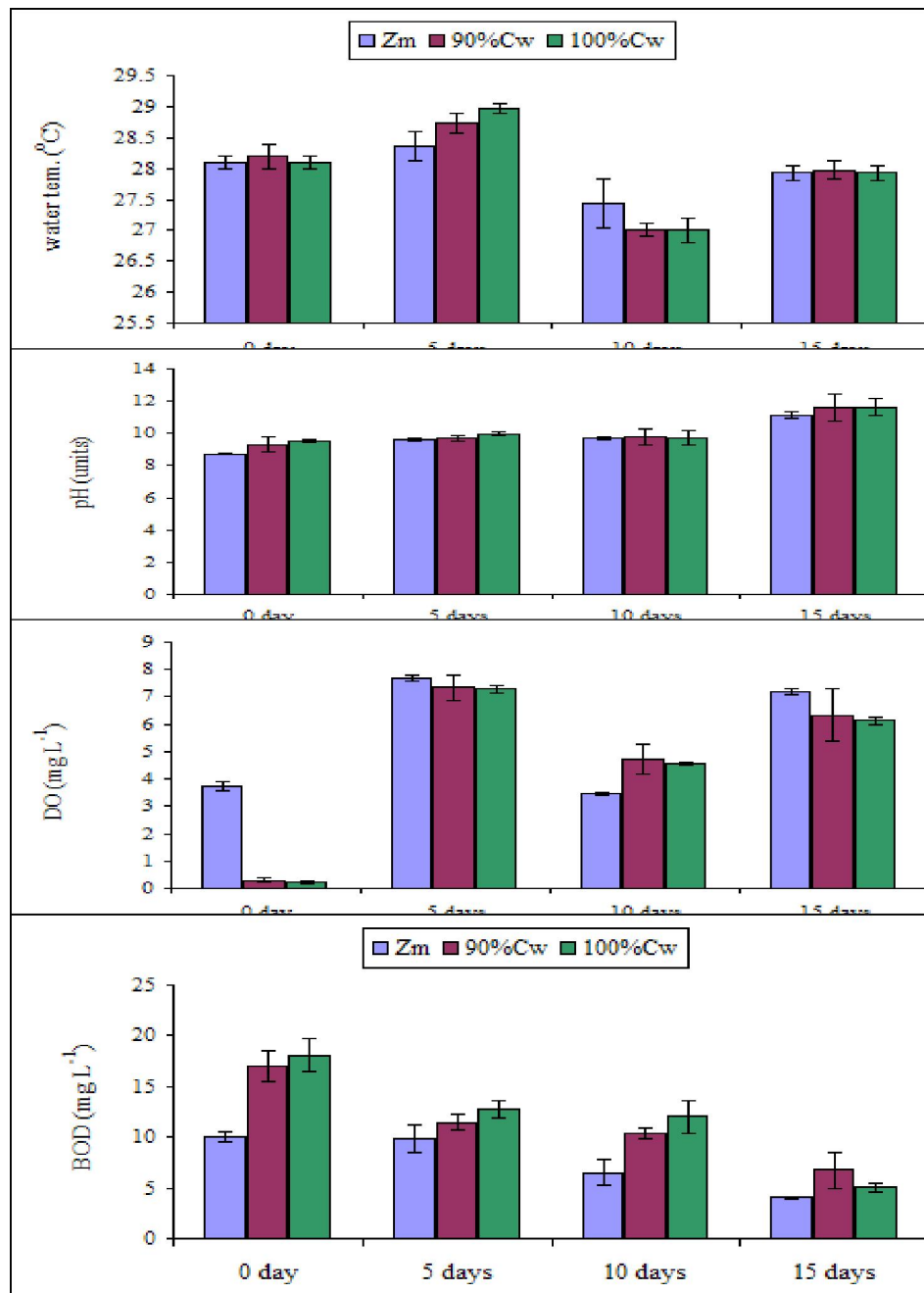
เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 6.80–11.56 % สูงสุดที่สูตรอาหาร *Zm* มีค่า 11.56 % ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 90%*Cw* มีค่า 6.80 %

เปอร์เซ็นต์เถ้า โดยน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 4.08–29.65 % สูงสุดที่ น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100%*Cw* มีค่า 29.65 % ต่ำสุดที่สูตรอาหาร *Zm* มีค่า 4.08 %

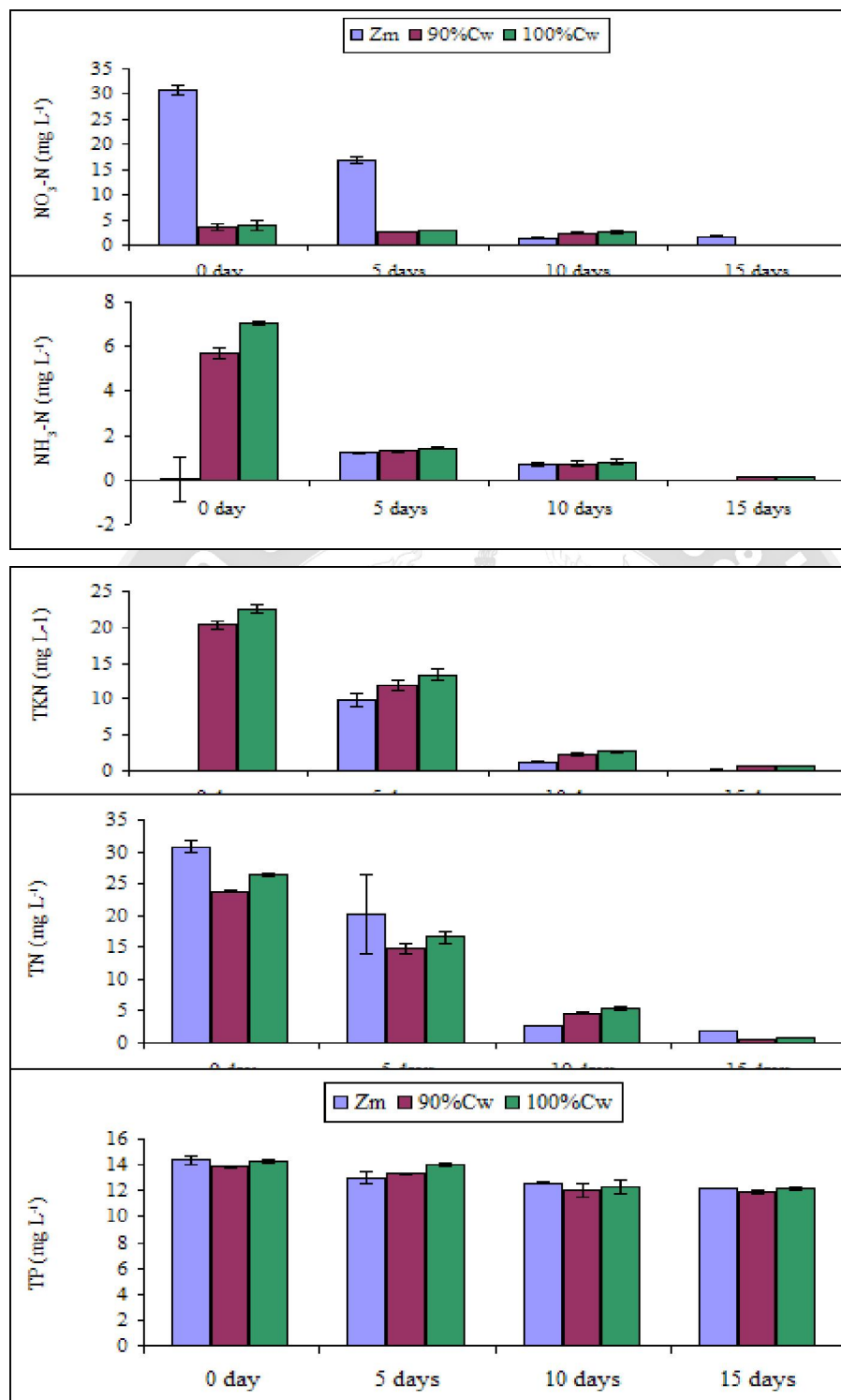
ต้นทุนการผลิตสาหร่าย *Spirulina platensis* แห้ง

อยู่ระหว่าง 262.30–316 บาท สูงสุดที่สูตรอาหาร *Zm* มีค่า 316 บาท ต่อ กิโลกรัม ต่ำสุดที่น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 100%*Cw* มีค่า 262.30 บาท ต่อ กิโลกรัม

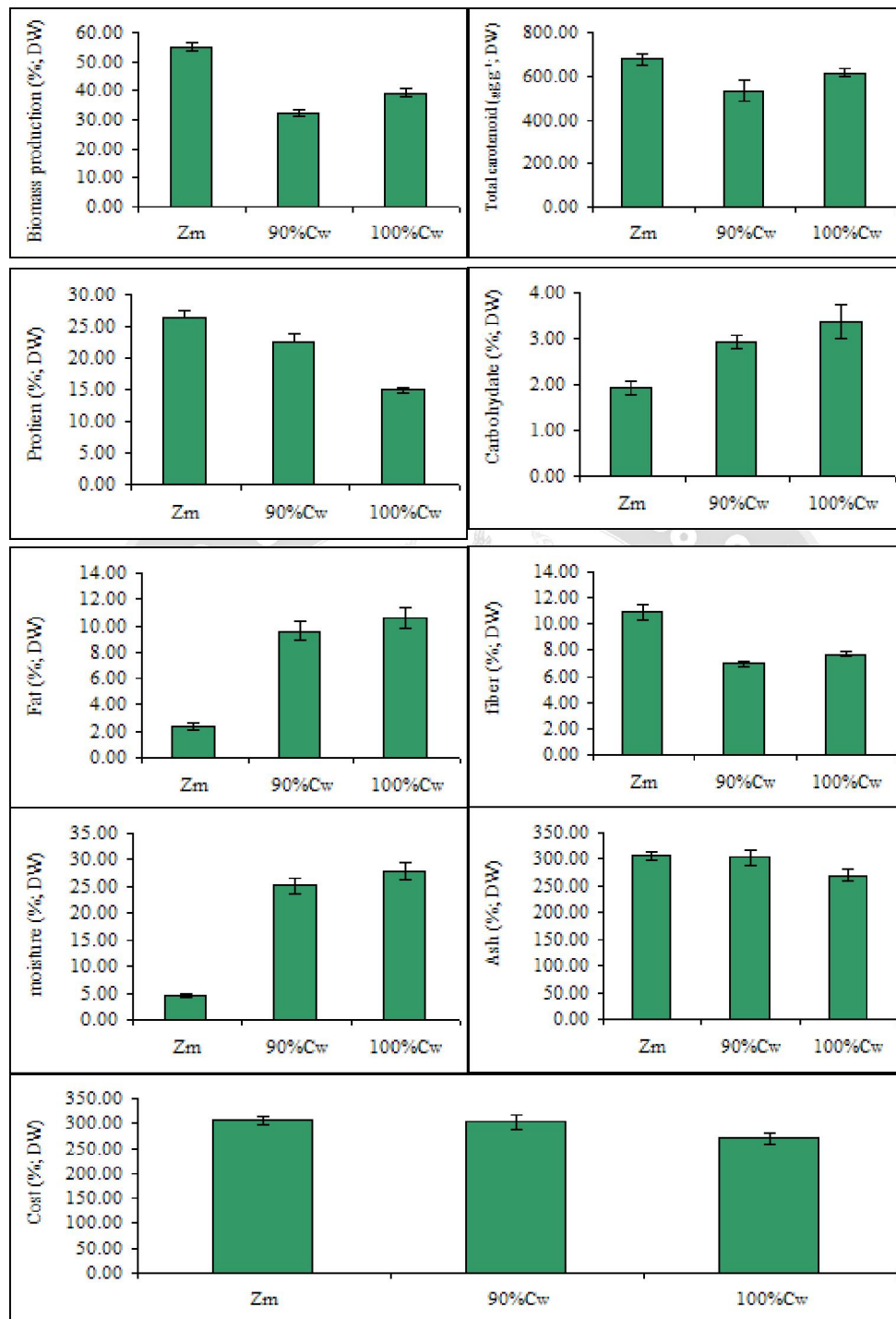
สรุปได้ว่า น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ความเข้มข้น 100 % *Cw* มีการเจริญของสาหร่าย *Spirulina platensis* ดี ได้ผลผลิตสาหร่าย ค่อนข้างสูง สาหร่ายมี Total carotenoid และคุณค่าทางโภชนาการสูง ใกล้เคียงกับ สูตรอาหาร *Zm* แต่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า สูตรอาหาร *Zm* คณะผู้วิจัยจะนำน้ำทิ้งจากโรงอาหารความเข้มข้น 100%*Cw* ไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ แบบ raceway pond ขนาดใหญ่ต่อไป เพื่อนำ biomass production หรือนำผลผลิตสาหร่าย ไปผสมอาหารเลี้ยงปลาบีกต่อไป ในปีงบประมาณ 2551 ต่อไป



ภาพที่ 17 ค่าอุณหภูมิของน้ำ (water temperature), pH, DO และ BOD ของน้ำในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ด้วยสูตรอาหาร Zm และน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 90% และ 100% ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 18 ค่า $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN, TN และ TP ของน้ำใน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้ง จากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน

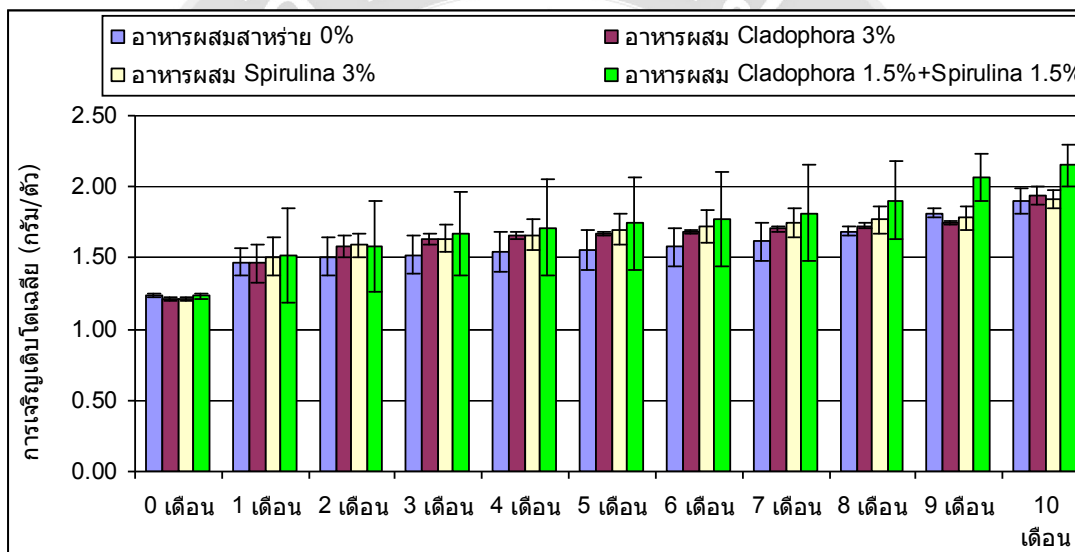


ภาพที่ 19 ค่าผลผลิต แคโรทีนอยด์รวม และ คุณค่าทางโภชนาการ ของสาหร่าย *S. platensis* ที่เลี้ยง ด้วยสูตรอาหารน้ำทิ้ง จากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 15 วัน

ผลการทดลองทดลองเลี้ยงปลาบึก ในปีงบประมาณ 2551

1. การเจริญเติบโต

1.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เมื่อเริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของปลาอยู่ในช่วง 1,200 กรัม (ภาพที่ 1) น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้น ตามเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ตั้งแต่ในเดือนที่ 9 ของการเลี้ยง โดยในเดือนที่ 9 และ 10 ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ สาหร่ายไค 1.5% ผสม สาหร่าย สไปรูลิน่า 1.5% มีการเจริญเติบโตดีกว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ สาหร่าย สไปรูลิน่า 3% สาหร่ายไค 3% และ สาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 20



ภาพที่ 20 น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กิโลกรัม/ ตัว) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน

1.2 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ สาหร่ายไค 1.5% ผสม สาหร่าย สไปรูลิน่า 1.5% มีอัตราการเจริญเติบโต ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ สาหร่ายไค 3% สาหร่ายสไปรูลิน่า 3% และ สาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 21

1.3 น้ำหนักเพิ่มขึ้น (%) ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไค 1.5% ผสม สาหร่าย สไปรูลิน่า 1.5% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ

สาหร่ายไก่อ 3% สาหร่ายสไปรูลิน่า 3% และ สาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 22

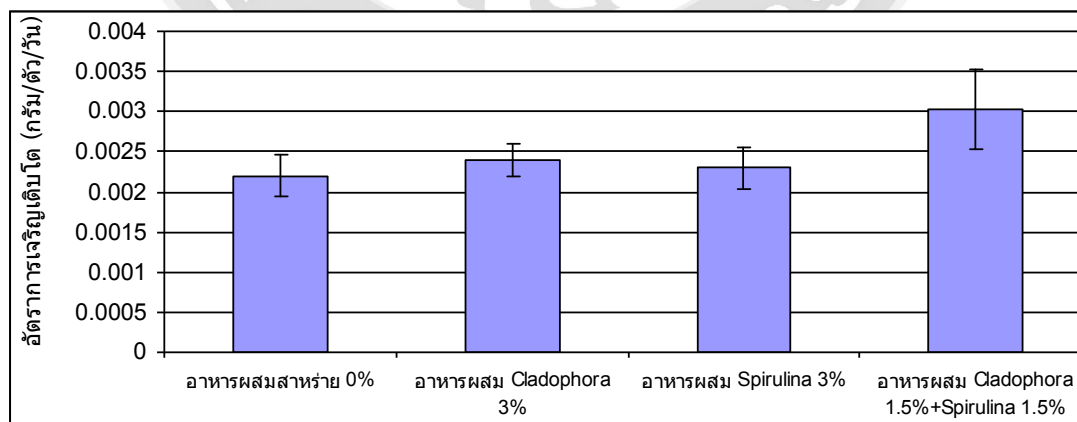
1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/ วัน) ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไก่อ 1.5% ผสม สาหร่าย สไปรูลิน่า 1.5% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ สาหร่ายไก่อ 3% สาหร่ายสไปรูลิน่า 3% และ สาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 23

1.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ (Units) ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไก่อ 1.5% ผสม สาหร่าย สไปรูลิน่า 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ สาหร่ายสไปรูลิน่า 3% สาหร่ายไก่อ 3% และ สาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 24

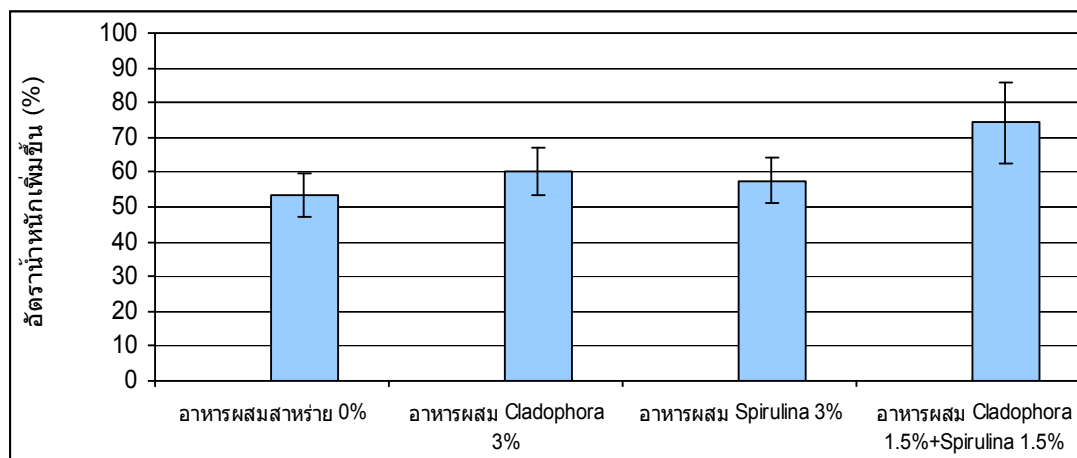
1.6 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 25

1.7 อัตราการรอดตาย ปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 100% และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 26)

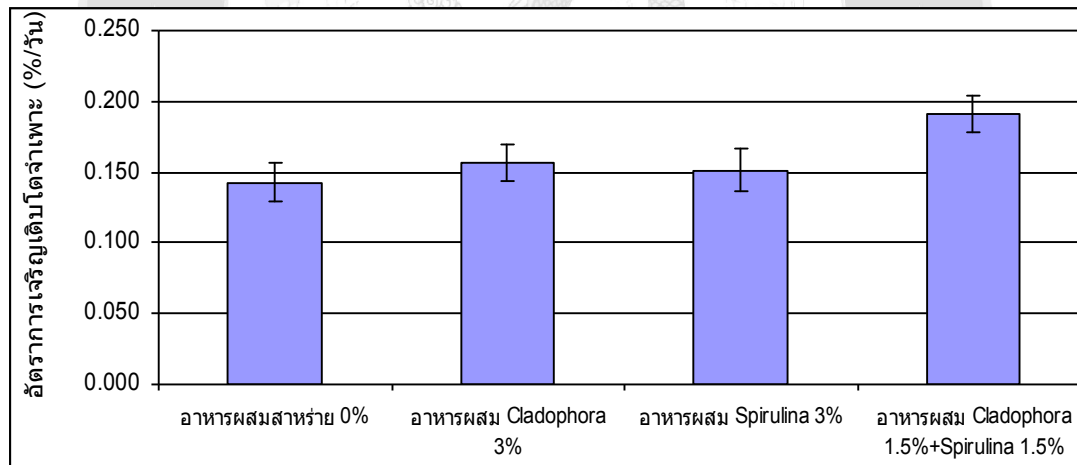
1.8 ต้นทุนการผลิต (บาท/กก.) ปลาบึกที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไก่อ 1.5% ผสม สาหร่าย สไปรูลิน่า 1.5% มี ต้นทุนการผลิต ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายไก่อ 3% สาหร่าย 0% (ชุดควบคุม) และ สาหร่ายสไปรูลิน่า 3% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 27



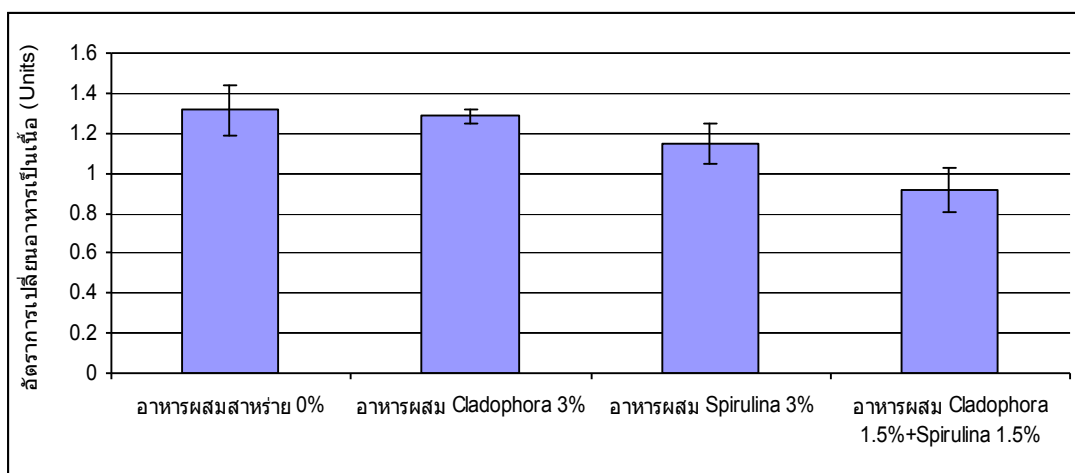
ภาพที่ 21 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน



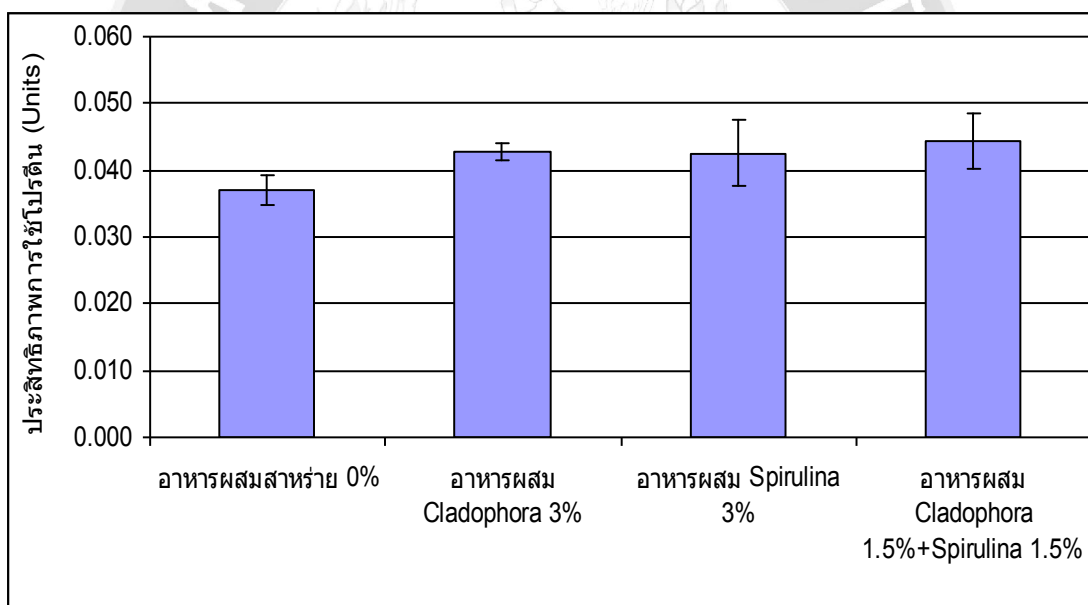
ภาพที่ 22 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน



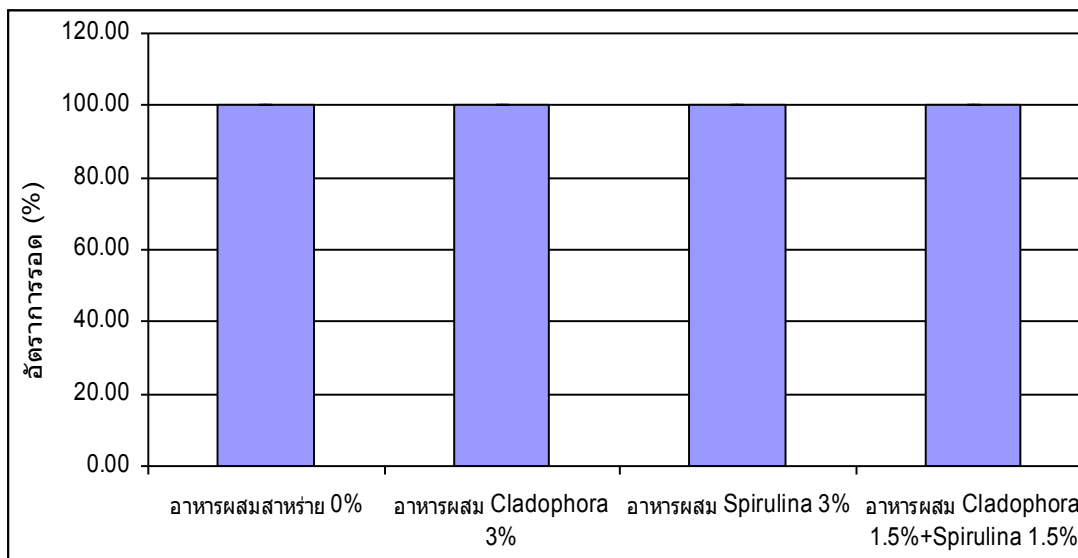
ภาพที่ 23 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน



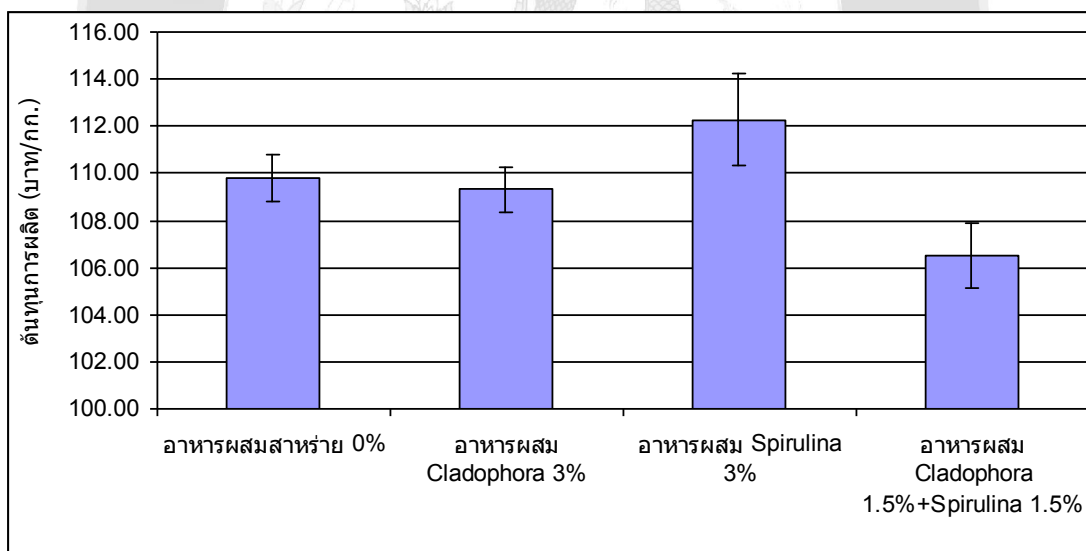
ภาพที่ 24 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน



ภาพที่ 25 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลาบึก ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน



ภาพที่ 26 อัตราการรอดตาย (%) ของปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน



ภาพที่ 27 ต้นทุนการผลิต (บาท/กก.) ของปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน

2. แครอทินอยต์ในเนื้อปลา แครอทินอยต์ในเนื้อปลาก่อนทดลองของปลาทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $0.23 \pm 0.02 - 0.27 \pm 0.04$ มิลลิกรัม/เนื้อปลา 1 กรัม และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 28) ส่วน แครอทินอยต์ ในเนื้อปลาหลังการทดลอง ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย ทั้ง 3 สูตร มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า ปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ภาพที่ 29

3. องค์ประกอบทางโภชนาการของเนื้อปลา องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ก่อนทดลอง และหลังการเลี้ยงปลาบึก ระยะเวลา 10 เดือน ดังภาพที่ 28 และ 29 พบว่า

โปรตีน ในเนื้อปลาก่อนทดลอง ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง $19.53 \pm 0.46 - 21.02 \pm 1.63\%$ และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนโปรตีน ในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงด้วยสาหร่าย ระยะเวลา 10 เดือน ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $17.02 \pm 1.61 - 20.71 \pm 1.33\%$ และ เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 0% มีระดับค่าโปรตีน สูงกว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายโก 3% สาหร่ายสไปรูลิน่า 3% และสาหร่ายโก 1.5% + สาหร่ายสไปรูลิน่า 1.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) ซึ่งเนื้อปลาก่อนทดลอง และเนื้อปลาหลังการทดลอง มีค่าโปรตีนในเนื้อปลาใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 28 และ 29)

คาร์โบไฮเดรต ในเนื้อปลาก่อนทดลอง ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง $2.57 \pm 1.16 - 4.03 \pm 0.68\%$ และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยงด้วยสาหร่าย ระยะเวลา 10 เดือน ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $2.50 \pm 0.62 - 4.07 \pm 1.60\%$ และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนทดลอง และเนื้อปลาหลังการทดลอง มีค่าคาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลาใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 28 และ 29)

ไขมัน ในเนื้อปลาก่อนทดลอง ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง $12.43 \pm 0.56 - 12.57 \pm 1.38\%$ และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไขมันในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยง ด้วยสาหร่าย ระยะเวลา 10 เดือน ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $12.56 \pm 0.43 - 14.23 \pm 0.36\%$ และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนทดลอง และเนื้อปลาหลังการทดลอง มีค่าไขมันในเนื้อใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 28 และ 29)

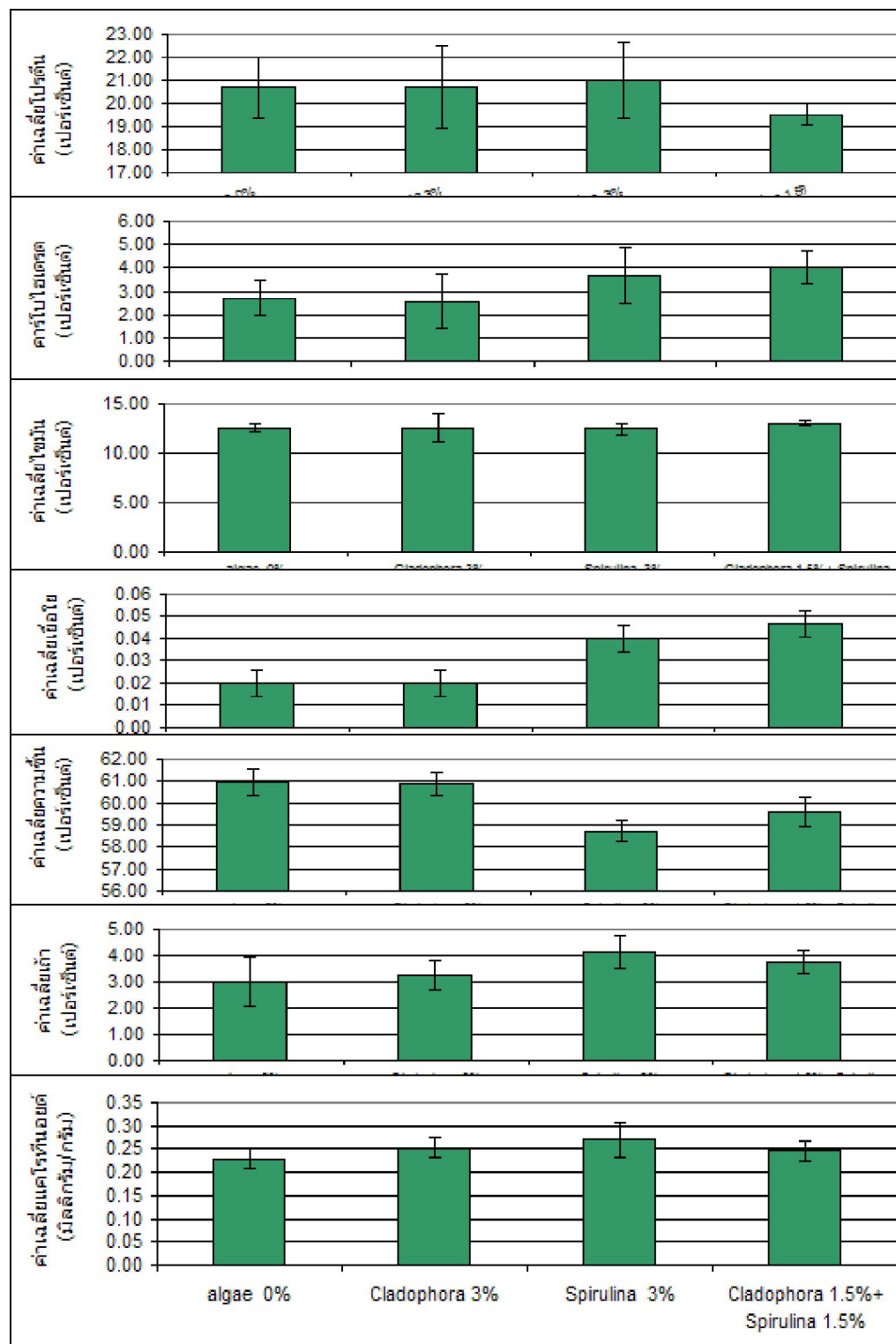
เยื่อใย ในเนื้อปลาก่อนทดลอง ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง $0.02 \pm 0.01 - 0.05 \pm 0.02\%$ และ เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทั้ง 3 สูตร มีค่าเยื่อใย มากกว่า เนื้อปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) และ ไขมันในเนื้อปลาหลังการทดลองเลี้ยง ด้วยสาหร่าย ระยะเวลา 10 เดือน ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง $0.02 \pm$

0.006 – 0.02 ± 0.006% และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนทอดลง และเนื้อปลา หลังการทอดลง มีค่าเยื่อใย ในเนื้อใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 28 และ 29)

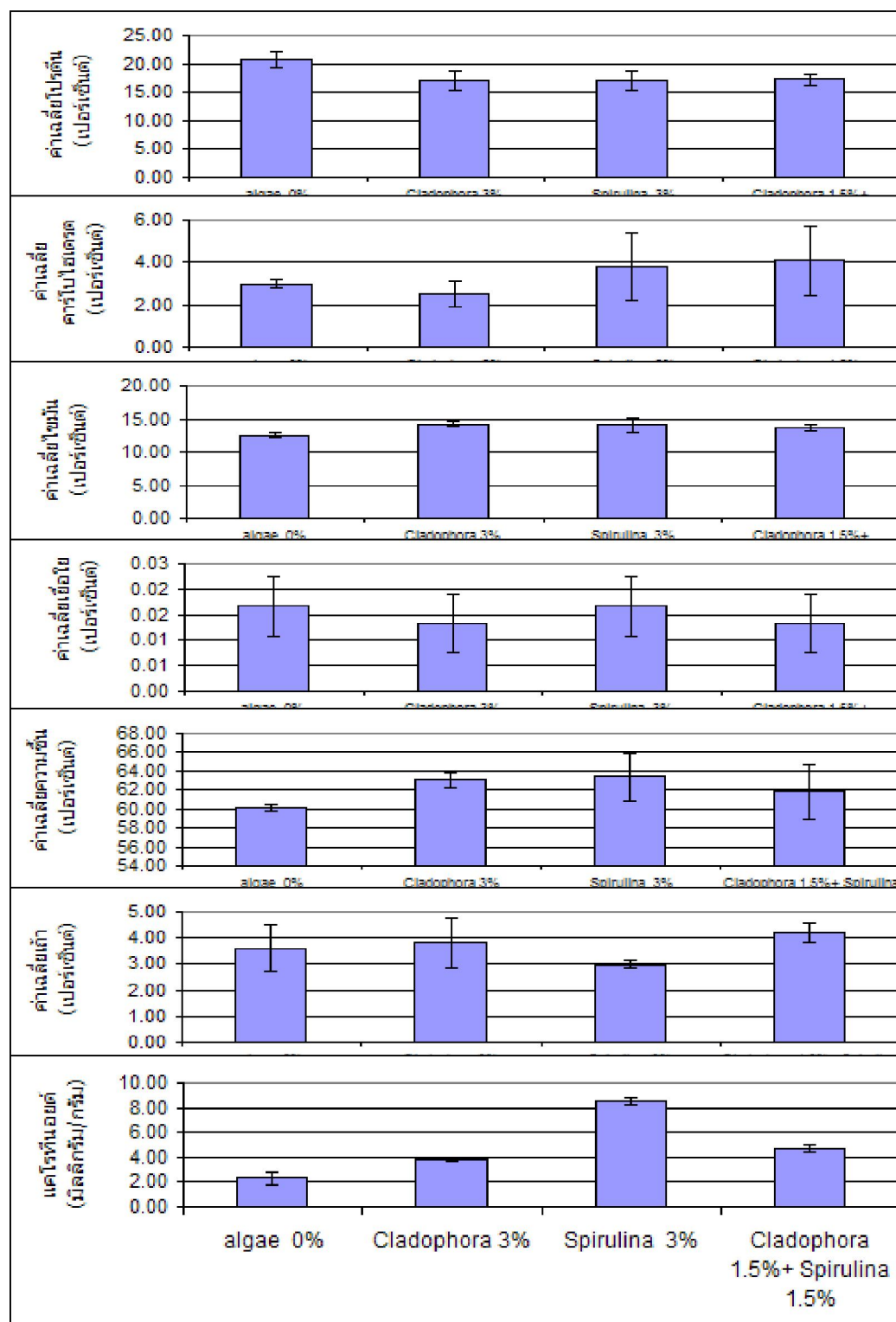
ความชื้น ในเนื้อปลาก่อนทอดลง ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง 58.73 ± 0.51–60.93 ± 0.59% และ เนื้อปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย (ชุดควบคุม) มีค่าความชื้น มากกว่า เนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย ทั้ง 3 สูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น (p<0.05) และความชื้นในเนื้อปลาหลังการทอดลงเลี้ยง ด้วยสาหร่าย ระยะเวลา 10 เดือน ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 60.12 ± 0.32–63.43 ± 2.55% และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อน ทอดลง และเนื้อปลาหลังการทอดลง มีค่าความชื้น ในเนื้อใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 28 และ 29)

เถ้า ในเนื้อปลาก่อนทอดลง ทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง 2.98 ± 0.17–4.20 ± 0.36% และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และความชื้นในเนื้อปลาหลังการทอดลงเลี้ยง ด้วย สาหร่ายระยะเวลา 10 เดือน ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 2.98 ± 0.17–4.20 ± 0.36% และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งเนื้อปลาก่อนทอดลง และเนื้อปลาหลังการทอดลง มีค่าของเถ้า ในเนื้อปลา บีกใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 28 และ 29)





ภาพที่ 28 องค์ประกอบทางคุณค่าอาหาร และ แคโรทีนอยด์ ในเนื้อปลานิล ก่อนการ
เลี้ยง ด้วยอาหารผสมสาหร่าย



ภาพที่ 29 องค์ประกอบคุณค่าทางอาหาร และ แคโรทีนอยด์ ในเนื้อปลานิล หลังการเลี้ยงปลา
 นิล ด้วยอาหารผสมสาหร่าย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน

4. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึก จากภาพที่ 30 – 36 พบว่า

อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีอุณหภูมิของน้ำ อยู่ระหว่าง 21.33 ± 0.58 - 31.67 ± 0.58 $^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิในช้วงเดือนที่ 0-4 ค่อนข้างสูง แต่จะเริ่มต่ำ ตั้งแต่เดือนที่ 5 ของการเลี้ยงปลาเป็นไป เพราะเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาว (ภาพที่ 30)

ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity; $\mu\text{s}/\text{cm}$) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 258.00 ± 5.00 - 280.67 ± 4.51 $\mu\text{s}/\text{cm}$ และช่วงเริ่มต้นการเลี้ยง ในน้ำจะมี ค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง หลังจากเลี้ยงปลาไป 4 เดือน ค่าการนำไฟฟ้าก็ลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพที่ 31)

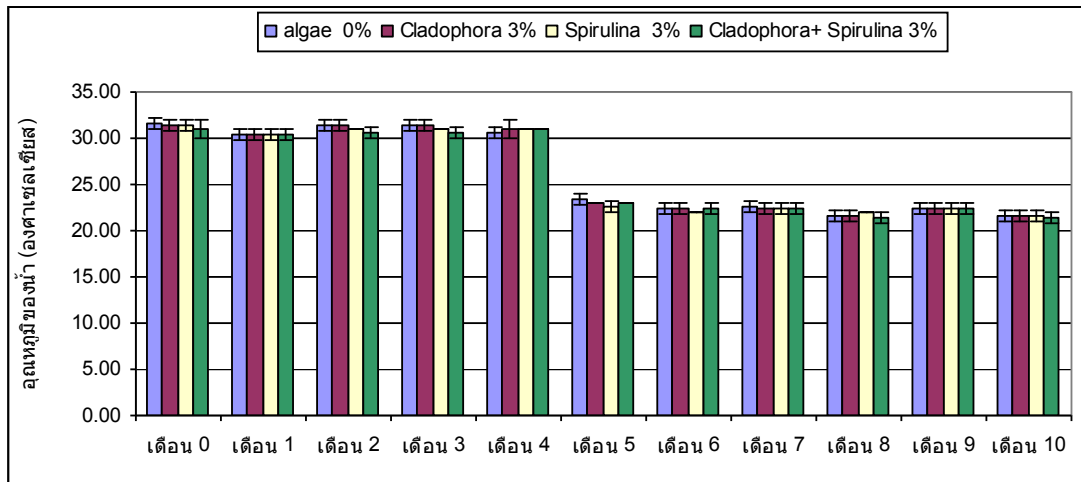
ปริมาณสารแขวนลอยที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS, mg/l) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่า TDS อยู่ระหว่าง 146.67 ± 5.77 - 153.33 ± 5.77 mg/l และช่วงเดือนที่ 4 เป็นต้นไป จะมีค่า TDS ค่อนข้างสูง อาจเป็นเพราะมีสารอาหารหรือตะกอนเศษอาหารเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 32)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่าความเป็นความเป็นกรด – ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 6.98 ± 0.03 - 8.48 ± 0.54 และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 33)

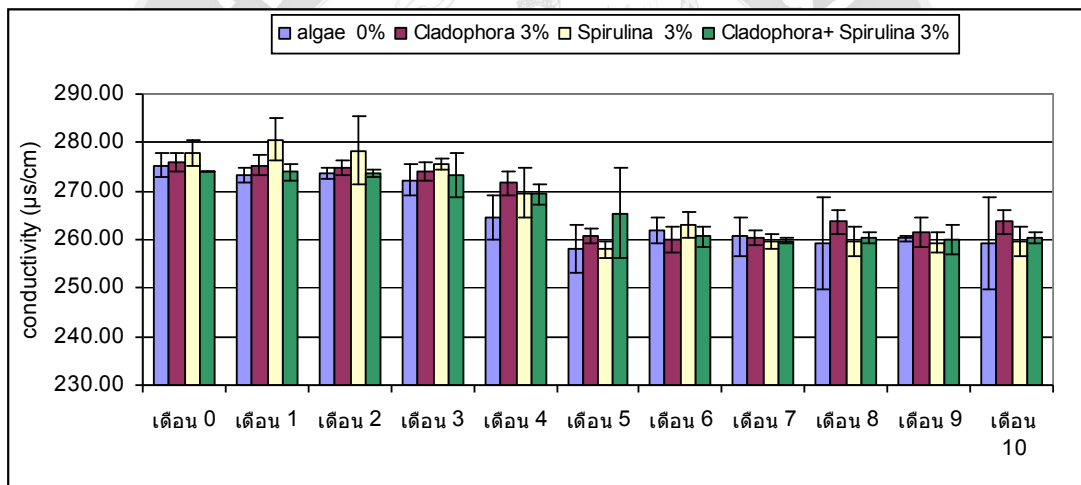
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; mg/l) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่า DO อยู่ระหว่าง 5.45 ± 0.16 - 7.53 ± 0.06 mg/L และช่วงเริ่มต้นการเลี้ยง ในน้ำจะมี ค่า DO ค่อนข้างสูง หลังจากเลี้ยงปลาไป 4 เดือน ค่า DO จะลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพที่ 34)

แอมโมเนีย ($\text{NH}_3 - \text{N}$; mg/L) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่า $\text{NH}_3 - \text{N}$ อยู่ระหว่าง 0.011 ± 0.002 - 0.016 ± 0.002 mg/L และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 35)

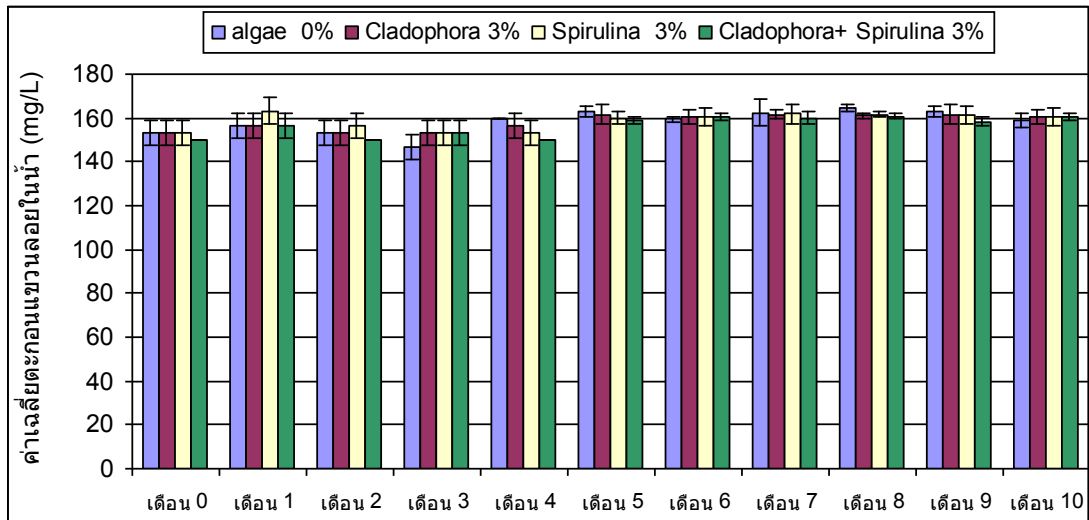
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Orthophosphates- phosphorus; $\text{PO}_4\text{-P}$ mg/l) ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสำหรับราย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่า $\text{PO}_4\text{-P}$ อยู่ระหว่าง 0.001 ± 0.002 - 0.016 ± 0.002 mg/L และบ่อเลี้ยงปลาบึก ในน้ำจะมี ค่า $\text{PO}_4\text{-P}$ ค่อนข้างสูงในสูตรอาหารผสมสำหรับราย แต่ก็จะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตลอด ซึ่งคุณภาพน้ำก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาพที่ 36)



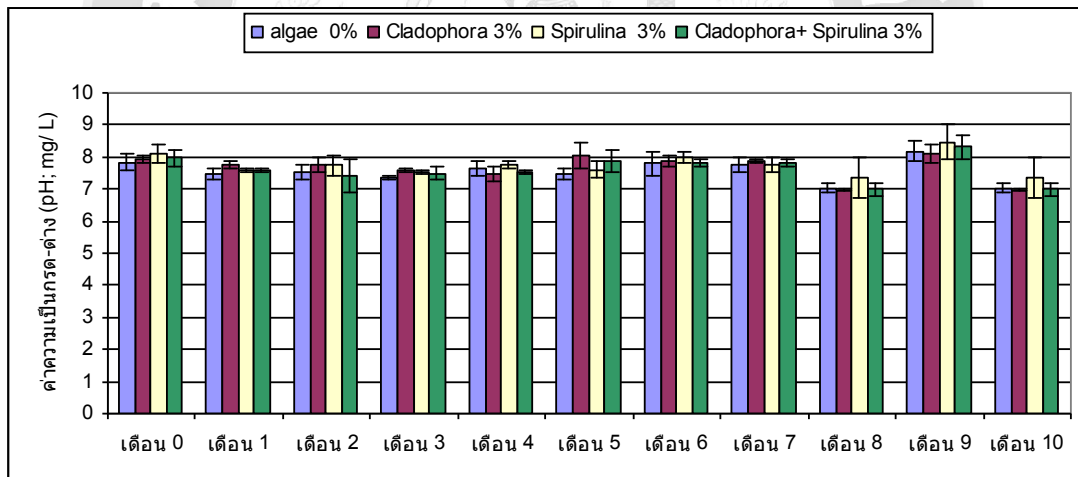
ภาพที่ 30 อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยงทั้ง 10 เดือน



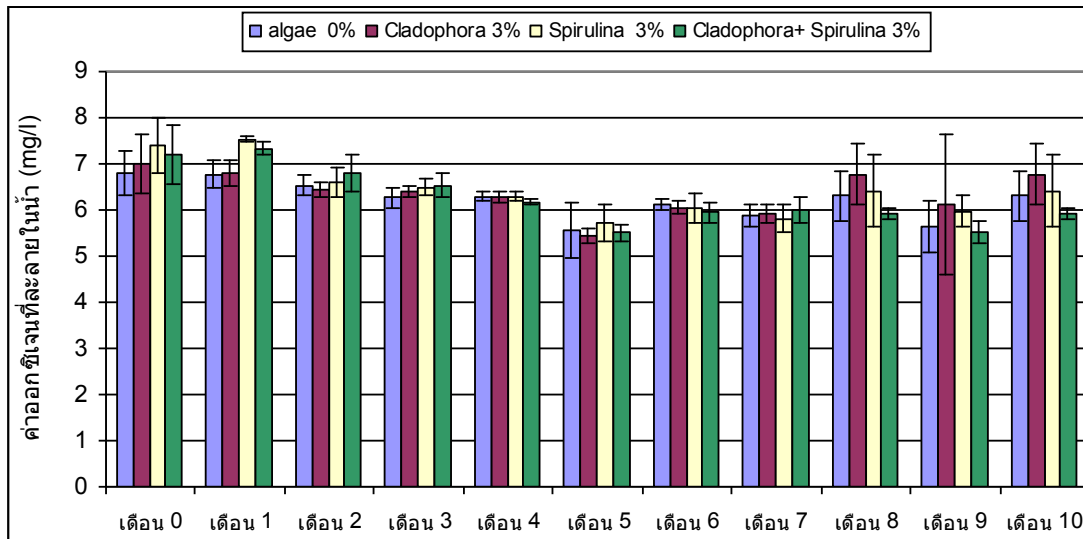
ภาพที่ 31 ปริมาณการนำไฟฟ้า (conductivity; $\mu\text{s/cm}$) ของน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน



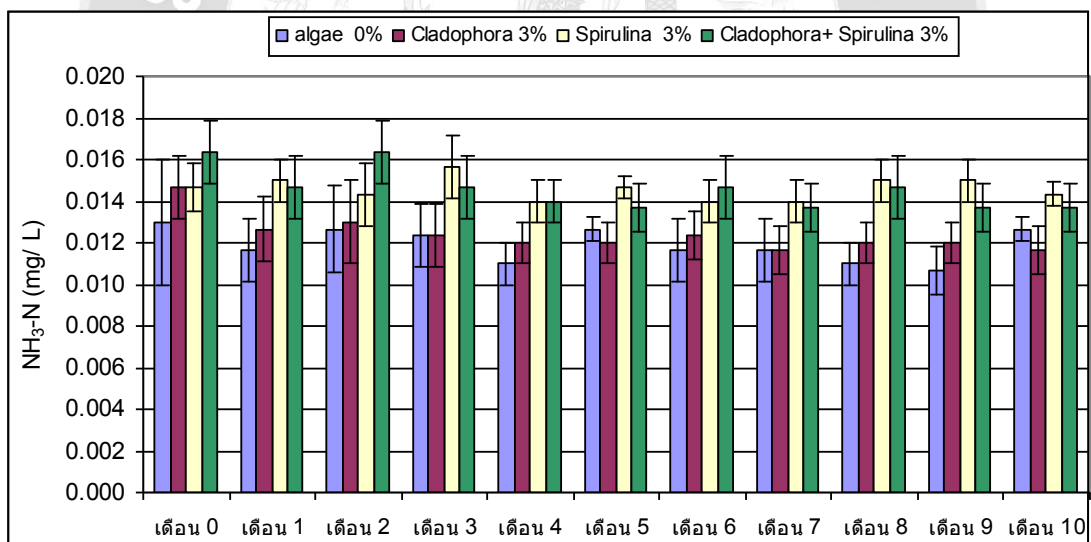
ภาพที่ 32 ค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทั้งหมด (TDS; mg/ L) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน



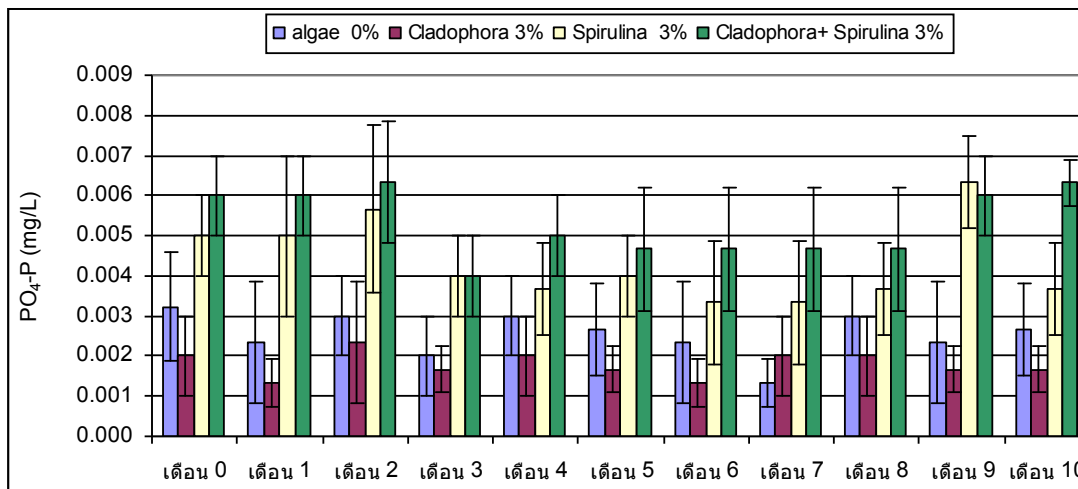
ภาพที่ 33 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH; Units) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน



ภาพที่ 34 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO; mg/ L ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน



ภาพที่ 35 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH₃-N; mg/ l) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง 10 เดือน



ภาพที่ 36 ค่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4\text{-P}$; mg/l) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 เดือน

วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพน้ำของน้ำทิ้งจากโรงอาหาร

คุณภาพน้ำของน้ำทิ้งจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ผ่านการกรองและพักทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ พบว่า น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีความเป็นด่างสูง มีสารอาหารแอมโมเนียไนโตรเจนสูง ซึ่งเป็นไนโตรเจนที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ได้ (ศิริเพ็ญ, 2543; Sze, 1998) อีกทั้งพบว่าน้ำทิ้งจากโรงอาหารมีความเข้มข้นของไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย (Jerald, 1996) จากการพิจารณาอัตราส่วนของ N:P ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของสาหร่ายไค และสาหร่าย *S. platensis* (Harris, 2005; Stauffer, 2006) พบว่า น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีอัตราส่วนของ N:P เท่ากับ 4:1 ถึง 6 : 1 ซึ่งจัดได้ว่ามีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโต (ศิริเพ็ญ, 2543; Fogg, 1966) แต่น้ำทิ้งจากโรงอาหารมีอัตราส่วนของ N:P น้อยกว่าอัตราส่วนของ N:P ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spilurina platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร ที่มีอัตราส่วน N:P เท่ากับ 6:1 ถึง 8:1 (จงกล, 2543)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในตู้กระจก

คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในตู้กระจก พบว่ามีค่า pH ที่เป็นด่าง มีค่า DO สูง เนื่องจากการให้ออกซิเจน ปริมาณสารอาหารจะลดลงโดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งน่าจะเกิดจากสาหร่ายนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญ ปริมาณแอมโมเนียในรูปแอมโมเนียไนโตรเจนลดลง แต่พบว่าไนเตรทไนโตรเจนในน้ำทั้งจากโรงอาหารบางความเข้มข้นมีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 และ 15 อาจเนื่องจากการเพาะเลี้ยงมีการให้ออกซิเจนจึงทำให้เกิดการออกซิไดซ์ (oxidize) แอมโมเนีย โดยแบคทีเรียไปเป็นรูปไนเตรทได้มากขึ้น (Sze, 1998) อีกทั้งการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ดีระดับหนึ่ง โดยสามารถลดค่า BOD ความเป็นด่าง และปริมาณสารอาหารได้เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในน้ำเสีย (จงกล, 2543)

การเจริญของสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในตู้กระจก โดยใช้น้ำทั้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงโดยใช้น้ำทั้งจากโรงอาหารเกือบทุกความเข้มข้นมีอัตราการเจริญน้อยที่สุดในวันที่ 10 และ 15 ซึ่งน่าเป็นผลมาจากสารอาหารขาดแคลน โดยพบว่าสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในน้ำทั้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 60% ถึง 100% มีการเจริญดีกว่าสาหร่ายไก่อที่เลี้ยงในน้ำทั้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 10% ถึง 50% อย่างชัดเจน อาจเนื่องจากน้ำทั้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้น 60% ถึง 100% มีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อใน บ่อซีเมนต์ แบบ raceway pond และสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์กลม

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ ในบ่อซีเมนต์ขนาด 2X4 ตารางเมตร แบบ raceway pond และสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อซีเมนต์กลมปริมาตร 100 ลิตร พบว่า คุณภาพน้ำมีค่า pH และ DO ใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำบริเวณที่พบสาหร่ายไก่อในแม่น้ำโขง ที่มีค่า pH 7.53-8.40 และค่า DO 7.20-9.20 mg/l ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อ (ศรีวรรณและประเสริฐ, 2544) และการเพาะสาหร่าย *S. platensis* คล้ายกับการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทั้งจากหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำทั้งหอพักนักศึกษาที่ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ มี $\text{NH}_3\text{-N}$ 1.44 mg/l, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.68 mg/l, $\text{PO}_4\text{-P}$ 0.49 mg/l (จงกล, 2545) อีกทั้งการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ และ สาหร่าย *S. platensis* ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ดีระดับหนึ่ง โดยสามารถลดค่า BOD ความกระด้าง ความเป็นด่าง และปริมาณสารอาหารได้เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในน้ำเสีย (จงกล, 2543)

คุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะโปรตีน ของสาหร่ายไก่อที่เลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร 80%, 90% และ 100% อยู่ระหว่าง 26.12-30.23 มากกว่า สาหร่ายไก่อที่เก็บเกี่ยวจากแม่น้ำน่าน (ยุวดี , 2547) อาจมาจากปริมาณไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสาหร่ายเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ กรดอะมิโน (amino acid) และโปรตีน (protein) (ศิริเพ็ญ, 2543) ในน้ำทิ้งจากโรงอาหารมีมากกว่า ในน้ำธรรมชาติ ทำให้สาหร่ายไก่อที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงอาหารสามารถผลิตโปรตีนได้ดีกว่าสาหร่าย ไก่อในธรรมชาติ คุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะโปรตีน ของสาหร่าย *S. platensis* ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำ ทิ้งจากโรงอาหาร 100% มีค่า 40.86% โดยน้ำหนักแห้ง ใกล้เคียงกับ การเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำหมักมูลวัวมีโปรตีนประมาณ 42 – 63 เปอร์เซ็นต์ (Tamayo et al., 1987)

จากผลการศึกษาการเลี้ยงปลาบึก ในครั้งนี้พบว่า การเจริญเติบโต โดยเฉพาะ อัตราการ เจริญเติบโต น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่ 5 ของการเลี้ยง ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย ทั้ง 3 สูตร มีการเจริญเติบโต ทำให้น้ำหนักตัวปลา เฉลี่ย ดีกว่าชุดควบคุม หรือ ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 0% ซึ่งมีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Positive control) ในขณะที่ปลาบึกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก่อ 1.5% + สาหร่ายสไปรูลินา 1.5% มีผลของน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ ประสิทธิภาพ การใช้โปรตีน สูงกว่าปลาบึกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก่อ 3% สาหร่ายสไปรูลินา 3% และ สูตร ควบคุม เมื่อระยะเวลาการเลี้ยงปลาเพิ่มขึ้น ผลการทดลองเลี้ยงปลาบึก ดังกล่าว คล้ายกับ การ ปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาดุกรัสเซีย ซึ่งเป็นปลาตระกูล Catfish คล้ายปลาบึก มีการใช้สาหร่าย สไปรูลินา และสาหร่ายไก่อ นำสาหร่ายมาผสมในอาหาร 4 สูตรดังนี้ อาหารผสมสาหร่าย 0 % อาหารผสม สาหร่าย *Spirulina platensis* 5 % อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* 10 % และอาหาร ผสมสาหร่าย *Cladophora* sp. 5 % นำอาหารผสมเลี้ยง ปลาบึกในบ่อดิน ระยะเวลาในการเลี้ยง 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า Carotenoids ในเนื้อปลาดุกรัสเซีย ที่เลี้ยงในสูตรอาหารผสม สาหร่าย *Cladophora* 5% มีค่ามากกว่า อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 % อาหารผสม สาหร่าย *S. platensis* 5 % และ อาหารผสมสาหร่าย 0 % ตามลำดับ (จงกล และคณะ 2548)

มีการทดลองเลี้ยงปลาที่สกเทค โดยมีการใช้ สาหร่าย แทนที่ปลาป่น ใช้สาหร่าย สไปรูลินา สูงกว่า 25% ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเนื้อ มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุด ควบคุม และ คล้ายกับการทดลอง วุฒิพร และอัญชลี (2548) การทดลองใช้สาหร่าย สไปรูลินา 10 % ผสมในอาหารปลาบึก มีผลให้ปลาบึกมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด และปลาบึกมีปริมาณ ของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น และมีการทดลองใช้สาหร่าย สไปรูลินาผง 10-15 % ผสมในอาหาร ปลาบึกแดง ทดแทนปลาป่นเพื่อให้โปรตีนในอาหารปลาเท่ากับ 30% มีผลให้ปลาบึกแดง มีอัตรา

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่ดีที่สุด และปลานิลแดง มีปริมาณของแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น (จงกล และคณะ, 2546) ซึ่ง Duncan and Klesius (1996) กล่าวว่า สาหร่ายสไปรูลีนา และสาหร่ายชนิดอื่น เป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนค่อนข้างสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย อย่างไรก็ตามระดับการผสม สาหร่ายในอาหารปลาแต่ละชนิดมีระดับแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลา และการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกัน

จากผลการทดลองนี้ ใช้สาหร่ายผสมในอาหาร ประมาณ 3% ให้ แคโรทีนอยด์ ในเนื้อปลา หลังการทดลอง ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไค และสาหร่ายสไปรูลีนา แต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย มีปริมาณแคโรทีนอยด์ ในเนื้อต่ำ ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Sato and Regier (1971) พบว่า ระดับของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลามีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับที่ อาหารผสมสาหร่าย สไปรูลีนาในอาหาร ซึ่งอยู่ในรูปของแคโรทีนอยด์รวม (total carotenoids) โดยการสะสมของแคโรทีนอยด์ปลา พบว่า มีการสะสมบริเวณผิวหนัง เนื้อ ไข่ และตับ และมีการทดลอง นำเบต้า- แคโรทีน ลูทีน (Lutein) และซีเอแซนทีน ที่มีคาร์บอนกัมมันตรังสี (radio - active carbon) ผสมในอาหารปลาเรโบรโทราห์ จากนั้น 48 ชั่วโมง สามารถตรวจพบ แคโรทีนอยด์ทั้ง 3 ชนิด ที่บริเวณผิวหนัง เนื้อ ตับ และระบบทางเดินอาหารสอดคล้องกับ Latscha (1991) กล่าวว่า สาหร่ายมีผล ต่อการเกิดสีในหนังและเนื้อของสัตว์น้ำ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณ ชนิดของสาหร่าย และระยะเวลา รวมทั้ง แคโรทีนอยด์ มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียด ทำให้ปลามีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้ดีขึ้น (Nakano *et al.*, 2003)

ด้านคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก เช่น สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และสารอาหาร ในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยอาหารผสมสาหร่าย ทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 10 เดือน มีค่าสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และสารอาหาร ช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง จะมีค่าค่อนข้างต่ำ หลังจากเลี้ยงปลาไป 1 เดือน ค่าต่างๆ จะค่อนข้างเพิ่มสูงขึ้น อาจเกิดจากการสะสมของๆ เสีย เช่น จากอาหารปลา ได้มีการเปลี่ยนน้ำในบ่อจน ค่าต่างๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-9 ค่า DO ไม่ต่ำกว่า 5 mg/l Alkalinity ไม่เกิน 100 mg/l as CaCO₃ ค่า PO₄-P อยู่ระหว่าง 0.1-0.5 mg/l และ NH₃-N ไม่เกิน 0.05 mg/l (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2538)

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2545. การศึกษาฟอ-แม์พันธุ์ปลาบึกจากการเลี้ยงเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์. (In press)
- จงกล พรมยะ. 2543. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ มูลสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จงกล พรมยะ และ จารุวรรณ แฉงนาง. 2543. การวิเคราะห์หาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในสาหร่าย *Spirulina* sp., *Spirogyra* sp. และ *Cladophora* sp. (In press)
- จงกล พรมยะ และ จารุวรรณ แฉงนาง. 2544. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Cladophora* ในร่องน้ำซีเมนต์. (In press)
- จงกล พรมยะ . 2545 . การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
- จงกล พรมยะ, จารุวรรณ แฉงนาง, ธานินทร์ ทรัพย์รัตน์, จุฑามณฑก ศาลางาม และ ศิริเพ็ญ ทรัพย์ไชยาพร. 2545. Carotenoids Content and Nutritional Value of Some Edible Algae. (In press)
- จงกล พรมยะ, เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร และชนกันต์ จิตมณัส .2546. การพัฒนา สาหร่าย *Spirulina platensis* ระดับฟาร์มเพื่อเป็นอาหารเร่งสีเนื้อปลานิลแดง. การประชุมสัมมนาวิชาการ งานวันเกษตรและเทคโนโลยี ครั้งที่3 ระหว่างวันที่ 5-6 ธันวาคม 2546 ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- จงกล พรมยะ, ศิริเพ็ญ ทรัพย์ไชยาพร และสมโภชน์ จันทร์ลอย .2548. Meat Quality Improvement of Sharptooth African Catfish (*Clarias gariepinus*) Using *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. การประชุมสัมมนาวิชาการ ครั้งที่6 ระหว่างวันที่ 19-20 พฤษภาคม 2548 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
- จงกล พรมยะ และขจรเกียรติ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ. ภาคเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
- นิวุฒิ หวังชัย และ สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2540. อาหารปลา. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

- ยูวดี พิรพรพิศาล. 2547. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่. วารสารนานาชาติน้ำ ปีที่ 8 ฉบับที่ 2. หน้า 20-21.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง และอัญชลี พิพัฒน์วัฒนากุล . 2548. ผลของสาหร่ายสไปรูลีนาต่อการเจริญเติบโต และระดับแอนติบอดี ในปลาอุกพันธุ์ผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus* (Burchell) วารสาร สงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ปีที่ 27 (ฉบับพิเศษ 1) 115-132.
- ศรันย์ วรธนัจฉริยา. 2532. การวิเคราะห์เศรษฐกิจการผลิตทางการเกษตร. กรุงเทพฯ: ภาควิชา เศรษฐศาสตร์เกษตร, คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศิริเพ็ญ ทรัพย์ไชยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชา ชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศรียรรณ ไชยสุข และ ประเสริฐ ไวยะกา. 2544. “การศึกษาระบบนิเวศของโก.” รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สกว.
- สมใจ แซ่ใจ้ว. 2540. “สิ่งละอันพันละน้อยเกี่ยวกับชาวไทยเชื้อ โกะ: สาหร่ายน้ำจืด.” วารสาร ภาษาและวัฒนธรรม. กรกฎาคม-ธันวาคม. 16 (2): 34
- สรวิศ เผ่าทองสุข. 2543. “สาหร่าย: ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย.” เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการ “อุตสาหกรรมสาหร่ายน้ำ” สกว. ชุดที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรศักดิ์ สร้อยมี. 2544. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในเนื้อของปลานิลสีแดงจากการใช้อาหารผสมสาหร่ายต่างชนิดกัน. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กองจัดการคุณภาพน้ำ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม , กรุงเทพฯ.
- APHA, AWW and WPCF. 1985. Standard Method for Examination of Water and Waste Water. 18th ed. Washington D.C.: American Public Health Association.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington DC.

- Becker, E. W. and Venkataraman, L. V. 1984. Production and utilization of blue – green alga. *Spirulina platensis*. In India. Biomass., 4 : 105 – 125.
- Del Campo, J. A; M. Jose; R . Herminia; M.A.Vagas; R. Joaaquin and G.G. Miguel. 2000. “Carotenoid Content of Chlorophycean Microalgae: Factors Determining Lutein Accumulation in *Muriellops* sp. (Chlorophyta).” Biotechnology. 76: 51–59.
- Duncan, P. L. and Klesius, P. H. 1996. Effects of feeding *Spirulina* on specific and non – specific immune responses of channel catfish. J. of Aquat. Anim. Heal., 8 : 308 –313.
- Goodwin, T.W . 1980. The Biochemistry of the Carotenoids. London: Chapman and Hall.
- Hill, C. 1980. The Secrets of *Spirulina*. California: University of the Free Press.
- Jerald, L.S. 1996. Environmental Modeling Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Iowa.
- Latscha, T. 1991. Carotenoid in aquatic animal nutrition. In Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Pp. 68 – 79. (eds. Akiyama, D. M. and Tan , R. K. H.) Thailand and Indonesia, 19 – 25 september 1991, Thailand.
- Lu J. and Takeuchi T. 2003. Taste of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed solely on raw *Spirulina*. Fisheries Science (Supp.1). The Japanese Society of Fisheries Science. 68, 987 – 988.
- Nakamura, H. 1982. Food for a Hungry World, a Pioneer's Story in Aquaculture. California: University of the Free Press.
- Nakono, T., Yamaguchi, T., Sato, M. and Iwama, G. K. 2003. Biological effects of carotenoids infish. International Seminar “Effective Utilization of Marine Food Resource”. Songkhla, Thailand. 18 December. Pp. 1 – 15.
- Nandeesh, M. C., Gangadhara, B., Varghese, T.J. and keshavanath, P. 1998. Effect of Feeding *Spirulina platensis* on the growth , proximate composition and organoleptic quality of common carp , L. Aquacult. Res., 29 : 305 – 312.

- Sato, A. and Regier, L. W. 1971. Pigmentation of brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean waste. J. Fish. Res. Board. Can., 28 : 509 – 512.
- Sommer, T. R., D'Souza, F. M. L. and Morrissey, N. M. 1992. Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using the green alga *Haematococcus pluvialis*. Aquacult. 106 : 63 – 74.
- Sze, P. 1998. A Biology of the Algae. Georgetown University, USA.
- Venkataraman L.V. 1983. A monograph on *Spirulina platensis*. Central Food Technological Research Institute, Mysore .



บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องเทคนิคชีววิถีกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลาบึกเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาแบบยั่งยืนนี้ทำการศึกษา 25 เดือนระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2549 ถึงเดือนธันวาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่า ระบบชีววิถีสามารถลดปริมาณความขุ่นของน้ำจากสารแขวนลอยขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ (Total suspended solids ; TSS) ในช่วง 14 เดือนแรกของการเลี้ยงลูกปลาบึกได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 3.34^*$). อัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาบึกทั้งทางด้านน้ำหนักและขนาดความยาวที่เพิ่มขึ้นจากเดือนที่ 15 จนถึงเดือนที่ 25 ของบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบชีววิถีแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี ($F = 11.12^{**}$ และ $F = 6.91^{**}$ ตามลำดับ). นอกจากนี้บ่อเลี้ยงปลาบึกด้วยระบบชีววิถีนาน 24 เดือนยังสามารถผลิตเนื้อปลาบึกที่มีปริมาณสารกลิ่นสาบโคลน “Geosmin” น้อยกว่าบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F = 19.68^{**}$). ส่วนการใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณธาตุอาหารหลักส่วนเกินในบ่อเลี้ยงปลาบึกนั้น พบว่า บ่อเลี้ยงระบบชีววิถีในช่วงเดือนที่ 15 ถึงเดือนที่ 25 พบมีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 4.40^*$) กับบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี การทดลองนี้สรุปได้ว่า ระบบชีววิถีมีผลต่อปริมาณความขุ่นของน้ำที่เกิดจากสารแขวนลอยขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ(TSS) เฉพาะใน 14 เดือนแรกที่เลี้ยงปลาบึก หลังจากนั้นระบบชีววิถีจะมีผลเด่นชัดมากต่ออัตราการเจริญเติบโต(น้ำหนักและขนาด) ปริมาณกลิ่นสาบโคลนชนิด “Geosmin” และมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารกลุ่มฟอสฟอรัสในน้ำ

ABSTRACT

Study on the “Biological-Way-Of-Life” technique on aquatic ecosystems management of giant catfish ponds for reducing cost and sustainable system for fish meat quality was conducted in 25 months from November, 2006 to December, 2008. Result of this study showed significantly difference in statistics ($F = 3.34^*$) between the concentrations of total suspended solids(TSS) during 0-14 months of fish ponds which used and not used the “Biological-Way-Of-Life” technique. Results on growth rate of fish in the meaning of fish weight and length from month,15th to month,25th showed high significantly difference in statistics ($F = 11.12^{**}$ and $F = 6.91^{**}$, respectively). Concentrations of “geosmin” in fish meat which used the “Biological-Way-Of-Life” technique in 24 months showed high significantly difference in statistics ($F = 19.68^{**}$) when compared with control ponds. And also, the concentrations of orthophosphate in water which used the “Biological-Way-Of-Life” technique in 24 months showed significantly difference in statistics ($F = 4.40^*$) when compared with control ponds. We concluded that the “Biological-Way-Of-Life” technique in this study has high effected to the concentrations of total suspended solids(TSS) in the first 14 months. And, this technique has high effected to the growth rate, geosmin, and orthophosphate concentrations after 14 months of this study.

บทนำ

ปลาบึก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasianodon gigas* (Chevey) จัดอยู่ในวงศ์เดียวกับ ปลาซวาย เทโพ สังกะวาดเหลือง (Family Pangasidae) พบเฉพาะในเขตอนุทวีปอินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ลุ่มแม่น้ำสินธุ คงคา จนถึงลุ่มแม่น้ำโขง ปลาในครอบครัวนี้มีหลายชนิดและอาจมากถึง 13 ชนิด ปลาบึกจัดเป็นปลาหนัง (catfish) ที่ใหญ่ที่สุด เคยมีรายงานว่าพบปลาบึกขนาดลำตัวยาวที่สุด 2.5 เมตรหนักมากกว่า 300 กิโลกรัมในน้ำโขง จากรายงานของ Humphrey and Baim (1990) ปลาบึกจัดเป็นปลาในบัญชีรายชื่อสัตว์ใกล้สูญพันธุ์ของ IUCN และมติการประชุมการจัดสถานภาพของสัตว์ใกล้สูญพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญและสำนักนโยบายและสิ่งแวดล้อมปี 2539 อยู่ในบัญชี CITES Appendix I. (ขวลิต, 2548 ; ขาวสด 1 สิงหาคม 45 , 2548)

ปลาบึก มีโอกาสทางการตลาดค่อนข้างสูง สามารถทำเป็นสินค้าได้ 4 รูปแบบคือ (1) ในรูปปลาบึกดั้งเดิมและปลาบึกเผือกขนาดเล็กเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม, (2) ปลาบึกขนาดใหญ่เลี้ยงเป็นปลาสวยงาม เป็นอีกตลาดหนึ่งที่มีผู้ต้องการเลี้ยงปลาขนาดใหญ่ไว้ประดับสระประดับบารมี โดยไม่ต้องการเลี้ยงมาจากลูกปลาขนาดเล็กๆ กล่าวคือจะสั่งซื้อปลาบึกขนาดใหญ่มาปล่อยเลี้ยงโดยตรง ซึ่งปลาบึกก็เหมาะสมเพราะเป็นปลาที่ชอบแช่ตัวเหนือน้ำ ผิดกับปลาใหญ่ชนิดอื่นๆที่ชอบอยู่นิ่งๆในน้ำ, (3) ปลาบึกจำหน่ายในรูปเนื้อปลาสดและเนื้อปลาแปรรูป ปลาในกลุ่ม catfish นี้เป็นที่นิยมบริโภคในสหรัฐอเมริกาและยุโรป บริโภคเป็นปลาชุบเกร็ดขนมปังทอด เป็นเนื้อใส่กลางแซนวิช เป็นสเต็กปลา และเป็น Fillet ปลาไว้ก้างในการประกอบอาหารอื่นๆ โดยมีเวียดนามเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ไปอเมริกามากกว่า 7 ล้านปอนด์/ปี และในยุโรปประมาณ 8 ล้านปอนด์/ปี (USDA) ซึ่งเวียดนามอ้างว่า ตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียง 2% ของการบริโภคเท่านั้น ซึ่งปัจจุบันประเด็นนี้ได้กลายเป็นประเด็นข้อขัดแย้งทางการค้าระหว่างประเทศไปแล้ว โดยทางสหรัฐอเมริกาห้ามปลาอื่นๆ นอกจากปลาที่เพาะเลี้ยงในอเมริกาใช้ชื่อทางการค้าในประเทศอเมริกาว่า “catfish” ปลาที่เป็นต้นเหตุแห่งการพิพาทนี้คือปลาในตระกูลใกล้เคียงกับปลาซวายและปลาบึก ที่มีชื่อว่า *Pangasus burcotti* ที่ประเทศไทยเรียกว่า ปลาเผา หรือ ปลายาง ซึ่งคุณภาพเนื้อและราคาในท้องตลาดเมืองไทย จัดอยู่ในลำดับที่เหนือกว่าปลาซวายแต่ต่ำกว่าปลาบึก ด้วยแนวทางนี้ก็จะเห็นเป็นช่องทางของไทย ที่ปลาบึกมีคุณภาพเหนือกว่าปลาเผา (4) ปลาบึกเป็นปลาที่มีอุปนิสัยสู้เบ็ดได้ดี มีขนาดใหญ่ จึงมีความเป็นไปได้สูงในการเลี้ยงเพื่อกีฬาทางน้ำได้ในอนาคต (Topcat, 2548 ; ไชยณรงค์, 2548)

นอกจากนี้ปลาบึกยังถือว่าเป็นปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วที่สุดในโลก ปลาบึกวัยเติบโตสามารถโตได้ปีละ 15-20 กิโลกรัม/ปี เหนือกว่าปลาทุกชนิดทั่วโลก แต่ปลาบึกเป็นปลาที่อดทนต่อ

สภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้ไม่ดี ปลาบึกไม่มีโรคที่จะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง มีอัตราการรอดค่อนข้างดีหากมีการจัดสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงที่เหมาะสม ขณะนี้ปลาบึกยังไม่มีกลุ่มทุนรายใหญ่ มาควบคุมกลไกการตลาด เกษตรกรเลี้ยงปลาบึกรายใหญ่ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีเพียง 3 รายคือ จรัล ฟาร์ม (เชียงใหม่) พื้นที่ 350 ไร่ โชคชัยฟาร์ม (สุพรรณบุรี) พื้นที่ 200 ไร่ และฟาร์มของนายแพทย์ รายหนึ่งที่จังหวัดนครสวรรค์ พื้นที่ 30 ไร่ โดยที่ทั้งสามรายนี้ต่างตั้งใจเลี้ยงปลาบึกเพื่ออนุรักษ์อย่างเดียว ดังนั้นการร่วมมือทางด้านการพัฒนางานวิจัยปลาบึกจึงสามารถมีช่องทางสูงทั้งทางด้านเชิงพาณิชย์และพันธกิจวิศวกรรม(สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548 ; ข้าว เกษตร หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2548)

ปลาบึก จัดเป็นปลาเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่ประชาชนนิยมบริโภค ในอดีตปลาบึกจะหารมารับประทานได้จากธรรมชาติเท่านั้นคือ จากแม่น้ำโขงตั้งแต่อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ไปจนถึงอำเภอเชียงของ จังหวัดอุบลราชธานี ปัจจุบันเกษตรกรหลายรายนำปลาบึกมาเลี้ยงในเชิงการค้า เช่น คุณจรัล ไชยองค์การ เกษตรกรดีเด่นแห่งชาติสาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเป็นเจ้าของ จรัลฟาร์ม เลขที่ 99 หมู่ 8 ตำบลดอยงาม อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ซึ่งจัดเป็นฟาร์มปลาบึกที่ใหญ่ที่สุดของไทย กล่าวว่า ได้เริ่มเลี้ยงปลาบึกมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ในพื้นที่ 20 ไร่ ปลอ่ย ปลาบึกลงบ่อจำนวน 15,000 ตัว ซึ่งถือว่าเป็นการเลี้ยงปลาอย่างหนาแน่นมาก เพราะในขณะนั้นยังไม่มีฐานความรู้ทางด้านปลาบึกมาก่อน (ที่เหมาะสมควร 50 ตัว/ไร่) และที่สำคัญ ควรมีการเลี้ยงปลาบึกร่วมกับปลาชนิดอื่นๆเช่น ปลานิล ปลาไน ปลาตะเพียน มีอยู่ช่วงหนึ่งที่คุณจรัลทดลองเลี้ยงปลาบึกโดยใช้อาหารบริษัทแนะนำ ปรากฏว่าเพียงแค่ 6 เดือนคุณจรัลต้องเสียเงินค่าอาหารปลาบึกไปถึง 2 ล้านบาท จึงเห็นว่ากินทุนเลี้ยงมากเกินไปและไม่มีโอกาสที่จะได้ทุนคืนมาเลย ปัจจุบันจึงเน้นการเลี้ยงปลาบึกโดยใช้ระบบชีววิถี คือใช้อาหารจากธรรมชาติร่วมด้วย เป็นการเลี้ยงแบบผสมผสานที่ใช้ไก่และมูลไก่บนบ่อปลาไปกระตุ้นให้เกิดแพลงก์ตอนอาหารจากธรรมชาติขึ้น ซึ่งได้ผลดี และสามารถลดอาหารสำเร็จจากเดิมใช้ 5% ของน้ำหนักตัว มาเหลือเพียงให้ 1% เท่านั้น ทำให้ลดต้นทุนค่าอาหารจากเดิม 65 บาท/กิโลกรัม เหลือเพียงไม่ถึง 10 บาท/กิโลกรัม แนวทางลดต้นทุนการผลิตโดยวิธีชีววิธินี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ บัญญัติ และคณะ (2547) ที่เลี้ยงปลานิลในบ่อผสมผสาน 12 เดือน (พฤศจิกายน 2545 – ตุลาคม 2546) พบว่า อาหารธรรมชาติที่ประเมินจากค่ากำลังผลิตเบื้องต้นในแหล่งน้ำที่ระดับลึก 1.50 เมตร สามารถเป็นอาหารเสริมของปลานิล และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารปลาได้ประมาณ 12.37% หรือประมาณ 1.86 บาท/กิโลกรัม/12 เดือน และเมื่อทดลองต่อไปจนครบ 24 เดือน (พฤศจิกายน 2545 – พฤศจิกายน 2547) พบว่า สามารถลดต้นทุนการผลิตปลานิลได้เพิ่มขึ้นเป็น 13.30% หรือคิดเป็นเงินประมาณ 2.0 บาท/กิโลกรัม/24 เดือน (บัญญัติ และ ดนุวัต, 2548 ; ทวีศักดิ์, 2548)

แนวทางการเลี้ยงปลาบึกไม่ให้ขาดทุนนั้น คุณจรัล กล่าวว่า เกษตรกรควรต้องมีอาชีพอื่นควบคู่ไปด้วย และการเลี้ยงปลาบึกควรเน้นใช้ระบบชีววิถีให้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติให้มากที่สุด นอกจากนี้ต้องมีพื้นที่การเลี้ยงมากเพียงพอ ในปัจจุบันจรัลฟาร์มมีบ่อปลาทั้งหมด 30 บ่อในพื้นที่ 350 ไร่ มีปลาบึกจำนวน 15,000 ตัว จับขายส่งตลาดได้เฉลี่ยกิโลกรัมละ 100 บาท ขณะนี้มีปลาบึกรุ่นใหม่เหลืออยู่ประมาณ 6,000 ตัว ปลาบึกที่จะจับส่งขายนั้นควรมีน้ำหนักเฉลี่ย 15 กิโลกรัม/ตัว โดยจะต้องใช้เวลาเลี้ยง 5 ปี สำหรับปลาบึกที่เร่งโดยวิธีขุนอาหารจะใช้เวลาเลี้ยง 3 ปี แต่เนื้อปลาจะไม่แน่น คุณภาพเนื้อปลาไม่ดีตลาดไม่ยอมรับ

ในภาพรวมของการเลี้ยงปลาบึกในขณะนี้ ลูกพันธุ์ปลาบึกที่แข็งแรงยังมีอยู่ในจำนวนจำกัด เนื่องจากต้องเพาะจากแม่พันธุ์ธรรมชาติเท่านั้น ส่วนลูกปลาบึกที่เพาะพันธุ์ได้จากในบ่อเลี้ยงโดยกรมประมงนั้นยังไม่มีข้อมูลทางด้านความแข็งแรงในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ปลาบึกที่มีการเลี้ยงและจับขายในขณะนี้ ส่วนหนึ่งยังด้อยคุณภาพเนื่องจากมีกลิ่นสาบโคลน ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการจัดการบ่อเลี้ยงในบ่อดินไม่ดี ทำให้มีการเจริญหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด และ แบคทีเรียบางชนิดที่สร้างสารประกอบให้กลิ่นโคลนออกมา ซึ่งก็คือสาร จีออสมิน (geosmin) และสาร 2-เมทิลไอโซบอร์เนอล (2-methylisoborneol) นอกจากนี้ในบ่อดินที่ใช้เลี้ยงปลาบึกในภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นบ่อตื้นและน้ำมีความขุ่นจากสารแขวนลอยมาก ดังนั้นจึงอาจจะเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ปลาบึกอ่อนแอ กินอาหารน้อยลง ส่งผลไปถึงมีอัตราการเจริญช้าลงเพื่อแก้ปัญหาความขุ่นจากตะกอนแขวนลอยในบ่อดินที่ใช้เลี้ยงปลาบึกของเกษตรกรภาคเหนือตอนบนที่สภาพดินของบ่อเป็นดินทรายขี้เป็ด ความขุ่นน้ำที่เกิดจากตะกอนแขวนลอยเหล่านี้จะกีดขวางการหายใจ การมองเห็น และการกินอาหารของปลาบึก ทำให้ลูกปลาบึกมีอัตราการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ รวมทั้งอาจส่งผลต่อคุณภาพเนื้อปลาบึกทั้งทางด้านกลิ่น สี และรสชาติที่ไม่มาตรฐาน นอกจากนี้ระบบการทำประมงอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้ผักตบชวาดูดซับฟอสฟอรัสส่วนเกินจากน้ำออกสู่ภายนอกบ่อเลี้ยงปลาเป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ 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)

ปัจจุบันเป็นเรื่องจำเป็นที่ระบบชีววิธีมีความเหมาะสม นำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพเนื้อปลา และควรมีส่วนร่วมกันทุกภาครัฐและชุมชนที่ต้องทำควบคู่ไปกับการลดต้นทุนการผลิตของฟาร์ม จึงเป็นที่มาของแนวทางการทำวิจัยในเรื่องนี้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมบ่อทดลอง

ใช้บ่อดินของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขนาดพื้นที่ประมาณ 200 ตารางเมตร (4.0 x 5.0 เมตร) จำนวน 3 บ่อ เลี้ยงลูกปลาบึกในกระชังขนาด 12 ตารางเมตร (3.0x4.0 เมตร) จำนวน 2 กระชัง / บ่อ รวมทั้งสิ้น 6 กระชัง ก่อนใช้บ่อทดลองจะเปิดระบายน้ำทั้งทั้งบ่อและตากบ่อให้แห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน เพื่อกำจัดปลาชนิดอื่นที่ปะปนอาศัยภายในบ่อนี้มาก่อน หลังจากนั้นจึงเปิดน้ำเข้าสู่บ่อและควบคุมระดับน้ำในบ่อไว้ที่ระดับความลึกประมาณ 50-80 เซนติเมตรตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การวางกระชังในบ่อทดลองภายในคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่

การเตรียมพืชทดลอง(ผักตบชวา)

เตรียมผักตบชวามีขนาดความสูงประมาณ 30-60 เซนติเมตร จากอ่างเก็บน้ำห้วยใจหรือแหล่งน้ำใกล้เคียง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำสะอาดและห่างไกลชุมชน นำผักตบชวาที่ได้มาพักในบ่อดินเก็บน้ำสะอาดสำหรับฟาร์มของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำเป็นเวลา 7 วัน มีการตัดแต่งผักตบชวาเพื่อเร่งการดูดซึมสิ่งต่างๆข้างต้นออกจากน้ำ โดยการออกเนื้อเยื่อใหม่ทุกๆ 14 วัน กำหนดให้พื้นที่ปลูกผักตบชวาในบ่อเลี้ยงปลาบีกเป็น 3 กลุ่มทดลองคือ 0 , 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของกระชังเลี้ยงตามลำดับตลอดการทดลอง โดยกันคอกกรุ๊ปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตามความกว้างของกระชังทดลอง โดยด้านล่างเปิดว่างเพื่อให้ลูกปลาบีกสามารถว่ายน้ำไปหลบซ่อนอาศัยได้ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การเตรียมผักตบชวาในระบบชีววิถีเพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงลูกปลาบีกในบ่อดิน

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ลูกปลาบีก :

ลูกปลาบีกที่ใช้ทดลองเป็นลูกปลาบีกขนาดความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร โดยซื้อจากโรงเพาะฟักเอกชน หรือ กรมประมง นำลูกปลาบีกมาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 20 ตารางเมตร ที่ซึ่งวางในบ่อคอนกรีตระบบน้ำหมุนเวียนในโรงเพาะฟักของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ด้วยความหนาแน่น 5-10 ตัว/ตารางเมตร เป็นเวลา 1 วัน ก่อนทำการสุ่มชั่งน้ำหนักตัวลูกปลาบีกเริ่มต้นก่อนปล่อยเลี้ยงในบ่อทดลองตามกำหนดในระเบียบวิธีวิจัยในแผนการทดลองต่างๆ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ลูกปลานิลที่ใช้ในการทดลอง

อาหารทดลองสำหรับลูกปลานิล

ใช้อาหารสำเร็จรูปปลากินพืชร่วมกับอาหารตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในบ่อเลี้ยงตามระบบชีววิถี โดยอาหารสำเร็จรูปจะใช้เลี้ยง 5% ของน้ำหนักตัวปลาในช่วง 1 เดือนแรก เดือนที่สองให้ 3% และตั้งแต่เดือนที่สามเป็นต้นไปจะให้อาหารสำเร็จ 1% ของน้ำหนักตัวลูกปลานิลทดลอง ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย micro-Kjeldahl, ไขมันโดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method, เยื่อใย โดยวิธี fritted glass crucible, เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550°C 12 ชม. และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105°C 24 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1990) และ วิเคราะห์หาปริมาณสารฟอสฟอรัส และ 2-เมทิลไฮโซบอนิออล โดย Headspace Gas Chromatography (SPME-GC/MS) ตามวิธีของ วรพงษ์ และคณะ (2548)

การวางแผนการทดลอง

การวางแผนวิจัย

กลุ่มทดลอง และ จำนวนซ้ำ (Treatments and replications) แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม (Treatments ; T-1 , T-2 และ T-3) กลุ่มละ 2 ซ้ำ (Replications ; R-1 และ R-2) ทำการทดลองในกระชังที่ตั้งอยู่ในบ่อดินทั้งหมด โดยมีกระชังควบคุม 2 กระชังตั้งอยู่ในบ่อที่ 1 เป็นกลุ่มทดลองที่หนึ่ง (T-1) สรุปย่อได้ ดังนี้

1. บ่อทดลองกลุ่มที่ 1 (T-1) จำนวน 2 กระชังตั้งในบ่อทดลองที่ 1 เป็นกระชังเลี้ยงลูกปลาบึกเชิงพาณิชย์ทั่วไป ไม่มีผักตบชวาภายในบ่อ (0 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 4)
2. บ่อทดลองกลุ่มที่ 2 (T-2) จำนวน 2 กระชัง (T2R1 และ T2R2) เป็นกระชังเลี้ยงลูกปลาบึก ร่วมกับผักตบชวาพื้นที่ปลูก 30 เปอร์เซ็นต์ / บ่อ ตั้งอยู่ในบ่อทดลองที่ 2 (ภาพที่ 5)
3. บ่อทดลองกลุ่มที่ 3 (T-3) จำนวน 2 กระชัง (T3R1 และ T3R2) เป็นกระชังเลี้ยงลูกปลาบึก ร่วมกับผักตบชวาพื้นที่ปลูก 50 เปอร์เซ็นต์ / บ่อ ตั้งอยู่ในบ่อทดลองที่ 3 (ภาพที่ 6)
4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Water quality analysis) จะวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกบ่อทดลอง วันเว้นวัน ที่เวลาประมาณ 10.00 น. โดยแบ่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำออกเป็น 2 จุด/บ่อ คุณภาพน้ำที่จะวิเคราะห์ได้แก่ ไนโตรเจน (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, ความโปร่งแสงของน้ำ (Water transparency), ความขุ่นน้ำจากสารแขวนลอย (Total suspended solids, TSS), ความขุ่นน้ำจากสารละลายในน้ำ (Total dissolved solids, TDS), ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ตามวิธีของ American Public Health Association (1989) การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองเลี้ยงลูกปลาบึก ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00 หรือเทียบเท่า



ภาพที่ 4 กลุ่มทดลองที่ 1



ภาพที่ 5 กลุ่มทดลองที่ 2



ภาพที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 3

การเก็บข้อมูลการพัฒนาคุณภาพเนื้อปลาบึกทางด้านกลิ่นสาบโคล(ปริมาณสารจือออสมิน และ 2-เมทิลไอโซบอโนอล) : จะดำเนินการดังนี้

สุ่มตรวจลูกปลาบึก 1 ตัว/กระชัง เมื่อเลี้ยงลูกปลาได้ครบ 12 และ 24 เดือน ตามลำดับ (หมายเหตุ : ตามแผนการวิจัยเดิมต้องการกำหนดการทดลองไว้ที่ 36 เดือน เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เร็วที่สุดที่จะสามารถผลิตปลาบึกได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการเมื่อเลี้ยงโดยใช้อาหารเร่งขุนทั่วไปได้ เพราะปลาจะมีน้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม / ตัว ตามข้อมูลจริงของการเลี้ยงปลาบึกในขณะนี้) แต่เพื่อให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงขอดำเนินการก่อน 1-2 ปี

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละกลุ่มทดลอง :

สุ่มลูกปลาบึกโดยจับครั้งละไม่น้อยกว่า 10% ของน้ำหนักรวมลูกปลาบึกที่ปล่อยตั้งต้น เพื่อ นับและชั่งน้ำหนัก และคำนวณข้อมูลต่างๆของลูกปลาบึก 1 ครั้ง/เดือน ตลอดการทดลองในแต่ละ กลุ่มทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้ (ภาพที่ 7)

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

$$= 100 \times \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$
- 2). จำนวนอัตราการรอด (Survival) %

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100$$
- 3). ผลผลิต(น้ำหนัก)ที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม

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



ภาพที่ 7 การสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดขนาดลูกปลาบึกในการทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณสารจืออสมิน / 2-เมทิลไฮโซบนิออล ในเนื้อปลาบึก และ น้ำเลี้ยง ปลาบึก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารจืออสมิน และ 2-เมทิลไฮโซบนิออล ในเนื้อเยื่อลูกปลาบึก จำนวน 1 ตัว/กระชัง เมื่อเลี้ยงลูกปลาได้ครบ 12 เดือน (6 ตัวอย่าง) และ 24 เดือน (6 ตัวอย่าง) เฉลี่ย 6 ตัวอย่างเนื้อปลาบึก/ปี โดยวิธีของ Casey *et al* (2004) นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้น

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00 หรือเทียบเท่า

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) โดยการทดลองในปีที่ 1 วางแผนการทดลองเลี้ยงขุนปลาน้ำจืดร่วมกับผักตบชวาในกระชังที่ขึงไว้ในบ่อดิน ด้วยการจัดการด้านพื้นที่ปลูกผักตบชวาตามที่กำหนด 3 กลุ่มทดลอง เก็บข้อมูลด้านผลผลิต คุณภาพเนื้อปลาน้ำจืดด้านสารก่อให้เกิดกลิ่นโคลนและคุณภาพน้ำ ตรวจสอบปริมาณสารจืออสมินและ 2-เมทิลไอโซบรอนิออลในเนื้อปลาน้ำจืดในช่วงอายุ 12 เดือนแรก

การทดลองในปีที่ 2 ทดลองเพื่อเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาน้ำจืดช่วงอายุ 13-24 เดือนที่ผลิตได้โดยเลี้ยงร่วมกับผักตบชวาตามแบบชีววิถี เก็บข้อมูลด้านผลผลิต คุณภาพเนื้อปลาน้ำจืดด้านสารก่อให้เกิดกลิ่นโคลนและคุณภาพน้ำ ตรวจสอบปริมาณสารจืออสมินและ 2-เมทิลไอโซบรอนิออลในเนื้อปลาน้ำจืดในช่วงอายุ 24 เดือน เปรียบเทียบข้อมูลคุณภาพเนื้อปลาน้ำจืดที่ผลิตได้ระหว่างปลาน้ำจืดอายุ 24 เดือน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00 หรือเทียบเท่า

ระยะเวลาที่ทำการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2551 รวมเวลาวิจัย 2 ปี

สถานที่ทำการทดลอง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การลดระดับความขุ่นของน้ำที่เกิดจากสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่ (Total suspended solids ; TSS) ในบ่อดินที่ใช้เลี้ยงปลาบิกด้วยวิธีชีววิถี (“Biological-Way-of-Life” technique)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่ (Total suspended solids ; TSS) ภายในบ่อเลี้ยงลูกปลาบิกก่อนเริ่มทดลองในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ซึ่งพบว่า บ่อเลี้ยงลูกปลาบิกทั้งสามกลุ่มทดลองมีปริมาณสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่ (TSS) ในระดับใกล้เคียงกันระหว่าง 0.215 - 0.245 มิลลิกรัม / ลิตร (หรือโดยประมาณ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร/บ่อ) แต่เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างบ่อกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีผักตบชวา) และบ่อกลุ่มทดลองที่ 2 (ผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์) และบ่อกลุ่มทดลองที่ 3 (ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์) ในช่วงปีแรกระหว่างวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 แล้วพบว่า ปริมาณความขุ่นของน้ำ (TSS) ในบ่อเลี้ยงลูกปลาบิกทั้งสามกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ($F = 3.34^*$) (ตารางที่ 2) ซึ่งหากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างแต่ละกลุ่มทดลองนั้น พบว่า ปริมาณความขุ่น (TSS) ภายในบ่อที่เลี้ยงลูกปลาบิกโดยใช้ระบบชีววิถีที่มีผักตบชวาในกลุ่มทดลองที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างจากบ่อที่ไม่ใช้ผักตบชวาในกลุ่มทดลองที่ 1 อย่างชัดเจน (ตารางที่ 3) และจะยังไม่พบความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระหว่างบ่อระบบชีววิถีด้วยกันเอง (ตารางที่ 3)

สำหรับการทดลองในช่วงที่สองสำหรับลูกปลาบิกวัยรุ่นที่มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าการทดลองในช่วงแรกที่เลี้ยงลูกปลาบิกวัยอ่อน ทำการทดลองระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 นั้น พบว่า ปริมาณความขุ่น (TSS) ที่เกิดขึ้นในทุกๆบ่อทดลองจะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ วิจัยอย่างมีนัยสำคัญใดๆทั้งสิ้น (ตารางที่ 4) รวมทั้งจะไม่พบความแตกต่างระหว่างปริมาณความขุ่น (TSS) ในแต่ละกลุ่มทดลองใดๆทั้งสิ้น (ตารางที่ 5)

ผลการศึกษาที่ปรากฏออกมาเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะว่า ลูกปลาบิกวัยอ่อนของการทดลองช่วงแรกนั้น อาจจะมีขนาดตัวเล็กเพียงพอต่อการอยู่อาศัยในกระชังทดลองที่มีพื้นที่จำกัด ดังนั้นกิจกรรมต่างๆระหว่างบ่อเลี้ยงที่ใช้ระบบชีววิถีและบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีจึงสามารถทำงานในการกรองความขุ่น (TSS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ($F = 3.34^*$) แต่ก็เป็นที่น่าสังเกตว่า หากพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะภายในบ่อทดลองระบบชีววิถีด้วยกันเองทั้งสองกลุ่มทดลองในช่วงแรกนี้ (ผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์) ก็พบว่า ปริมาณพื้นที่ผิวที่ปลูกผักตบชวาทั้งสองระดับยังให้ผลต่อการกรองความขุ่น (TSS) ที่ยังไม่แตกต่างกัน จึงควรจะมีการทดลองต่อเนื่องต่อไปเพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจนในเรื่องพื้นที่ปลูกผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุด และจากผลการทดลองเลี้ยงลูก

ปลาบึกวัยรุ่นในการทดลองช่วงที่สองนาน 11 เดือนต่อเนื่องจากการทดลองช่วงแรกนั้น พบว่าประสิทธิภาพการกรองของผักตบชวาไม่มีผลใดๆต่อการเลี้ยงลูกปลาบึกวัยรุ่นเหล่านี้เลย ทั้งนี้เพราะทุกบ่อทดลองทั้งที่ใช้ระบบชีววิถีและไม่ใช้ระบบชีววิถี ต่างให้ผลในปริมาณความขุ่น (TSS) ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญใดๆเลย ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการที่ลูกปลาบึกวัยรุ่นมีขนาดตัวใหญ่มากขึ้น มีกิจกรรมการว่ายน้ำรุนแรงมากขึ้น การอยู่อย่างหนาแน่นภายในกระชังเลี้ยงขนาดเล็กที่มีปริมาณผักตบชวาเท่าเดิม คงไม่เหมาะสมต่อการกลุ่มอายุของลูกปลาบึกวัยรุ่นเหล่านี้ ดังนั้นหากมีการเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัยและปริมาณผักตบชวาให้เหมาะสมต่อขนาดอายุของลูกปลาบึกก็อาจจะเป็นทางออกที่เหมาะสม แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป

ตารางที่ 1 ปริมาณสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่ (Total suspended solids ; TSS) และฟอสฟอรัส (Orthophosphate, PO_4-P) ของบ่อเลี้ยงปลาบึกก่อนทดลอง

บ่อทดลอง	TSS (mg/L)	PO_4 (mg/L)
กลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีผักตบชวา)	0.215	0.1775
กลุ่มทดลองที่ 2 (ผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์)	0.245	0.1560
กลุ่มทดลองที่ 3 (ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์)	0.230	0.1585

ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของค่าความขุ่น(TSS)ช่วงแรกระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	0.0228	0.0114	3.34*	3.23	5.18	0.0445
Ex.Error	39	0.1329	0.0034				
Total	41	0.1557	0.0038				

Grand Mean = 0.195238094422079

CV = 29.9020 %

LSD 0.05 = 4.36899313913725E-02

LSD 0.01 = 5.77457325511221E-02

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความชื้น (TSS) ช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	0.2279 A
T-3	0.1829 B
T-2	0.1750 B

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 39 Error Mean Square = 0.003408241693419

Standard Error of Mean = 0.015602750887078

ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของค่าความชื้น (TSS) ช่วงที่สอง
ระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	139.5111	69.7556	2.29ns	3.23	5.18	0.1119
Ex.Error	42	1279.0667	30.4540				
Total	44	1418.5778	32.2404				

Grand Mean = 14.1777

CV = 38.9237 %

LSD 0.05 = 3.98984940639547

LSD 0.01 = 5.27345247299846

ตารางที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความชื้น (TSS) ช่วงที่สอง
ระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	16.6667 A
T-3	13.0000 A
T-2	12.8667 A

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 42 Error Mean Square = 30.4539682539683

Standard Error of Mean = 1.42487352079564

ในทำนองเดียวกันเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าความขุ่นของน้ำที่เกิดจากปริมาณสิ่งแขวนลอยขนาดเล็กที่ละลายปนอยู่ในน้ำ (Total dissolved solids ; TDS) ภายในบ่อเลี้ยงลูกปลาบึกในช่วงแรกกลับไม่แสดงผลใดๆต่อการใช้ผักตบชวาในระบบชีววิถีนี้เลย (ตารางที่ 6 และ 7) ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากระบบการกรองของรากผักตบชวาอาจจะมีประสิทธิภาพต่อสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่หรือตะกอนขนาดใหญ่เท่านั้นก็เป็นไปได้ ดังนั้น จึงควรพิจารณาหาวิธีอื่นที่เหมาะสมในการลดระดับปริมาณสิ่งแขวนลอยขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้เหล่านี้

สำหรับการตรวจสอบความขุ่นของน้ำโดยการประเมินจากค่าความโปร่งแสงของน้ำที่วัดโดยแผ่นทาสีขาว-ดำ (Water transparency) ตลอดการทดลองทั้งสองช่วงนั้น พบว่า ระบบชีววิถีที่ใช้ผักตบชวาไม่แสดงผลความแตกต่างใดๆทางสถิติวิจยต่อค่าความโปร่งแสงของน้ำนี้ (ตารางที่ 8, 9, 10 และ 11) ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากค่าความโปร่งแสงนี้เป็นค่าที่ประเมินจากความขุ่นของน้ำทั่วไปที่สามารถเกิดความขุ่นได้จากหลายสาเหตุเช่น ความขุ่นที่เกิดจากตะกอนทั่วไปและที่เกิดจากแพลงก์ตอนต่างๆในน้ำ หากความขุ่นเกิดจากสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่หรือตะกอนขนาดใหญ่ ผลของการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นชัดเจนแล้วว่า ผักตบชวาสามารถช่วยกรองตะกอนขนาดใหญ่เหล่านี้ได้ในช่วงการเลี้ยงระยะแรก 14 เดือน 15 วัน แต่ถ้าหากความขุ่นจากตะกอนขนาดเล็กละลายน้ำได้ หรือความขุ่นจากแพลงก์ตอนต่างๆโดยเฉพาะน้ำเขียวจากแพลงก์ตอนพืชนั้น ผลการทดลองครั้งนี้บ่งบอกว่าระบบชีววิถีในพื้นที่ที่กำหนดเช่นนี้อาจจะยังไม่มีผลใดๆต่อความขุ่นเหล่านี้

ตารางที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของค่าความขุ่น(TDS)ช่วงแรกระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	0.007	0.0003	0.18ns	3.23	5.18	0.8374
Ex.Error	39	0.0727	0.0019				
Total	41	0.0734	0.0018				

Grand Mean = 0.471516

CV = 9.1568 %

LSD 0.05 = 3.23114634257326E-02

LSD 0.01 = 4.27066160663193E-02

ตารางที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น(TDS)ช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	0.4771 A
T-3	0.4692 A
T-2	0.4682 A

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 39 Error Mean Square = 1.8641502615832E-03

Standard Error of Mean = 1.15392196492261E-02

ตารางที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของค่าความขุ่น (Transparency) ช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	4.8690	2.4345	0.14ns	3.23	5.18	0.8703
Ex.Error	39	680.5357	17.4496				
Total	41	685.4048	16.7172				

Grand Mean = 41.9523809523809

CV = 9.9572 %

LSD 0.05 = 3.12614650867814

LSD 0.01 = 4.13188152182358

ตารางที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น(Transparency)
ช่วงแรกระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	42.3214 A
T-3	42.0357 A
T-2	41.5000 A

Number of Mean = 3

Error Degree of Freedom = 39

Error Mean Square = 17.4496336996336

Standard Error of Mean = 1.11642393700453

ตารางที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของค่าความขุ่น(Transparency) ช่วงที่สองระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	138.7253	69.3627	0.51ns	3.23	5.18	0.6124
Ex.Error	42	5764.4945	137.2499				
Total	44	5903.2198	134.1641				

Grand Mean = 42.2666

CV = 27.7177 %

LSD 0.05 = 8.4701387946367

LSD 0.01 = 11.1951278916991

ตารางที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของค่าความขุ่น(Transparency) ช่วงที่สองระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	44.7467 A
T-3	41.1333 A
T-2	40.9200 A

Number of Mean = 3

Error Degree of Freedom = 42

Error Mean Square = 137.249868381561

Standard Error of Mean = 3.02489524206003

2. อัตราการเจริญ (น้ำหนัก และ ขนาด)ของลูกปลาบิกที่เลี้ยงโดยใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี

ผลการทดลองเลี้ยงลูกปลาบิกโดยใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีในครั้งนี้ปรากฏผลอย่างชัดเจนว่า การเลี้ยงลูกปลาบิกทั้งสองช่วงคือช่วงแรกที่เป็นลูกปลาบิกวัยเด็กเลี้ยงนาน 14 เดือน 15 วัน และช่วงที่สองที่เป็นช่วงลูกปลาบิกวัยรุ่นเลี้ยงนาน 11 เดือนนั้น บ่อเลี้ยงที่ใช้ระบบชีววิถีทุกบ่อให้ผลการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักของลูกปลาบิกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจยเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี (ตารางที่ 12, 13, 14 และ 15) ทั้งนี้ เฉพาะน้ำหนักของลูกปลาบิกที่ผลิตได้ในช่วงแรกเท่านั้นที่กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้ระบบชีววิถี (ผักตบชวา 30 เปอร์เซนต์) มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับบ่อทดลองกลุ่มที่ 1 (ไม่ใช้ผักตบชวา) แต่กลุ่มทดลองที่ 3 ใช้ระบบชีววิถี (ผักตบชวา 50 เปอร์เซนต์) ยังแสดงผลในช่วงแรกนี้ไม่ค่อยเด่นชัดมากเท่าใดนัก (ตารางที่ 13) แต่หากพิจารณาผลการทดลองด้านน้ำหนักลูกปลาบิกที่ผลิตได้ในการเลี้ยงช่วงที่สอง(วัยรุ่น)นั้น

จะพบอย่างชัดเจนว่า บ่อทุกบ่อที่เลี้ยงโดยใช้ระบบชีววิถีจะให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจย ($F = 11.12^{**}$) แตกต่างจากบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี (ตารางที่ 15) ผลการศึกษาทางด้านอัตราการเจริญทางด้านน้ำหนักตัวของลูกปลาบึกนี้ให้ผลปรากฏอย่างชัดเจนมาก การเลี้ยงลูกปลาบึกในช่วง 2 ปีแรกนั้น การปรับปรุงบ่อเลี้ยงให้เป็นระบบชีววิถีมีผลโดยตรงต่อน้ำหนักของลูกปลาบึก

สำหรับผลการทดลองศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาบึกทางด้านความยาวนั้นพบว่า ในช่วงแรกของการเลี้ยง 14 เดือน 15 วัน ลูกปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อระบบชีววิถียังไม่แสดงผลที่แตกต่างทางด้านความยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจยเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่เลี้ยงโดยไม่ใช้ระบบชีววิถี (ตารางที่ 16 และ 17) แต่ความยาวของลูกปลาบึกจะปรากฏผลอย่างชัดเจนในแง่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 6.91^{**}$) ระหว่างบ่อเลี้ยงที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี (ตารางที่ 18 และ 19) อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความยาวของลูกปลาบึกโดยเฉพาะในช่วงที่สองของการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักของการทดลองในครั้งนี้เช่นกัน จากผลการทดลองอัตราการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักและขนาดความยาวของลูกปลาบึกในครั้งนี้ มีข้อสังเกตว่า ลูกปลาบึกที่เลี้ยงมีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ในทุกๆบ่อที่ทดลองทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะบ่อและกระชังที่ใช้ทดลองมีขนาดจำกัด จึงง่ายต่อการควบคุมดูแล อีกทั้งระยะเวลาการทดลองค่อนข้างสั้นเพียง 2 ปีเท่านั้น อัตราการรอดตายของลูกปลาบึกจะสูง ดังนั้นหากจะนำระบบชีววิถีไปใช้ในบ่อเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ที่ต้องเลี้ยงอย่างน้อย 3-4 ปีจึงจะสามารถทยอยจับปลาออกขายได้นั้น การหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่าง “ปลาบึก-พื้นที่บ่อ-ผักตบชวา” สมควรที่จะต้องทำการวิจัยในภาคสนามจริงต่อไป และอีกสิ่งหนึ่งที่สังเกตได้จากงานวิจัยชิ้นนี้คือ สุขภาพของปลาบึกที่เลี้ยงภายใต้ระบบชีววิถีมีสุขภาพที่ดีมาก ไม่เคยปรากฏผลที่ผิวหนังปลาแต่อย่างใด ซึ่งจะแตกต่างจากปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีที่จะสามารถเห็นผลที่ผิวหนังได้ในบางช่วงของการศึกษาในครั้งนี้ อาจจะเป็นผลมาจากปลาบึกในบ่อระบบชีววิถีสามารถลดความเครียดได้จากการว่ายหลบไปอาศัยอยู่ใต้พื้นที่ที่มีผักตบชวา จึงช่วยลดการตื่นตกใจจากคนและสัตว์ต่างๆที่ปรากฏบริเวณขอบบ่อได้ ซึ่งต่างจากปลาบึกในบ่อที่ไม่มีผักตบชวาตามเทคนิคชีววิถี ที่จะพบอาการตื่นตกใจได้ง่ายเมื่อคนเดินผ่านขอบบ่อ และหากปลาบึกมีขนาดใหญ่ขึ้นอาการตื่นตกใจมักจะรุนแรง ทำให้ปลาพุ่งไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วเกินไป ทำให้บางครั้งมีการพุ่งชนวัสดุในบ่อหรือพุ่งชนขอบบ่อได้

ตารางที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของน้ำหนักลูกปลาบึกช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	1622.2440	811.1220	4.00*	3.07	4.79	0.0186
Ex.Error	426	86346.2719	202.6908				
Total	428	87968.5159	205.5339				

Grand Mean = 49.3455710511108

CV = 28.8515 %

LSD 0.05 = 3.33372034392231

LSD 0.01 = 4.40623542426499

ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของน้ำหนักลูกปลาบึกช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	51.5465 A
T-3	49.6731 AB
T-2	46.8171 B

Number of Mean = 3

Error Degree of Freedom = 426

Error Mean Square = 202.690779053394

Standard Error of Mean = 1.1905536675591

ตารางที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของน้ำหนักลูกปลาบึกช่วงที่สองระหว่าง
วันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	29593.3392	14796.6696	11.12**	3.07	4.79	0.0001
Ex.Error	114	151753.8622	1331.1742				
Total	116	181347.2014	1563.3379				

Grand Mean = 76.6386580834022

CV = 47.6069 %

LSD 0.05 = 16.3593233035466

LSD 0.01 = 21.6223985279704

ตารางที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของน้ำหนักลูกปลาบึกช่วงที่สอง
ระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.01

Name ID	Mean
T-1	99.0802 A
T-3	66.7158 B
T-2	64.1200 B

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 114 Error Mean Square = 1331.1742295491

Standard Error of Mean = 5.84231739573784

ตารางที่ 16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ความยาวของลูกปลาบึกช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	1.4764	0.7382	0.43ns	3.07	4.79	0.6547
Ex.Error	429	731.1850	1.7044				
Total	431	732.6614	1.6999				

Grand Mean = 17.6721064735342

CV = 7.3875 %

LSD 0.05 = 0.304637894529504

LSD 0.01 = 0.40264513635541

ตารางที่ 17 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของความยาวลูกปลาบึกช่วงแรก
ระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	17.7177 A
T-3	17.7090 A
T-2	17.5896 A

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 429 Error Mean Square = 1.70439388031899

Standard Error of Mean = 0.108793697488992

ตารางที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของความยาวลูกปลาน้ำจืดช่วงที่สอง
ระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	87.5051	43.7525	6.91**	3.07	4.79	0.0019
Ex.Error	114	721.7832	6.3314				
Total	116	809.2883	6.9766				

Grand Mean = 20.6051709753835

CV = 12.2117 %

LSD 0.05 = 1.12823313459758

LSD 0.01 = 1.49120510769791

ตารางที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของความยาวลูกปลาน้ำจืดช่วงที่สอง
ระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.01

Name ID	Mean
T-1	21.8282 A
T-3	19.9944 B
T-2	19.9929 B

Number of Mean = 3

Error Degree of Freedom = 114

Error Mean Square = 6.33143177152216

Standard Error of Mean = 0.402919848602677

**3. การหาแนวทางพัฒนาคุณภาพเนื้อปลาน้ำจืดที่ขึ้น โดยการลดปริมาณสารก่อให้เกิดกลิ่น
สาบโคลนในเนื้อปลาน้ำจืด**

การทดลองครั้งนี้มีส่วนหนึ่งของจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาหาแนวทางการลดสารกลิ่นสาบ
โคลนในเนื้อปลาน้ำจืด จากการศึกษานักวิชาการประมงจากอดีตจนถึงปัจจุบันต่างยืนยัน
ตรงกันว่า สารที่เป็นสาเหตุทำให้เนื้อปลาน้ำจืดมีกลิ่นสาบโคลนนั่นคือสาร Geosmin และสาร 2-
Methyl-Lisoborneol ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้เกิดจากแพลงก์ตอนพืชบางชนิดและแบคทีเรียบางกลุ่มที่
อาศัยอยู่ในน้ำ ดังนั้น จากสมมุติฐานของงานวิจัยนี้ที่คาดว่า หากระบบชีววิถีโดยการใช้ผักตบชวา
สามารถลดปริมาณธาตุอาหารบางชนิดที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของทั้งแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรีย
บางกลุ่มในน้ำได้ อีกทั้งหากผักตบชวาสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของแสงสว่างที่จะส่องลงสู่
มวลน้ำได้ในระดับที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการอยู่อาศัยของปลาน้ำจืดแล้วนั้น ก็อาจจะสามารถลด
ปริมาณสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาน้ำจืดดังกล่าวได้เช่นกัน

จากตารางที่ 20 และ 21 แสดงผลการศึกษาระดับปริมาณสาร Geosmin ในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปีของการศึกษาในครั้งนี้ พบอย่างชัดเจนว่า เนื้อปลาบึกที่เลี้ยงโดยใช้ระบบชีววิถีมีปริมาณสาร Geosmin แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($F = 19.68^{**}$) กับเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงโดยไม่ใช้ระบบชีววิถี และหากพิจารณาข้อมูลเฉลี่ยปริมาณสาร Geosmin ของเนื้อปลาบึกในบ่อเลี้ยงที่ใช้ระบบชีววิถี นั้นพบว่า ปริมาณสาร Geosmin พบในปริมาณต่ำมากประมาณ 15.70-15.75 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับ 41.88 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ที่พบเฉลี่ยในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อซึ่งไม่ใช้ระบบชีววิถีในช่วงเวลาเดียวกัน (ตารางที่ 24)

แต่อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 22 และ 23 ที่แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณสาร 2-Methyl-Lisoborneol ในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี ในทุกกลุ่มทดลองครั้งนี้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใดๆเลยระหว่างบ่อที่เลี้ยงทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลเฉลี่ยในตารางที่ 24 นั้นเป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณสาร 2-Methyl-Lisoborneol ในเนื้อปลาบึกกลุ่มทดลองที่ 3 (ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.140 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีผักตบชวา) และกลุ่มทดลองที่ 2 (ผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.780 และ 0.735 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ควรมีการศึกษาต่อเนื่อง หรือมีการศึกษาซ้ำอีกครั้งเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ 2-Methyl-Lisoborneol ที่พบในบ่อระบบชีววิถีและบ่อที่เป็นระบบทั่วๆไปอีกครั้งหนึ่งเพื่อยืนยันข้อมูลที่แน่นอนต่อไป

ตารางที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของสารกลินสาบโคลน (Geosmin) ในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	1160.0661	580.0330	19.68**	5.14	10.92	0.0030
Ex.Error	6	176.8236	29.4706				
Total	8	1336.8897	167.1112				

Grand Mean = 23.2322218153212

CV = 23.3670 %

LSD 0.05 = 10.8463310499691

LSD 0.01 = 16.4312828779058

ตารางที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของสารกลิ่นสบาโคลน(Geosmin) ในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.01

Name ID	Mean
T-1	39.2867 A
T-3	15.3933 B
T-2	15.0167 B

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 6 Error Mean Square = 29.4706036662636

Standard Error of Mean = 3.13425183343987

ตารางที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของสารกลิ่นสบาโคลน (2-Methyl-Lisoborneol) ในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	1.3358	0.3379	1.84ns	5.14	10.92	0.2385
Ex.Error	6	2.1831	0.3638				
Total	8	3.5188	0.4399				

Grand Mean = 0.57555

CV = 104.8023 %

LSD 0.05 = 1.20516412535578

LSD 0.01 = 1.8257226860212

ตารางที่ 23 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของสารกลิ่นสบาโคลน(2-Methyl-Lisoborneol) ในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	1.0400 A
T-3	0.5900 A
T-2	0.0967 A

Number of Mean = 3 Error Degree of Freedom = 6 Error Mean Square = 0.363844413468574

Standard Error of Mean = 0.348254893944351

ตารางที่ 24 ปริมาณโดยเฉลี่ยของสาร Geosmin และสาร 2-methyl-isoborneol ; MIB ในน้ำ
ปลาบึกที่เลี้ยงนาน 2 ปี

บ่อทดลอง	Geosmin (ug/kg)	MIB (ug/kg)
กลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีผักตบชวา)	41.88	0.780
กลุ่มทดลองที่ 2 (ผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์)	15.75	0.735
กลุ่มทดลองที่ 3 (ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์)	15.70	0.140

4. การศึกษาหาแนวทางลดปริมาณธาตุอาหารส่วนเกินในน้ำเลี้ยงปลาบึกให้ลดน้อยลง เพื่อ ยืดอายุการใช้น้ำจืดในบ่อเลี้ยงปลาบึกให้นานยิ่งขึ้น

จากปัญหาทั้งสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำเป็นพิษและปัญหาด้านทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ปรับตัวสูงมากขึ้นทั้งในอดีตและปัจจุบัน ส่งผลต่อด้านทุนการผลิตปลาบึกและสัตว์น้ำจืดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อีกทั้งปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาแย่งแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรทั้งที่มาจากปัญหาภาวะโลกร้อนทำให้แหล่งน้ำจืดขาดแคลนไม่เพียงพอต่อการเกษตรและการบริโภค รวมไปถึงปัญหาที่มาจากคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์เพราะมีสารพิษปนเปื้อนมากเกินไปมาตรฐานต่างๆ เหล่านี้ มีผลต่ออาชีพการประมงเลี้ยงปลาน้ำจืดในบ่ออย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น จากสมมุติฐานของการวิจัยครั้งนี้ที่คาดว่า หากระบบชีววิถีโดยการใช้ผักตบชวาที่นำมาปล่อยเลี้ยงร่วมกับปลาบึกในกระชังในบ่อทดลอง หากผักตบชวาสามารถดูดซับสารอาหารหรือธาตุอาหารส่วนเกินที่มีมากในบ่อเลี้ยงปลาบึกได้จริง ก็ย่อมที่จะส่งผลให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกดีขึ้นเรื่อยๆ มากขึ้น เมื่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกดีขึ้นก็ย่อมส่งผลต่อการลดความถี่ของการสูบน้ำเปลี่ยนถ่ายน้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงปลาของเกษตรกรได้ การลดความถี่ของการสูบน้ำเปลี่ยนถ่ายน้ำก็ย่อมลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ การลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ก็ย่อมส่งผลดีต่อการประหยัดต้นทุนการผลิตและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งเช่นกัน นอกจากนี้การลดความถี่ของการสูบน้ำเปลี่ยนถ่ายน้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำสู่ภายนอกได้ ก็จะช่วยลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นพิษได้โดยตรงอีกเช่นกัน ผลการศึกษาทางด้านปริมาณธาตุอาหารส่วนเกินต่างๆ ในบ่อเลี้ยงปลาบึกครั้งนี้พบว่า เฉพาะปริมาณฟอสฟอรัส (Orthophosphate) เท่านั้นที่แสดงผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 4.40^*$) ออกมาในช่วงการเลี้ยงลูกปลาบึกในระยะที่สองนาน 11 เดือน (ตารางที่ 27) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองในตารางที่ 28 แล้วจะพบอย่างชัดเจนว่า กลุ่มทดลองในบ่อที่ใช้ระบบชีววิถีมีความแตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี แต่ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ผลการทดลองของการเลี้ยงในช่วงแรก 14 เดือน 15 วัน กลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใดๆ ทางสถิติเลย (ตารางที่ 25 และ 26) ผลการวิจัยเกี่ยวกับปริมาณ

ฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาบีกช่วงแรกนี้สร้างความสงสัยให้คณะผู้วิจัยเป็นอย่างยิ่งว่าเกิดอะไรขึ้นในช่วงดังกล่าว ซึ่งคงจะต้องพิสูจน์หาความจริงอีกต่อไป

จากการที่ปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงโดยระบบชีววิถีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจักับบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีในการเลี้ยงช่วงที่สองนาน 11 เดือนนั้น จะเป็นผลดีต่อเนื่องไปสู่แนวทางการลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่เป็นสาเหตุของการผลิตสารกลิ่นสาบโคลนได้เช่นกัน เพราะแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่มีความจำเป็นใช้ธาตุฟอสฟอรัสในการดำรงชีพในแหล่งน้ำ จากผลการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ธาตุอาหารในกลุ่มไนโตรเจนไม่แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญใดๆระหว่างระบบบ่อทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี

ตารางที่ 25 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาบีก

ช่วงแรกระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	0.0356	0.0178	0.94ns	3.23	5.18	0.5965
Ex.Error	39	0.7417	0.0190				
Total	41	0.7772	0.0190				

Grand Mean = 0.146571428470668

CV = 94.0858 %

LSD 0.05 = 0.103202385070114

LSD 0.01 = 0.136404364509337

ตารางที่ 26 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยง

ลูกปลาบีกช่วงแรกระหว่างวันที่ 24 พ.ย. 2549 ถึงวันที่ 8 ก.พ. 2551 (14 เดือน 15 วัน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	0.1681 A
T-3	0.1662 A
T-2	0.1054 A

Number of Mean = 3

Error Degree of Freedom = 39

Error Mean Square = 1.90172242600551E-02

Standard Error of Mean = 0.03685611430187

ตารางที่ 27 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงลูกปลาบึก
ช่วงที่สองระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Analysis of Variance : Sirichai Statistics Version 6.00

Source	df	SS	MS	F	F (0.05)	F(0.01)	F-Prob
Treatments	2	0.0056	0.0028	4.40*	3.23	5.18	0.0180
Ex.Error	42	0.0269	0.0006				
Total	44	0.0326	0.0007				

Grand Mean = 6.14222 CV = 41.2318 %

LSD 0.05 = 1.83101784895893E-02

LSD 0.01 = 2.42008773268965E-02

ตารางที่ 28 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองของปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยง
ลูกปลาบึกช่วงที่สองระหว่างวันที่ 8 ก.พ.2551 ถึงวันที่ 28 ธ.ค. 2551 (11 เดือน)

Duncan's Multiple-Range Test : Ranked at Probability Level 0.05

Name ID	Mean
T-1	0.0769 A
T-3	0.0567 B
T-2	0.0507 B

Number of Mean = 3

Error Degree of Freedom = 42

Error Mean Square = 6.41380923478379E-04

Standard Error of Mean = 6.53901584582053E-03

เอกสารอ้างอิง

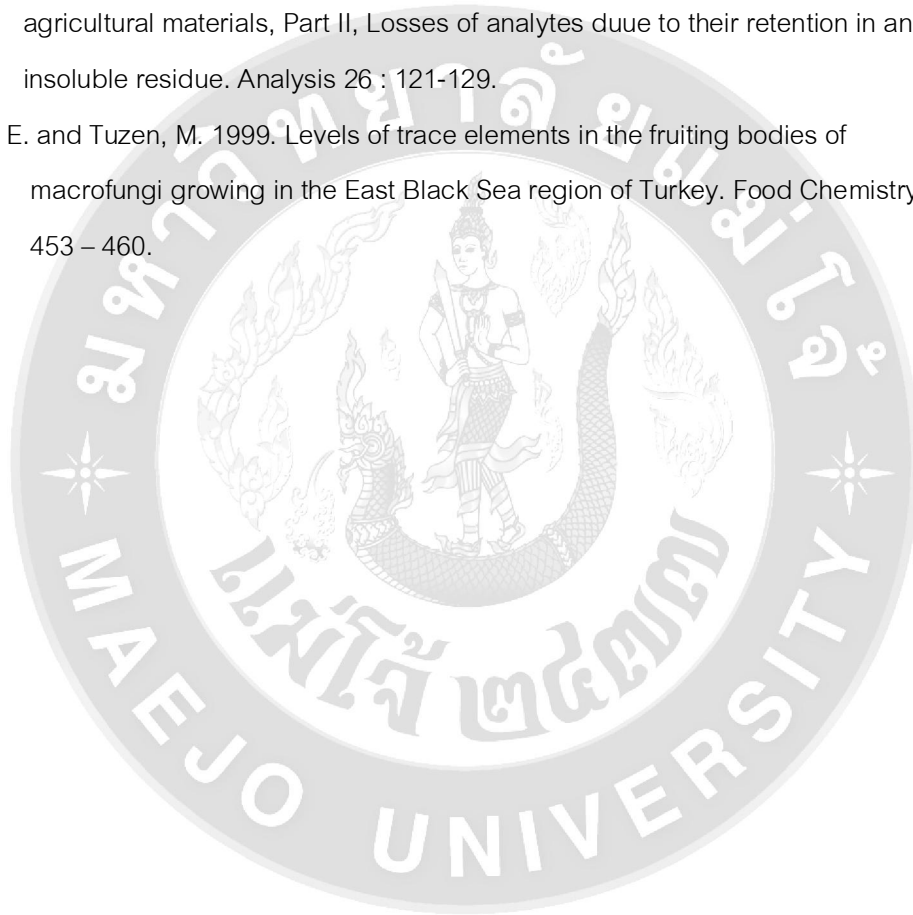
- บัญญัติ มนเทียรอาสน์, วิชาญ นุ่นสังข์ และ ดนุวัฒน์ เพ็งอ้น . 2547. ระบบเกษตรชีววิถีเพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบผสมผสาน. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 198-204 น.
- บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ดนุวัฒน์ เพ็งอ้น. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (พ.ย. 2545 – พ.ย. 2547). รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 1-12 น.
- ชวลิต วิทยานนท์. 2548. ปลาบึกสัตว์ใกล้จะสูญพันธุ์. วารสารสารคดี (Feature Magazine), <http://sarakadee.net/feature/1998/12/pla-buek.htm>.
- ไชยณรงค์ เศรษฐากร. 2548. ข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับปลาบึก. http://www.searin.org/Th/Mekong/mek_catfish_info2.htm.
- สำนักบริการคอมพิวเตอร์. 2548. นักวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ถอดรหัสพันธุกรรมปลาบึกได้สำเร็จ. <http://www.ku.ac.th/e-magazine/january48/agri/fish.html>.
- ข่าวเกษตร นสพ. เดลินิวส์ (2 กันยายน 2546). 2548. การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งออก. http://vitayakorn.doae.go.th/asp/detail_whatsnews.asp?id=176
- วรพงษ์ นลินานนท์, มยุรี จัยวัฒน์, นงนุช รักสกุลไทย และ จิราวรรณ แยมประยูร. 2548. การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 1-7 น.
- ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2548. เลี้ยงปลาบึกแบบลดต้นทุน. สื่อเกษตร. <http://www.agmassmedia.com/Technology/knowed/articles20.html>.
- Topcat . 2545. ความเห็นเกี่ยวกับปลาบึก. http://www.expert2you.com/view_article.php?cat_sel=90200&art_id=779
- ข่าวสด (1 สิงหาคม 2545). 2548. ยี่สิบห้าประเทศค้านระเบิดแก่งแม่น้ำโขงที่ปลาบึกสูญพันธุ์. http://www.searin.org/Th/Mekong/Mek_rapid_n3.htm
- 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, Florida. 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 (*Eichhornia 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 readily 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. *Boletim. 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 waterhyacinth (*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 waterhyacinth (*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.
- 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 due 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.



บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปัจจัยบางประการต่อการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิงพาณิชย์ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซี (0, 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาบึกขนาด 60 ± 0.01 กรัม ในกระชังขนาด $2.4 \times 3 \times 1.5$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ ลึก) วางในบ่อดิน เป็นระยะเวลา 213 วัน พบว่าการเสริมวิตามินซีให้ผลการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักสิ้นสุดและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ได้รับดีกว่ากลุ่มปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีต้นทุนต่ำกว่าจึงมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) สูงกว่าระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้การเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ทำให้ค่าฮีมาโตคริต เซลล์เม็ดเลือดแดง ซีรัมไลโซไซม์ ซีรัมโปรตีน และ ซีรัมกลูโคส เพิ่มสูงขึ้นจากกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การเสริมวิตามินซีที่ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ทำให้ต้นทุนเพิ่ม และผลที่ได้ไม่แตกต่างกับการเสริมวิตามินซีที่ 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

การทดลองที่ 2 ศึกษาการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง (0, 15, 30 และ 45%) ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาบึกขนาด 550 ± 0.01 กรัม เป็นระยะเวลา 130 วัน พบว่า ปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 และ 45% มีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ดีกว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง และกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า จึงมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) สูงกว่ากลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง

ดังนั้นการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิงพาณิชย์ควรเสริมวิตามินซีในปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ลงในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันให้อยู่ในเกณฑ์ดีสำหรับการผลิตอาหารเม็ดขึ้นเองสำหรับการเลี้ยงปลาบึก สามารถทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองได้ถึง 45% ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตและให้ผลการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้การลดการใช้ปลาป่นยังเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์ได้ด้วย

ABSTRACT

Study on the influence of some factors affecting on enhancing the potential of Maekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*) commercial rearing in cages. Two experiments. Experiment 1, The purpose of this research was to test the efficacy of vitamin C levels (0, 250, 500 and 750 mg/kg) on growth, survival rate and immune response of the Maekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey). Catfish with an initial average of 60 ± 0.01 g were raised cages with density of $2.4 \times 3 \times 1.5$ m in earthen pond. After 213 days, the Maekong giant catfish fed a basal diet supplemented with vitamin C showed the better weight, specific growth rate, feed conversion ratio, and final production. There was a significant difference between fish fed a basal diet without vitamin C supplementation ($P < 0.05$). The catfish received 250 mg/kg vitamin C supplementary diets showed the lower cost and higher B/C Ratio. The catfish received 500 and 750 mg/kg vitamin C supplementary diets showed the best hematocrit, red blood cell count, serum lysozyme, serum protein and serum glucose. There was a significant difference between fish fed a basal diet without vitamin C supplementation ($P < 0.05$). But basal diet supplemented with 750 mg/kg vitamin C feeding increased the cost.

Experiment 2, The effects of feeds containing various levels of soybean (0, 15, 30 and 45%) as a replacement for fishmeal of Maekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey). Catfish with an initial average of 550 ± 0.01 g. After 130 days, the Maekong giant catfish fed with replacement for fishmeal of 15 and 45% soybean diets showed the best final weight, specific growth rate, feed conversion ratio, and final production. There were significant difference between fish with replacement for fishmeal of 30% soybean diets ($P < 0.05$). But there was no significant difference between fish fed a basal diet without soybean ($P > 0.05$). The catfish fed with replacement for fishmeal of 45% soybean diets showed the lowest cost and highest B/C Ratio. There was a no significant difference between fish fed a basal diet without soybean ($P > 0.05$).

It was concluded that for the commercial rearing of Maekong Giant Catfish in cages, the minimum level of 250 mg/kg vitamin C is the most suitable to be supplemented

in diet for immune response. In order to reduce the cost of fish feed, 45% of fishmeal level which replaced by soybean showed the similar growth performances as fish fed by 100% fishmeal.

บทนำ

ปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดในโลกที่ได้มีการเพาะพันธุ์ประสบผลสำเร็จเป็นครั้งแรกในประเทศไทยโดยวิธีการผสมเทียมเมื่อ ปี พ.ศ. 2526 ซึ่งหลังจากนั้นนักวิชาการจึงได้มีโอกาสศึกษาชีวประวัติ รวมทั้งทดลองเลี้ยงปลาน้ำจืดในหลายพื้นที่ด้วยกันมาจนบัดนี้ จากการติดตามผลการเลี้ยงพบว่าปลาน้ำจืดสามารถเลี้ยงได้ในบ่อและในคอก โดยมีอัตราการเจริญเติบโตปีละประมาณ 3 – 5 กิโลกรัม (เสนห์ และภานุ, 2541) ส่วนปลาน้ำจืดที่ปล่อยลงในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ปีละประมาณ 10 – 12 กิโลกรัม

ในธรรมชาติพบว่าปลาน้ำจืด (*Pangasianodon gigas* Chevey) เป็นปลาที่มีนิสัยการกินอาหารจำพวกตะไคร่น้ำและพืชน้ำเท่านั้น ในขณะที่วัยอ่อนตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 1 – 2 เดือนจะกินไรน้ำ (*Moina* sp.) (เสนห์ และภานุ, 2541) เมื่อมีการนำปลาน้ำจืดมาเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ในบ่อหรือในคอกซึ่งมีสภาพแวดล้อมต่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่ปลาน้ำจืดเคยอยู่ จึงได้มีการพยายามสร้างสูตรอาหารเพื่อเลี้ยงปลาน้ำจืดให้มีการเจริญเติบโตขึ้นมา ดังเช่นการผลิตอาหารเม็ดซึ่งปรากฏว่าปลาน้ำจืดสามารถปรับตัวกินอาหารเม็ดได้ โดยองค์ประกอบของอาหารเม็ดได้แก่ รำละเอียด 30% ปลาขี้ขาว 14% ปลาป่น 20% สาหร่ายแห้ง 15% ถั่วเหลือง 20% เกลือ 0.5% และวิตามินรวม 0.5% (วินัสและอำนาจ, 2512)

อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดในบ่อยังอยู่ในอัตราที่ไม่สูงนัก (3 – 5 กิโลกรัม/ปี) (เสนห์ และภานุ, 2541) ดังนั้นปัจจัยอื่นที่น่าจะช่วยให้ส่งเสริมศักยภาพการเพิ่มผลผลิตเพื่อให้ปลาน้ำจืดมีเพียงพอต่อความต้องการบริโภคของประชาชนที่มีในระดับสูง จึงนำมาพิจารณาทดลองและวิจัย ได้แก่ การหาองค์ประกอบของอาหารที่เหมาะสมหรือช่วยให้เกิดการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายที่ดีขึ้น หรือลดต้นทุนการผลิตอาหาร โดยการใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นบางส่วน นอกจากนี้การนำวิตามินซีมาใช้เสริมในการผลิตอาหารก็น่าจะให้ผลดีในด้านช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย รวมถึงการทนต่อการเกิดโรคได้ อย่างไรก็ตามวิตามินซีไม่ค่อยเสถียรสามารถสลายตัวได้ง่ายมาก ปัจจุบันจึงมีการพัฒนารูปแบบของวิตามินซีในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดการสลายตัวช้า ดังนั้นการวิจัยเพื่อหาปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมมาใช้ผสมในอาหาร

เลี้ยงปลาบึก น่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาบึกเพื่อการพาณิชย์ของเกษตรกรได้

นวลใย และคณะ (2528) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบึกในบ่อดินขนาด 25×65 เมตร โดยปล่อยปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 20.4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 73.5 กรัม ในอัตราความหนาแน่น 6 ตารางเมตร/ตัว ให้รำละเอียดเป็นอาหารในเดือนแรก จากนั้นเปลี่ยนเป็นอาหารสำเร็จรูป และอาหารต้มที่มีปริมาณโปรตีนประมาณ 20% ตามความต้องการของปลา เลี้ยงเป็นเวลา 1 ปี พบว่า ปลาบึกเจริญเติบโตมีความยาวเฉลี่ย 64.0 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2,590 กรัม

นภาพร (2529) ทดลองเลี้ยงลูกปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 12.82 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 16.92 กรัม ในอัตราความหนาแน่น 2 ตารางเมตร/ตัว ด้วยอาหาร 3 ชนิด โดยชุดที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งประกอบด้วย มันสำปะหลังเส้น 17% รำละเอียด 3% และหัวอาหารสูตร 80% ราคาประมาณกิโลกรัมละ 6.40 บาท ชุดที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งประกอบด้วย รำละเอียด 30% ปลาซัวขาว 15% ปลาป่นอัดน้ำมัน 16% กากถั่วเหลืองป่น 38% วิตามินและแร่ธาตุ 1% ราคาประมาณกิโลกรัมละ 7.16 บาท ให้อาหารในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัวปลา ทั้งสองชุดการทดลอง ชุดที่ 3 เลี้ยงในบ่อซึ่งปุ๋ยมูลสุกรแห้งในอัตรา 150 กิโลกรัม/ไร่/เดือน เป็นเวลา 4 เดือน โดยชั่งวัดขนาดทุกเดือน พบว่า ปลาทดลองมีขนาดความยาวเฉลี่ย 40.4, 38.5 และ 31.0 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 623.25, 523.63 และ 278.25 กรัม ตามลำดับ

เสน่ห์ และภานุ (2541) ศึกษาระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมของปลาบึกที่เลี้ยงในคอก โดยการทดลองเลี้ยงปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 21.12 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 83.28 กรัม ทดลองเลี้ยงในคอกเนื้อที่ประมาณ $\frac{1}{4}$ ไร่ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 200 ตารางเมตร ทดลองให้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่างๆ คือ 20, 25 และ 35% ระยะเวลาในการทดลองรวมทั้งสิ้น 8 เดือน (240 วัน) ระหว่างเดือนมกราคม 2533 ถึงเดือน สิงหาคม 2533 ณ อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น สรุปผลได้ดังนี้

1. การเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 530.88, 757.00 และ 1,003.75 กรัม ตามลำดับ
2. อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 1.87, 2.81 และ 3.84 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
3. อัตราการแลกเนื้อ (FCR) มีค่าเท่ากับ 5.89, 5.99 และ 5.43 ตามลำดับ
4. อัตราการรอดตายเท่ากับ 73.38, 60.13 และ 57.63% ตามลำดับ
5. ต้นทุนในการผลิตเนื้อปลาบึกต่อหนึ่งกิโลกรัม (คิดค่าใช้จ่ายเฉพาะอาหารที่ให้อย่างเดียว) เป็นเงิน 51.30, 59.90 และ 69.40 บาท ตามลำดับ

6. การเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารระดับโปรตีน 20% เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนต่ำสุด คือมีต้นทุน 51.30 บาท/กิโลกรัม แม้ว่าการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของ ปลาที่เลี้ยงด้วยระบบโปรตีน 35% จะสูงที่สุดคือ 1,003.75 กรัม และ 3.84 กรัม/วัน และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระดับโปรตีนที่แตกต่างกันในอาหารที่ใช้ ทดลองในครั้งนี้ให้ผลต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้น ระดับโปรตีนในอาหารเพียง 20% เพียงพอสำหรับการเลี้ยงปลาบึก

การเลี้ยงปลาบึกในคอกนั้นไม่มีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ และคุณภาพของเนื้อปลาบึกจะไม่มีกลิ่น (off - flavors) ปลาบึกที่เลี้ยงเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นการเลี้ยงปลาบึกในกระชังในแหล่งน้ำ ขนาดใหญ่ที่มีน้ำไหลผ่านตลอดจึงน่าจะให้ผลดีเช่นเดียวกัน

การเลี้ยงปลาสวายในกระชังนั้น เป็นการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดินเป็นการ เลี้ยงที่ได้รับความนิยมอย่างมาก จากเกษตรกรที่อาศัยเรือนแพในแม่น้ำ ลำคลอง แถบภาคกลาง เช่น จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี พระนครศรีอยุธยา ฯลฯ หลักเกณฑ์การเลี้ยงปลาสวายในกระชังมี ดังนี้

1. ที่ตั้งของกระชัง ควรตั้งในแหล่งน้ำจืดที่มีน้ำไหลถ่ายเทได้ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หากจะ เลี้ยงในอ่างเก็บน้ำควรตั้งกระชังให้อยู่ในบริเวณตอนบนของอ่าง ซึ่งมีกระแสน้ำพอที่จะ ช่วยถ่ายเทของเสียจากกระชังได้บ้างก็จะเป็นการดี
2. วัสดุที่ใช้สร้างกระชังส่วนใหญ่นิยมทำด้วยไม้เนื้อแข็ง และจะมีอยู่บ้างที่ยังใช้ไม้ไผ่สาน ทำเป็นกระชังนอกจากนั้นก็มีการใช้เนื้อฉนวนโพลีเอททิลีน แต่ยังไม่แพร่หลายมากนัก ใน การใช้วัสดุพุงกระชังให้ลอยน้ำนั้นนิยม ใช้ไม้ไผ่มัดเป็นแพลูกบวบ
3. ขนาดของกระชัง ส่วนใหญ่ถ้าเป็นกระชังไม้หรือฉนวนจะมีขนาด 8 – 15 ตารางเมตร ลึก 1.25 – 1.50 เมตร และถ้าเป็นไม้ไผ่สานจะมีขนาด 2 × 5 × 1.5 เมตร
4. อัตราการปล่อย ปลาที่ปล่อยเลี้ยงในกระชังขนาด 7 – 12 ชม. ปล่อยในอัตรา 100 – 200 ตัว/ตารางเมตร
5. อาหารและการให้อาหาร ใช้อาหารและส่วนประกอบของอาหารที่เลี้ยงในบ่อแต่มี ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับการให้อาหารปลาที่เลี้ยงในกระชังนั้น อาหารอาจจะฟุ้ง กระจายขณะที่ปลาสวายแย่งกันกินอาหาร จะมีส่วนสูญเสียอยู่จำนวนหนึ่งอาจแก้ไขได้ โดยใส่สารเหนียวผสมในอาหารที่ให้อาจจะให้อาหาร 1 ครั้ง ในปริมาณ 3 – 5% ของ น้ำหนักตัว

6. การเจริญเติบโต ขึ้นอยู่กับปริมาณ และคุณภาพของอาหารที่ให้หากเป็นกระชังขนาดประมาณ 10 ตารางเมตร ใช้เวลาเลี้ยง 1.25 เมตร ปล่อยปลา 150 – 200 ตัว/ตารางเมตร ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 1 ปี จะให้ผลผลิตประมาณ 1,500 กิโลกรัม/กระชัง
7. การจับและลำเลียงส่งตลาด การจับปลาสวายที่เลี้ยงในกระชังทำงานง่าย ๆ แบบใช้อวนล้อมจับในกระชังซึ่งง่ายกว่าการจับในบ่อมาก การลำเลียงทางบกเพื่อให้ได้ปลามีชีวิตไปขายในตลาด ทำได้ง่ายๆ โดยรถยนต์โดยเฉพาะรถกระบะ ใช้ถังสี่เหลี่ยมขนน้ำประมาณเพียงเพื่อให้ท่วมตัวปลา แล้วใช้อวนปิดถัง การลำเลียงแบบนี้ควรทำตอนเช้า มีดหรือ กลางวันซึ่งมีอากาศเย็นจะได้ผลดีมาก

แหล่งวัตถุดิบปลาป่นที่ใช้ในการเลี้ยงปลา, อนุบาลลูกปลาน้ำจืด โดยทั่วไปใช้ปลาป่นไทยเป็นแหล่งโปรตีน คุณภาพของปลาป่นไทยมักผันแปร และถ้าผลิตจากปลาที่ไม่สดก็อาจมีสาร peroxide ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของปลา (Hardy and Dong, 1995) แซนโทฟิลล์ซึ่งเป็น carotenoid ในโปรตีนข้าวโพดมีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการ oxidation ของโครงสร้างโปรตีนซึ่งเกิดจากการกระทำของ peroxide (Henckin, 1992) ดังนั้นการใช้โปรตีนข้าวโพดเป็นส่วนผสมในอาหารลูกปลาจึงทำให้ลูกปลามีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ไม่ได้รับโปรตีนข้าวโพด (วิมล และคณะ , 2539)

วิตามินซีในอาหารสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้เอง ต้องอาศัยได้รับจากการกินอาหารเข้าไปเป็นหลักเนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้ไม่มีเอนไซม์ L-gulonolactone oxidase (GLO) ที่ใช้ในการเปลี่ยน L-gulonolactone (อนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในอาหาร) ให้เป็น 2-keto-L-gulonate ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็น L-ascorbic acid โดยขบวนการ spontaneous isomerization (Yamamoto *et al.*, 1978) ดังนั้นสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องได้รับวิตามินซีจากอาหารที่บริโภคเข้าไปเท่านั้น ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำนั้นจะมีการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีวิตามินซีต่ำ เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำปลายข้าว และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น อีกทั้งวิตามินซียังเป็นสารที่สามารถถูกออกซิไดส์ได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน ความชื้น ความร้อน ความเป็นด่าง แสงสว่าง ไขมันและมีโลหะหนักบางตัว เช่น อีออนของเหล็ก ทองแดง (Moser and Bendich, 1990; วีรพงศ์, 2536) นอกจากนี้ยังพบว่า มีการสูญเสียวิตามินซีเนื่องมาจากขบวนการออกซิเดชัน ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาอาหารโดยวิตามินซีในรูป L-ascorbic acid จะมีการสูญเสียไปในกระบวนการผลิตอาหารถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และถ้าเก็บไว้ภายใต้สภาวะที่สามารถถูกออกซิไดส์ได้ง่ายจะเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ดังนั้นความต้องการวิตามินซีที่มีความคงสภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อธุรกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นผลทำให้มีการพัฒนาการผลิตวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในด้านอาหารสัตว์น้ำมากขึ้น เช่น วิตามินซีเคลือบ (coated vitamin C) ซึ่งจะมีการเคลือบด้วย ethyl cellulose, silicone, gelatin, glyceride และไขมัน เป็นต้น (Akiyama *et al.*, 1991) กลุ่มวิตามินซีเคลือบที่มีการรายงานการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ วิตามินซีเคลือบไขมัน (เศวต, 2535; พรศักดิ์, 2543), วิตามินซีเคลือบซิลิโคน (สโรชา, 2540; ัญพร, 2541) อย่างไรก็ตามวิตามินซีที่เคลือบไขมันก็ยังถูกทำลายได้ง่ายภายใต้กระบวนการอัดเม็ดและกระบวนการผลิตที่มีความชื้นและใช้อุณหภูมิสูงโดยไขมันที่เคลือบจะเริ่มละลายที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจึงมีการพัฒนารูปแบบของวิตามินซีเป็นวิตามินซีอนุพันธ์ (vitamin C derivative) โดยการนำสารหรือแร่ธาตุบางชนิดที่เหมาะสมมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอะตอมที่ 2 ในโครงสร้างของวิตามินซีเพื่อให้ได้วิตามินซีในรูปที่มีความคงสภาพมากขึ้นและเหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เช่น L-ascorbyl-2-polyphosphate (Patented) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินซีพอร์มหนึ่งที่ย่อยช้าเสถียรเพราะ phosphate group จะจับคาร์บอนตรงตำแหน่งที่ 2 โดยการเกิดปฏิกิริยา esterification ทำให้ไม่ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย (Mustin and Lovell, 1992), ascorbyl-2-sulfate โดยหมู่ sulfate จะแทนที่หมู่ hydroxyl ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 โดยขบวนการ esterification เช่นเดียวกัน (Benitez and Halver, 1982) กลุ่มวิตามินซีอนุพันธ์ที่มีการรายงานการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ L-ascorbyl-2-polyphosphate (Gouillou-Coustans *et al.*, 1998), L-ascorbyl-2-monophosphate (Hsu and shiau, 1998; Shiau and Hsu, 1999 และพรศักดิ์, 2543), L-ascorbyl-2-sulfate (สโรชา, 2540; ัญพร, 2541), L-ascorbyl dipotassium-2-sulfate dehydrate (สมศักดิ์, 2540 และธัญญา, 2543), ascorbate vitamin C-glucose (Khajorern and Khajarern, 1997) และ ascorbyl-palmitate (Merchie *et al.*, 1997) เป็นต้น

Anadu *et al.* (1990) ได้ศึกษาผลของวิตามินซีต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลา *Tilapia zillii* โดยทดลองเลี้ยงปลาด้วยอาหาร 3 สูตร คือ เสริมวิตามินซี เสริม Cobalt chloride และชุดควบคุมไม่เสริมวิตามินซี เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีจะมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหาร (PER) ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม Cobalt chloride และปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซี โดยปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม Cobalt chloride จะมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหารสูงกว่าปลาในกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

Chavez de Martinex (1990) ได้ตรวจสอบระดับความต้องการวิตามินซีในอาหารปลา *Cichlasoma urophthalmus* พบว่า ปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินซีจะมีอัตราการตายสูงและมีอัตรา

การเจริญเติบโตต่ำกว่าในกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) และแนะนำว่าระดับวิตามินซีต่ำที่สุดที่มีความต้องการในการเจริญเติบโตโดยทั่วไป คือ 40 มก. ต่ออาหาร 1 กก. และวิตามินซีระดับต่ำที่สุดที่ทำให้ปลามีสุขภาพดี คือ 110 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

Shiau and Hsu (1999) ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่ต้องการในปลานิล hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. ระยะ juvenile ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีรูปแบบ L-ascorbyl-2-monophosphate-Na (AMP-Na) และ L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg (AMP-Mg) ที่ระดับ 0, 40, 50, 70, 90, และ 120 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปริมาณวิตามินซีที่สะสมในตัวของปลาจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณวิตามินซีที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของปลานิลมีค่าเท่ากับ 63.4 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.98 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) และ 40.5 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

Shiau and Hsu (1995) ได้ศึกษาการใช้วิตามินซีในรูป L-ascorbyl-2-sulfate (A2S) และ L-ascorbyl-2-monophosphate (AMP) เสริมในอาหารปลานิล hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.53 ± 0.17 กรัม ในระดับ 0, 30, 50, 70, 90 และ 120 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินซีจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับวิตามินซี และปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมวิตามินซีจะมีระดับวิตามินซีในตับ กล้ามเนื้อ และในพลาสมาสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินซี โดยระดับวิตามินซีในเนื้อเยื่อจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามระดับวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณ vertebral collagen ในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี AA, A2S และ AMP จะมีค่าเท่ากับ 7.68, 40.51 และ 37.28% ตามลำดับ ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลจะมีค่าประมาณ 41 – 48 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 19 – 23 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) และ 37 – 42 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 17 – 20 มก. ต่ออาหาร 1 กก.)

มะลิและคณะ (2533) ได้ศึกษาความต้องการวิตามินซีของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ว่ายอ่อนที่เลี้ยงในน้ำเค็มพบว่า ลูกปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตช้าลง ปลามีลำตัวดำ เชื่องซึม ตกเลือดบริเวณเหงือก เส้นเลือดเปราะ กระพุ้งแก้มปิดเปิดเร็วและสั้น จะอวยปากสั้น เสียการทรงตัว ครีบกางกร่อน ตาโปนและบางตัวเกิดอาการคดงอของกระดูกสันหลังและพบว่าระดับของวิตามินซีในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 500 – 700 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ปลาป่นนอกจากจะเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีในอาหารปลา ยังมีรสชาติเป็นที่ชอบของปลา (Lovell, 1984) ดังนั้นปลาป่นจึงเป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารปลา ความต้องการปลาป่นได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการอาหารโปรตีนของประชากรโลกเพิ่มขึ้น (Barlow, 1989) โดยเฉพาะ

โปรตีนจากปลาเพราะคนได้หันมาบริโภคปลาแทนไก่และหมูมากขึ้น เนื่องจากปลามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่า โดยเฉพาะไขมันในปลาจะช่วยลดปัญหาโรคหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง (Dyerberg *et al.*, 1978; Herold and Kinsella, 1986; Singer *et al.*, 1983) ขณะที่ความต้องการปลาป่นมากขึ้นปริมาณการผลิตก็มีได้มากขึ้น เนื่องจากปลาในทะเลถูกนำมาใช้มากไปจนเจริญเติบโตขยายพันธุ์ไม่ทัน ทำให้ราคาปลาป่นมีแนวโน้มสูงขึ้น อีกทั้งคุณภาพและปริมาณยังผันแปรไปตามฤดูกาล เป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษาหาแหล่งโปรตีนอื่นมาทดแทนปลาป่นในอาหารปลาน้ำจืดและน้ำเค็มหลายชนิด โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นหนึ่งในโปรตีนพืชที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นในสัดส่วนที่ดีและมีศักยภาพที่จะผลิตได้มาก (Lim and Dominy, 1989) ดังนั้นถั่วเหลืองจึงเป็นวัสดุอาหารที่น่าจะใช้ในการแทนที่ปลาป่นในอาหารปลาได้ดี

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว ได้มีรายงานการปลูกถั่วเหลืองในประเทศจีนเมื่อเกือบ 5,000 ปีมาแล้ว แต่ก็ยังไม่แน่ชัดว่าส่วนของพืชของประเทศจีนเป็นถิ่นกำเนิดที่สันนิษฐานและยอมรับกันโดยทั่วไปคือบริเวณหุบเขาแม่น้ำเหลือง (ประมาณเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือ) เพราะว่าการยอมรับของจีนได้ถือกำเนิดที่นั่น และประกอบกับมีการจารึกครั้งแรกเกี่ยวกับถั่วเหลือง เมื่อ 2295 ปีก่อนพุทธกาล ที่หุบเขาแม่น้ำเหลือง จากนั้นถั่วเหลืองได้แพร่กระจายสู่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น เมื่อ 200 ปีก่อนคริสตกาล แล้วเข้าสู่ยุโรปในช่วงหลัง พ.ศ. 2143 และไปสู่สหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2347 จากนั้นกว่า 100 ปี ชาวอเมริกันได้ปลูกถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงวัวโดยไม่ได้นำเมล็ดมาใช้ประโยชน์อย่างอื่น จนถึงปี พ.ศ. 2473 สหรัฐอเมริกาได้นำพันธุ์ถั่วเหลืองจากจีนเข้าประเทศกว่า 1,000 สายพันธุ์ เพื่อการผสมและคัดเลือกพันธุ์ ทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีเมล็ดโต ผลผลิตสูง เหมาะแก่การเพาะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดมากขึ้น

ลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลือง เป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสีรวมถึงสีดำ สีน้ำตาล สีฟ้า สีเหลืองเปลือกถั่วเหลืองที่แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อน้ำ ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่ออก รอยที่คล้ายๆ แผลเป็นสามารถเห็นได้ชัด บนส่วนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า hilum หรือ แผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็นคล้ายรูเปิดเล็กๆ ที่สามารถดูดซึมน้ำ เข้าไปได้แต่ที่น้ำสังเกตเมล็ดถั่วเหลืองบรรจุโปรตีนไว้สูง และสามารถทำให้แห้งโดยไม่เสียหายและสามารถทำให้ฟื้นกลับมาโดยการใส่น้ำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสีเหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลมใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุ

ประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ผักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกึ่งในผักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน

ส่วนประกอบทางเคมี น้ำมันและโปรตีนมีอยู่ในถั่วเหลืองทั้งคู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของถั่วเหลืองโดยน้ำหนัก โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นคาร์โบไฮเดรต 35 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนเสถียรในการเก็บโปรตีนมีส่วนกับโปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่ ความร้อนเสถียรนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองต้องการความร้อนสูง เช่น เต้าหู้ นมถั่วเหลือง ในการทำ ตั้งแต่คาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองถูกพบเป็นส่วนใหญ่ในเวย์ หรือ หางนม และถูกทำลายลงระหว่างการเดือดเป็นฟอง เต้าหู้ ชอสถั่วเหลือง จะไม่ทำให้เกิดแก๊สในกระเพาะหรือลำไส้

ส่วนประกอบของถั่วเหลือง ประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

โปรตีน 38 %

ไขมัน 18 % (เป็น lecithin 5 %)

ความชื้น 5 %

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายในน้ำ 15%

คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ (เช่น sucrose starchyose)

โปรตีน พบว่าเป็นโปรตีนจากพืชเพียงชนิดเดียวที่มีคุณสมบัติเหมือนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ มีกรด aminoacid ที่สำคัญ 9 ชนิด

ไขมัน ไขมันจากถั่วเหลืองมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย มีวิตามินอีสูงส่วนประกอบของไขมันได้แก่ ไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fat) อยู่ร้อยละ 63 ไขมันอิ่มตัว (saturated fat) ร้อยละ 15 ไขมันไม่อิ่มตัวชนิดเดียว (monounsaturated) 24 % และยังมีกรด linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อมนุษย์

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย ไม่มีหลักฐานว่าเริ่มปลูกถั่วเหลืองครั้งแรกเมื่อใด แต่เชื่อกันว่าชาวจีนที่อพยพมาได้นำถั่วเหลืองเข้ามาด้วยเมื่อกว่า 200 ปีที่แล้ว ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 ทำให้มีถั่วเหลืองพันธุ์ดีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันการผลิตถั่วเหลืองในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ และทำให้ต้องมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ การปลูกถั่วเหลืองปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ “พันธุ์ศรีสำโรง 1” ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคราเน่าค้ำได้ดี สำหรับพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ในประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู การปลูกอาจต้องปรับสภาพดิน

ให้เหมาะสมก่อน pH ประมาณ 5.5 - 6.5 และเตรียมเมล็ดโดยการคลุกเชื้อไรโซเบียม การคลุกเชื้อไรโซเบียมต้องใช้เชื้อที่ใช้กับถั่วเหลืองเท่านั้น ถั่วเหลืองต้องการน้ำประมาณ 300-400 มิลลิลิตรตลอดฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 วัน (อภิพรณ, 2546)

เมล็ดถั่วเหลือง เป็นอาหารแหล่งโปรตีนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดี เพราะมีโปรตีนสูงถึง 34 เปอร์เซ็นต์ และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงมีกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) หลายชนิด แต่มี Cystine และ Methionine ในระดับต่ำ มีฟอสฟอรัสสูง แต่มีแคลเซียม และวิตามินบีต่ำ การใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบเลี้ยงสัตว์ จะทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากโปรตีนไม่เต็มที่ มีการเจริญเติบโตต่ำ หรือชะงักการเจริญเติบโต เพราะเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งการใช้ประโยชน์จากโปรตีน (Trypsin Inhibitor) นอกจากนี้ ยังมีเอนไซม์ยูรีเอส (Urease enzyme) ซึ่งจะย่อยโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองให้สลายไปเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณ และคุณภาพของโปรตีนลดลงในขณะที่เก็บรักษาไว้ แต่สารทั้ง 2 ชนิดนี้ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน ดังนั้น ในการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปเลี้ยงสัตว์ จึงควรนำไปทำให้สุกหรือผ่านความร้อนเสียก่อน เพื่อเป็นการลดปริมาณสาร Trypsin Inhibitor และเอนไซม์ยูรีเอส เมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์มี 2 ชนิดคือ

1. กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด น้ำมัน และขนาดของเมล็ด
2. ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทราูด หรือถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Extruded soybean หรือ Full fat soybean) เป็นถั่วเหลืองที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปทำให้สุก โดยไม่มีการสกัดน้ำมันออก

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาบึก

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) ตามปริมาณวิตามินซี (L (+)-Ascorbic acid Calcium salt dihydrate, Sigma, USA) ที่เสริมลงในอาหารระดับต่าง ๆ กัน แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เสริมวิตามินซี (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เสริมวิตามินซีปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ชุดการทดลองที่ 3 เสริมวิตามินซีปริมาณ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ชุดการทดลองที่ 4 เสริมวิตามินซีปริมาณ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ระยะเวลาการทดลอง 213 วัน

2. การเตรียมบ่อและกระชังทดลอง

ใช้บ่อดินขนาดพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยทำการขึงกระชังอวน PE (Polyethylene) ขนาดตาอวน 2 เซนติเมตร ขนาดกระชัง คือ $2.4 \times 3 \times 1.5$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ ลึก) และใช้วัสดุไม้ไผ่เป็นวัสดุพุงกระชังให้กั้นกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 0.5 เมตร และรักษาระดับให้ขอบด้านบนของกระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 0.4 เมตร เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 1.1 เมตร ตลอดการทดลอง จำนวน 12 กระชัง

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลาบึกจากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชนในจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดความยาวประมาณ 20 ± 0.01 ซม. น้ำหนักประมาณ 60 ± 0.01 กรัม (อายุประมาณ 5 เดือน) นำปลาบึกมาพักให้ปรับตัวในกระชังเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของปลาบึกทั้งหมดก่อนปล่อยเลี้ยงในกระชังอวน PE (Polyethylene) ขนาด $2.4 \times 3 \times 1.5$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ ลึก) โดยปล่อยปลาบึกในอัตราความหนาแน่น 3 ตัว/ตารางเมตร กระชังละ 30 ตัว จำนวน 12 กระชัง

4. อาหารและการให้อาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลางโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30% นำมาเสริมวิตามินซี (L (+)-Ascorbic acid calcium salt dihydrate, Sigma, USA) ลงในอาหารระดับต่าง ๆ กัน คือ 0, 250, 500 และ 750 มก.ต่ออาหาร 1 กก. โดยละลายวิตามินซีปริมาณดังกล่าวในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร สเปรย์ลงในอาหารผสมให้ทั่ว แล้วเคลือบเม็ดอาหารด้วยแป้งอัลฟา (Alpha starch) 10 กรัม ต่ออาหาร 1 กก. เพื่อป้องกันการละลายน้ำ จากนั้นผึ่งลมให้แห้งและเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำอาหารทดลองไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (1984) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 – 10.00 น. และ 15.00 – 16.00 น. ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน พร้อมปรับปริมาณอาหารให้สอดคล้องกับน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน

ตาราง 1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหาร

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือ
ความชื้น (Moisture)	โดยการอบแห้งที่ 105 °ซ นาน 2 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1984)
เถ้า (Ash)	โดยการเผาใน muffle furnace 550 °ซ นาน 2 ชม.
โปรตีน (Protein)	โดย micro-Kjeldahl
ไขมัน (Lipid)	โดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method
เยื่อใย (Fiber)	โดยวิธี fritted glass crucible

5. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองทุกๆ 30 วัน เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตาราง 2

ตาราง 2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือ
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen)	DO meter (YSI model 59)
อุณหภูมิ (Temperature)	DO meter (YSI model 59)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH-meter (HI 9812)
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	วิธีฟีนอล (Phenol Method)
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	วิธี Coupling Method

6. การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของปลากุ้งทั้งหมดทุก 30 วัน ในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 7 เดือน โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งหน่วยเป็นกรัม และวัดขนาดความยาวของลำตัวด้วยไม้บรรทัดหน่วยเป็นเซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการคำนวณอัตราการเจริญเติบโตของปลากุ้งดังนี้

1. น้ำหนักเพิ่ม (กรัม/ตัว) = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเริ่มต้น
2. ความยาวเพิ่ม (ซม./ตัว) = ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวปลาเริ่มต้น
3. อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR ; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$SGR = \frac{\ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง(วัน)}} \times 100$$

4. อัตราการรอดตาย (Survival Rate, เปอร์เซ็นต์)

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนปลาที่สิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

5. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food Conversion Ratio, FCR)

$$\text{FCR} = \frac{\text{จำนวนน้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

6. ผลผลิต (กิโลกรัม/กระชัง)

$$\text{ผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกระชัง}}{\text{Total Biomass}}$$

7. ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท)

$$\text{ต้นทุนผลผลิต} = \text{ต้นทุนค่าอาหารปลา} + \text{ต้นทุนค่าวิตามินซี}$$

8. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

$$\text{B/C ratio} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย}}$$

หรือ

$$\text{B/C ratio} = \frac{\text{ราคาปลาต่อ กก.}}{\text{ต้นทุนการผลิตปลาต่อ กก.}}$$

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายในโครงการ

- ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป
- แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป

7. การเก็บและศึกษาองค์ประกอบเลือด (Fish Hematological Techniques)

สุ่มตัวอย่างปลา 10 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละชุดการทดลองมาทดสอบการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค โดยนำปลามากำทำการสลบด้วยยาสลบ Tricaine methanesulfonate (TMS หรือ MS-222, Sigma, USA) เข้มข้นประมาณ 150 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาด และเจาะเลือดที่ caudal vein ซึ่งอยู่บริเวณโคนหางของปลา โดยใช้หลอดฉีดยาพลาสติกขนาด 1 มิลลิลิตร เข็มเบอร์ 26G เก็บเลือดประมาณ 0.5 มิลลิลิตร นำเลือดที่ได้ไปแยกซีรัมและทำการศึกษาก่อนองค์ประกอบเลือดต่างๆ ดังนี้

1. การศึกษาสัณฐานวิทยาของเม็ดเลือด (Morphology of blood cells)

ใช้เทคนิคการย้อมสีด้วยวิธี Dip Quick ด้วยชุดน้ำยา Wright instant stain set (BIO-MEDICAL LABORATORY, BANGKOK) โดยนำเลือดปลาหยดลงบนสไลด์ และเกลี่ยเลือดให้เป็นฟิล์มบางๆ (blood smear) แล้วทิ้งให้แห้ง จุ่มสไลด์ลงใน Fixative Solution ที่ใส่ใน Coplin jar 5

ครั้งๆ ละ 1 วินาที และจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain A 5 ครั้งๆ ละ 1 วินาที แล้วจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain B 5 ครั้งๆ ละ 1 วินาที ล้างสไลด์ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ให้แห้ง ทำการศึกษารูปร่างลักษณะและการติดสีของเซลล์เม็ดเลือด เพื่อจำแนกชนิดของเซลล์เม็ดเลือดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเลือกบริเวณของ blood smear ที่บางที่สุด และหยด mineral oil เพื่อส่องดูด้วยเลนส์วัตถุกำลังขยาย 100 เท่า แล้วถ่ายภาพด้วยชุดกล้องถ่ายภาพจุลทรรศน์แสงสว่าง (Nikon ECLIPSE E100, JAPAN)

2. ค่าฮีมาโตคริต (Hematocrit)

การวัดปริมาตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Packed red blood cell volume) หรือฮีมาโตคริตในปลา โดยทั่วไปจะใช้วิธี microhematocrit method ซึ่งจะเป็นการบรรจุเลือดปลาเข้าไปในหลอด capillary ขนาดเล็กที่มีการเคลือบสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (heparinised) ไว้ที่ผิวด้านใน ปริมาณ 2/3 ของความยาวหลอด แล้วปิดปลายด้านหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน นำหลอดไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็วประมาณ 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที คำนวณเปอร์เซ็นต์ฮีมาโตคริตโดยวัดสัดส่วนของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด

$$\text{Percent hematocrit} = (\text{Packed cell volume} / \text{Total blood volume}) \times 100$$

3. ปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (Total erythrocyte/leucocyte count)

การนับปริมาณเม็ดเลือดแดงโดยการเจือจางเลือดปลาในสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด 5% EDTA ในอัตราส่วน 1:250 (ใช้เลือดปลาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ EDTA ปริมาตร 4,980 ไมโครลิตร) และการนับเม็ดเลือดขาวจะเจือจางเลือดปลาในสารละลายของสีย้อม Dacie's fluid ในอัตราส่วน 1:100 (ใช้เลือดปลาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสีย้อมปริมาตร 1980 ไมโครลิตร) แล้วนับจำนวนโดยใช้สไลด์นับเม็ดเลือด (Neubauer cell counting chamber หรือ Haemocytometer) ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด จะได้จากการนับปริมาณเม็ดเลือดแดงที่ปรากฏในช่องสี่เหลี่ยมเล็กทั้งสี่มุมรวมกับช่องตรงกลาง (R) ของช่องสี่เหลี่ยมใหญ่กลางสไลด์นับเม็ดเลือด ส่วนปริมาณเม็ดเลือดขาว จะนับปริมาณของเม็ดเลือดขาวที่ปรากฏในช่องสี่เหลี่ยมใหญ่ (W) ทั้งสี่มุม แล้วคำนวณเทียบกับปริมาตรของเลือดทั้งหมดในสไลด์นับเม็ดเลือด และสัดส่วนการเจือจาง (dilution factor) (นพดล, 2549)

$$\text{ปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (เซลล์/มล.)} = \text{ค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดขาวในช่อง A B C D} \times 10^4$$

$$\text{ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด (เซลล์/มล.)} = \text{ค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดแดง 5 ช่อง} \times 1/4 \times 10^6$$

4. วิเคราะห์ระดับกลูโคสในน้ำเลือด (Serum glucose)

ใช้วิธีการของ Hyvarinen and Nikkila (1962) โดยเติมซีรัมตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่บรรจุ 1 มิลลิลิตร ของ 3% Trichloroacetic acid ผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ 2 – 3 นาที นำไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็ว 6500 รอบต่อนาที 2 นาที ดูดส่วนใส (supernatant) มา 500 ไมโครลิตร ผสมกับ color reagent 4.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 7 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย Trichloroacetic acid 500 ไมโครลิตร ผสมกับ color reagent 4.5 มิลลิลิตร เป็น Blank คำนวณความเข้มข้นของกลูโคสในตัวอย่าง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกลูโคส

$$\text{Serum (mg\%)} = \text{OD sample} / \text{OD standard} \times \text{glucose conc. of standard}$$

5. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำเลือด (Serum protein)

ใช้วิธี Lowry method (Lowry *et al.*, 1951) โดยเติมซีรัมตัวอย่างปริมาตร 5 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่บรรจุน้ำกลั่น 245 ไมโครลิตร (เจือจาง 50 เท่า) ดูดซีรัมตัวอย่าง 100 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติม Lowry stock reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร ผสมเข้าให้กันทิ้งไว้ 30 นาที และเติมFolin reagent หลอดละ 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที ดูดตัวอย่างละ 250 ไมโครลิตร ใส่ลงในถาดหลุมขนาดเล็ก (96-well plate) ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader ทำ Blank โดยเติมสารละลาย 0.1 โมลาร์ Sodium phosphate buffer saline (PBS) ผสมกับ Bovine serum albumin (BSA) ตามสัดส่วนให้ได้ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสาร เช่นเดียวกับตัวอย่างเป็น Blank คำนวณความเข้มข้นของโปรตีนในตัวอย่าง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีน (Standard Bovine Serum Albumin)

$$\text{Serum protein (\mu g/ml)} = \text{OD sample} / \text{OD standard} \times \text{conc. of standard albumin}$$

6. วิเคราะห์ปริมาณไลโซไซม์ในน้ำเลือด (Serum lysozyme)

วิธีการดัดแปลงมาจาก Puangkaew *et al.* (2004) โดยเติมสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma, USA) ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (ในสารละลาย PBS 1 โมลาร์ pH 6.7) จำนวน 100 ไมโครลิตร ลงในถาดหลุมขนาดเล็ก (96-well plate) ตามจำนวนตัวอย่าง ๆ ละ 2 ซ้ำพร้อมด้วยชุดควบคุมลบ แล้วเติมซีรัมตัวอย่างละ 25 ไมโครลิตร (ยกเว้นชุดควบคุมให้ใส่น้ำกลั่นแทน) ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดความสามารถของไลโซไซม์ในซีรัมในการย่อยสลายเชื้อแบคทีเรีย โดยสังเกตจากความขุ่นของเซลล์แบคทีเรียที่ลดลง ทุก 5 นาที ที่ความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader

8. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One – ways ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey 's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และวิเคราะห์ Correlation หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 11.5

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลาบึก

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment)

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ผสมถั่วเหลือง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น 15%

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น 30%

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่น 45%

ระยะเวลาการทดลอง 130 วัน

2. การเตรียมบ่อทดลอง

ใช้บ่อดินขนาดพื้นที่ประมาณ 1,000 ตารางเมตร ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กันคอกด้วยตาข่าย PVC (สีเขียวตอง) ขนาดพื้นที่คอกละประมาณ 50 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น 4 คอกในบ่อดิน 1 บ่อ

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลาบึกจากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชนในจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดความยาวประมาณ 40 ± 0.01 ซม. น้ำหนักประมาณ 550 ± 0.01 กรัม (อายุประมาณ 1 ปี) นำปลาบึกมาพักให้ปรับตัวในกระชังเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของปลาบึกทั้งหมดก่อนปล่อยเลี้ยงในคอก โดยปล่อยปลาบึก 3 ตัว ต่อ 2 ตารางเมตร ดังนั้นจะปล่อยปลาบึกจำนวน 75 ตัว/คอก จำนวน 4 คอก

4. อาหารและการให้อาหาร

ตาราง 3 สูตรอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาบึกโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25% โดยมีสัดส่วนของอาหารดังนี้

วัตถุดิบ	% โปรตีน	สัดส่วนที่ใช้ (%)
ปลาป่น	58	18
ถั่วเหลือง	40	-
กากถั่วเหลือง	44	22
รำข้าว	11	42
ปลายข้าว	7	17
ฟรืมิกซ์	0	1

ตาราง 4 สูตรอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองที่ใช้ทดลองมีสัดส่วนของอาหารดังนี้

วัตถุดิบ	%สัดส่วนที่ใช้			
	สูตร 1 ไม่ผสมถั่วเหลือง	สูตร 2 ถั่วเหลือง 15%	สูตร 3 ถั่วเหลือง 30%	สูตร 4 ถั่วเหลือง 45%
ปลาป่น	18.00	15.30	12.60	9.90
ถั่วเหลือง	0	2.70	5.40	8.10
กากถั่วเหลือง	22.00	22.00	22.00	22.00
รำข้าว	42.00	42.00	42.00	42.00
ปลายข้าว	17.00	17.00	17.00	17.00
ฟรืมิกซ์	1.00	1.00	1.00	1.00
รวม (กก.)	100	100	100	100

นำอาหารทดลองไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (1984) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 – 10.00 น. และ 15.00 – 16.00 น. ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน พร้อมปรับปริมาณอาหารให้สอดคล้องกับน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน

5. การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ทุกๆ 30 วัน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พร้อมทั้งสุ่มตัวอย่างปลา 50% ของปลาแต่ละคอก ชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4 เดือน) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตเหมือนการทดลองที่ 1 แล้วนำข้อมูลที่ได้อภิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One – ways ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey 's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และวิเคราะห์ Correlation หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 11.5

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลานิล

ตาราง 5 Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1

ระดับ วิตามินซี (มก./กก.)	% ความชื้น	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
0	7.54 $\pm$ 0.12	13.78 $\pm$ 0.39	32.02 $\pm$ 0.10	6.36 $\pm$ 0.17	5.96 $\pm$ 0.41	41.88 $\pm$ 0.53
250	17.39 $\pm$ 0.23	13.88 $\pm$ 0.20	29.99 $\pm$ 0.53	6.04 $\pm$ 0.03	5.91 $\pm$ 1.25	44.17 $\pm$ 0.95
500	17.39 $\pm$ 0.25	13.49 $\pm$ 0.08	31.66 $\pm$ 1.68	6.34 $\pm$ 0.06	7.37 $\pm$ 0.32	41.14 $\pm$ 1.33
750	22.38 $\pm$ 0.26	13.54 $\pm$ 0.01	29.96 $\pm$ 1.04	5.40 $\pm$ 0.44	6.19 $\pm$ 0.40	44.91 $\pm$ 1.88

1. ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

พบว่า ปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีน้ำหนักสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ดีกว่าปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างปลานิลในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับความเข้มข้นต่างกัน ส่วนความยาวที่เพิ่มขึ้นของปลานิลในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($P > 0.05$) พบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีความยาวสิ้นสุดเฉลี่ยมากที่สุด (34.88 ± 1.16 ซม.ต่อตัว) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับปลาบึกกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี

ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม วิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายพบว่าการเสริม วิตามินซีลงในอาหารทดลองไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 6)

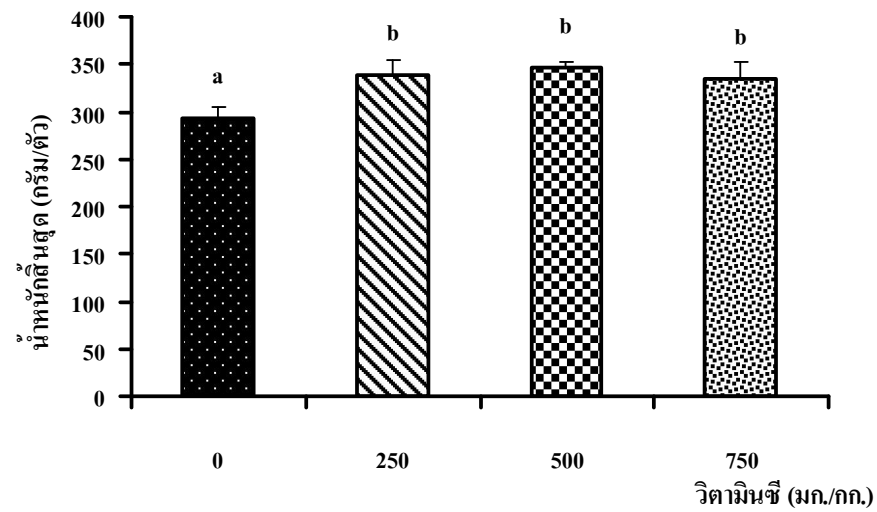


ตาราง 6 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน

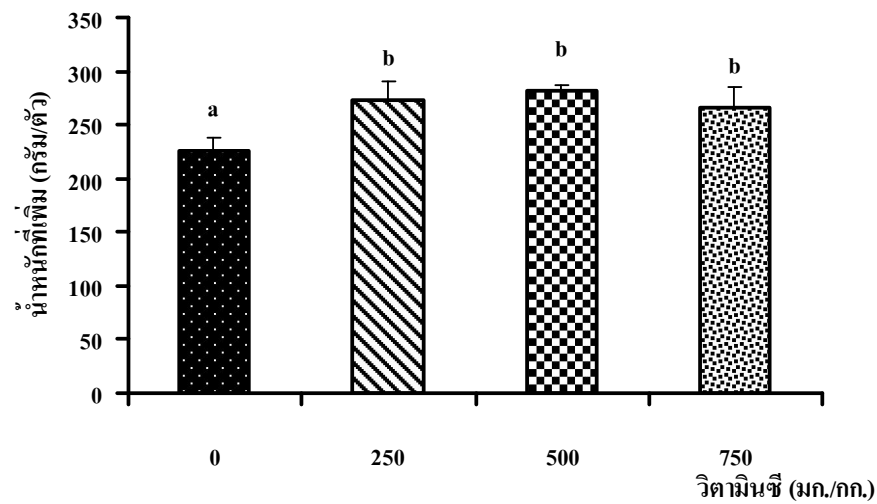
พารามิเตอร์	ระดับวิตามินซีที่เสริมในอาหาร (มก./กก.)				P - value
	0	250	500	750	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	68.11 ± 2.11	65.00 ± 2.34	66.56 ± 2.22	67.56 ± 1.02	0.310
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	294.00 ± 11.46 ^a	337.78 ± 17.53 ^b	347.44 ± 5.54 ^b	334.00 ± 18.10 ^b	0.008
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	225.89 ± 11.97 ^a	272.78 ± 18.46 ^b	280.89 ± 5.55 ^b	266.45 ± 19.00 ^b	0.008
ความยาวเริ่มต้น (ซม./ตัว)	22.89 ± 0.54	21.95 ± 1.21	22.06 ± 0.41	22.01 ± 0.84	0.479
ความยาวสิ้นสุด (ซม./ตัว)	32.90 ± 0.34 ^a	33.43 ± 0.44 ^{ab}	34.88 ± 1.16 ^b	34.57 ± 0.44 ^{ab}	0.023
ความยาวที่เพิ่ม (ซม./ตัว)	10.00 ± 0.24	11.48 ± 1.17	12.82 ± 1.51	12.55 ± 1.26	0.061
อัตราการเจริญเติบโต	0.69 ± 0.03 ^a	0.77 ± 0.03 ^b	0.77 ± 0.02 ^b	0.75 ± 0.03 ^{ab}	0.015
จำเพาะ (SGR, %/วัน)					
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	2.36 ± 0.29 ^a	1.58 ± 0.03 ^b	1.71 ± 0.09 ^b	1.69 ± 0.15 ^b	0.002
อัตราการรอดตาย (%)	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	-
ผลผลิต (กก./กระชัง)	8.82 ± 0.34 ^a	10.13 ± 0.53 ^b	10.42 ± 0.17 ^b	10.02 ± 0.54 ^b	0.008
ต้นทุนการผลิต ¹ (บาท/กก.)	53.18 ± 6.39 ^a	51.69 ± 0.91 ^a	73.15 ± 3.58 ^b	89.03 ± 7.79 ^c	0.000
B/C Ratio ²	1.90 ± 0.23 ^a	1.94 ± 0.03 ^a	1.37 ± 0.07 ^b	1.13 ± 0.10 ^b	0.000

หมายเหตุค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

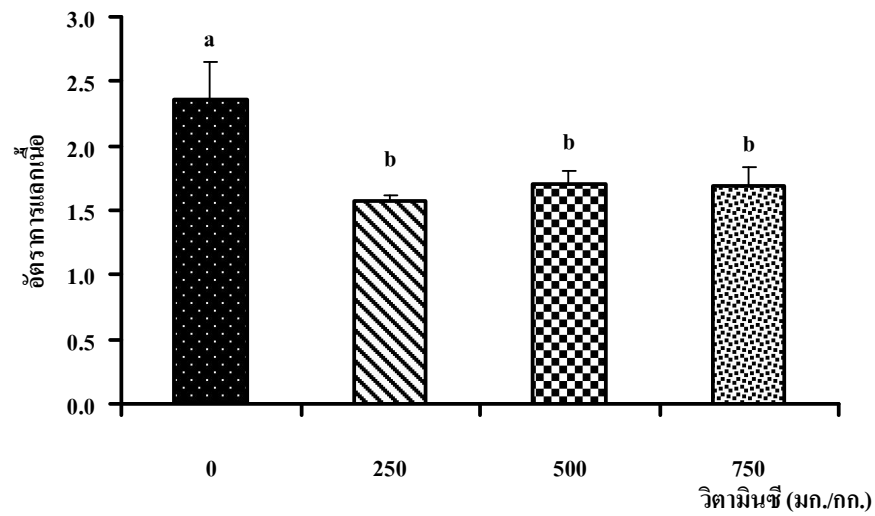
¹ ต้นทุนราคาอาหารปลาคุณภาพสำเร็จรูปขนาดกลาง 22.56 บาท/กิโลกรัม ราคาวิตามินซี (L-ascorbic acid) 40,450 บาท/กิโลกรัม ² อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)



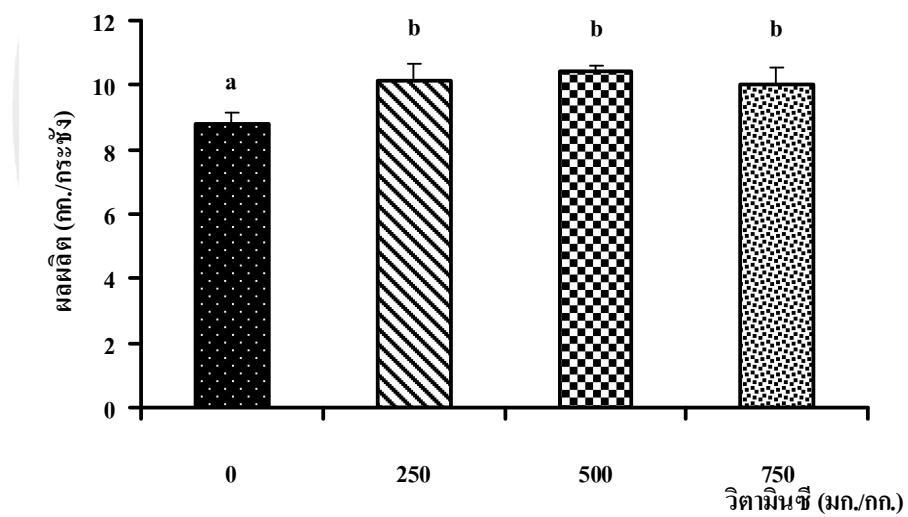
ภาพ 1 น้ำน้กลิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



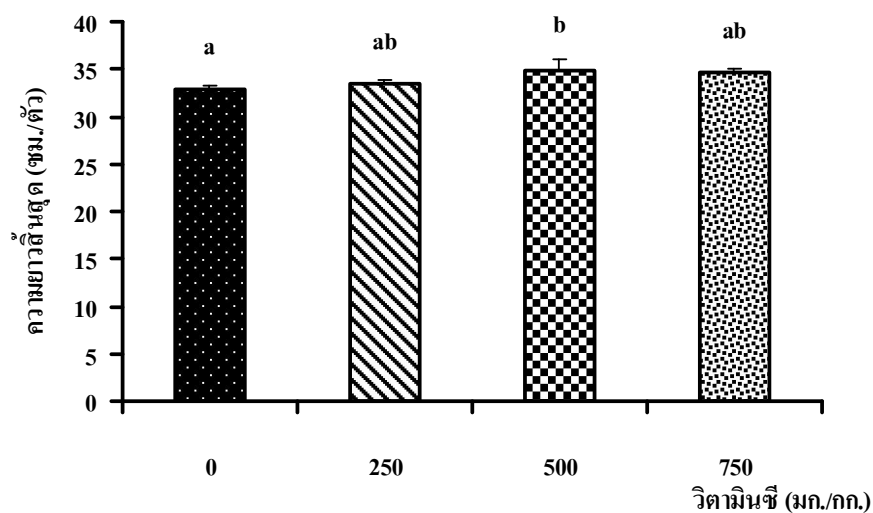
ภาพ 2 น้ำน้กลิ้นเพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



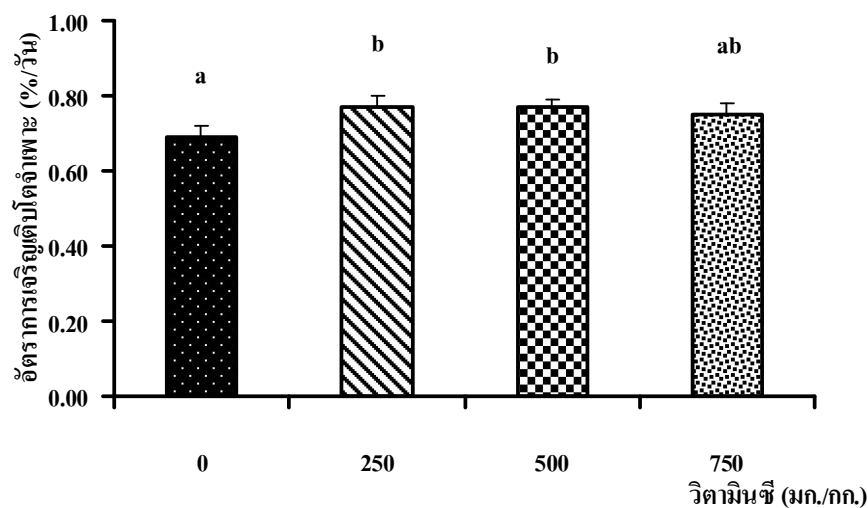
ภาพ 3 อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 4 ผลผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีในระดับที่ต่างกัน



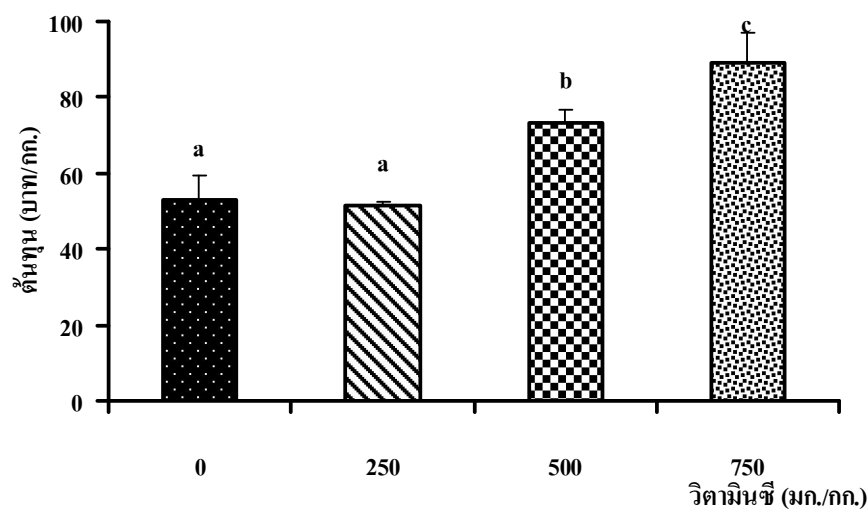
ภาพ 5 ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



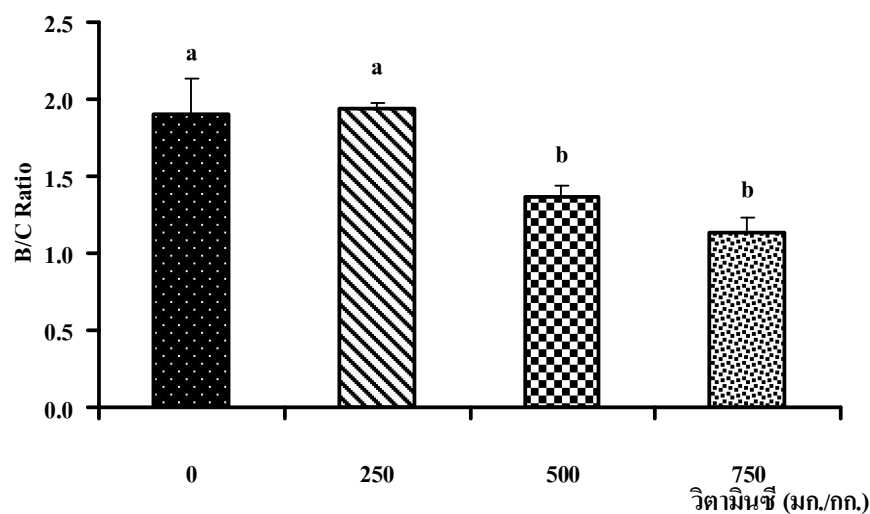
ภาพ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน

ด้านต้นทุนการผลิต พบว่าต้นทุนการผลิตสูงสุด (89.03 ± 7.79 บาทต่อกก.) เมื่อเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. แตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมวิตามินซีตั้งแต่ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ขึ้นไปทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) พบว่าในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีอัตราส่วน

ผลตอบแทนต่อต้นทุนมากที่สุดเท่ากับ 1.94 ± 0.03 แต่ไม่แตกต่างกับปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี (1.90 ± 0.23) โดยมากกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (1.37 ± 0.07 และ 1.13 ± 0.10 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 6)



ภาพ 7 ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 8 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน

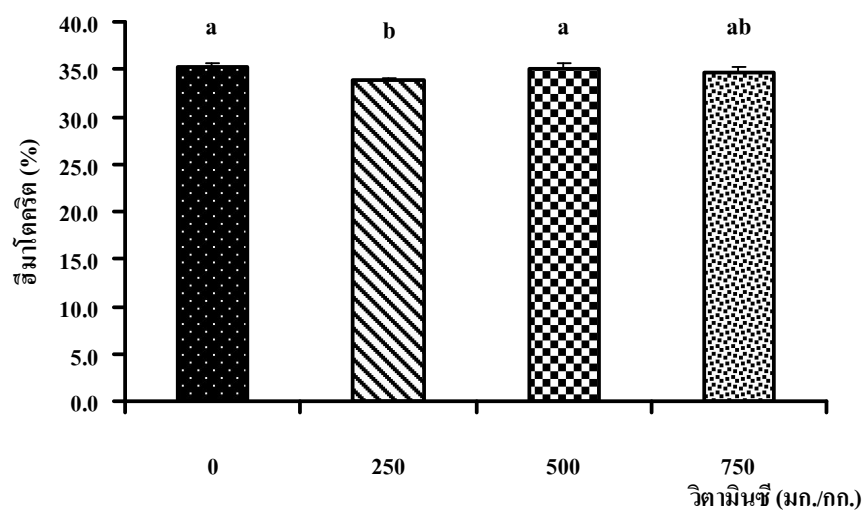
2. ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดที่แสดงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค

พบว่า ปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ค่าฮีมาโตคริตในเลือดปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีผลทำให้ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด และค่าซีรั่มกลูโคสในเลือดปลาบึกสูงขึ้นแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว ค่าซีรั่มไลโซไซม์ และค่าซีรั่มโปรตีนในเลือดปลาบึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 7)

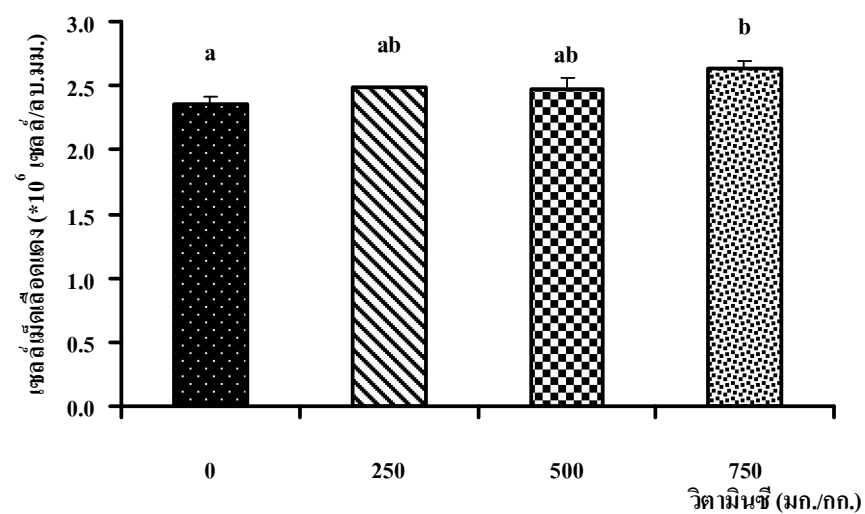
ตาราง 7 องค์ประกอบเลือดของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกันเป็นเวลา 213 วัน

พารามิเตอร์	ระดับวิตามินซีที่เสริมในอาหาร (มก./กก.)				P - valule
	0	250	500	750	
ฮีมาโตคริต (%)	35.25 ± 0.34 ^a	33.91 ± 0.22 ^b	35.11 ± 0.55 ^a	34.70 ± 0.49 ^{ab}	0.018
เม็ดเลือดแดงทั้งหมด (× 10 ⁶ เซลล์/ลบ.มม.)	2.35 ± 0.06 ^a	2.49 ± 0.00 ^{ab}	2.47 ± 0.09 ^{ab}	2.61 ± 0.06 ^b	0.004
เม็ดเลือดขาวทั้งหมด (× 10 ⁴ เซลล์/ลบ.มม.)	10.17 ± 0.34	9.42 ± 0.36	9.62 ± 0.60	9.70 ± 0.68	0.391
ซีรั่มไลโซไซม์ (ยูนิต/นาที่)	2.82 ± 0.73	2.89 ± 0.53	3.28 ± 0.49	3.06 ± 0.36	0.737
ซีรั่มโปรตีน (กรัม/เดซิลิตร)	3.81 ± 0.33	3.89 ± 0.24	3.75 ± 0.45	4.02 ± 0.03	0.653
ซีรั่มกลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	0.68 ± 0.03 ^a	0.72 ± 0.02 ^{ab}	0.72 ± 0.03 ^{ab}	0.75 ± 0.03 ^b	0.050

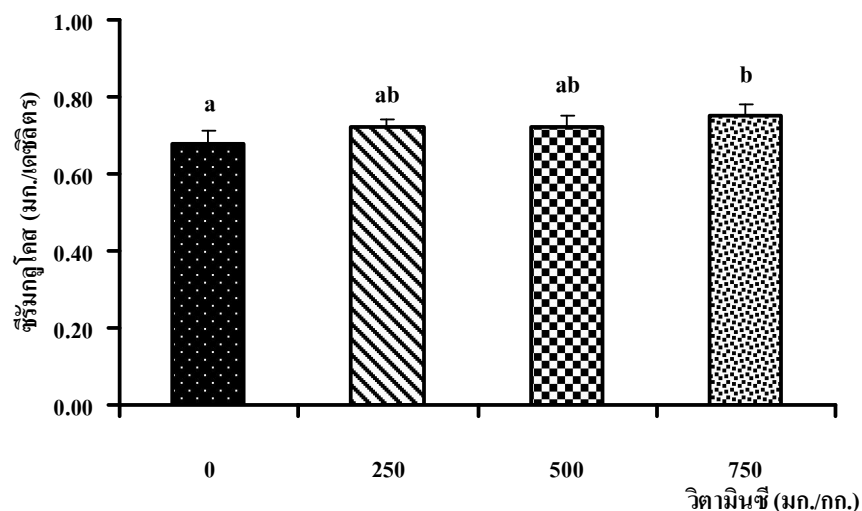
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพ 9 ค่าฮีมาโตคริตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 10 ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน



ภาพ 11 ค่าซีร็อกลูโคสของปลาน้ำจืดที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน

3. ผลวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาน้ำจืดที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.63 – 25.73 องศาเซลเซียส pH ประมาณ 7.2 DO อยู่ในช่วง 4.73 – 4.84 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.875 – 1.164 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.052 – 0.132 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตาราง 8)

ตาราง 8 คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาน้ำจืดที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน

ระดับวิตามินซี (มก./กก.)	คุณภาพน้ำ				
	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตรเจน (มก./ล.)
0	25.73±0.13	7.22±0.10	4.84±0.06	1.164±0.283	0.132±0.067
250	25.67±0.13	7.20±0.03	4.77±0.15	0.875±0.290	0.052±0.008
500	25.63±0.19	7.18±0.04	4.75±0.12	1.112±0.224	0.053±0.009
750	25.71±0.08	7.19±0.04	4.73±0.18	1.026±0.123	0.078±0.026
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P - value)	0.775	0.832	0.749	0.511	0.085

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล

ตาราง 9 Proximate composition (% Mean $\pm$ Std. Deviation) ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2

% ถั่วเหลือง	% ความชื้น	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
0	4.60 $\pm$ 0.14	7.96 $\pm$ 0.07	26.42 $\pm$ 0.85	6.26 $\pm$ 0.21	3.48 $\pm$ 0.99	55.87 $\pm$ 1.26
15	3.67 $\pm$ 0.12	7.57 $\pm$ 0.14	25.57 $\pm$ 1.40	6.24 $\pm$ 0.19	2.87 $\pm$ 1.03	57.75 $\pm$ 2.17
30	4.16 $\pm$ 0.09	6.94 $\pm$ 0.13	25.32 $\pm$ 1.92	4.23 $\pm$ 2.06	3.34 $\pm$ 1.43	60.18 $\pm$ 1.97
45	4.28 $\pm$ 0.11	5.92 $\pm$ 0.03	25.01 $\pm$ 1.38	4.80 $\pm$ 1.00	3.92 $\pm$ 1.34	60.36 $\pm$ 1.42

1. ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

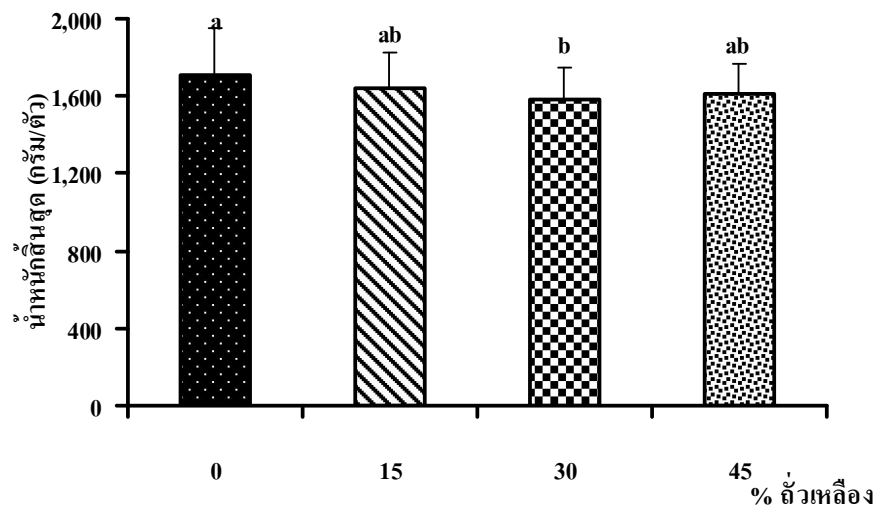
พบว่า ปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองมีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ดีกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณอื่นๆ และปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองยังมีน้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความยาวสิ้นสุดของปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% และ 45% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15% และพบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตาย 100% เท่ากันไม่แตกต่างทางสถิติ (ตาราง 10)

ตาราง 10 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเป็นเวลา 130 วัน

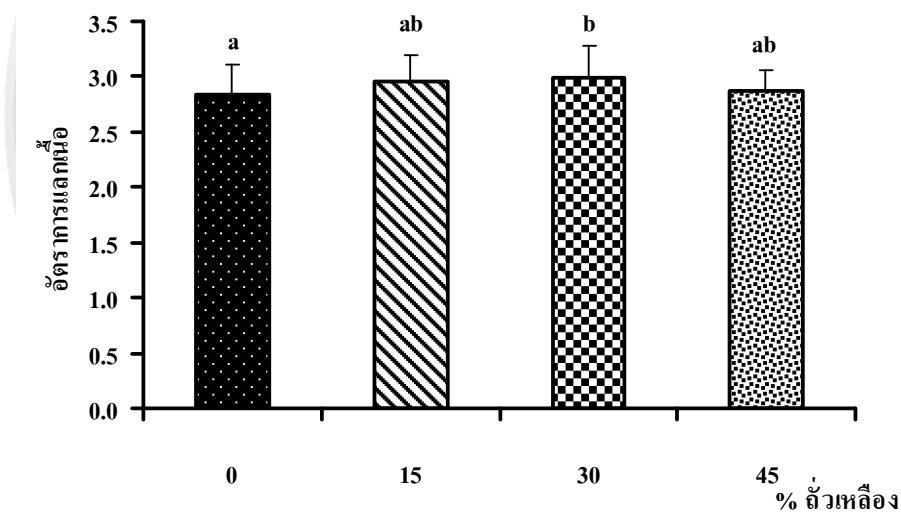
พารามิเตอร์	ระดับการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในอาหาร (%)				P - value
	0	15	30	45	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	549.50 ± 143.26	557.00 ± 122.16	558.50 ± 110.74	559.50 ± 92.85	0.980
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	1,709.25 ± 238.23 ^a	1,637.50 ± 186.31 ^{ab}	1,585.00 ± 162.59 ^b	1,610.00 ± 154.92 ^{ab}	0.024
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/ตัว)	1,159.75 ± 109.13 ^a	1,080.50 ± 80.92 ^b	1,026.50 ± 70.73 ^c	1,050.50 ± 68.65 ^{bc}	0.000
ความยาวเริ่มต้น (ซม./ตัว)	40.48 ± 3.36	40.93 ± 2.86	41.18 ± 2.54	41.51 ± 2.15	0.394
ความยาวสิ้นสุด (ซม./ตัว)	52.43 ± 2.83 ^a	51.29 ± 2.34 ^{ab}	50.85 ± 2.22 ^b	50.64 ± 2.21 ^b	0.006
ความยาวที่เพิ่ม (ซม./ตัว)	11.95 ± 1.00 ^a	10.37 ± 0.73 ^b	9.68 ± 0.73 ^c	9.13 ± 0.46 ^d	0.000
อัตราการเจริญเติบโต	0.89 ± 0.10 ^a	0.84 ± 0.07 ^b	0.81 ± 0.07 ^b	0.82 ± 0.06 ^b	0.000
จำเพาะ (SGR,%/วัน)	0.89 ± 0.10 ^a	0.84 ± 0.07 ^b	0.81 ± 0.07 ^b	0.82 ± 0.06 ^b	0.000
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	2.83 ± 0.28 ^a	2.96 ± 0.23 ^{ab}	2.99 ± 0.29 ^b	2.87 ± 0.19 ^{ab}	0.012
อัตราการรอดตาย (%)	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	-
ผลผลิต (กก./ตัว)	1.71 ± 0.24 ^a	1.64 ± 0.19 ^{ab}	1.59 ± 0.16 ^b	1.61 ± 0.15 ^{ab}	0.024
ต้นทุนการผลิต ¹ (บาท/กก.)	69.42 ± 6.77 ^{ab}	71.85 ± 5.54 ^b	71.77 ± 7.04 ^b	68.02 ± 4.46 ^a	0.011
B/C Ratio ²	1.46 ± 0.15 ^{ab}	1.40 ± 0.11 ^b	1.41 ± 0.13 ^b	1.48 ± 0.10 ^a	0.011

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

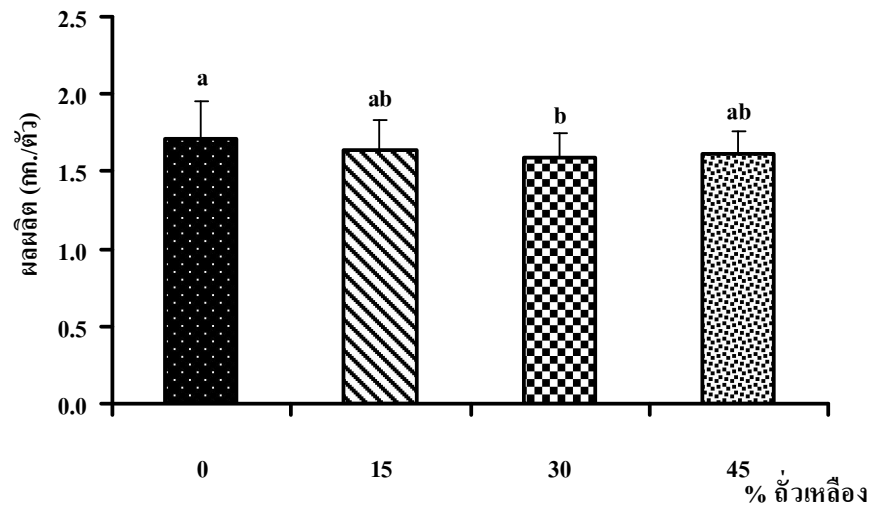
¹ ต้นทุนราคาอาหารสูตรที่ 1-4 เท่ากับ 24.54, 24.27, 24.00 และ 23.73 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ² อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)



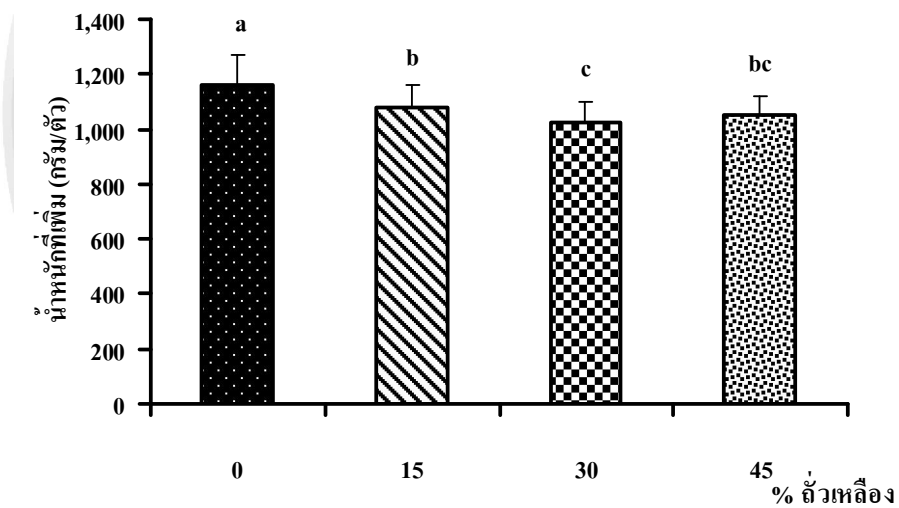
ภาพ 12 น้ำหนักสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง



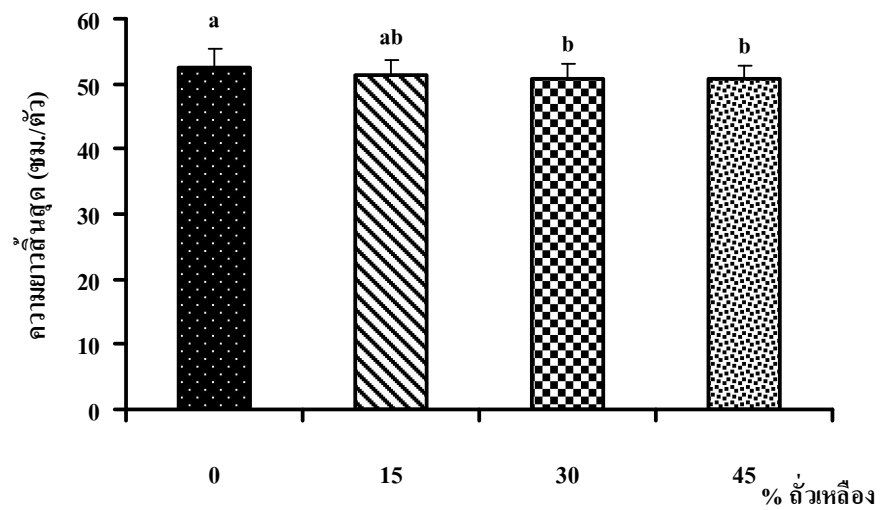
ภาพ 13 อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง



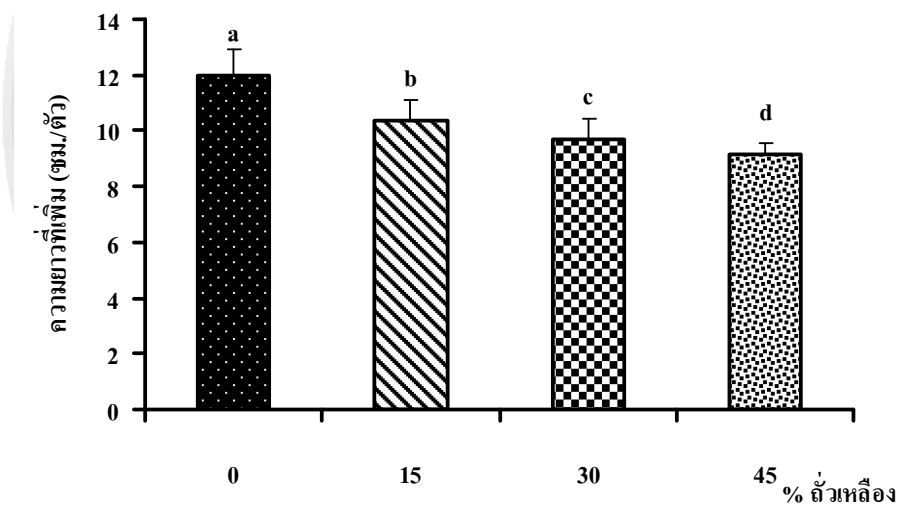
ภาพ 14 ผลผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถัวเหลือง



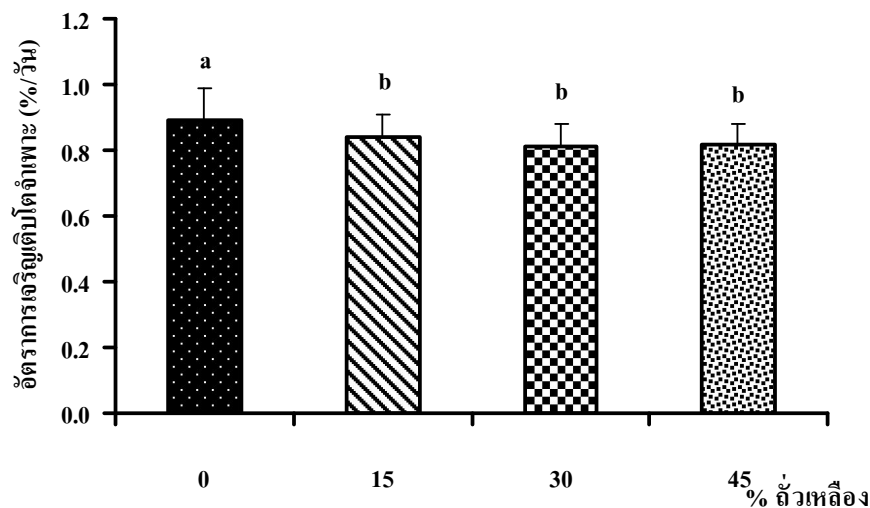
ภาพ 15 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถัวเหลือง



ภาพ 16 ความยาวสิ้นสุดของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

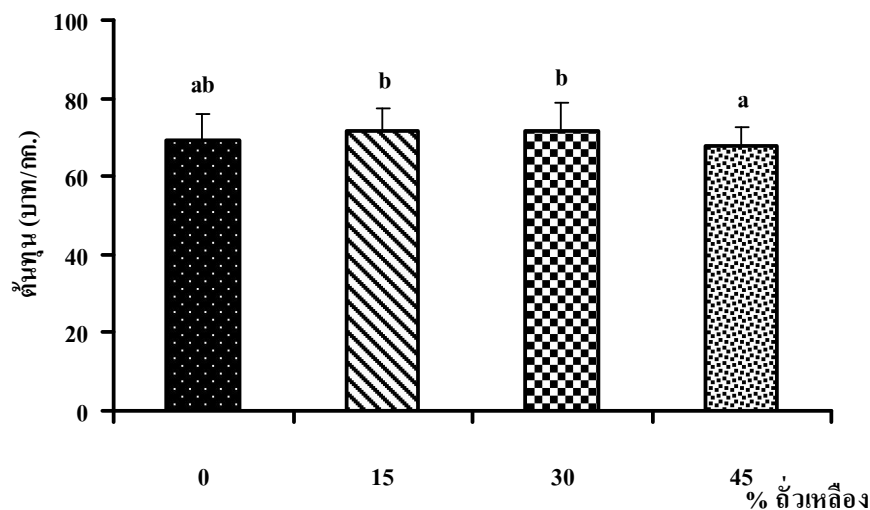


ภาพ 17 ความยาวที่เพิ่มของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

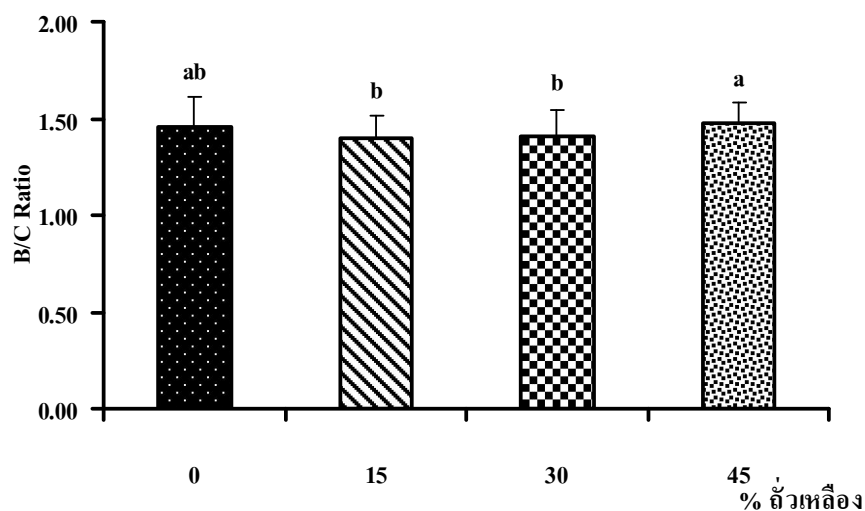


ภาพ 18 อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

นอกจากนี้ยังพบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตน้อยสุด (68.02 ± 4.46 บาท/กก.) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มากสุด (1.48 ± 0.10) แตกต่างจากกลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง (ตาราง 10)



ภาพ 19 ต้นทุนการผลิตของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง



ภาพ 20 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

3. ผลวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.86 – 25.95 องศาเซลเซียส pH อยู่ในช่วง 6.77 – 6.80 DO อยู่ในช่วง 3.59 – 3.71 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.492 – 0.573 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.031 – 0.054 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตาราง 11)

ตาราง 11 คุณภาพน้ำในคอกเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

% ถั่วเหลือง	คุณภาพน้ำ				
	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ไนโตรเจน (มก./ล.)
0	25.95±0.12	6.77±0.01	3.69±0.04	0.573±0.005	0.034±0.005
15	25.95±0.05	6.79±0.01	3.60±0.07	0.542±0.103	0.037±0.016
30	25.87±0.04	6.80±0.04	3.71±0.07	0.492±0.015	0.054±0.042
45	25.86±0.09	6.77±0.03	3.59±0.11	0.550±0.114	0.031±0.011
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (P - value)	0.394	0.345	0.217	0.639	0.652

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีงบประมาณ 2550) การศึกษาผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลานิล

1. ด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมวิตามินซีในอาหารปลานิลมีความสำคัญต่อการเร่งการเจริญเติบโต ทำให้ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี มีน้ำหนักและความยาวที่เพิ่มขึ้นอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ได้รับดียิ่งขึ้นในทางตรงข้ามปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตต่ำกว่า การทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมาในปลาหลายชนิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ขาดวิตามินซีหรือมีวิตามินซีในอาหารไม่เพียงพอจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต เช่น ปลานิล (*Tilapia zillii*) (Anadu et al., 1990) ปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar* L.) (Thompson et al., 1993) ปลาชีบรีม (*Sparus aurata*) (Henrique et al., 1998) ปลาจวด (*Pseudosciaena crocea*) (Ai et al., 2006) ปลา กัดเหลือง (*Mystus nemurus*) (วุฒิพร, 2539) และกุ้งขาว (*Penaeus vannamei*) (He and Lawrence, 1992) เป็นต้น

NRC (1993) ได้แนะนำให้ใช้วิตามินซี (ascorbic acid) 20 – 50 มก.ต่ออาหาร 1 กก. แต่ความต้องการวิตามินซีจะแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา ขนาด สภาพแวดล้อม ความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยง Al-Amoudi et al. (1992) รายงานว่า ความต้องการวิตามินซีของปลานิล (*Oreochromis spilurus*) มีสูงถึง 100 – 200 มก.ต่ออาหาร 1 กก. แต่การทดลองครั้งนี้ พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. จะให้ผลการเจริญเติบโตของปลานิลดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริมวิตามินซีอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของมะลิ และคณะ (2533) ที่ได้ศึกษาความต้องการวิตามินซีของปลากะพงขาว (*Lates calcarifers*) วัยอ่อนที่เลี้ยงในน้ำเค็มพบว่า ลูกปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตช้าลง ปลามีลำตัวดำ เชื่องซึม ตกเลือดบริเวณเหงือก เล้นเลือดประาะ กระพุ้งแก้ม ปิดเปิดเร็วและสั้น จะงอยปากสั้น เสียการทรงตัว ครีบกางก่อน ตาโปนและบางตัวเกิดอาการคดงอของกระดูกสันหลังและพบว่าระดับของวิตามินซีในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 500 – 700 มก. ต่ออาหาร 1 กก. และ ดนัย และคณะ (2548) ได้ศึกษาผลของวิตามินซี (0, 250, 500 และ 700 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของลูกปลากัดเหลือง (*Mystus nemurus*) ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.14 กรัม ความยาว

เฉลี่ย 7.38 เซนติเมตร เป็นเวลา 105 วัน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตและความยาวดีที่สุด (P < 0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. สำหรับอัตราการรอดตายของปลาทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เพียงพอต่อการเสริมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากดเหลือง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ วุฒิพร (2539) ซึ่งได้ทำการศึกษาลักษณะของวิตามินซีระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง (*Mystus nemurus*) โดยเลี้ยงในตู้กระจกขนาด 100 ลิตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยตัวละ 1.25 กรัม แบ่งการทดลองเป็น 7 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองแบ่งเป็น 3 ซ้ำ ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 7 ระดับ คือ 0, 50, 100, 200, 500, 1,000 และ 2,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ตามลำดับ ระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 1,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก. จะมีการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด (P > 0.01) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 2,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก. สำหรับอัตราการรอดตายของปลาทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 87 – 97% ดังนั้นอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เพียงพอต่อการเสริมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากดเหลือง ส่วนการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินครั้งนี้ พบปลาที่มีอัตราการรอดตาย 100% ทุกการทดลอง อาจจะเป็นเพราะว่า ได้ปล่อยลูกพันธุ์ปลาขนาดใหญ่และเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำ

เนื่องจากวิตามินซีในรูปแบบปกติคือ Ascorbic Acid (AA) หรือ L- Ascorbic Acid ไม่เสถียรและเสื่อม (oxidize) ได้ง่ายเมื่อโดนแสง ความร้อน ออกซิเจนและน้ำ จึงมีการพัฒนาวิตามินซีรูปแบบอื่นขึ้นมาเรียกว่า “อนุพันธ์วิตามินซี” หรือ Vitamin C Derivatives ซึ่งมีอยู่มากมายหลายตัว คุณสมบัติก็แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ในการทดลองครั้งนี้พบว่าระดับวิตามินซีที่ดีที่สุดคือ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นวิตามินซีในรูปแบบ L (+)-Ascorbic acid calcium salt dihydrate ถือว่าเป็นระดับที่สูงกว่าที่รายงานได้ในปลานิล โดย Shiau and Hsu (1999) ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่ต้องการในปลานิลลูกผสม (hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) ระยะวัยรุ่น (juvenile) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีรูปแบบ L-ascorbyl-2-monophosphate-Na (AMP-Na) และ L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg (AMP-Mg) ที่ระดับ 0, 40, 50, 70, 90 และ 120 มก. ต่ออาหาร 1 กก. เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณวิตามินซีที่สะสมในตับของปลาจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณวิตามินซีที่ได้รับ ปริมาณวิตามินซีที่

พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของปลานิล คือการใช้วิตามินซีรูปแบบ AMP-Na เท่ากับ 63.4 มก.ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.98 มก.ต่ออาหาร 1 กก.) หรือวิตามินซีรูปแบบ AMP-Mg 40.5 มก.ต่ออาหาร 1 กก. (มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 18.82 มก.ต่ออาหาร 1 กก.) ซึ่งการใช้อนุพันธ์วิตามินซีทั้งสองรูปแบบในการผสมอาหารปลานิลจะประหยัดกว่าการใช้วิตามินซีในรูปแบบดั้งเดิม L- Ascorbic Acid

ทางด้านผลผลิตของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีผลผลิตมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ทางด้านของต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กก. พบว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีต้นทุนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และต้นทุนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสริมวิตามินซี ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ที่มีต้นทุนน้อยกว่าปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เพราะวิตามินซีมีราคาแพงจึงเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นเมื่อพิจารณาด้านอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) จึงพบว่าในปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากที่สุดเท่ากับ 1.94 ± 0.03 แต่ไม่แตกต่างกับปลากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี (1.90 ± 0.23) โดยมากกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. (1.37 ± 0.07 และ 1.13 ± 0.10 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นในการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารเสริมวิตามินซีเพื่อการค้าโดยหวังผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จึงแนะนำว่าควรเสริมวิตามินซีในปริมาณ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ในการเลี้ยงปลาบึกเพื่อให้ปลาบึกมีการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ดี โดยเฉพาะที่ระดับ 250 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ซึ่งสามารถให้ผลตอบแทน 1.94 ± 0.03 บาท ต่อเงินลงทุน 1 บาท ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงปลานิลในบ่อร่วมกับไก่กระทุงในจังหวัดเชียงใหม่ ที่มี B/C Ratio อยู่ในช่วง 1.30-1.71 (เทพรัตน์, 2547) และ ประจวบและคณะ (2547) รายงานว่า การเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนในกระชัง ในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ ให้อัตราผลตอบแทน (ROI) เท่ากับ 6.44% และ 15.47% ซึ่งเท่ากับ B/C Ratio 0.06 และ 0.15 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียต้นทุนโดยเปล่าประโยชน์ เพิ่มความคงทนต่อการเสียดสภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานของปลาบึก จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในปลาขนาดเล็ก ปัจจุบันการให้อาหารผสมวิตามินซีแก่สัตว์น้ำนอกจากให้ผลด้านการเจริญเติบโตและอัตราการรอดแล้ว วิตามินซียังมีผลดีต่อการสร้างและ

กระตุ้นภูมิคุ้มกันอีกด้วย มีนักวิจัยหลายท่านได้ทดลองใช้วิตามินซีร่วมกับวิตามินอี การให้วิตามินซีไปไบโอติก แต่ก็ต้องคำนึงถึงต้นทุนผลตอบแทนในการเสริมวิตามินซีในอาหารด้วย

2. ด้านองค์ประกอบเลือดที่แสดงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรค

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมวิตามินซีในอาหารปลาบึกในระดับต่างๆ มีส่วนช่วยในการเพิ่มขึ้นของระบบภูมิคุ้มกันให้กับปลาบึกโดยดูจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าองค์ประกอบเลือด (ค่าฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมด ซีรัมไลโซไซม์ ซีรัมโปรตีน และซีรัมกลูโคส) พบว่าค่าฮีมาโตคริตของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีค่าแนวโน้มไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี สอดคล้องกับการศึกษาของ Lim *et al.* (1999) ที่ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างอาหารเสริมวิตามินซีและธาตุเหล็ก (0, 50 และ 3000 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ที่ผสมลงในอาหารเลี้ยงปลากดหลวง (*Ictalurus punctatus*) พบว่าค่าฮีมาโตคริตในปลากดหลวงไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่จากการศึกษาของ Menezes *et al.* (2006) อธิบายว่าปลาช่อนอเมซอนที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซี และอาหารเสริมวิตามินซีผสมกับวิตามินอี แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีมาโตคริต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลที่ได้นั้นไม่สอดคล้องกับการศึกษาซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิที่ลดต่ำลงจากระยะเวลาการทดลองในช่วงฤดูหนาว

ด้านปริมาณเม็ดเลือดแดงทั้งหมดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมี 250, 500 และ 750 มก. ต่ออาหาร 1 กก. พบว่ามีปริมาณมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของวิตามินซีที่เสริมลงในอาหาร สอดคล้องกับการทดสอบปฏิกิริยาของระดับธาตุเหล็กและวิตามินซี (0, 50 และ 3000 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ที่เสริมในอาหารเลี้ยงปลากดหลวง (*I. punctatus*) พบว่าระดับวิตามินซีที่เพิ่มขึ้นนั้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดเลือดแดงของปลากดเหลืองด้วย (Lim *et al.*, 1999) และในปลาช่อนอเมซอน (*A. gigas*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี (0, 250, และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในกระชัง ก็ยังพบว่าวิตามินซีและวิตามินอีมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดเลือดแดงในปลาช่อนอเมซอนซึ่งเป็นผลมาจากกลไกการป้องกันตัวเองในตัวปลาช่อนอเมซอน (Menezes *et al.*, 2006) ส่วนทางด้านปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีปริมาณเม็ดเลือดขาวน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับ Menezes *et al.* (2006) ที่ได้ศึกษาอาหารเสริม

วิตามินซีและวิตามินอี (วิตามินซี 800, วิตามินอี 500, และวิตามินซี 800 ผสมวิตามินอี 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ที่เลี้ยงในกระชัง พบว่า Lymphocytes ในเซลล์เม็ดเลือดขาวมีปริมาณเพิ่มขึ้น และยังพบเซลล์เม็ดเลือดขาวในกลุ่มของ Thrombocytes และ Eosinophils ก็มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเช่นกันในปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และ Andrade *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซีในปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ก็พบว่าปริมาณของ Leucocytes มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวของปลาที่รับประทานอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ ไม่มีส่วนช่วยให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นเลย ทั้งนี้อาจเกิดจากความเครียดที่ได้จากการย้ายปลาในกระชังจากการเก็บข้อมูลระหว่างการเลี้ยง และอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำลงในช่วงฤดูหนาว ทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมของปลาที่ต่ำลงส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว

ส่วนค่าซีรั่มไลโซไซม์ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่รับประทานอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Ai *et al.* (2006) ที่ศึกษาผลของอาหารเสริมวิตามินซี (0, 12.2, 23.8, 47.6, 89.7, 188.5 และ 489.0 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในการเลี้ยงปลากะพง (*Lateolabrax japonicus*) เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันในปลากะพง พบว่าวิตามินซีมีส่วนในการกระตุ้นการทำงานของไลโซไซม์ และระบบการขนส่งพลังงานทดแทน ซึ่งระดับวิตามินซีที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ระดับของซีรั่มไลโซไซม์เพิ่มมากขึ้น ตามจากการทดลองของ Ai *et al.* (2006) ที่ศึกษาอาหารเสริมวิตามินซี (0, 12.2, 23.8, 47.6, 89.7, 188.5, และ 489.0 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของวิตามินซีลงในอาหาร ส่งผลต่อการกระตุ้นซีรั่มไลโซไซม์

ด้านค่าซีรั่มโปรตีนที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่รับประทานอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Andrade *et al.* (2006) ที่รายงานว่าปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ที่รับประทานอาหารเสริมวิตามินซี 800 และ 1200 มก. ต่ออาหาร 1 กก. มีปริมาณซีรั่มโปรตีนทั้งหมดสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และยังพบอีกว่าความเข้มข้นของวิตามินซีและวิตามินอีปริมาณมากสามารถกระตุ้นซีรั่มโปรตีนในตัวปลา เนื่องจากอาหารที่เสริมวิตามินซีที่ความเข้มข้นมากๆ สามารถเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนได้

(Chagas and Val, 2003) และการศึกษาของ Mezenes *et al.* (2006) อธิบายว่าปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอีมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของซีรัมโปรตีนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งระดับของซีรัมโปรตีนทั้งหมดในตัวปลาสามารถใช้เป็นดัชนีวัดถึงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในตัวปลาที่ให้อาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี ที่ระดับความเข้มข้นมากๆ เนื่องจากอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอีสามารถที่ไปกระตุ้นโปรตีนในตัวปลาที่เป็นองค์ประกอบของระบบต่างๆ ให้ดีขึ้น (Montero *et al.*, 1999 และ Sahoo and Mukherjee, 2002)

ส่วนผลการทดลองทางด้านซีรัมกลูโคสที่ได้ครั้งนี้พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ มีปริมาณซีรัมกลูโคสมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการทดลองอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี (0, 250 และ 500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.) ในปลาจระเม็ด (*P. mesopotamicus*) พบว่าปริมาณซีรัมกลูโคสไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Garcai *et al.*, 2007) การเพิ่มขึ้นของซีรัมกลูโคสในปลานั้นขึ้นอยู่กับสภาพทางสรีรวิทยาของปลา โดยที่ปลาแต่ละชนิดจะมีการเพิ่มขึ้นซีรัมกลูโคสแตกต่างกันออกไป โดย Andrade *et al.* (2006) พบว่าความเข้มข้นของกลูโคสที่สูงขึ้นในตัวปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*) ที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินอีสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี แต่อย่างไรก็ตามได้มีการพิสูจน์ถึงการทำงานร่วมกันของวิตามินซีและวิตามินอีที่มีต่อผลผลิตกลูโคสในตัวปลา ซึ่งเป็นส่วนช่วยในกระบวนการดูดซึมคาร์โบไฮเดรต ในการทดสอบอาหารที่เสริมวิตามินซีและวิตามินอี แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเพิ่มปริมาณซีรัมกลูโคสเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งอาหารเสริมวิตามินซีและวิตามินอี จัดว่าเป็นประโยชน์ต่อการรักษาสุขภาพของระบบภูมิคุ้มกันในตัวปลาช่อนเมซอน (*A. gigas*)

3. ด้านคุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.63 – 25.73 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาในเขตร้อน ที่ควรจะอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (ไมตรี, 2530) ค่า pH ของน้ำประมาณ 7.2 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติตามที่ เดชา (2543) กล่าวไว้ว่าค่า pH ระหว่าง 6.5 – 9.0 เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนค่า DO พบว่าอยู่ในช่วง 4.73 – 4.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งไม่ควรมีค่าออกซิเจนในน้ำต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

(Swingle, 1996) ทางด้านค่าแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.875 – 1.164 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีความสูงทั้งนี้เพราะอาหารปลาคุณภาพสูง (30%) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง จึงทำให้น้ำในบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาคุณภาพสูงมีธาตุไนโตรเจนสูงส่งผลทำให้น้ำมีค่าแอมโมเนียสูง ซึ่งมันซิน และไพเพอร์รี่ (2538) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง ของเสียที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายของเสียจากปลา หรืออาหารเหลือจะ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำบางชนิดสามารถปรับตัวให้เคยชินกับสภาวะแอมโมเนียในน้ำสูงได้เช่นในกรณีของการเลี้ยงปลาดุกโดยทั่วไปในน้ำไม่ควรมีแอมโมเนียละลายในน้ำความเข้มข้นเกินกว่า 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังคงมีค่าสูงอาจจะเป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำได้ ส่วนค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.052 – 0.132 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยในบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าไนโตรเจนไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าบ่อเลี้ยงปลาอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนไนโตรเจนก็จะสะสมมากขึ้น ในสภาพที่ความเข้มข้นยังไม่ก่อให้เกิดการตาย ไนโตรเจนมีผลทำให้ปลาเป็นโรคติดเชื้อได้ง่าย การเจริญเติบโตลดลง และที่ความเข้มข้นระดับสูงก่อให้เกิดการตายสำหรับปลาน้ำจืดอยู่ในช่วง 0.66 – 200 มิลลิกรัม/ลิตร

การทดลองที่ 2 (ปีงบประมาณ 2551) การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตและลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลาบึก

1. ด้านการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 และ 45% มีน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิต (Total Biomass) ดีกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับ มะลิ และคณะ (2539) ที่ได้ทำการศึกษาผลการแทนที่ปลาป่นด้วยถั่วเหลืองชนิดต่างๆ ในอาหารปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน โดยการสร้างสูตรอาหาร 5 สูตร ให้มีโปรตีนและพลังงานเท่ากัน อาหารสูตรที่ 1 ประกอบด้วยปลาป่น 40% และไม่มีถั่วเหลือง อาหารสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ใส่ถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 21% ถั่วเหลืองเอกซ์ทรา 27% ถั่วเหลืองนึ่ง 28.5% และถั่วเหลืองแช่น้ำ 27.5% ตามลำดับ เพื่อไปแทนที่ 37.5% ของโปรตีนจากปลาป่น หรือ 15% ปลาป่นในอาหารสูตรที่ 1 ขนาดเริ่มต้น 1.26-1.27 กรัม เลี้ยงปลา 3 ชั่วโมง ในตู้กระจกขนาดความจุ 45 ลิตร มีระบบลมและน้ำไหลผ่าน ให้อาหารจนอิ่มวันละ 2 มื้อ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 ไม่ใส่ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ยกเว้นอาหารสูตร 2 ที่ใส่ถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ส่วนประสิทธิภาพอาหาร ประสิทธิภาพโปรตีน และ อัตรารอดของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1, 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ต่างกับสูตร 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 5 ซึ่งใส่ถั่วเหลืองแช่น้ำไม่เพียงแต่มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหาร ประสิทธิภาพโปรตีน และอัตรารอดต่ำ ยังมีความผิดปกติของเซลล์ตับอ่อนและลำไส้ ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนใน แต่น้ำจะเกิดจากการกินอาหารที่น้อยกว่าใน 2 สัปดาห์แรก และโปรตีนในถั่วเหลืองที่ทดสอบมีประสิทธิภาพการย่อยได้สูง (90.4-93.5%) ยกเว้นถั่วเหลืองแช่น้ำ (21.4%) จากผลการทดลองแสดงว่าประมาณ 37.5% ของโปรตีนจากปลาป่นหรือ 15% ปลาป่น ในอาหารสามารถถูกแทนที่ได้ด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ถั่วเหลืองเอกซ์ทรา หรือถั่วเหลืองนี้ อย่างไรก็ตาม ถั่วเหลืองเอกซ์ทรา หรือถั่วเหลืองนี้ ควรใช้เป็นส่วนผสมอาหารปลากะพงที่มีขนาดโตขึ้นเล็กน้อยคือ 3.5 กรัมขึ้นไป ส่วนถั่วเหลืองแช่น้ำ เป็นแหล่งโปรตีนที่ไม่เหมาะสมจะนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารปลากะพง เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารต่ำและยังมีสารทริบซินอินฮิบิเตอร์ที่ทำให้ตับอ่อนและลำไส้ส่วนต้นผิดปกติ

นอกจากนี้ยังพบว่าปลากะพงมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้นแต่ ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองที่ย่อยยาก ซึ่งมีปริมาณสูงขึ้นในอาหารสูตรที่มีการแทนที่ปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองที่ระดับ 15, 30 และ 45% ดังกล่าว ตามที่มีการรายงานไว้ว่า สัตว์น้ำจำพวกปลาไม่สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตหรือแป้งเป็นแหล่งพลังงานได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งสอดคล้องกับ Watanabe and Pongmaneerat (1993) พบว่า สารอาหารจำพวกแป้งในกากถั่วเหลืองสามารถถูกย่อยได้เพียง 54% ในปลาเรนโบว์เทรา และถูกย่อยได้เพียง 55% ในปลาเยลโลเทล (Watanabe *et al.*, 1992) และจากการศึกษาของ Mitchell (1950) พบว่าถั่วเหลืองมีองค์ประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ปลาคาร์ฟไม่สามารถย่อยได้ในปริมาณสูงถึง 30% มีผลให้พลังงานย่อยได้ (digestible energy) ลดต่ำลงและเมื่ออาหารนั้นมีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง จึงทำให้ประสิทธิภาพของอาหารลดต่ำลงด้วย และการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณต่างๆ ไม่มีผลทำให้อัตราการรอดตายแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าชุดการทดลองมีอัตราการรอดตาย 100% เท่ากันไม่แตกต่างทางสถิติ อาจจะเป็นเพราะว่า ได้ปล่อยลูกพันธุ์ปลานขนาดใหญ่มากและเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำ และจากผลการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าปลากะพงกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 และ 45% มีค่าน้ำหนักสิ้นสุด อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ดี แต่ไม่แตกต่างกับปลากะพงกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยจะเห็นได้

ว่าการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ปลาเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับ เจษฎา (2549) ที่ได้ทำการทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาคาร์ฟ ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 5.02 กรัม และความยาวเฉลี่ย 7.02 เซนติเมตร ในกระชังขนาด $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ เมตร ในอัตรา 15 ตัวต่อกระชัง โดยใช้อาหารซึ่งมีโปรตีน 30% เท่ากันทุกสูตร แต่กำหนดสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลืองต่างกัน 6 ระดับ คือ 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 และ 0 : 100 ตามลำดับในอัตรา 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) แต่อัตราการเจริญเติบโตด้านความยาว พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนอัตราการรอดตายตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร และประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหารตลอดการทดลอง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) โดยพบว่าอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะมีค่าดีที่สุด

ทางด้านต้นทุนและผลตอบแทนพบว่าปลาบึกกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 45% มีต้นทุนการผลิตน้อยสุด (68.02 ± 4.46 บาทต่อกก.) จึงทำให้มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มากสุด (1.48 ± 0.10) แตกต่างจากกลุ่มทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ผสมถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะในช่วงที่ทำการทดลองถั่วเหลืองมีราคาสูงขึ้นจากเดิม ดังนั้นการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองจึงไม่เป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากราคาถั่วเหลือง (32 บาท/กก.) ใกล้เคียงกับราคาปลาป่น (43 บาท/กก.) แต่จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้นก็มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ เจษฎา (2549) ที่ได้ทำการทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาคาร์ฟ พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นเนื้อปลา 1 กิโลกรัม ตลอดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา 1 กิโลกรัมดีที่สุด และเมื่อพิจารณาข้อมูลโดยรวมแล้วก็พบว่าอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนที่ได้จากปลาป่นต่อกากถั่วเหลือง 0 : 100 จะให้ผลดีที่สุดในการเลี้ยงปลาคาร์ฟ นอกจากจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปลาบึกในกระชังครั้ง

นี้มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนในกระชังในแม่น้ำปิงจังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้อัตราผลตอบแทน (ROI) เท่ากับ 6.44% และ 15.47% ซึ่งเท่ากับ B/C Ratio 0.06 และ 0.15 ตามลำดับ (ประจวบ และคณะ, 2547) นอกจากนี้การลดการใช้ปลาป่นยังเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์ได้ด้วย เนื่องจากปลาป่นทำมาจากปลาขนาดเล็กซึ่งได้จากการทำประมง และปลาที่จับได้ส่วนใหญ่เป็นปลาวัยอ่อนที่ยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ ที่สำคัญยังเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งการใช้ทรัพยากรปลาวัยอ่อนที่ถูกจับก่อนวัยเจริญพันธุ์มาทำเป็นปลาป่นจึงไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ดังนั้นการใช้ถั่วเหลืองมาทดแทนปลาป่นบางส่วนก็จะช่วยลดการใช้ปลาป่นและประหยัดต้นทุนการผลิตอาหารปลาได้ด้วย

2. ด้านคุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาบึกที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในปริมาณที่ต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.86 – 25.95 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาในเขตร้อนที่ควรจะอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (ไมตรี, 2530) pH อยู่ในช่วง 6.77 – 6.80 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติตามที่ เดชา (2543) กล่าวว่าไว้ว่าค่า pH ระหว่าง 6.5 – 9.0 เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ DO อยู่ในช่วง 3.59 – 3.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งไม่ควรมีค่าออกซิเจนในน้ำต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (Swingle, 1996) แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.492 – 0.573 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีความสูงทั้งนี้อาจจะเกิดจากของเสียจากอาหารที่เหลือ จึงทำให้น้ำในบ่อมีค่าแอมโมเนียสูง ซึ่งมันสิน และไพพรรณ์ (2538) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง ของเสียที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายของเสียจากปลา หรืออาหารเหลือจะ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำบางชนิดสามารถปรับตัวให้เคยชินกับสภาวะแอมโมเนียในน้ำสูงได้เช่นในกรณีของการเลี้ยงปลาอุกโดยทั่วไปในน้ำไม่ควรมีแอมโมเนียละลายในน้ำความเข้มข้นเกินกว่า 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังคงมีค่าสูงอาจจะเป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำได้ ส่วนไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.031 – 0.054 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าไนโตรเจนไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าบ่อเลี้ยงปลาอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนไนโตรเจนก็จะสะสมมากขึ้น ในสภาพที่ความเข้มข้นยังไม่ก่อให้เกิดการตาย ไนโตรเจนมีผลทำให้ปลาเป็นโรคติดเชื้อได้ง่าย การเจริญเติบโตลดลง และที่ความเข้มข้นระดับสูงก่อให้เกิดการตายสำหรับปลาน้ำจืดอยู่ในช่วง 0.66 – 200 มิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา อิศหะ. 2549. การทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเม็ดสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงปลาคาร์พ ปลาแรด และปลาเป็ดแดง (ปลากะพงน้ำจืด). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา.
- दनัย อุ๋นใจและคณะ. 2548. การศึกษาระดับของวิตามินซีที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อการเลี้ยงปลากดเหลือง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 5: 89 - 102.
- เดชา นาวานุเคราะห์. 2543. คุณภาพน้ำทางการประมง. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. 104 น.
- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, สุเทพ ปันธิวงศ์, สมบูรณ์ ใจปิ่นตา, ประจวบ ฉายนุ, สุดปรานี มณีศรี และรุ่งกานต์ อำไพพงษ์. 2545. โครงการแนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (แม่โจ้). 84 น.
- นภดล ศุกระกาญจน์. 2549. คู่มือปฏิบัติการโรคสัตว์น้ำ (Fish Diseases Laboratory Manual) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 59 - 71.
- นัญพร ชัยศักดิ์ชาติ. 2541. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารกึ่งกุลาดำ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล. 112 น.
- พรรคดี ตั้งรัตนสมบูรณ์. 2543. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มะลิ บุญยรัตนผลิน, นันทิยา อุ๋นประเสริฐ และ จารุวัฒน์ วรรณโกวิธน์. 2533. ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อเสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ, กรมประมง, สงขลา. 18 น.
- มะลิ บุญยรัตนผลิน ประวิทย์ สุธีรนาถ และอำมรงค์ ตันภิบาล. 2539. การแทนที่ปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ ในอาหารปลากะพงขาว. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 29: 30 น.
- มันสิน ตันกุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 214 น.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 38 น.

- วิมล จันทรโรทัย, ทวี วิพุทธานุมาศ และ พิศมัย สมสืบ. 2539. การทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยโปรตีนข้าวโพดช่วยเร่งการเจริญเติบโตและปรับสีผิวและเนื้อของปลาดุกลูกผสม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 178, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 12 น.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 210 น.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง. 2539. ผลของวิตามินซีระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง (*Mystus nemurus*). วารสารสงขลานครินทร์ 18(4): 414 – 420.
- เศวต ไชยมงคล. 2535. วิตามินซีในอาหารกึ่งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์ และภาณุ เทวรัตน์มณีกุล. 2541. ชีวิตวิทยาและการเพาะเลี้ยงปลาปัก. วารสารการประมง 51(1): (ม.ค.-ก.พ.).
- สมศักดิ์ ระย่น. 2540. ผลของวิตามินซีต่อความเครียดและการเจริญเติบโตของลูกกึ่งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สโรชา หุ่นศิริ. 2540. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. "ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย". มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ai, Q., M. Kangsen, T. Beiping, X. Wei, Z. Wenbing, M. Hongming, and L. Zhiguo. 2006. Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Aquaculture 261: 327 – 336.
- Akiyama, D.M., W.G. Dominy and A.L. Lawrence. 1991. Commercial Considerations for Shrimp Nutrition. The Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Bangkok, Thailand, September 19-21. 133 p.
- Al-Amoudi, M.M., A.M.N. El-Nakkadi, and B.M. El-Nouman. 1992. Evaluation of optimum dietary requirement of vitamin C for the growth of *Oreochromis spilurus* fingerlings in water from the Red Sea. Aquaculture 105: 165 – 173.
- Anadu, D.I., O.C. Anozie and A.D. Anthony. 1990. Growth response of *Tillapia zillii* fed diets containing various levels of ascorbic acid and cobalt chloride. Aquaculture 88: 329 – 339.

- Andrade, J. I. A. D., E. A. Ono, G. C. D. Menezes, E. M. Brasil, R. Ruobach, E. C. Urbinati, M. T. Dias, J. L. Marcon, and E. G. Affonso. 2006. Influence of diets supplemented with vitamins C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology*.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed., AOAC, Arlington, Virginia : 1018 p.
- Barlow, S. 1989. Fish meal – world outlook to the year 2000. *Fish Farmer*. Sept/Oct : 40 – 43.
- Benitez, L.V. and J.E. Halver. 1982. Ascorbic acid sulfate sulfohydrolase (C2 sulfatase) : the modulator of cellular levels of ascorbic acid in rainbow trout. *Proc. Nat. Acad. U.S.A.* 70 : 5445-5449.
- Chavez de Martinex, M.C. 1990. Vitamin C requirement of the Mexican native cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture* 86 : 409 - 413.
- Dyerberg, J., Bang, H.O., Stoffersen, E., Moncada, S. and Vane, J.R. 1978. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *Lancet*. 2: 117.
- Garcia, F., F. Filarski, E. Onaka, F. Moraes and M. Martins. 2007. Hematology of *Piaractus mesopotamicus* fed diets supplemented with vitamins C and E, challenged by *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 217: 39 - 46.
- Gouillou-Coustans, M.-F., P. Bergat and S.J. Kaushik. 1998. Dietary ascorbic acid need of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture* 161 : 453 – 461.
- He, H. and A.L. Lawrence. 1992. Vitamin C requirements of shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 114: 305 – 316.
- Henrique, M.M.F., E.F. Gomes, M.F. Gouillou-Coustans, A. Oliva-Teles and S.J. Davies. 1998. Influence of supplementation of practical diets with vitamin C on growth and response to hypoxic stress of seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture* 161(1-4): 415 - 426.

- Herold, P.M. and Kinsella, J.E. 1986. Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: A comparison of finding from animal and human feeding trial. *Am. J. Clin. Nutr* 43: 556.
- Hsu, T.S. and S.Y. shiau. 1998. Comparison of vitamin C requirement for maximum growth of grass shrimp, *Penaeus monodon*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg. *Aquaculture* 163 : 203 - 213.
- Hyvarinen, A. and E. Nikkila. 1962. Specific determination of blood glucose with O-toluidine. *Clin. Chem. Acta*. 7: 140 - 143.
- Khajoreen, J. and S.Khajareen. 1997. Stability and bioavailability of vitamin C-glucose in *Clarias* hybrid catfish (*Clarias gariepinus* X *Clarias macrocephalus*).
- Lim, C. and Dominy, W. 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. In: T.H. Applewhite (ed.) *Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs*, J. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, Illinois: 245 – 251.
- Lim, C., P.H. Klesius, M. Li and E. H. Robinson. 1999. Interaction between dietary levels of iron and vitamins C on growth, hematology, immune responses and resistant of channel catfish (*Ictalurus punctatus*.fed) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture* 185: 313 - 327.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 140: 879 - 85.
- Lovell, R.T.. 1984. Use of soybean product in diets for aquaculture species. *Animal Nutrition Bulletin. American Soybean Association*, February : 1 - 6.
- Menezes, G. C. D., M. T. Dias, E. A. Ono, J. I. A. D. Andrade, E. M. Brasil, R. Ruobach, E. C. Urbinati, J. L. Marcon and E. G. Affonso. 2006. The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu *Arapaima gigas*, in net culture. *Comparative Biochemistry and Physiology* 145: 274 - 279.
- Merchie, G., P. Lavens and P. Sorgeloose. 1997. Optimization of dietary vitamin C in

- fish and crustacean larvae : a review. *Aquaculture* 155 : 165-181.
- Mitchell, H.H. 1950. Nutritive factors in soybean meal products. In: K.S. Markley (ed.), *soybeans and Soybean Products*. Interscience Publishers, New York, INC : 383 – 422.
- Moser, U. and A. Bendich. 1990. Vitamin C, pp. 195-232. *In* J.M. Lawrence (ed.). *Handbook of Vitamins*. Marcel Dekker, New York.
- NRC (National Research Council). 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC : 114 p..
- 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.
- Shiau, S.Y. and T.S. Hsu. 1995. L-ascorbyl-2-sulfate has equal antiscorbutic activity as L-ascorbyl-2-monophosphate for tilapia, (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*). *Aquaculture* 133 : 147-157.
- Shiau, S.Y. and T.S. Hsu. 1999. Quantification of vitamin C requirement for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2- monophosphate-Mg. *Aquaculture* 175: 317 – 326.
- Singer, P. *et al.* 1983. Lipid and blood pressure – lowering effect of mackerel diet in man. *Atherosclerosis* 49: 99.
- Swingle, H.S. 1969. *Methods of Analysis for Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils Use in Fisheries Research*. Auburn University. 119 p.
- Thompson, I.A., A. White, T.C. Fletcher, D.F. Houlihan and C.J. Secombes. 1993. The effect of stress on the immune response of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets containing different amounts of vitamin C. *Aquaculture* 114: 1 – 18.
- Watanabe, T. *et al.* 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in newly developed self – dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58: 1761 – 1773.

Watanabe, T. *et al.* 1993. Replacement of fish meal by alternative protein sources in rainbow trout diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 1573 – 11579.



บทคัดย่อ

การศึกษาระบบการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1-2 ปีในบ่อดินขนาด 400 ตร.ม. เพื่อการค้า การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึก ปลอ่ยปลาบึกน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 58.5 กรัม ด้วยความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. โดยให้อาหาร 2 ชนิด คืออาหารปลาสด และปลากินพืชสำเร็จรูป อัตรา 3% ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง ทดลองเป็นระยะเวลา 120 วัน การทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1 ปี ปลอ่ยปลาบึกด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. และ 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 763.0 กรัม ให้อาหารปลาสดสำเร็จรูปในอัตรา 3% ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 240 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 พบว่าทั้งปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสดมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) สำหรับเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสดมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Bต่อC Ratio) ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) การทดลองที่ 2 พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจดีกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารปลาสดสำเร็จรูปและอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน คือ 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. เป็นระบบที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1-2 ปีเพื่อการค้า

ABSTRACT

Two experiments were conducted in 400-m² green water system earthen pond, to test the feasibility of a production system for commercial purpose of Mekong giant catfish (MGC, *Pangasianodon gigas*) one-two year class. The first experiment was designed to compare growth and economic performance of MGC on two types of diet (commercial catfish pellet, CF and commercial herbivorous pellet, HF). Fish were stocked at the stocking density of 1 fish per 3 m², and fed twice daily at rate of 3% body weight per day for 120 days. The second experiment, fish were stocked at the stocking density of 1 fish per 2 m² and 1 fish per 3 m². Fish were fed CF diet twice daily at rate of 3% body weight per day for 240 days. The results showed that fish were fed by CF diet had significantly ($P<0.05$) higher growth performance (in term of mean weight gain, mean total length and feed conversion ratio) than those fed HF diet. However, there were no significant ($P>0.05$) differences in economic performance (in term of benefit cost ratio, B/C ratio) among two types of diet. In the second experiment, fish in stocking density of 1 fish per 3 m² had the significantly ($P<0.05$) higher growth and economic performance than those in stocking density of 1 fish per 2 m². This study demonstrates that the HF diet and the stocking density of 1 fish per 3 m² are suitable for a production system of MGC one-two year class.

บทนำ

การเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรเริ่มมีช่องทางที่สดใส หลังจากที่กรมประมงสามารถผสมเทียมปลาบึกได้สำเร็จ ปลาบึกเป็นปลาที่มีราคาค่อนข้างแพง แต่ในการเลี้ยงปลาบึกนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงต้องมีความพร้อมในหลายด้าน ทั้งทางด้านต้นทุนการเลี้ยงและสถานที่ เพราะปลาบึกเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้บ่อที่มีขนาดใหญ่และลึกพอสมควร อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานประมาณ 5-6 ปี จึงจะจำหน่ายได้ เพราะยังคงติดในภาพพจน์ของปลาขนาดใหญ่ ต้นทุนการเลี้ยงจึงสูงมาก เกษตรกรผู้เลี้ยงหลายคนกล่าวว่าการเลี้ยงปลาบึกก็เหมือนกับการนำเงินไปฝากธนาคารที่รอคอยดอกเบี้ยเป็นผลตอบแทน ที่ตัดสินใจเลี้ยงก็เนื่องจากราคาที่แพงของปลาบึกเป็นสิ่งที่จูงใจการเลี้ยงปลาบึกของเกษตรกรในปัจจุบันปัญหาหลักที่เจอก็คือ ต้นทุนค่าอาหารสูง ระยะเวลาในการเลี้ยงนาน เกษตรกรรายย่อยและเกษตรกรรายจนที่ไม่มีเงินทุนมากพอจึงไม่สามารถเลี้ยงเป็นอาชีพได้

ดังนั้นหากสามารถพัฒนาปลาบึกให้เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้ ก็จะเป็นผลดีอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ส่งผลให้ลดการจับปลาจากแม่น้ำโขง ลดการนำเข้าปลาธรรมชาติจากต่างประเทศ ตลอดจนเป็นอาหารโปรตีนแก่ประชากร ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาบึกด้วยช่วงเวลาที่สูงลง เหลือเพียง 1-2 ปี (จากข้อมูลการเลี้ยงในบ่อปลาบึกจะสามารถโตเฉลี่ย 4-5 กิโลกรัมต่อปี) ให้สามารถจำหน่ายได้ จึงเป็นทางออกที่สำคัญในการขยายการเลี้ยงปลาบึกให้กว้างขวางออกไป จากข้อมูลการเลี้ยงในบ่อ ปลาบึกจะสามารถโตเฉลี่ย 4-5 กิโลกรัมต่อปี สามารถขยายตลาดปลาบึกภายในประเทศให้กว้างขึ้นจากเดิมที่นิยมซื้อขายปลาเป็นขนาดโต 20-30 กิโลกรัม เป็นปลาชำแหละเป็นชิ้นพัฒนารูปแบบให้สะดวกต่อผู้บริโภคซื้อได้ เนื่องจากปลาบึกเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อประเทศและภูมิภาคอินโดจีน และประเทศไทยมีองค์ความรู้ มีเทคโนโลยีและมีศักยภาพและโอกาสสูง ประกอบกับผู้บริโภคมีความเชื่อว่ากินปลาบึกแล้วสุขภาพจะดี ฉลาดและโชคดี โดยสรุปซื้อปลาบึกสามารถจำหน่ายได้ ดังนั้นแนวทางที่จะพัฒนาให้เป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่ยั่งยืน จึงมีความเป็นไปได้สูงและมีความสำคัญในอนาคต

เท่าที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยเกี่ยวกับปลาบึกส่วนใหญ่ เน้นไปทางด้านความพยายามในการเพาะขยายพันธุ์ และการอนุบาลลูกปลาให้รอด แต่ยังมีการศึกษาอย่างเป็นระบบน้อยมาก ในด้านระบบการเลี้ยงที่เหมาะสมสำหรับผลิตปลาบึกเพื่อการจำหน่าย

การเลี้ยงปลาบึกแบบดั้งเดิมนั้นต้องการได้ปลาขนาดใหญ่ จึงมีการเลี้ยงที่ต้องการการจัดการที่ซับซ้อน เช่น การย้ายไปสู่อบ่อที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามขนาดของปลา จึงต้องใช้เนื้อที่มากในการเลี้ยง และต้องคำนึงถึงอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสม เพื่อที่จะเลี้ยงปลาบึกให้มีอัตราการ

เจริญเติบโตสูง อัตราการปล่อยลูกปลาบึกประมาณ 1 ตัวต่อ 2 ตารางเมตร เมื่อปลามีขนาดโตขึ้นก็ควรจะย้ายบ่อเพื่อลดความหนาแน่น หากสามารถเลี้ยงในบ่อที่ใหญ่ได้ปลาก็จะสามารถโตได้ดียิ่งขึ้น อาหารที่ใช้ควรเป็นอาหารที่ผลิตเองเพื่อลดต้นทุน ระดับของโปรตีนประมาณ 20% และเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อ คือ พอกแพลงก์ตอนและสาหร่าย ซึ่งสามารถเพิ่มได้โดยการเติมปุ๋ยหรือมูลสัตว์ต่าง ๆ ก็จะเป็นการลดต้นทุนในส่วนของการอาหารได้เป็นอย่างดี ต้นทุนการเลี้ยงปลาบึกในบ่อและในคอกไม่ควรเกิน 50-60 บาทต่อกิโลกรัม จะคุ้มทุนเนื่องจากสามารถขายปลาบึกได้ในราคา 90-100 บาทต่อกิโลกรัม ช่วงที่ตลาดต้องการปริมาณมากราคาเพิ่มขึ้นถึง 150 บาทต่อกิโลกรัม วิธีการเลี้ยงที่ให้ผลการเจริญเติบโต รองลงมา คือ การเลี้ยงปลาบึกในคอกและในกระชัง ส่วนในบ่อซีเมนต์ให้ผลการเจริญเติบโตต่ำที่สุดและมีอัตราการรอดต่ำ (เกรียงศักดิ์, 2548) ดังนั้นหากสามารถเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน ในระยะเวลา 1-3 ปี โดยไม่ต้องย้ายบ่อ ให้ได้ปลาขนาดย่อมลงมา ก็เป็นวิธีการที่ง่ายในการปฏิบัติสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ไม่มีพื้นที่มากได้

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึก ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งปรากฏว่าปลาบึกสามารถปรับตัวกินอาหารเม็ดได้ อาหารเม็ดดังกล่าวประกอบด้วย รำละเอียด 30% ปลาข้าว 14% ปลาป่น 20% สาหร่ายแห้ง 15% ถั่วเหลือง 20% เกลือ 0.5% และวิตามินรวม 0.5% (วินัสและอำนาจ, 2512)

ความยาวมาตรฐานของปลาบึกในบ่อ เริ่มจากอายุ 45 วัน หลังจากฟักออกเป็นตัวจนถึงอายุ 288 วัน แสดงการกระจายของความยาวมาตรฐานเป็นรูประฆังคว่ำ (normal distribution) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) อยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.6 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยความยาวมาตรฐานเพิ่มขึ้นเดือนละ 2.1 เซนติเมตร อัตราการเพิ่มมากขึ้นขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณอาหาร อัตราความหนาแน่น และคุณภาพน้ำ (เสนห์และภาณุ, 2540)

บ่อเลี้ยงขนาด 3,200 ตารางเมตร ปล่อยปลา 20,000 ตัว (6.25 ตัวต่อตารางเมตร) ให้อาหารผสมระดับโปรตีน 15% ให้อาหาร 2% ของน้ำหนักปลา ปลาทดลองมีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเดือนละ 2.1 เซนติเมตร นับว่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเลี้ยงปลาบึกของฟาร์มเอกชนที่อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ซึ่งปล่อยปลาในอัตรา 1.25 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารผสมมีระดับโปรตีน 30% หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 7 เดือนได้ปลาโตเฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม ความยาวมาตรฐานเฉลี่ย 50 เซนติเมตร (วินัยและคณะ, 2529)

การเลี้ยงปลาบึกในคอกวงกลมขนาด 400 ตารางเมตร ปล่อยปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 23.53 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 120.05 กรัม ให้อาหารระดับโปรตีน 25% โดยอัตราปล่อยต่างกัน คือ 4 ตารางเมตรต่อตัว, 2 ตารางเมตรต่อตัว, 1 ตารางเมตรต่อตัว และ 0.5 ตารางเมตรต่อตัว เลี้ยงนาน 7 เดือน ณ อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น พบว่าที่อัตราความหนาแน่น 0.5 ตาราง

เมตรต่อตัว มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 1 ตารางเมตรต่อตัว 2 ตารางเมตรต่อตัว และ 4 ตารางเมตรต่อตัว มีอัตราการเจริญเติบโต 5.73, 5.29, 5.09, 3.55 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อพบว่าที่อัตราความหนาแน่น 1 ตารางเมตรต่อตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 4.03 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 0.5 ตารางเมตรต่อตัว แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) กับการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 2 ตารางเมตรต่อตัว และ 4 ตารางเมตรต่อตัว ซึ่งมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 4.45 และ 4.40 ตามลำดับ อัตราการรอดในการเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ที่อัตราความหนาแน่น 4 ตารางเมตรต่อตัว และ 2 ตารางเมตรต่อตัว จะมีอัตราการรอดสูงที่สุดคือ 99%

การทดลองเลี้ยงปลาบึกในคอกไม้ไผ่ขนาด 400 ตารางเมตร จำนวน 3 คอก ใช้ปลาบึกขนาดความยาวเฉลี่ย 35.4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กิโลกรัม คอกละ 50 ตัว ให้อาหารวันละ 3% ของน้ำหนักตัว เลี้ยงนาน 7 เดือน น้ำหนักเพิ่มขึ้น 1.8 กิโลกรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 5.8-6.4 และอัตราการรอดตาย 80-100% (ธีรพัฒน์, 2530)

ต้นทุนการเลี้ยงปลาบึกในคอก โดยใช้การเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 0.5 ตารางเมตรต่อตัว เลี้ยงนาน 7 เดือน (212 วัน) ได้ผลผลิตปลาบึกโดยรวม 519.02 กิโลกรัมต่อคอก หรือเท่ากับ 4,154 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาต้นทุนการเลี้ยงต่อกิโลกรัม คือ 38.51 บาท ซึ่งราคาซื้อขายในตลาดกิโลกรัมละ 120-150 บาท (อำนาจและธนธิพันธ์, 2529)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้บ่อดินขนาด 400 ตร.ม. รักษาระดับน้ำให้ลึกไม่ต่ำกว่า 1 ม. ตลอดจนการทดลอง ใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16-20-0 ในอัตรา 28 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ (ได้ในโตรเจน 4 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์) เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดจนการทดลอง

สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลากินน้ำหนัก 58.50 ± 1.10 กรัม ซื้อจากฟาร์มเอกชนในจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. ด้วยความหนาแน่น 100 ตัวต่อตร.ม เป็นเวลา 18 ชม. ก่อนทำการสุ่มนับ วัดความยาว และชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในบ่อทดลอง ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง

อาหารทดลองและการวางแผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลากิน

โดยใช้อาหารปลาสดสำเร็จรูปและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเป็นอาหารทดลอง อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลอง 3% ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 30 วัน ปล่อยปลากินด้วยความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม และปลานิลแดงด้วยความหนาแน่น 1 ตัวต่อตร.ม. ทดลองเป็นระยะเวลา 120 วัน

ตารางที่ 1 Chemical composition (%) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1 (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

ชนิดอาหาร สำเร็จรูป	% ความชื้น	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
อาหารปลาสด	7.82 ± 0.06	8.78 ± 0.02	26.55 ± 0.36	4.80 ± 0.10	7.48 ± 0.08	52.40 ± 0.40
อาหารปลากินพืช	7.14 ± 0.08	8.75 ± 0.19	15.76 ± 0.12	4.13 ± 0.10	7.53 ± 0.17	63.85 ± 0.20

การทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1 ปี

ปล่อยปลาบึกในบ่อด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. และ 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. ให้อาหารที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 1 คือปลาตุ๋นสำเร็จรูป ในอัตรา 3% ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 30 วัน ทดลองเป็นระยะเวลา 240 วัน

การวิเคราะห์อาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา (carcass composition)

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

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 30 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิและ Dissolved oxygen (DO) ด้วยเครื่อง Oxygen meter (YSI Model 59), Total ammonia และ Nitrite วิเคราะห์หาค่าโดยใช้ Spectrophotometer (Hach DRต่อ2000) ส่วนค่า pH ใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG 840)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

สุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวปลาจำนวน 50 ตัว ในบ่อทุก ๆ 30 วัน ตลอดการทดลอง ในแต่ละการทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%ต่อวัน)

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

ข. อัตราการรอดตาย (Survival) (%)

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

ค. อัตราการแลกเนื้อ (Food Conversion Ratio, FCR)

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

ง. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) (กรัม)

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

การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ก. ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม

$$= \text{ต้นทุนค่าอาหาร} + \text{ต้นทุนค่าปุ๋ย}$$

ข. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)

$$= \text{ราคาปลาต่อ กก.} / \text{ต้นทุนการผลิตปลาต่อกิโลกรัม}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ T-test (2-tails) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิล

ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลการทดลอง พบว่าทั้งปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสำเร็จรูปมีน้ำหนักสิ้นสุด ความยาวสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาพื้นบ้านสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างกัน

พารามิเตอร์	ชนิดอาหารสำเร็จรูป		T-test
	อาหารปลาตุ๊ก	อาหารปลากินพืช	(P-value)
Growth performance			
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	58.50±1.10	58.50±1.10	1.000
ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	18.99±0.14	19.08±0.16	0.708
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัมต่อตัว)	962.60±13.14 ^a	760.40±8.75 ^b	0.000
ความยาวสิ้นสุด (ซม.)	44.89±0.24 ^a	42.77±0.21 ^b	0.000
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัมต่อตัว)	904.10±12.80 ^a	701.90±8.97 ^b	0.000
ความยาวที่เพิ่ม (ซม.)	25.89±0.28 ^a	23.69±0.27 ^b	0.000
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)	2.34±0.02 ^a	2.14±0.02 ^b	0.000
อัตราการแลกเนื้อ	1.14±0.02 ^a	1.38±0.02 ^b	0.000
อัตราการรอดตาย (%)	100.00±0.00	100.00±0.00	-
Economic performance			
ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท) ¹	41.24±0.39 ^a	40.22±0.31 ^b	0.042
B/C Ratio	2.44±0.02	2.49±0.02	0.052

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

¹ ต้นทุนผลผลิตต่อกิโลกรัมและ B/C Ratio คำนวณจาก: ต้นทุนอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูป = 21.00 บาทต่อกิโลกรัม, ต้นทุนอาหารปลากินพืชสำเร็จรูป = 14.25 บาทต่อกิโลกรัม, ต้นทุนปุ๋ยสูตร 16-20-0 = 18.60 บาทต่อกิโลกรัม และราคาปลาบึก 100 บาทต่อกิโลกรัม

ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม. (ตารางที่ 2) ของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูปสูงกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาตุ๊กและปลากินพืชสำเร็จรูปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน พบว่าเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูปมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใยและ

คาร์โบไฮเดรตของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Chemical composition (%) ของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	%	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
ปลาตาก	48.54±0.63	7.56±0.13	85.91±0.20 ^a	2.24±0.58	1.48±0.42	2.82±0.52
ปลากินพืช	48.82±0.53	7.41±0.14	84.34±0.33 ^b	2.23±0.28	1.82±0.17	4.19±0.38
T-test (P -value)	0.749	0.475	0.016	0.997	0.488	0.101

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสมมติเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน พบว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปมีค่า pH และ DO สูงกว่า และมีค่าแอมโมเนียต่ำกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาตากสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอุณหภูมิและไนโตรเจนของบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน

ชนิดอาหารสำเร็จรูป	pH	อุณหภูมิ (°C)	DO (มก./ล)	แอมโมเนีย (มก./ล)	ไนโตรเจน (มก./ล)
อาหารปลาตาก	7.2±0.0 ^a	30.7±0.1	7.13±0.09 ^a	0.621±0.057 ^a	0.058±0.003
อาหารปลากินพืช	7.6±0.0 ^b	31.0±0.1	8.07±0.03 ^b	0.357±0.044 ^b	0.086±0.019
T-test (P -value)	0.000	0.060	0.001	0.022	0.222

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสมมติเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลอายุ 1 ปี

ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลการทดลองพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. มีน้ำหนักสิ้นสุด ความยาวสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันทั้ง 2 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 5

ด้านประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ

ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. มีต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กก. ต่ำกว่า และมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) สูงกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน

พารามิเตอร์	อัตราความหนาแน่น		T-test (<i>P</i> -value)
	1 ตัวต่อ 3 ตร.ม.	1 ตัวต่อ 2 ตร.ม.	
<i>Growth performance</i>			
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	761.60±14.59	764.40±18.40	0.905
ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	44.35±0.34	44.17±0.36	0.723
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัมต่อตัว)	3,634.40±83.08 ^a	3,326.80±78.05 ^b	0.008
ความยาวสิ้นสุด (ซม.)	68.09±0.69 ^a	66.16±0.54 ^b	0.031
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัมต่อตัว)	2,872.80±68.76 ^a	2,562.40±59.78 ^b	0.001
ความยาวที่เพิ่ม (ซม.)	23.74±0.44 ^a	21.99±0.20 ^b	0.000
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)	0.65±0.00 ^a	0.61±0.00 ^b	0.000
อัตราการแลกเนื้อ	4.02±0.02 ^a	4.26±0.01 ^b	0.000
อัตราการรอดตาย (%)	100±0.00	100±0.00	-
<i>Economic performance</i>			
ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท) ¹	105.69±0.44 ^a	109.06±0.33 ^b	0.000
B/C Ratio	0.95±0.00 ^a	0.92±0.00 ^b	0.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

¹ ต้นทุนผลผลิตต่อกิโลกรัม และ B/C Ratio คำนวณจาก: ต้นทุนอาหารปลาสดสำเร็จรูป = 24.00 บาทต่อกิโลกรัม, ต้นทุนปุ๋ยสูตร 16-20-0 = 18.60 บาทต่อกิโลกรัม, และราคาปลาบึก 100 บาทต่อกิโลกรัม

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันทั้ง 2 ระดับ พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตของเนื้อปลาบึกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 Chemical composition (%) ของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน

อัตรา ความหนาแน่น	%	% as dry weight				
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
1 ตัวต่อ 3 ตร.ม.	62.27 $\pm$ 0.47	6.46 $\pm$ 0.27	65.24 $\pm$ 0.63	20.63 $\pm$ 0.45	1.05 $\pm$ 0.06	6.62 $\pm$ 1.00
1 ตัวต่อ 2 ตร.ม.	63.27 $\pm$ 0.19	5.52 $\pm$ 0.27	64.72 $\pm$ 0.80	20.22 $\pm$ 0.81	1.08 $\pm$ 0.06	8.47 $\pm$ 0.50
T-test (<i>P</i> -value)	0.119	0.069	0.638	0.683	0.794	0.173

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน พบว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. มีค่า pH และอุณหภูมิสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. แต่มีค่า DO ต่ำกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับค่าแอมโมเนียและไนไตรท์ของบ่อที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันทั้ง 2 ระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำในบ่อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน

อัตรา ความหนาแน่น	pH	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)	DO (มก./ล)	แอมโมเนีย (มก./ล)	ไนไตรท์ (มก./ล)
1 ตัวต่อ 3 ตร.ม.	7.38 $\pm$ 0.01 ^a	30.50 $\pm$ 0.03 ^a	6.92 $\pm$ 0.10 ^a	0.291 $\pm$ 0.013	0.078 $\pm$ 0.001
1 ตัวต่อ 2 ตร.ม.	7.31 $\pm$ 0.01 ^b	30.37 $\pm$ 0.02 ^b	7.76 $\pm$ 0.01 ^b	0.253 $\pm$ 0.011	0.076 $\pm$ 0.002
T-test (<i>P</i> -value)	0.009	0.031	0.001	0.088	0.345

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึก

จากผลการทดลอง พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูปมีน้ำหนักสิ้นสุด ความยาวสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูปมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า และคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าอาหารปลากินพืชสำเร็จรูป (ตารางที่ 1) แม้ว่าปลาบึกจะเป็นปลากินพืช (เสนห์และภาณุ, 2540) McGoogan และ Gatlin III (2000) กล่าวว่าอาหารโปรตีนสูงทำให้สัตว์น้ำหลายชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตดี และยังอธิบายว่าสัตว์น้ำหลายชนิดที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ เมื่อพลังงานในอาหารสูงขึ้นจะกินอาหารลดลง เพราะได้รับพลังงานในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ซึ่งอาจทำให้สัตว์น้ำได้รับโปรตีนไม่เพียงพอกับความ ต้องการ หรือไม่สามารถกินอาหารได้มากเพียงพอความต้องการของร่างกาย เพราะขีดจำกัดด้าน กายภาพ เช่น ความจุของกระเพาะอาหาร ส่วนศักดิ์ชัย (2536) กล่าวว่า ปลามีความต้องการโปรตีน อย่างน้อยที่สุดเท่ากับปริมาณโปรตีนที่สะสมอยู่ในร่างกายของปลา โดยที่ปลากินพืช ปลากินพืชและ เนื้อ และปลากินเนื้อมีความต้องการโปรตีนประมาณ 18-25, 25-32 และ 30-35% ตามลำดับ

เสนห์และภาณุ (2540) กล่าวว่า ความยาวมาตรฐานของปลาบึกในบ่อ เริ่มจากอายุ 45 วัน หลังจากฟักออกเป็นตัวจนถึงอายุ 288 วัน แสดงการกระจายของความยาวมาตรฐานเป็นรูประฆัง ค่ำ (normal distribution) โดยเฉลี่ยความยาวมาตรฐานเพิ่มขึ้นเดือนละ 2.1 เซนติเมตร อัตราการ เพิ่มมากขึ้นขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณอาหาร อัตราความหนาแน่น และคุณภาพน้ำ ในการ เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมระดับโปรตีน 15% ให้อาหาร 2% ของน้ำหนักปลา ในบ่อเลี้ยงขนาด 3,200 ตร.ม. ปล่อยปลา 20,000 ตัว (6.25 ตัวต่อตร.ม.) ปลาทดลองมีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเดือน ละ 2.1 เซนติเมตรนับว่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเลี้ยงปลาบึกของฟาร์มเอกชนที่อำเภอ ดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ซึ่งให้อาหารผสมมีระดับโปรตีน 30% ปล่อยปลาในอัตรา 1.25 ตัว ต่อตร.ม. หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 7 เดือนได้ปลาโตเฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม ความยาวมาตรฐานเฉลี่ย 50 ซม. แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการเติบโตที่รวดเร็วของปลาบึก สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่ เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารปลาตุ๊กสำเร็จรูป ในเวลา 120 วัน สามารถได้ผลผลิตปลาบึกขนาดความ ยาวเพิ่มและน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 25.89 ซม. และ 904.10 กรัม ตามลำดับ โดยอัตราการเติบโตจากผล การทดลองในครั้งนี้สูงกว่า การทดลองของเกรียงศักดิ์และจารุวัลย์ (2550) ที่ทดลองเลี้ยงปลาบึก อายุ 4 ปี ขนาด 4-6 กก. ด้วยอัตรา 1 ตัวต่อ 9 ตร.ม. ด้วยอาหารสำเร็จรูปผลิตเอง โปรตีน 30% เป็น

เวลา 138 วัน พบว่าปลาบึกมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อตัวเฉลี่ยเพียง 711.11 กรัม สอดคล้องกับ Manosroi *et al.* (2003) กล่าวว่า ปลาบึกสามารถเติบโตได้ขนาด 3-10 กก. ต่อปี ทั้งในบ่อเลี้ยงและในอ่างเก็บน้ำ และจากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาบึกอายุ 7 ปี พบว่า ในช่วง 3 ปีแรก จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า 4 ปีหลัง

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของปลาบึกในการทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับปลาน้ำจืดชนิดอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะเป็นการทดลองในบ่อดินที่มีการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ช่วยสร้างแพลงก์ตอนเป็นอาหารธรรมชาติให้แก่ปลาบึกที่เลี้ยง เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงของปลาบึก ซึ่งเป็นปลากินพืช (เสนห์และภาณุ, 2540) ในธรรมชาติดั้งเดิมของสายพันธุ์ปลาชนิดนี้ Diana *et al.* (1994) รายงานว่าปลาที่สามารถกินอาหารธรรมชาติได้ดีการใส่ปุ๋ยเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อสามารถช่วยลดปริมาณอาหารที่ให้แก่ปลาได้ โดยในการทดลองเลี้ยงปลานิลควบคู่ไปกับการใส่ปุ๋ยเป็นเวลา 155 วัน สามารถลดปริมาณการให้อาหารลงได้ครึ่งหนึ่งโดยไม่ส่งผลเสียต่อการเติบโตของปลา

การทดลองครั้งนี้ พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน (อาหารปลาสดและอาหารปลากินพืชสำเร็จรูป) ไม่ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Yang *et al.* (2002) รายงานว่า ปลา Silver perch (*Bidyanus bidyanus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 13-55 % พบว่าอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้องกับ Ai *et al.* (2004) ได้ทดลองเลี้ยงปลา Japanese seabass (*Lateolabrax japonica*) ด้วยอาหารที่มีโปรตีนต่างกันคือ 36%, 41% และ 46% พบว่าอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัมของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสดสำเร็จรูป สูงกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เพราะอาหารปลาสดสำเร็จรูปมีราคาสูงกว่าอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปค่อนข้างมาก แต่อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปต่างชนิดกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นในการเลี้ยงปลาบึกเพื่อการค้าโดยหวังผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เกษตรกรควรใช้อาหารปลากินพืชสำเร็จรูปในการเลี้ยงควบคู่ไปกับการใส่ปุ๋ยเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยง ซึ่งสามารถให้ผลตอบแทน 2.49 บาท ต่อเงินลงทุน 1 บาท ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงปลานิลในบ่อร่วมกับไก่กระทุงในจังหวัดเชียงใหม่ ที่มี B/C Ratio อยู่ในช่วง 1.30-1.71 (เทพรัตน์, 2547) และ ประจวบและคณะ (2547) รายงานว่า การเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนในกระชัง ในแม่น้ำปิงจังหวัดเชียงใหม่ ให้อัตราผลตอบแทน (ROI) เท่ากับ 6.44% และ 15.47% ซึ่งเท่ากับ B/C Ratio 0.06 และ 0.15 ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างกัน พบว่าเนื้อปลาน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสำเร็จรูปมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาพื้นบ้านสำเร็จรูป ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Yang *et al.* (2002) กล่าวว่า ในอาหารที่มีโปรตีนต่ำ (13-31%) ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา Silver perch (*Bidyanus bidyanus*) จะมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับระดับโปรตีนในอาหารที่ปลาได้รับ จึงทำให้โปรตีนในเนื้อปลาแตกต่างกัน ($P < 0.05$) แต่ถ้าโปรตีนในอาหารสูงกว่า 37% ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาจะไม่แตกต่างกัน Shyong *et al.* (1998) พบว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนสูง (40.9-45.3%) ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา *Zacco barbata* สูงกว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำ (20.5%) และ Giri *et al.* (2003) รายงานว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา hybrid *Clarias catfish* (*Clarias batrachus* × *Clarias gariepinus*) จะเพิ่มขึ้น ($P < 0.001$) ตามระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยสุพัทธ์และธราพันธ์ (2547) และ สุพัทธ์และประหยัด (2548) รายงานว่า โปรตีนในเนื้อปลามีความสัมพันธ์กับระดับโปรตีนในอาหาร คือระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มมากขึ้นการสะสมของโปรตีนในเนื้อปลาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ส่วนปริมาณความชื้น ไขมัน เยื่อใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตของเนื้อปลาน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนต่างกันในการทดลองครั้งนี้ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับธราพันธ์และสุพัทธ์ (2546) พบว่าเนื้อปลากดหินที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันคือ 17-37% และสุจิตราและสุพัทธ์ (2549) พบว่าเนื้อปลาสังกะวาดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันคือ 20-40% มีปริมาณความชื้น ไขมัน เยื่อใยและเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และ Yang *et al.* (2002) รายงานว่าปริมาณเถ้าในเนื้อปลา silver perch ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนแตกต่างกัน คือ 13-55%

คุณภาพน้ำในบ่อปลาน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสำเร็จรูปมีค่า DO ต่ำกว่า แต่แอมโมเนียสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาพื้นบ้านสำเร็จรูป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เพราะอาหารปลาสำเร็จรูป (26.55%) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าอาหารปลาพื้นบ้านสำเร็จรูป (15.76%) จึงทำให้น้ำในบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาสำเร็จรูปมีธาตุไนโตรเจนสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาพื้นบ้านสำเร็จรูป ส่งผลทำให้น้ำมีค่าแอมโมเนียสูงกว่า แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ไมตรี, 2530) ซึ่งมันลินและไพพวรรณ (2538) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง ของเสียที่เกิดขึ้นหรืออาหารเหลือจะทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำบางชนิดสามารถปรับตัวให้เคยชินกับสภาวะแอมโมเนียในน้ำสูงได้เช่นในกรณีของการเลี้ยงปลาดุก

การทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึกอายุ 1 ปี

จากผลการทดลองพบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. มีน้ำหนักสิ้นสุด ความยาวสิ้นสุด น้ำหนักที่เพิ่ม ความยาวที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของสุรางค์ (2540) และ สุริยันและนัยนา (2551) เลี้ยงปลาโมง Bocourti catfish (*Pangasius bocourti*) ในบ่อดินด้วยอัตราความต่างกัน พบว่าที่อัตราความหนาแน่นต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าที่อัตราความหนาแน่นสูง ($P<0.05$) และสอดคล้องกับการทดลองเลี้ยงปลาชนิดอื่น ๆ ในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน (Hengsawat et al. (1997) เลี้ยง African catfish (*Clarias gariepinus*); ทิพย์สุตาและคณะ (2549) เลี้ยงปลาเทโพ Black ear catfish (*Pangasius larnaudii*); วีระวรรณและศิริภาณี (2550) เลี้ยงปลาสาวยู Snail eater pangsius (*Pangasius conchophilus*); Coulibaly et al. (2007) เลี้ยง African catfish (*Heterobranchus longifilis*); และจิราพร (2551) เลี้ยงปลาสังกะวาดเหลือง Macronema catfish (*Pangasius macronema*)) ซึ่งพบว่าที่อัตราความหนาแน่นต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าที่อัตราความหนาแน่นสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Wang et al. (2000) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะปฏิภาคผกผันกับระดับความหนาแน่น คือเมื่อเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระดับความหนาแน่นที่มากขึ้น การเจริญเติบโตของปลาจะลดลงเพราะกำลังผลิต (carrying capacity) ของบ่อปลามีจำกัด เนื่องจากเมื่อระดับความหนาแน่นมากขึ้นมีผลทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ เช่น ทำให้พื้นที่อยู่อาศัยลดลง เกิดการแข่งขันด้านต่าง ๆ

อัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่ำ (1 ตัวต่อ 3 ตร.ม.) มีอัตราการแลกเนื้อดีกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นสูง (1 ตัวต่อ 2 ตร.ม.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองขององอาจและสมชาย (2548) เลี้ยงปลากดแก้ว (*Mystus wyckioides*) ในกระชัง, Coulibaly et al. (2007) เลี้ยง African catfish ในกระชัง และการทดลองของจิราพร (2551) ที่เลี้ยงปลาสังกะวาดในกระชัง ซึ่งพบว่าการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่นต่ำส่งผลทำให้อัตราการแลกเนื้อของปลาดีกว่าการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่นสูง ($P<0.05$) แต่ตรงกันข้ามกับการทดลองของคชาวุธและคณะ (2548) เลี้ยงปลาโมง Bocourti catfish (*Pangasius bocourti*) ในกระชัง และการทดลองของทิพย์สุตาและคณะ (2549) เลี้ยงปลาเทโพในกระชัง ซึ่งพบว่าการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นสูงทำให้อัตราการแลกเนื้อดีกว่าการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่ำ ($P<0.05$) ส่วนการทดลองของทิพย์สุตาและคณะ (2549) เลี้ยงปลาดุกอุยเทศ Hybrid

walking catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ในบ่อพลาสติก, วีระวรรณและศิริภาณี (2550) เลี้ยงปลาสาวยูปลาในกระชัง และการทดลองของสุริยันและนัยนา (2551) เลี้ยงปลาโงะในบ่อดิน พบว่าอัตราความหนาแน่นไม่ส่งผลต่ออัตราการแลกเนื้อของปลาแต่อย่างใด ($P>0.05$)

อัตราการรอดตายของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันทั้ง 2 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Toko *et al.* (2007) เลี้ยงปลา African catfish (*Clarias gariepinus*) และ vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) ในบ่อดิน, สุรางค์ (2540) และ สุริยันและนัยนา (2551) เลี้ยงปลาโงะในบ่อดิน, ทิพย์สุตาและคณะ (2549) เลี้ยงปลาดุกอุยเทศในบ่อพลาสติก, Hengsawat *et al.* (1997) เลี้ยง African catfish ในกระชัง, คชาวุธและคณะ (2548) เลี้ยงปลาโงะในกระชัง, ทิพย์สุตาและคณะ (2549) เลี้ยงปลาเทโพในกระชัง และการทดลองของวีระวรรณและศิริภาณี (2550) เลี้ยงปลาสาวยูปลาในกระชัง ซึ่งพบว่าอัตราความหนาแน่นไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลา ($P>0.05$) แต่การทดลองขององอาจและสมชาย (2548) เลี้ยงปลากดแก้วในกระชัง, Coulibaly *et al.* (2007) เลี้ยง African catfish ในกระชัง และการทดลองของจิราพร (2551) เลี้ยงปลาสังกะวาดเหลืองในกระชัง พบว่าการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่นสูงส่งผลทำให้อัตราการรอดตายของปลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ส่วนด้านต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม. ของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. ต่ำกว่า และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) สูงกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของสุริยันและนัยนา (2551) เลี้ยงปลาโงะในบ่อดินด้วยอัตราความต่างกัน พบว่าการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่ำมีต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม และผลตอบแทนการลงทุนเฉลี่ยดีกว่าการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นสูง แต่การเลี้ยงปลาในกระชังที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่าการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นสูงมีต้นทุนการผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม และผลตอบแทนการลงทุนเฉลี่ยดีกว่าการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่ำ (คชาวุธและคณะ, 2548; องอาจและสมชาย, 2548; ทิพย์สุตาและคณะ 2549; และ วีระวรรณและศิริภาณี, 2550) เช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาในบ่อพลาสติก (ทิพย์สุตาและคณะ 2549)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตของเนื้อปลาบึกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Toko *et al.* (2007) พบว่าปลา African catfish และ Vundu catfish ที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน มีปริมาณความชื้น เถ้า และโปรตีนในเนื้อปลาของทั้ง 2 ชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้อง

กับสุรางค์ (2540) ได้ทดลองเลี้ยงปลาโพงในบ่อดินด้วยอัตราความหนาแน่น 1, 3 และ 5 ตัวต่อตร.ม.เป็นเวลา 7 เดือน พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า และโปรตีนในเนื้อปลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในการทดลองของ Toko *et al.* (2007) พบว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น ส่วนการทดลองของสุรางค์ (2540) พบว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาจะลดลงเมื่อเลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น และจากการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาก็ของการทดลองที่ 2 (20.43%) มีปริมาณมากกว่าการทดลองที่ 1 (2.24%) เกือบ 10 เท่า เนื่องจากปลาก็กินในการทดลองที่ 2 มีขนาดใหญ่กว่าปลาก็กินในการทดลองที่ 1 จึงมีการสะสมไขมันมากกว่า สอดคล้องกับ Lovell (1989) รายงานว่า ปลา Channel catfish ที่มีขนาดใหญ่จะมีการสะสมไขมันมากกว่าปลาที่มีขนาดเล็ก เมื่อมีการให้อาหารเต็มที่หรือให้แบบจำกัด และปลาที่กินอาหารเต็มที่จะมีการสะสมไขมันในเนื้อมากกว่าปลาที่กินอาหารแบบจำกัด อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลา Channel catfish มีปริมาณสูงขึ้น

คุณภาพน้ำในบ่อปลาก็กที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 3 ตร.ม. มีค่า pH และอุณหภูมิสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 2 ตร.ม. แต่มีค่า DO ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่คุณภาพน้ำยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ไมตรี, 2530)

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2548. การเพาะเลี้ยงปลาก็กเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 152 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และ จารุวัลย์ แสงกระจ่าง. 2550. การเจริญเติบโต สอร์โมเนต ปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวของปลาก็กอายุ 4 ปี รุ่นที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดผสมสาหร่ายสไปรูลินา. วารสารการประมง 60 (6): 510-514.
- ศทาวุธ ปานบุญ, วรรณยู ขุนเจริญ, เขมชาติ จิวประสาท และ आयुวัฒน์ นิลศรี. 2548. ผลของอัตราความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตของปลาโพงในกระชัง. บทคัดย่อการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2548. กรมประมง. หน้า 50-51.
- จิราพร พรหมประเสริฐ. 2551. การเลี้ยงปลาสังกะวาดเหลืองในกระชังที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 48/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 23 หน้า.

- ทิพย์สุดา ต่างประโคน, ผ่องใส จันทศรี และ สุพรรณ ชันน้ำเที่ยง. 2549. **การเลี้ยงปลาดุกอุยเทศในบ่อพลาสติกที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 64/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 20 หน้า.
- ทิพย์สุดา ต่างประโคน, ผ่องใส จันทศรี และ สุพรรณ ชันน้ำเที่ยง. 2549. **การเลี้ยงปลาเทโพในกระชังที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 65/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 22 หน้า.
- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์. 2547. **ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับไก่กระทงจังหวัดเชียงใหม่**. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร 22 (พิเศษ): 108-117.
- ธราพันธ์ วัฒนะมหาตม์ และ สุพัตร ศรีพัฒน์. 2546. **ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลากดหิน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 17 หน้า.
- ธีรพัฒน์ ทองคำ. 2530. **การเลี้ยงปลาบึกในกระชัง**. รายงานผลการทดลอง. องค์วิชาการและทดสอบเคมี ฝ่ายเคมีและวิเคราะห์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 14 หน้า.
- ประจวบ ฉายบุญ, เทพรรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ และ สุดปรานี มณีศรี. 2547. **ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมในกระชัง จังหวัดเชียงใหม่**. วารสารการประมง 57 (3): 244-250.
- มันลิน ตันทุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ**. เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 214 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. **เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 75/2530. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 38 หน้า.
- วินัส บุญยรัตผลิน และ อำนวย แท่งทอง. 2512. **การเลี้ยงปลาบึกที่อุบลราชธานี**. วารสารการประมง 22 (3): 345-355.
- วินัย จันท์ปัทม, นวลใย เจริญมิตร และ ชำนาญ พงษ์ศรี. 2529. **การทดลองหาอัตราการปล่อยที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน**. รายงานประจำปี 2529 สถาบันประมงน้ำจืดจังหวัดสกลนคร กองประมงน้ำจืด. กรมประมง. หน้า 117-120.
- วีระวรรณ ระยัน และ ศิราณี งอยจันทศรี. 2550. **การเลี้ยงปลาสาหร่ายในกระชังด้วยความหนาแน่นต่างกันในแต่ละน้ำโขง**. บทความวิชาการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2550 กรมประมงและศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. หน้า 59-60.

- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 201 หน้า.
- สุจิตรา สรสิทธิ์ และ สุพัตร ศรีพัฒน์. 2549. **ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลา สังกะวาดเหลืองขนาดกลาง (10 เซนติเมตร)**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 33/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 20 หน้า.
- สุพัตร ศรีพัฒน์ และ ประหยัด ไชยลิก. 2548. **ความต้องการโปรตีนในอาหารปลาแขยงใบข้าว**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2548. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 20 หน้า.
- สุพัตร ศรีพัฒน์ และ ธรพันธ์ วัฒนะมหาตม์. 2547. **ความต้องการโปรตีนของปลาแขยงข้างลาย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 47/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 20 หน้า.
- สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์. 2540. **การเลี้ยงปลาโพงในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน 3 ระดับ**. กองประมงน้ำจืด. กรมประมง. หน้า 77-78.
- สุรียัน เสมา และ นัยนา ทีชะ. 2551. **การเลี้ยงปลาโพงในบ่อดิน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 28 หน้า.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์ และ ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล. 2540. **ชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงปลาบึก**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 31. กรมประมง. กรุงเทพมหานคร. 79 หน้า.
- องอาจ คำประเสริฐ และ สมชาย พุดหอม. 2548. **การเลี้ยงปลากดแก้วในกระชังด้วยความหนาแน่น 2 ระดับ**. บทความวิชาการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2548. กรมประมง. หน้า 48.
- อำนวย แท่งทอง และสนธิพันธ์ ผาสุขดี. 2529. **การทดลองเลี้ยงปลาบึกในคอก**. รายงานประจำปี สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดชัยนาท. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 113-115.
- Ai, Q.; K. Mai; H. Li; C. Zhang; L. Zhang; Q. Duan; B. Tan; W. Xu; H. Ma; W. Zhang; and Z. Liufu. 2004. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonica*. *Aquaculture* 230: 507–516.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 15 th edn., AOAC, Arlington, VA. 1360 p.

- Coulibaly, A.; I.N. Ouattara; T. Koné; V. N'Douba; J. Snoeks; G. Gooré Bi; and E.P. Kouamélan. 2007. First results of floating cage culture of the African catfish *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840: Effect of stocking density on survival and growth rates. *Aquaculture* 263: 61-67.
- Diana, J.S.; C.K. Lin; and K. Jaiyen. 1994. Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *J. World Aquaculture Soc.* 25(4): 497-506.
- Giri, S.S.; S.K. Sahoo; A.K. Sahu; and P.K. Meher. 2003. Effect of dietary protein level on growth, survival, feed utilization and body composition of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias batrachus* × *Clarias gariepinus*). *Animal Feed Science and Technology* 104: 169-178.
- Hengsawat, K.; F.J. Ward; and P. Jaruratjamorn. 1997. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) cultured in cages. *Aquaculture* 152: 67-76.
- Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Auburn University, New York. 159-161.
- Manosroi, A.; K. Meng-umphan; and J. Manosroi. 2003. Annual sex hormonal profiles, gonad development and age determination of the Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey). *Aquaculture Research* 34: 1379-1385.
- McGoogan, B.; and D.M. Gatlin III. 2000. Dietary manipulation affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenop ocellatus* : II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture* 182: 271-285.
- Shyong, W.J.; C.H. Huan; and H.C. Chen. 1998. Effect of dietary protein concentration on growth and muscle composition of juvenile *Zacco barbata*. *Aquaculture* 167: 35-42.
- Toko, I.; E.D. Fiogbe; B. Koukpode; and P. Kestemont. 2007. Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos): Effect of stocking density on growth, production and body composition. *Aquaculture* 262: 65-72.

- 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 American Journal of Aquaculture 62: 161-167.
- Yang, S.D.; C.H. Liou; and F.G. Liu. 2002. Effect of dietary protein level on growth performance, carcass composition and ammonia excretion in juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). Aquaculture 213: 363-372.



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกและการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึกที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว ซึ่งการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ศึกษากระบวนการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก โดยทำการเลี้ยงปลาบึกในบ่อจำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอมีไอบีและจีโอสมินในเนื้อปลาบึกของหน่วยการทดลองที่ 1 มีปริมาณต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.4 ± 0.0 และ 56.9 ± 6.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการทดลองปีที่ 1 พบว่าระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก คือ การเลี้ยงที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์ จากนั้นทำการศึกษาต่อเนื่องในการทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ทำการเลี้ยงปลาบึกในบ่อจำนวน 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 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีค่าสูงสุด ($P < 0.05$) และพบว่า ปลาบึกที่มีการให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว/วัน จะส่งผลให้มีการสะสมปริมาณสารเอมีไอบี และจีโอสมินในเนื้อปลาบึกน้อยที่สุด ($P < 0.05$) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาบึก และสามารถลดการสะสมกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก

ABSTRACT

The objectives of this research were to compare the efficiency of the growth performance and off-odor accumulation in Pla Buk (*Pangasianodon gigas*) on the green water culture systems. The study was divided into two experiments for in two-year period. The first-year experiment was investigate the efficiency of three culture systems (treatments) (non natural food establishment (control: T_1) , natural food establishment (T_2) and natural food establishment when cultured for 4 months (T_3)) on the growth performance and off-odor accumulation in Pla Buk. The results showed that mean weight, mean gained weight, specific growth rate and gained weight per day were highest in treatment T_2 ($P < 0.05$). Geosmin and MIB contents in Pla Buk flesh were lowest in treatment T_1 . From the first-year experiment could be concluded that natural food establishment system (T_2) was appropriate culture of Pla Buk by adding dry chicken manure at a rate 40 kilograms/rai/week. The second-year experiment was divided into 6 treatments; T_1 was the non natural food establishment + 3% of commercial feed while $T_2 - T_5$ were natural food establishment + commercial feed at 2, 3, 4 and 5% of body weight, respectively. T_6 was natural food establishment + non commercial feed. The results showed that mean weight, mean gained weight, specific growth rate and gained weight per day were highest in treatment T_4 ($P < 0.05$). Pla Buk in treatment T_5 (natural food establishment + commercial feed at 5% of body weight) had the best effective in reduction geosmin and MIB in Pla Buk flesh ($P < 0.05$). Therefore, we could be concluded that natural food establishment system was appropriate culture of Pla Buk (*Pangasianodon gigas*) and were able to reduce accumulation of off-odor in Pla Buk flesh.

บทนำ

สืบเนื่องจากปลาบึกถูกจัดเป็นปลาชนิดที่มีจำนวนน้อยใกล้สูญพันธุ์ (Endangered species) ซึ่งในธรรมชาติสามารถพบปลาบึกเฉพาะในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาน้ำนั้น ประกอบกับกรมประมง ประสบผลสำเร็จในการผสมเทียมปลาบึกจากแม่น้ำโขง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 และจากบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกในปี พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา หน่วยงานภาครัฐ โดยเฉพาะกรมประมง ก็ได้ดำเนินการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์มากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อลดการจับปลาบึกจากธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรก็ให้ความสนใจ ทั้งนี้เนื่องจากปลาบึกเป็นสัตว์น้ำที่มีราคาค่อนข้างแพง จึงเป็นสิ่งจูงใจ การเลี้ยงปลาบึกของเกษตรกร แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันก็ยังมี ต้นทุนสูง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของบ่อและค่าอาหาร เพราะปลาบึกเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้บ่อที่มี ขนาดใหญ่และมีความลึกพอสมควร อีกทั้งการเพาะเลี้ยงปลาบึกเพื่อให้ได้ขนาดที่จะจำหน่ายได้ต้อง ใช้ระยะเวลาานาน ต้นทุนค่าอาหารก็เลยสูงตามไป ฉะนั้น ถ้าหากสามารถหาสิ่งทดแทนอาหารเม็ด สำเร็จรูปหรือสามารถลดปริมาณการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปได้ ก็จะทำให้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงปลา บึกเชิงพาณิชย์ลดลงได้

นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันยังอาจมีปัญหาเรื่องของเสีย เช่น เศษ อาหาร เหลือตกค้างในบ่อเลี้ยง ทำให้มีสารอาหารส่วนเกินและคุณภาพน้ำในบ่อมีค่า ไม่เหมาะสมหรือเน่าเสียได้ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก และยังถ้าปล่อยน้ำออกสู่ธรรมชาติโดย ไม่มีการบำบัดก็จะกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้ปัจจุบันมุมมองของการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์เปลี่ยนแปลง ไป โดยมุมมองของการเพาะเลี้ยงจะไม่มุ่งเน้นเฉพาะการผลิตปลาบึกเพื่อจำหน่ายเพียงอย่างเดียว แต่ จะให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนค่าอาหารเม็ด และลดสารอาหารส่วนเกินจากของเสียที่เหลือ ตกค้างในบ่อเพื่อไม่ให้กระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก และสภาวะสิ่งแวดล้อม จึงมีการพัฒนา ระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์จากเดิมเป็น “การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับ เชิงนิเวศน์ หรือ การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงนิเวศน์”

การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์ หรือการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิง นิเวศน์ เป็นการพัฒนาประยุกต์การลดต้นทุนโดยเฉพาะค่าอาหารเม็ด ด้วยการสร้างอาหารธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนพืช ฟีชีน้ำ เป็นต้น

ซึ่งปัจจุบันมีเกษตรกรหลายราย ได้ดำเนินการเพาะเลี้ยงปลาบึกโดยการสร้างอาหารธรรมชาติ ในบ่อกันบ้างแล้ว แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาพบว่าการสร้างอาหารธรรมชาตินั้น จะมีเฉพาะบาง ช่วงของการเพาะเลี้ยง จึงเกิดโจทย์คำถามที่ว่า “การสร้างอาหารธรรมชาติเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง

ปลาบึกช่วงใด บ่อที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติกับบ่อที่มีการสร้างอาหารบางช่วงของการเลี้ยง หรือ บ่อที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดที่ทำการเพาะเลี้ยง มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกแตกต่างกันอย่างไร” แต่หากมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายและ แพลงก์ตอนพืชมากเกินไป (Eutrophication) ทำให้น้ำในบ่อมีสีเขียวเข้ม ซึ่งในบ่อเลี้ยงอาจมีแพลงก์ตอนพืชทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และชนิดที่ให้โทษ โดยอาจมีแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถส่งผลทำให้ปลาที่เลี้ยงมีกลิ่นโคลนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยแบคทีเรียในกลุ่ม Actinomycete และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น สกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. สามารถสร้างกลิ่นโคลนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Tabachek และ Yurkowski, 1976; Lovell และ Broce, 1985; Klapper 1991; Yamada *et al.* 1994) กลิ่นโคลน (geosmin และ 2-methylisoborneol, MIB) ทำให้สัตว์น้ำนั้น ไม่เป็นที่นิยมบริโภค ทำให้มีราคาต่ำ

ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตอบโจทย์คำถามทั้งหมด เกี่ยวกับระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึก และใช้เป็นข้อมูลในการจัดการระบบการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาบึกให้มีประสิทธิภาพและมีความต่อเนื่องและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจ ตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนามหาวิทยาลัยสู่ความเป็นเลิศด้านปลาบึกของภูมิภาคอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกที่ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บ่อดินขนาดกว้าง 5 ม. ยาว 14.2 ม.
2. ปลาบึก
3. เครื่องเขย่าตัวอย่าง
4. เครื่องสกัดตัวอย่างด้วยความร้อน
5. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
6. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าและถาดให้ความร้อน
7. ถังกรองแพลงก์ตอน 10 ไมครอน
8. สวิงตักปลา
9. กะละมัง
10. ถังน้ำขนาด 5 ลิตร

11. ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง
12. หลอดหยด (Dropper)
13. แผ่นสไลด์ และ Cover glass
14. Lugol's solution
15. กล้องจุลทรรศน์พร้อมกล้องดิจิทัล
16. เครื่องชั่ง
17. ถังพลาสติก
18. เครื่องมือผ่าตัด
19. จีออสมิน(Geosmin: Trans-1, 10-Dimethyl-trans-decalin-ol ของ Sigma)
20. 2 – เมทิลไอโซบอร์เนอล (MIB: 2-methylisoborneol ของ Sigma)
21. เมททานอล

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ศึกษากระบวนการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก

1. การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้บ่อดินขนาด 200 ตร.ม. จำนวน 3 บ่อ รักษาระดับน้ำให้ลึกไม่ต่ำกว่า 1 เมตร ตลอดการทดลอง โดย

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม)

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ: โดยใส่ขี้ไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 5 เดือน : โดยใส่ขี้ไก่แห้ง ในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์

2. สัตว์ทดลอง

ลูกปลาบึกขนาดความยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร โดยนำลูกปลาบึกมาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. เป็นเวลา 3 วัน ก่อนทำการสูบน้ำและซังน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในบ่อทดลอง ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับตัว ก่อนเริ่มทำการทดลอง

3. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) โดยสุ่มนับลูกปลาบึกที่มีขนาดความยาวประมาณ 4 – 5 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 43 - 45 กรัม/ตัว ปล่อยลงคอกพลาสติก ขนาด 5 ตร.ม. ในบ่อทั้ง 3 บ่อ (3 ทรีตเมนต์) โดยทำการปล่อยลูกปลาบึกจำนวน 5 ตัว/คอก (1 ตัว/ตร.ม.) (ภาพที่ 1) ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแก่ลูกปลาบึก ในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (08.00 - 09.00 น. และ 15.00 - 16.00 น.) ตลอดการทดลอง (เดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551) สุ่มจับปลาบึกมาตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตทุก 1 เดือน ปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 1 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 การปล่อยลูกปลาบึกที่ใช้ในการทดลองลงในคอกพลาสติก



ภาพที่ 2 การเตรียมอาหารเม็ดสำเร็จรูปและปรับปริมาณอาหารทุก 1 เดือน

4. การวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ

4.1 วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ทุก 15 วันจนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่

- ค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
- อุณหภูมิอากาศและน้ำ โดยใช้ Thermometer

- ค่าความเป็นกรด – ด่างโดยใช้ pH meter (Schott-Gerate CG 840)
- ค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Direct Nesslerization
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid

5. วิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

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



ภาพที่ 3 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและตรวจวินิจฉัยชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

6. การตรวจสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

นับและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุก 1 เดือน (ภาพที่ 4) ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)

= (น้ำหนักปลาทั้งหมด/จำนวนปลาทั้งหมด)

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

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

ค. ปริมาณอาหารที่ปลาต้องการเพื่อดำรงชีพต่อวัน (Daily feed consumption; DFC) (% of body weight)

$$= 100 \times [\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน} / (\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาสุดท้ายการทดลอง} / 2) \times (\text{จำนวนวัน})]$$

ง. อัตรารอด (Survival rate) %

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

จ. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

$$= \text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (ก.)} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)}$$

ฉ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ก.)} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ก.)}$$



ภาพที่ 4 การสุ่มวัดความยาว และชั่งน้ำหนักปลาปีระหว่างการทดลอง

7. การวิเคราะห์กลิ่นโคลน

การวิเคราะห์กลิ่นโคลนในเนื้อปลานิล โดยใช้วิธี GC/MS โดยใช้สารมาตรฐานจากบริษัท Sigma ตรวจสอบชนิดและปริมาณของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในปลานิล เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 5)

1. เก็บตัวอย่างน้ำบ่อเลี้ยง ดินพื้นบ่อ และปลานิลแดงแปลงเพศ เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเฮปโตไมน โดยการเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ในน้ำจะใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปริมาตร 10 มิลลิลิตร หรือในดินพื้นบ่อจะใช้ดินประมาณ 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ส่วนการวิเคราะห์ความเข้มข้นของจีโอสมินและเฮปโตไมนในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศทำได้โดยนำตัวอย่างเนื้อปลานิลแดงมาบดให้ละเอียด ใส่ในขวดไวอัล (vial) 5 กรัมพร้อมเติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร

2. นำขวดไวอัลที่มีตัวอย่างพร้อมวิเคราะห์เดิมโซเดียมคลอไรด์ 1.9 กรัม ใส่ magnetic bar ปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาอะลูมิเนียม (aluminium cap) จากนั้นนำขวดไวอัลวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าและภาคให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแทงเข็มไฟเบอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ SPME (solid phase microextraction) เข้าไปในขวดตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ไฟเบอร์ทำการจับกับสารประกอบจือออสมิน และเอ็มไอบีในตัวอย่าง

3. นำชุดอุปกรณ์ SPME ฉีดเข้ากับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Agilent Technologies 6890 N Network GC System) เข้าไปตรงตำแหน่งที่ฉีดสารของเครื่อง โดยใช้ Splitless mode ผ่านแคปิลลารีคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP-5 (30 m. x 0.32 mm. 0.25 μ m. film thickness) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ด้วยอัตรา 2.5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 15 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที



ภาพที่ 5 ปลาบึกที่ได้จากการทดลอง โดยนำเนื้อปลาบึกไปตรวจวัดปริมาณสารประกอบจือออสมิน และเอ็มไอบี

8. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านเศรษฐกิจ

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

Incident cost (IC) = Cost of feed / Kg. Of fish produced

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC 9.0.0 โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ Correlation และ Regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกื้อกูลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

10. สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ศึกษาผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการสะสมกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิล

1. การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้บ่อดินขนาด 100 ตร.ม. จำนวน 6 บ่อ รักษาระดับน้ำให้มีความลึกไม่ต่ำกว่า 1 เมตร ตลอดการทดลอง โดยบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ และบ่อที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดการทดลอง

2. สัตว์ทดลอง

ปลานิลที่มีขนาดความยาวประมาณ 12 – 14 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 200 - 400 กรัม/ตัว โดยนำปลานิลมาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. เป็นเวลา 3 วัน ก่อนทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในบ่อทดลอง ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มทำการทดลอง

3. การวางแผนการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ศึกษากระบวนการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล คือ การเลี้ยงที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์

นำผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาทำการศึกษาต่อในการทดลองที่ 2 (ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดอัตราการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) โดยสุ่มปล่อยปลาบึกที่มีขนาดความยาวประมาณ 12 – 14 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 200 - 400 กรัม/ตัว ลงคอกพลาสติก ขนาด 5 ตร.ม. จำนวน 3 ตัว/คอก ในบ่อทั้ง 6 บ่อ (6 ทรีตเมนต์) (ภาพที่ 6)

ทำการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแก่ปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 6 บ่อ (6 ทรีตเมนต์) ในอัตราต่างๆ ดังนี้

- บ่อที่ 1 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน + ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ
- บ่อที่ 2 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2% ของน้ำหนักตัว/วัน + มีการสร้างอาหารธรรมชาติ
- บ่อที่ 3 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน + มีการสร้างอาหารธรรมชาติ
- บ่อที่ 4 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% ของน้ำหนักตัว/วัน + มีการสร้างอาหารธรรมชาติ
- บ่อที่ 5 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5% ของน้ำหนักตัว/วัน + มีการสร้างอาหารธรรมชาติ
- บ่อที่ 6 ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป + มีการสร้างอาหารธรรมชาติ

ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแก่ปลาบึกวันละ 2 ครั้ง (08.00 - 09.00 น. และ 15.00 - 16.00 น.) ตลอดการทดลอง (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551) สุ่มจับปลาบึกมาตรวจวัดประสิทธิภาพ การเติบโตทุก 1 เดือน และปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 1 เดือน จนครบระยะเวลาของการทดลอง



ภาพที่ 6 การสุ่มปล่อยปลาบึกที่ใช้ในการทดลองลงในคอกพลาสติก

4. การตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในบ่อทดลองทั้ง 6 บ่อ ทุก 15 วัน (ภาพที่ 7) จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่

- ค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
- อุณหภูมิอากาศและน้ำ โดยใช้ Thermometer

- ค่าความเป็นกรด – ด่างโดยใช้ pH meter (Schott-Gerate CG 840)
- ค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยใช้ TDS meter
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Direct Nesslerization
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride



ภาพที่ 7 การเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำที่บ่อและในห้องปฏิบัติการ

5. วิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 15 วัน ในบ่อทั้ง 6 บ่อ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำ ใ้ถึงน้ำขนาด 5 ลิตร ตักน้ำปริมาตร 30 ลิตร กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาดตา 10 ไมโครเมตร แล้วเก็บตัวอย่างน้ำที่เหลือปลายกระบอกของถุงกรองแพลงก์ตอน เทใส่ในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่าง เติมน้ำยาดอง Lugol 's solution (อัตรา 1:100) แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์จัดจำแนกชนิดและนับปริมาณภายใต้กล้องจุลทรรศน์ต่อไป

6. การตรวจสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

นับและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุก 1 เดือน (ภาพที่ 8) ตลอดจนการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ก. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)
 = (น้ำหนักปลาทั้งหมด/จำนวนปลาทั้งหมด)

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

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

ค. ปริมาณอาหารที่ปลาต้องการเพื่อดำรงชีพต่อวัน (Daily feed consumption; DFC) (% of body weight)

$$= 100 \times [\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน} / (\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาสุดท้ายการทดลอง} / 2) \times (\text{จำนวนวัน})]$$

ง. อัตรารอด (Survival rate) %

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

จ. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

$$= \text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (ก.)} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)}$$

ฉ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ก.)} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ก.)}$$



ภาพที่ 8 การชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลูกปลาบิกเพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

7. การวิเคราะห์กลิ่นโคลน

การวิเคราะห์กลิ่นโคลนในเนื้อปลาบิก โดยใช้วิธี GC/MS โดยใช้สารมาตรฐานจากบริษัท Sigma ตรวจสอบชนิดและปริมาณของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในปลาบิก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

1. เก็บตัวอย่างน้ำบ่อเลี้ยง ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลาบิก เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอมไอบี โดยการเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ในน้ำจะใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปริมาตร 10 มิลลิลิตร หรือในดินพื้นบ่อจะใช้ดินประมาณ 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ส่วนการวิเคราะห์ความเข้มข้นของจีโอสมินและเอมไอบีในเนื้อปลานิลแดงแปลงเพศทำได้

โดยนำตัวอย่างเนื้อปลานิลแดงมาบดให้ละเอียด ใส่ในขวด ไวอัล (vial) 5 กรัมพร้อมเติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร

2. นำขวดไวอัลที่มีตัวอย่างพร้อมวิเคราะห์เติมโซเดียมคลอไรด์ 1.9 กรัม ใส่ magnetic bar ปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาอะลูมิเนียม (aluminium cap) จากนั้นนำขวดไวอัลวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าและภาคให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแท่งเข็มไฟเบอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ SPME (solid phase microextraction) เข้าไปในขวดตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ไฟเบอร์ทำการจับกับสารประกอบจีออสมิน และเอมไอบีในตัวอย่าง

3. นำชุดอุปกรณ์ SPME ชีดเข้ากับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Agilent Technologies 6890 N Network GC System) เข้าไปตรงตำแหน่งที่ฉีดสารของเครื่อง โดยใช้ Splitless mode ผ่านแคปิลลารีคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP-5 (30 m. x 0.32 mm. 0.25 μ m. film thickness) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ด้วยอัตรา 2.5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 15 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC 9.0.0 โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ Correlation และ Regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการเจริญเติบโตของปลานิลและความเป็นไปได้ในการลดอัตราการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป

9. สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ศึกษากระบวนการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

1. ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล

ผลการศึกษาตรวจวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อทั้ง 3 บ่อ (3 ทรีตเมนต์) ตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลในแต่ละบ่อ

เดือน	บ่อ	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	SGR (%/วัน)	ADG (/วัน)	FCR	อัตราการรอด (%)
ก.ค. 50	1	43.67 ± 0.58 ^a	-	-	-	-	100
	2	44.67 ± 0.58 ^a	-	-	-	-	100
	3	44.00 ± 1.00 ^a	-	-	-	-	100
ส.ค. 50	1	60.00 ± 2.00 ^b	16.33 ± 1.53 ^b	1.06 ± 0.76 ^b	0.54 ± 0.05 ^b	5.53 ± 0.33 ^a	100
	2	101.07 ± 3.52 ^a	56.40 ± 3.83 ^a	2.72 ± 0.14 ^a	1.88 ± 0.13 ^a	2.69 ± 0.09 ^b	100
	3	102.13 ± 7.57 ^a	58.13 ± 8.55 ^a	2.80 ± 0.33 ^a	1.94 ± 0.29 ^a	2.65 ± 0.21 ^b	100
ก.ย. 50	1	82.00 ± 7.21 ^c	38.33 ± 6.81 ^c	1.05 ± 0.13 ^c	0.64 ± 0.11 ^c	5.72 ± 0.79 ^a	100
	2	181.33 ± 10.07 ^a	136.67 ± 10.02 ^a	2.33 ± 0.09 ^a	2.28 ± 0.17 ^a	3.40 ± 0.14 ^c	100
	3	157.33 ± 3.06 ^b	113.33 ± 4.04 ^b	2.12 ± 0.07 ^b	1.89 ± 0.07 ^b	4.30 ± 0.42 ^b	100
ต.ค. 50	1	87.13 ± 9.67 ^c	43.47 ± 10.00 ^c	0.76 ± 0.14 ^c	0.48 ± 0.11 ^c	16.18 ± 9.25 ^a	100
	2	274.60 ± 9.15 ^a	229.93 ± 8.97 ^a	2.02 ± 0.03 ^a	2.56 ± 0.10 ^a	4.42 ± 0.21 ^c	100
	3	141.93 ± 2.27 ^b	97.93 ± 1.72 ^b	1.30 ± 0.02 ^b	1.09 ± 0.02 ^b	14.70 ± 4.33 ^b	100
พ.ย. 50	1	102.67 ± 15.50 ^c	59.00 ± 15.87 ^c	0.71 ± 0.14 ^c	0.49 ± 0.13 ^c	10.70 ± 3.08 ^b	100
	2	289.33 ± 9.87 ^a	244.67 ± 10.21 ^a	1.56 ± 0.04 ^a	2.04 ± 0.84 ^a	35.88 ± 16.21 ^a	100
	3	149.93 ± 2.19 ^b	105.93 ± 2.19 ^b	1.02 ± 0.02 ^b	0.88 ± 0.02 ^b	28.58 ± 4.66 ^{ab}	100
ธ.ค. 50	1	112.40 ± 14.56 ^c	68.73 ± 14.93 ^c	0.63 ± 0.10 ^c	0.49 ± 0.10 ^c	17.57 ± 3.77 ^a	100
	2	312.50 ± 11.61 ^a	267.83 ± 12.19 ^a	1.30 ± 0.03 ^a	1.79 ± 0.81 ^a	23.65 ± 1.23 ^a	100
	3	171.60 ± 4.24 ^b	127.60 ± 5.66 ^b	0.91 ± 0.04 ^b	0.85 ± 0.04 ^b	11.48 ± 2.21 ^a	100
ม.ค. 51	1	132.10 ± 5.41 ^c	88.43 ± 5.95 ^c	0.62 ± 0.03 ^c	0.49 ± 0.03 ^c	11.78 ± 4.99 ^{ab}	100
	2	334.00 ± 13.11 ^a	289.33 ± 13.58 ^a	1.12 ± 0.03 ^a	1.61 ± 0.08 ^a	25.26 ± 8.13 ^a	100
	3	244.20 ± 1.13 ^b	200.20 ± 2.55 ^b	0.95 ± 0.02 ^b	1.11 ± 0.01 ^b	5.05 ± 0.24 ^b	100

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์

บ่อ / ทรีตเมนต์	ปัจจัยประสิทธิภาพการเจริญเติบโต					
	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	SGR (%/วัน)	ADG (/วัน)	FCR	อัตราการรอด (%)
บ่อ 1: ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ	88.57 ± 29.90^c	44.90 ± 9.94^c	0.80 ± 0.21^c	0.52 ± 0.10^c	11.25 ± 1.77^a	100
บ่อ 2: สร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดทดลอง	219.64 ± 36.56^a	174.98 ± 36.87^a	1.84 ± 0.59^a	2.02 ± 0.34^a	15.88 ± 1.53^a	100
บ่อ 3: สร้างอาหารธรรมชาติ (ภายหลังเลี้ยง 4 เดือน)	137.77 ± 26.25^b	93.77 ± 26.28^b	1.59 ± 0.75^b	1.33 ± 0.49^b	5.97 ± 3.54^a	100

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

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 และ 2 พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน นั้น เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนสิงหาคม และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า

น้ำหนักเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง มีค่าสูงสุด (219.64 ± 36.56 กรัม/ตัว) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ มีค่าต่ำสุด (88.57 ± 29.90 กรัม/ตัว)

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง มีค่าสูงสุด (174.98 ± 36.87 กรัม/ตัว) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ มีค่าต่ำสุด (44.90 ± 9.94 กรัม/ตัว)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) เฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง มีค่าสูงสุด ($1.84 \pm 0.59\%$ / วัน) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ มีค่าต่ำสุด ($0.80 \pm 0.21\%$ / วัน)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) เฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง มีค่าสูงสุด (2.02 ± 0.34) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ มีค่าต่ำสุด (0.52 ± 0.10)

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) เฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง มีค่าสูงสุด (15.88 ± 1.53) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าต่ำสุด (5.97 ± 3.54)

อัตราการรอดเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทั้ง 3 บ่อ มีค่าเท่ากันทุกบ่อ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100%

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเติบโตทุกปัจจัยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทั้ง 3 บ่อ พบว่าประสิทธิภาพการเติบโตทุกปัจจัย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นอัตราการรอดเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 22 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 9 ชนิด (คิดเป็น 20%) ดิวิชัน Chlorophyta 17 ชนิด (คิดเป็น 37.78%) ดิวิชัน Chrysophyta 13 ชนิด (คิดเป็น 28.89%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด (คิดเป็น 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (คิดเป็น 8.89%) และ ดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (คิดเป็น 2.22%) โดยจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ แสดงในตารางที่ 3 และ 4 คือ

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 24.57 ± 3.55 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 29 ชนิด ในเดือนธันวาคม และพบน้อยที่สุด 20 ชนิด ในเดือนกรกฎาคม

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดทดลอง มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 27.43 ± 3.91 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 32 ชนิด ในเดือนธันวาคม และพบน้อยที่สุด 21 ชนิด ในเดือนกรกฎาคม

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 27.57 ± 3.36 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 32 ชนิด ในเดือนมกราคม และพบน้อยที่สุด 23 ชนิด ในเดือนกรกฎาคม เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์
(เดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551)

เดือน	กรกฎาคม 2550			สิงหาคม 2550			กันยายน 2550			ตุลาคม 2550		
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta												
<i>Anabaena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aphanothece</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chroococcus</i> sp.	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Lyngbya limnetica</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Raphidiopsis</i> sp.	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Merismopedia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nostoc</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Division Chlorophyta												
<i>Actinastrum lagerheimia</i>	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coelastrum</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Cosmarium</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Closterium</i> sp.	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+
<i>Crucigenia</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eudorina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Oocystis</i> sp.	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+
<i>Pandorina</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Secnedesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Tetraedron minimum</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Tetraedron</i> sp.	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เดือน ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	กรกฎาคม 2550			สิงหาคม 2550			กันยายน 2550			ตุลาคม 2550		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Chrysophyta												
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Cymbella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Fragilaria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Melosira granulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-
<i>Pinnularia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Synedra</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+
Division Pyrrophyta												
<i>Peridinium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Euglenophyta												
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Strombomonas</i> sp.	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta												
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เดือน ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	พฤศจิกายน 2550			ธันวาคม 2550			มกราคม 2551		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta									
<i>Anabaena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aphanothece</i> sp.	-	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Chroococcus</i> sp.	-	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	-	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Lyngbya limnetica</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Raphidiopsis</i> sp.	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Merismopedia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nostoc</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Division Chlorophyta									
<i>Actinastrum lagerheimia</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coelastrum</i> sp.	+	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Cosmarium</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	+	+
<i>Closterium</i> sp.	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Crucigenia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eudorina</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Oocystis</i> sp.	-	+	-	+	+	+	-	+	-
<i>Pandorina</i> sp.	+	+	+	+	-	+	+	-	-
<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Secnedesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tetraedron minimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Tetraedron</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เดือน ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	พฤศจิกายน 2550			ธันวาคม 2550			มกราคม 2551		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Chrysophyta									
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cymbella</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-	+
<i>Fragilaria</i> sp.	-	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Gomphonema</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Gyrosigma</i> sp.	+	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Melosira granulata</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Navicula</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	+	-	-	+	+	-
<i>Synedra</i> sp.	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Division Pyrrophyta									
<i>Peridinium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Euglenophyta									
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strombomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta									
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	-	-	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อตลอดการศึกษา

ปัจจัย	บ่อ / ทรีตเมนต์		
	บ่อ 1: ไม่สร้างอาหารธรรมชาติ	บ่อ 2: สร้างอาหารธรรมชาติตลอดทดลอง	บ่อ 3: สร้างอาหารธรรมชาติ (ภายหลังเลี้ยง 4 เดือน)
จำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืช	24.57 ± 3.55^a	27.43 ± 3.91^a	27.57 ± 3.36^a
ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์/มล.)	14.31 ± 3.98^b	22.66 ± 6.08^a	19.69 ± 3.93^a

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

ค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อตลอดการทดลองพบว่าบ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดทดลอง พบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 22.66 ± 6.08 เซลล์/มิลลิลิตร และบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 14.31 ± 3.98 เซลล์/มิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยสามารถแบ่งปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (บ่อที่ 2 และ 3) มีปริมาณเฉลี่ย $19.69 \pm 3.93 - 22.66 \pm 6.08$ เซลล์/มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 2 (บ่อที่ 1) มีปริมาณเฉลี่ย 14.31 ± 3.98 เซลล์/มิลลิลิตร

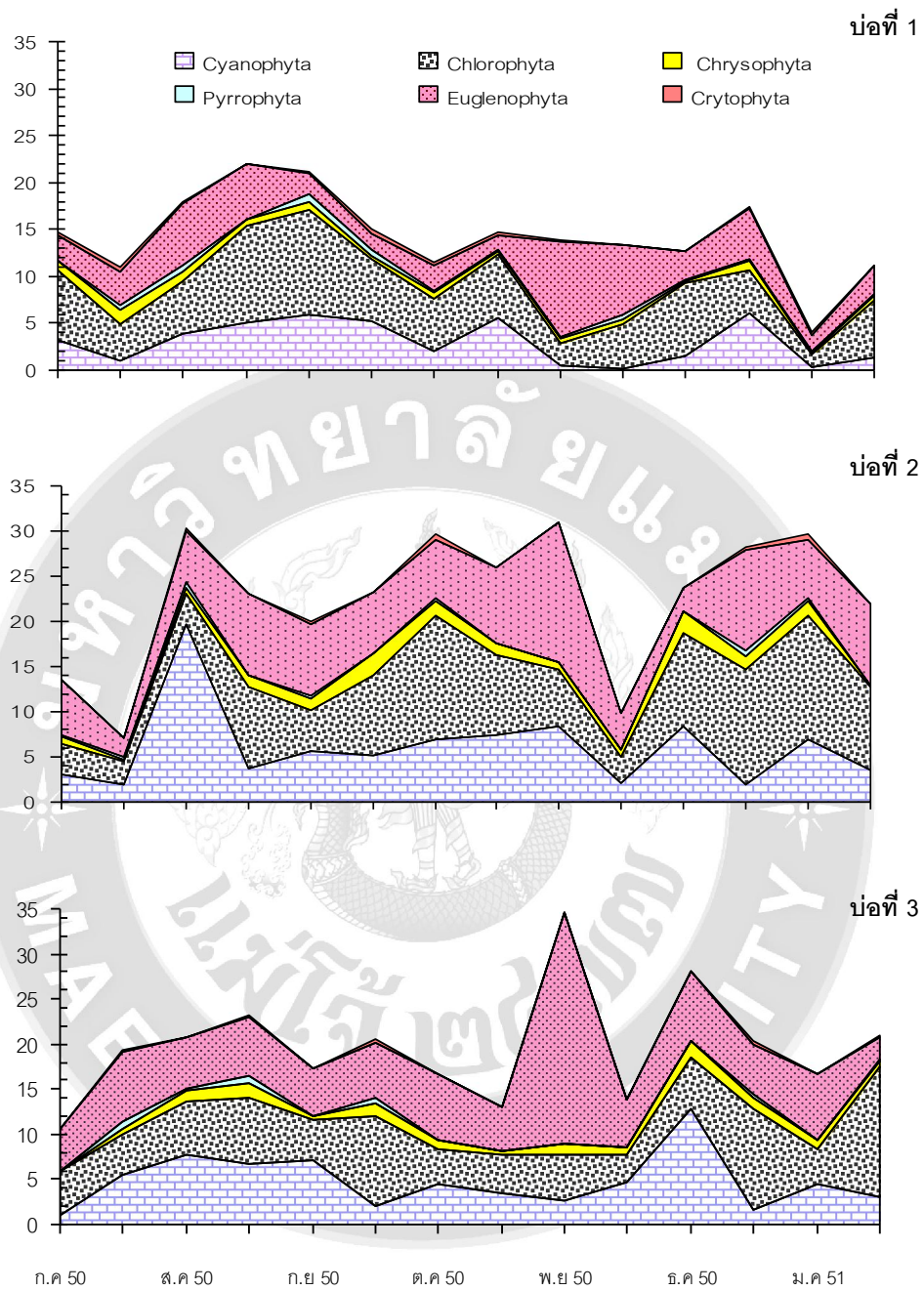
และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ (ภาพที่ 9) พบว่า

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชตลอดการทดลองส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta ลำดับรองลงมา คือ ดิวิชัน Euglenophyta โดยเดือนกรกฎาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (44.30%) เดือนสิงหาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (39.81%) เดือนกันยายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (49.40%) เดือนตุลาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (46.81%) เดือนพฤศจิกายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (64.62%) เดือนธันวาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (41.10%) และเดือนมกราคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (49.03%)

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดทดลอง องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชตลอดการทดลองส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta ลำดับรองลงมา คือ ดิวิชัน Euglenophyta โดยเดือนกรกฎาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (39.62%) เดือนสิงหาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Cyanophyta (43.94%) เดือนกันยายน องค์ประกอบของแพลงก์-ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (33.77%) เดือนตุลาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (40.57%) เดือนพฤศจิกายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (47.79%) เดือนธันวาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (44.37%) และเดือนมกราคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (44.42%)

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน องค์ประกอบของแพลงก์-ตอนพืชตลอดการทดลองส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta ลำดับรองลงมา คือ ดิวิชัน Chlorophyta โดยเดือนกรกฎาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (41.36%) เดือนสิงหาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Cyanophyta (32.58%) เดือนกันยายน องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (38.55%) เดือนตุลาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (27.60%) เดือนพฤศจิกายน องค์ประกอบของ แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Euglenophyta (63.77%) เดือนธันวาคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอน-พืชส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (35.06%) และเดือนมกราคม องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช ส่วนใหญ่อยู่ ดิวิชัน Chlorophyta (48.71%)

นอกจากนี้ตลอดการศึกษาค้นหาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึก ทั้ง 3 บ่อ แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น คือ *Secnedesmus* sp. และ *Euglena* sp.



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึก
ในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์

3. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551 ปรากฏผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	บ่อ / ทรีตเมนต์		
	บ่อ 1: ไม่สร้างอาหารธรรมชาติ	บ่อ 2: สร้างอาหารธรรมชาติตลอดทดลอง	บ่อ 3: สร้างอาหารธรรมชาติ (ภายหลังเลี้ยง 4 เดือน)
ระดับความลึกของน้ำ (เมตร)	0.56 ± 0.04 c	0.68 ± 0.08 b	0.78 ± 0.06 a
อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)	25.71 ± 3.65 a	25.71 ± 3.65 a	25.71 ± 3.65 a
อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	24.36 ± 3.39 a	24.50 ± 3.72 a	24.29 ± 3.86 a
ความโปร่งแสง (เมตร)	0.22 ± 0.07 a	0.28 ± 0.04 a	0.26 ± 0.04 a
ความเป็นกรด – ด่าง	7.41 ± 0.18 b	7.98 ± 0.59 a	7.93 ± 0.49 a
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (mg/L)	38.57 ± 8.35 b	95.07 ± 12.53 a	81.43 ± 9.88 a
ความนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	83.57 ± 10.38 b	199.29 ± 39.52 a	175.00 ± 25.82 a
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L)	3.57 ± 0.67 a	4.42 ± 1.39 a	3.85 ± 1.22 a
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L)	0.7032 ± 1.58 a	0.2016 ± 1.40 a	0.4484 ± 1.01 a
ปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจน (mg/L)	0.0286 ± 0.04 a	0.0458 ± 0.06 a	0.0565 ± 0.07 a
ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (mg/L)	0.6685 ± 0.68 a	0.9122 ± 0.97 a	0.5273 ± 0.58 a

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาคูณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีต-เมนต์ พบว่าระดับความลึก ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และความนำไฟฟ้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนปัจจัยคุณภาพน้ำอื่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่างๆ

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551 พบว่า

น้ำหนักเฉลี่ยของปลาบึกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.770^{**}$) ปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.593^{**}$) ระดับความลึกของน้ำ ($r = 0.565^{**}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = 0.708^{**}$) ความนำไฟฟ้า ($r = 0.711^{**}$) และปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน ($r = 0.465^{*}$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิน้ำ ($r = -0.577^{**}$) อุณหภูมิอากาศ ($r = -0.590^{**}$) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.521^{*}$) ตามลำดับ

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลาบึกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.771^{**}$) ปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.592^{**}$) ระดับความลึกของน้ำ ($r = 0.567^{**}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = 0.707^{**}$) ความนำไฟฟ้า ($r = 0.710^{**}$) และปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน ($r = 0.466^{*}$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิน้ำ ($r = -0.578^{**}$) อุณหภูมิอากาศ ($r = -0.591^{**}$) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.522^{*}$) ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.507^{**}$) อุณหภูมิน้ำ ($r = 0.663^{**}$) อุณหภูมิอากาศ ($r = 0.659^{**}$) ความเป็นกรด-ด่าง ($r = 0.699^{**}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = 0.511^{*}$) และความนำไฟฟ้า ($r = 0.515^{*}$) ตามลำดับ

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.659^{**}$) ความเป็นกรด-ด่าง ($r = 0.558^{*}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = 0.784^{**}$) และความนำไฟฟ้า ($r = 0.778^{**}$) ตามลำดับ

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน ($r = 0.510^{*}$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิน้ำ ($r = -0.646^{***}$) อุณหภูมิอากาศ ($r = -0.592^{**}$) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.634^{*}$) ตามลำดับ

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่างๆ

Correlations															
Variable	lweight	Weight G	SGR	ADG	FCR	Survival	Speesplk	Plk	Depth	Water temp	Airtemp	Transparen	pH	TDS	EC
lweight	1	1.000**	.074	.563**	.344*	.61	.770**	.563**	.568**	-.577**	-.580**	.281	-.287	.708**	.711**
Weight G	.61	1	.603	.000	.013	.62	.000	.005	.006	.006	.005	.273	.207	.000	.000
SGR	.01	.61	1	.591**	.344*	.62	.771**	.592**	.567**	-.578**	-.581**	.280	-.288	.707**	.710**
ADG	.000	.614	.603	1	.013	.62	.000	.005	.007	.006	.005	.278	.204	.000	.000
FCR	.013	.614	.603	.000	1	.62	.000	.006	.003	.003	.003	.190	.001	.030	.029
Survival	.62	.62	.62	.52	.52	1	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18
Speesplk	.770**	.771**	.771**	.770**	.770**	.770**	1	.428	.641**	-.716**	-.688**	.387	-.385	.601**	.615**
Plk	.563**	.562**	.562**	.563**	.563**	.563**	.563**	1	.376	-.051	.060	.035	.022	.538**	.502**
Depth	.568**	.567**	.567**	.568**	.568**	.568**	.568**	.568**	1	.364	-.430	.273	.085	.614**	.631**
Water temp	-.577**	-.578**	-.578**	-.577**	-.577**	-.577**	-.577**	-.577**	-.577**	1	.106	.061	.231	.003	.002
Airtemp	-.580**	-.581**	-.581**	-.580**	-.580**	-.580**	-.580**	-.580**	-.580**	.106	1	.078	.082	.363	.346
Transparen	.281	.273	.273	.281	.281	.281	.281	.281	.281	.061	.078	1	.237	.565**	.554**
pH	.708**	.707**	.707**	.708**	.708**	.708**	.708**	.708**	.708**	.231	.237	.237	1	.008	.009
TDS	.711**	.710**	.710**	.711**	.711**	.711**	.711**	.711**	.711**	.003	.008	.008	.008	1	.000
EC	.710**	.711**	.711**	.710**	.710**	.710**	.710**	.710**	.710**	.002	.009	.009	.009	.000	1
DO	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NH3	.016	.015	.015	.016	.016	.016	.016	.016	.016	.000	.000	.000	.000	.000	.000
NO3	.468**	.468**	.468**	.468**	.468**	.468**	.468**	.468**	.468**	.000	.000	.000	.000	.000	.000
PO4	.187	.186	.186	.187	.187	.187	.187	.187	.187	.000	.000	.000	.000	.000	.000

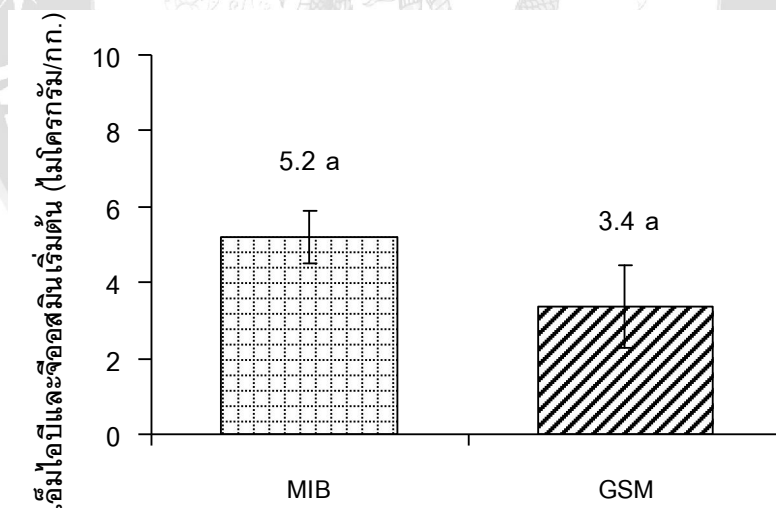
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

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

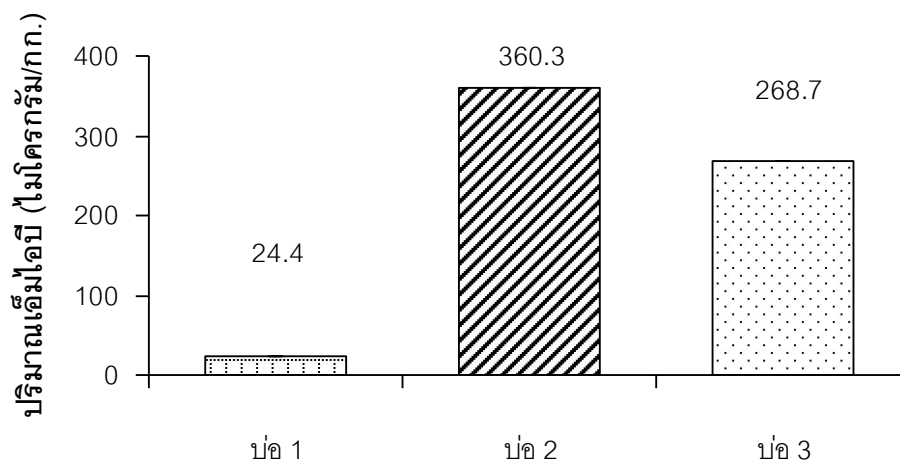
a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

5. ผลของระบบการเพาะเลี้ยงต่อการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินขนาด 100 ตร.ม. จำนวน 3 บ่อ ซึ่งแบ่งเป็น 3 หน่วยการทดลอง คือ หน่วยการทดลองที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) หน่วยการทดลองที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (ใส่ขี้ไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์) และหน่วยการทดลองที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 5 เดือน (ใส่ขี้ไก่แห้ง ในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์) เมื่อทำการตรวจวัดปริมาณสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึก ก่อนการทดลอง พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.37 ± 1.09 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 5.21 ± 0.68 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (ภาพที่ 10) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 7 เดือน ได้ทำการตรวจวัดปริมาณสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึก พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีมีค่าเท่ากับ 24.4 ± 0.0 , 360.3 ± 0.0 และ 268.7 ± 0.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหน่วยการทดลองที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง มีปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีสูงที่สุด และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า แต่ละหน่วยการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 11)

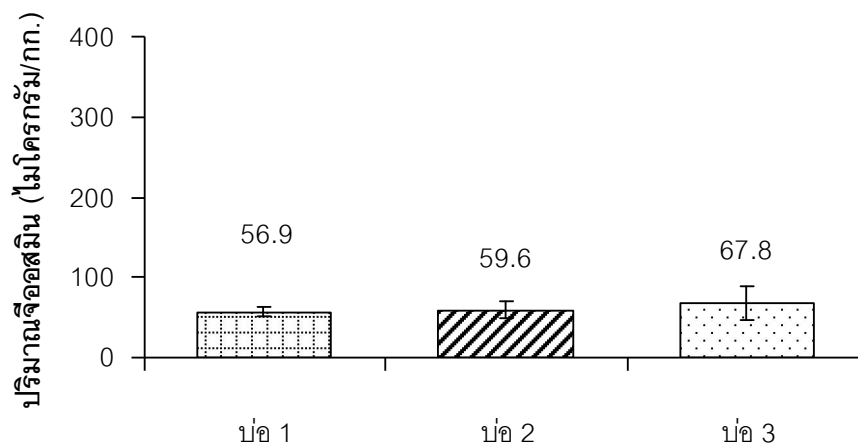


ภาพที่ 10 ปริมาณของสารประกอบเอ็มไอบีและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกก่อนการทดลอง



ภาพที่ 11 ปริมาณของสารประกอบโปรตีนในเนื้อปลาบึก

ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบโปรตีนเมื่อทำการตรวจวัดปริมาณสารประกอบโปรตีนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.9 ± 6.5 , 59.6 ± 10.3 และ 67.8 ± 21.3 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 12) โดยหน่วยการทดลองที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) พบว่ามีปริมาณสารประกอบโปรตีนสูงที่สุด แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า แต่ละหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 12 ปริมาณของสารประกอบโปรตีนในเนื้อปลาบึก

การทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ศึกษาผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการสะสมกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก

จากผลการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ศึกษากระบวนการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก พบว่าระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก คือ การเลี้ยงที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์ นำผลการทดลองที่ได้มาทำการศึกษาต่อในการทดลองที่ 2 ซึ่งปรากฏผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึก

ผลการศึกษาดูการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทั้ง 6 บ่อ (6 ทรีตเมนต์) ตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงในตารางที่ 7, 8 และ ภาพที่ 13

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ

เดือน	บ่อ	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	SGR (%/วัน)	ADG (/วัน)	FCR	อัตราการรอด (%)
พ.ค. 51	1	316.22 ± 41.32 ^a	-	-	-	-	100
	2	305.56 ± 16.44 ^a	-	-	-	-	100
	3	296.67 ± 15.28 ^a	-	-	-	-	100
	4	315.56 ± 18.96 ^a	-	-	-	-	100
	5	252.22 ± 13.47 ^b	-	-	-	-	100
	6	276.67 ± 00.00 ^{ab}	-	-	-	-	100
มิ.ย. 51	1	405.55 ± 47.42 ^b	83.34 ± 41.63 ^{bc}	0.74 ± 0.35 ^{bc}	2.69 ± 1.34 ^{bc}	0.54 ± 0.32 ^a	100
	2	403.33 ± 12.02 ^b	97.78 ± 5.09 ^{bc}	0.89 ± 0.07 ^{bc}	3.18 ± 0.16 ^{bc}	0.23 ± 0.03 ^{bc}	100
	3	435.55 ± 45.99 ^b	138.89 ± 56.80 ^{ab}	1.22 ± 0.47 ^{ab}	4.48 ± 1.83 ^{ab}	0.32 ± 0.13 ^{ab}	100
	4	520.00 ± 43.59 ^a	204.44 ± 40.73 ^a	1.61 ± 0.28 ^a	6.59 ± 1.31 ^a	0.31 ± 0.04 ^{ab}	100
	5	360.01 ± 47.42 ^{bc}	114.44 ± 59.75 ^{bc}	1.18 ± 0.51 ^{ab}	3.69 ± 1.93 ^{ab}	0.54 ± 0.16 ^a	100
	6	319.99 ± 14.53 ^c	43.33 ± 14.53 ^c	0.47 ± 0.15 ^c	1.40 ± 0.47 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	100
ก.ค. 51	1	485.55 ± 92.27 ^{bc}	163.33 ± 90.61 ^{cd}	0.66 ± 0.33 ^{cd}	2.68 ± 1.49 ^{cd}	0.34 ± 0.20 ^a	100
	2	598.89 ± 64.32 ^b	293.33 ± 69.28 ^{ab}	1.10 ± 0.22 ^{ab}	4.81 ± 1.14 ^{ab}	0.13 ± 0.02 ^{bc}	100
	3	537.78 ± 69.95 ^{bc}	241.00 ± 84.95 ^{bc}	0.97 ± 0.29 ^{bc}	3.95 ± 1.40 ^{bc}	0.21 ± 0.04 ^{ab}	100
	4	724.45 ± 69.39 ^a	408.78 ± 62.76 ^a	1.36 ± 0.15 ^a	6.70 ± 1.03 ^a	0.21 ± 0.01 ^{ab}	100
	5	423.33 ± 18.56 ^{cd}	171.11 ± 20.37 ^{cd}	0.85 ± 0.10 ^{bc}	2.81 ± 0.33 ^{cd}	0.36 ± 0.04 ^a	100
	6	351.11 ± 27.15 ^d	74.44 ± 27.14 ^d	0.39 ± 0.13 ^d	1.22 ± 0.45 ^d	0.00 ± 0.00 ^c	100

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

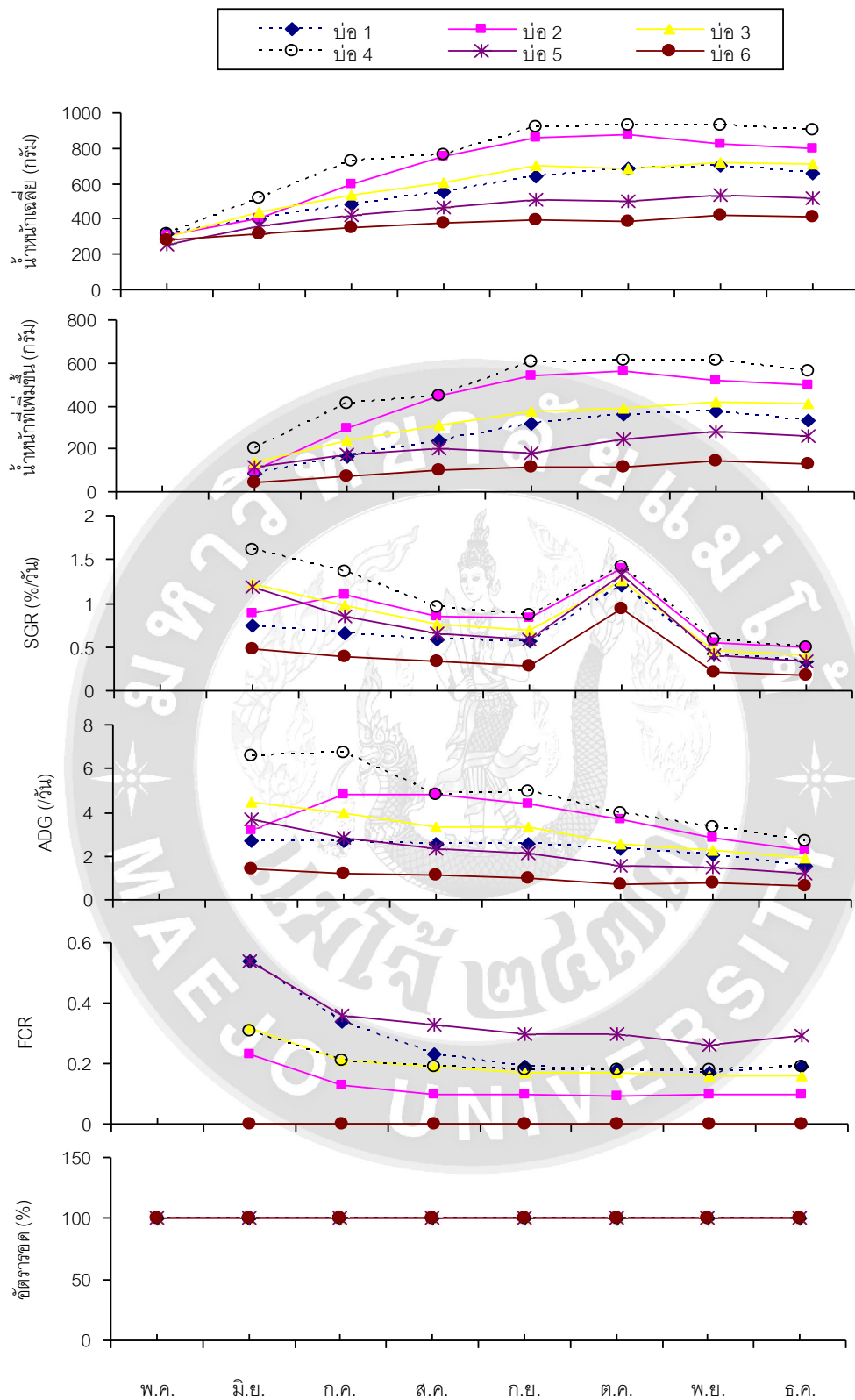
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

เดือน	ป่อ	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	SGR (%/วัน)	ADG (/วัน)	FCR	อัตราการรอด (%)
ส.ค. 51	1	556.67 ± 81.72 ^b	234.44 ± 85.26 ^{bc}	0.59 ± 0.19 ^{ab}	2.55 ± 0.93 ^{bc}	0.23 ± 0.07 ^b	100
	2	751.11 ± 51.78 ^a	445.56 ± 56.80 ^a	0.85 ± 0.15 ^a	4.84 ± 0.62 ^a	0.10 ± 0.01 ^c	100
	3	603.33 ± 68.93 ^{ab}	306.67 ± 53.83 ^{ab}	0.76 ± 0.26 ^a	3.33 ± 1.45 ^{ab}	0.19 ± 0.04 ^b	100
	4	760.55 ± 69.00 ^a	445.00 ± 47.94 ^a	0.95 ± 0.26 ^a	4.84 ± 1.61 ^a	0.19 ± 0.01 ^b	100
	5	464.45 ± 24.11 ^{bc}	203.22 ± 30.73 ^{bc}	0.66 ± 0.04 ^{ab}	2.31 ± 0.18 ^{bc}	0.33 ± 0.01 ^a	100
	6	377.78 ± 50.48 ^c	101.11 ± 50.48 ^c	0.33 ± 0.15 ^b	1.10 ± 0.55 ^c	0.00 ± 0.00 ^d	100
ก.ย. 51	1	638.89 ± 60.49 ^{cd}	316.67 ± 74.46 ^{cd}	0.56 ± 0.13 ^b	2.57 ± 0.62 ^c	0.19 ± 0.03 ^b	100
	2	859.78 ± 52.35 ^{ab}	542.22 ± 69.73 ^{ab}	0.83 ± 0.12 ^a	4.41 ± 0.97 ^{ab}	0.10 ± 0.01 ^c	100
	3	704.44 ± 70.18 ^{bc}	374.44 ± 57.90 ^{bc}	0.69 ± 0.23 ^{ab}	3.32 ± 1.50 ^{bc}	0.17 ± 0.03 ^b	100
	4	924.44 ± 77.06 ^a	608.89 ± 82.35 ^a	0.87 ± 0.09 ^a	4.95 ± 0.67 ^a	0.18 ± 0.01 ^b	100
	5	512.22 ± 15.03 ^{de}	182.00 ± 35.14 ^{de}	0.58 ± 0.02 ^b	2.11 ± 0.03 ^{cd}	0.30 ± 0.01 ^a	100
	6	395.55 ± 37.17 ^e	118.89 ± 37.17 ^e	0.29 ± 0.08 ^c	0.97 ± 0.30 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	100
ต.ค. 51	1	682.22 ± 94.54 ^b	360.00 ± 78.98 ^c	1.20 ± 0.13 ^{ab}	2.34 ± 0.71 ^c	0.18 ± 0.04 ^b	100
	2	875.56 ± 123.00 ^a	560.00 ± 36.66 ^{ab}	1.39 ± 0.11 ^a	3.70 ± 0.82 ^{ab}	0.09 ± 0.01 ^c	100
	3	687.78 ± 146.15 ^b	391.11 ± 61.29 ^{bc}	1.25 ± 0.17 ^a	2.56 ± 1.07 ^{bc}	0.17 ± 0.03 ^b	100
	4	928.89 ± 91.07 ^a	613.33 ± 91.71 ^a	1.42 ± 0.09 ^a	3.98 ± 0.66 ^a	0.18 ± 0.01 ^b	100
	5	497.79 ± 17.10 ^c	245.56 ± 20.09 ^{cd}	1.33 ± 0.31 ^a	1.59 ± 0.13 ^{cd}	0.30 ± 0.02 ^a	100
	6	386.67 ± 48.42 ^c	113.33 ± 53.34 ^d	0.93 ± 0.09 ^b	0.74 ± 0.35 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	100
พ.ย. 51	1	702.22 ± 72.45 ^b	376.66 ± 81.45 ^{bc}	0.42 ± 0.09 ^b	2.05 ± 0.46 ^{bc}	0.17 ± 0.02 ^b	100
	2	827.85 ± 95.48 ^{ab}	522.21 ± 97.14 ^{ab}	0.54 ± 0.07 ^{ab}	2.82 ± 0.53 ^{ab}	0.10 ± 0.01 ^c	100
	3	715.56 ± 161.46 ^b	418.89 ± 96.68 ^{bc}	0.46 ± 0.15 ^{ab}	2.26 ± 0.96 ^{bc}	0.16 ± 0.03 ^b	100
	4	928.89 ± 39.76 ^a	613.33 ± 52.07 ^a	0.58 ± 0.05 ^a	3.32 ± 0.28 ^a	0.18 ± 0.01 ^b	100
	5	531.11 ± 44.76 ^c	278.89 ± 36.87 ^{cd}	0.40 ± 0.03 ^b	1.51 ± 0.20 ^{cd}	0.26 ± 0.04 ^a	100
	6	418.89 ± 42.86 ^c	142.22 ± 42.86 ^d	0.22 ± 0.06 ^c	0.77 ± 0.23 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	100
ธ.ค. 51	1	655.56 ± 93.95 ^{bc}	333.33 ± 94.14 ^{bc}	0.33 ± 0.09 ^b	1.55 ± 0.49 ^{bc}	0.19 ± 0.04 ^b	100
	2	800.00 ± 90.00 ^{ab}	494.44 ± 99.56 ^{ab}	0.50 ± 0.02 ^a	2.30 ± 0.51 ^{ab}	0.10 ± 0.01 ^c	100
	3	710.00 ± 171.40 ^b	413.33 ± 86.57 ^{bc}	0.40 ± 0.13 ^{ab}	1.92 ± 0.87 ^{bc}	0.16 ± 0.03 ^b	100
	4	900.00 ± 62.28 ^a	564.44 ± 80.03 ^a	0.49 ± 0.05 ^a	2.72 ± 0.31 ^a	0.19 ± 0.01 ^b	100
	5	514.44 ± 18.36 ^{cd}	262.22 ± 10.18 ^{cd}	0.33 ± 0.01 ^b	1.22 ± 0.05 ^{cd}	0.29 ± 0.01 ^a	100
	6	408.89 ± 79.04 ^d	132.22 ± 79.05 ^d	0.18 ± 0.09 ^c	0.62 ± 0.37 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	100

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกตลอดการทดลอง

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ตลอดการทดลอง

บ่อ / ทรีตเมนต์	ปัจจัยประสิทธิภาพการเจริญเติบโต					
	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	SGR (%/วัน)	ADG (/วัน)	FCR	อัตราการรอด (%)
บ่อ 1: ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	555.36±148.79 ^c	266.83±87.18 ^{bc}	0.64±0.32 ^b	2.35±0.88 ^c	0.26±0.18 ^b	100
บ่อ 2 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%	677.76±220.04 ^{ab}	422.22±77.13 ^a	0.87±0.31 ^{ab}	3.72±1.14 ^b	0.12±0.05 ^d	100
บ่อ 3 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	586.39±180.68 ^{bc}	326.33±93.27 ^b	0.82±0.39 ^{ab}	3.12±1.42 ^b	0.20±0.07 ^c	100
บ่อ 4 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4%	750.35±225.04 ^a	494.03±92.47 ^a	1.04±0.43 ^a	4.73±1.66 ^a	0.21±0.05 ^{bc}	100
บ่อ 5 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5%	444.45±95.65 ^d	208.21±74.39 ^c	0.76±0.41 ^b	2.18±1.03 ^c	0.34±0.10 ^a	100
บ่อ 6 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป	366.94±58.89 ^d	103.65±51.48 ^d	0.40±0.26 ^c	0.97±0.42 ^d	0.00±0.00 ^e	100

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 7 และ 8 พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่แตกต่างกัน ทั้ง 6 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน บ่อที่ 2, 3, 4 และ 5 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%, 3%, 4% และ 5% ตามลำดับ และบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ แต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป นั้นเริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนมิถุนายนภายหลังเริ่มปล่อยปลาบึกในเดือนพฤษภาคม และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า

น้ำหนักเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% มีค่าสูงสุด (750.35 ± 225.04 กรัม/ตัว) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าต่ำสุด (366.94 ± 58.89 กรัม/ตัว)

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% มีค่าสูงสุด (494.03 ± 92.47 กรัม/ตัว) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าต่ำสุด (103.65 ± 51.48 กรัม/ตัว)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) เฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% มีค่าสูงสุด ($1.04 \pm 0.43\%$ / วัน) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าต่ำสุด ($0.40 \pm 0.26\%$ / วัน)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) เฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% มีค่าสูงสุด (4.73 ± 1.66) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าต่ำสุด (0.97 ± 0.42)

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) เฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 5 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5% มีค่าสูงสุด (0.34 ± 0.10) และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีค่าต่ำสุด (0.00 ± 0.00)

อัตราการรอดเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทั้ง 6 บ่อ มีค่าเท่ากันทุกบ่อ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100%

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเติบโตทุกปัจจัยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทั้ง 6 บ่อ พบว่า บ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% มีประสิทธิภาพการเติบโตในส่วนของน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ย มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นอัตราการแลกเนื้อ พบว่าบ่อที่ 5 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5% นั้น มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดเฉลี่ยพบว่าทุกบ่อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 8 ชนิด (คิดเป็น 17.78%) ดิวิชัน Chlorophyta 18 ชนิด (คิดเป็น 40.00%) ดิวิชัน Chrysophyta 13 ชนิด (คิดเป็น 28.89%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด (คิดเป็น 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (คิดเป็น 8.89%) และ ดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (คิดเป็น 2.22%) โดยจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ แสดงในตารางที่ 9 และ 10 คือ

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 21.00 ± 4.90 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 25 ชนิด ในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคมและพบน้อยที่สุด 11 ชนิด ในเดือนพฤศจิกายน

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2% ของน้ำหนักตัว/วัน มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 23.38 ± 5.21 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 31 ชนิด ในเดือนสิงหาคมและพบน้อยที่สุด 14 ชนิด ในเดือนพฤศจิกายน

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 21.50 ± 5.43 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 31 ชนิด ในเดือนพฤษภาคมและพบน้อยที่สุด 14 ชนิด ในเดือนตุลาคม

บ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% ของน้ำหนักตัว/วัน มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 24.75 ± 6.14 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 32 ชนิด ในเดือนพฤษภาคมและพบน้อยที่สุด 15 ชนิด ในเดือนพฤศจิกายน

บ่อที่ 5 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5% ของน้ำหนักตัว/วัน มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 24.13 ± 6.92 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 31 ชนิด ในเดือนสิงหาคม และพบน้อยที่สุด 10 ชนิด ในเดือนพฤศจิกายน

บ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติแต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 23.13 ± 6.80 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด 29 ชนิด ในเดือนพฤษภาคม และพบน้อยที่สุด 10 ชนิด ในเดือนพฤศจิกายน

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 9 องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์
(เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551)

เดือน ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ	พฤษภาคม 2551						มิถุนายน 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
Division Cyanophyta												
<i>Anabaena</i> sp.	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aphanothece</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
<i>Lyngbya limnetica</i>	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Raphidiopsis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Merismopedia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Division Chlorophyta												
<i>Actinastrum lagerheimia</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Botryococcus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coelastrum</i> sp.	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
<i>Cosmarium</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
<i>Closterium</i> sp.	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+
<i>Crucigenia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
<i>Eudorina</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Kirchneriella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oocystis</i> sp.	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Pandorina</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Secnedesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
<i>Tetraedron minimum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron</i> sp.	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+
<i>Volvox</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	พฤษภาคม 2551						มิถุนายน 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Chrysophyta												
<i>Cyclotella</i> sp.	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Cymbella</i> sp.	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Fragilaria</i> sp.	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Gomphonema</i> sp.	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-
<i>Melosira granulata</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Pinnularia</i> sp.	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>Synedra</i> sp.	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Division Pyrrophyta												
<i>Peridinium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Euglenophyta												
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strombomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta												
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	กรกฎาคม 2551						สิงหาคม 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Cyanophyta												
<i>Anabaena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aphanothece</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Lyngbya limnetica</i>	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Raphidiopsis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
<i>Merismopedia</i> sp.	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Division Chlorophyta												
<i>Actinastrum lagerheimia</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Botryococcus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coelastrum</i> sp.	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>Cosmarium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Closterium</i> sp.	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Crucigenia</i> sp.	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Eudorina</i> sp.	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Kirchneriella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oocystis</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>Pandorina</i> sp.	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Secnedesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Tetraedron minimum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Volvox</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	กรกฎาคม 2551						สิงหาคม 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Chrysophyta												
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella</i> sp.	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-
<i>Fragilaria</i> sp.	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Gomphonema</i> sp.	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira granulata</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Navicula</i> sp.	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Surirella</i> sp.	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Synedra</i> sp.	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Division Pyrrophyta												
<i>Peridinium</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Euglenophyta												
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strombomonas</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta												
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	กันยายน 2551						ตุลาคม 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Cyanophyta												
<i>Anabaena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Aphanothece</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lyngbya limnetica</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Raphidiopsis</i> sp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Merismopedia</i> sp.	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+
Division Chlorophyta												
<i>Actinastrum lagerheimia</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Botryococcus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
<i>Coelastrum</i> sp.	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+
<i>Cosmarium</i> sp.	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Closterium</i> sp.	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Crucigenia</i> sp.	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Eudorina</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
<i>Kirchneriella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Oocystis</i> sp.	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Pandorina</i> sp.	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Secnedesmus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Tetraedron minimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron</i> sp.	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Volvox</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	กันยายน 2551						ตุลาคม 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Chrysophyta												
<i>Cyclotella</i> sp.	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Cymbella</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-
<i>Fragilaria</i> sp.	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-
<i>Gomphonema</i> sp.	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Melosira granulata</i>	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
<i>Navicula</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-
<i>Pinnularia</i> sp.	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Synedra</i> sp.	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+
Division Pyrrophyta												
<i>Peridinium</i> sp.	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Division Euglenophyta												
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strombomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Division Cryptophyta												
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	พฤศจิกายน 2551						ธันวาคม 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Cyanophyta												
<i>Anabaena</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Aphanothece</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lyngbya limnetica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Raphidiopsis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Merismopedia</i> sp.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
Division Chlorophyta												
<i>Actinastrum lagerheimia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
<i>Botryococcus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coelastrum</i> sp.	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Cosmarium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Closterium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crucigenia</i> sp.	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Eudorina</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Kirchneriella</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Oocystis</i> sp.	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+
<i>Pandorina</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Secnedesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Tetraedron minimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Tetraedron</i> sp.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Volvox</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	พฤศจิกายน 2551						ธันวาคม 2551					
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 5	บ่อ 6
ชนิดแพลงก์ตอนพืช / บ่อ												
Division Chrysophyta												
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
<i>Cymbella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira granulata</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Navicula</i> sp.	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Pinnularia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Synedra</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Division Pyrrophyta												
<i>Peridinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
Division Euglenophyta												
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strombomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>Trachelomonas</i> sp.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Division Cryptophyta												
<i>Cryptomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: + พบ / - ไม่พบ

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึก
แต่ละบ่อตลอดการศึกษา

บ่อ / ทรีตเมนต์	ปัจจัย	
	จำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืช	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์/มล.)
บ่อ 1 : ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	21.00 ± 4.90^a	10.74 ± 3.72^b
บ่อ 2 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%	23.38 ± 5.21^a	15.17 ± 5.71^b
บ่อ 3 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	21.50 ± 5.43^a	19.89 ± 2.44^{ab}
บ่อ 4 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4%	24.75 ± 6.14^a	35.42 ± 6.24^a
บ่อ 5 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5%	24.13 ± 6.92^a	27.15 ± 3.10^{ab}
บ่อ 6 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป	23.13 ± 6.80^a	17.08 ± 5.30^{ab}

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อตลอดการทดลอง พบว่าบ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% ของน้ำหนักตัว/วัน พบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 35.42 ± 6.24 เซลล์/มิลลิลิตร และบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน 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 ± 5.30 - 35.42 ± 6.24 เซลล์/มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 2 (บ่อที่ 1, 2, 3, 5 และ 6) มีปริมาณเฉลี่ย 10.74 ± 3.72 - 27.15 ± 3.10 เซลล์/มิลลิลิตร

3. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ/ทรีตเมนต์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551 ปรากฏผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

บ่อ / ทรีตเมนต์	ระดับความลึกของน้ำ (เมตร)	อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	ความโปร่งแสง (เมตร)
บ่อ 1: ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	0.52 ± 0.04 d	26.56 ± 3.67 a	25.63 ± 2.86 a	0.27 ± 0.07 a
บ่อ 2: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%	0.65 ± 0.05 b	26.44 ± 3.63 a	25.63 ± 2.86 a	1.14 ± 0.52 a
บ่อ 3: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	0.72 ± 0.07 a	26.44 ± 3.63 a	26.06 ± 2.97 a	0.26 ± 0.06 a
บ่อ 4: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4%	0.56 ± 0.03 cd	26.44 ± 3.63 a	25.88 ± 2.85 a	0.23 ± 0.09 a
บ่อ 5: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5%	0.61 ± 0.05 bc	26.44 ± 3.63 a	25.88 ± 2.86 a	0.28 ± 0.09 a
บ่อ 6: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป	0.62 ± 0.07 b	26.19 ± 3.20 a	25.88 ± 2.85 a	0.36 ± 0.07 a

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ระดับความลึกของน้ำ พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 3 (0.72 ± 0.07 เมตร) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (0.52 ± 0.04 เมตร)

อุณหภูมิอากาศ พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 1 (26.56 ± 3.67 $^{\circ}\text{C}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 6 (26.19 ± 3.20 $^{\circ}\text{C}$)

อุณหภูมิน้ำ พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 3 (26.06 ± 2.97 $^{\circ}\text{C}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 (25.63 ± 2.86 $^{\circ}\text{C}$)

ความโปร่งแสง พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 2 (1.14 ± 0.52 เมตร) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 4 (0.23 ± 0.09 เมตร)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าระดับความลึกของน้ำในแต่ละบ่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางด้านเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อ
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

บ่อ / ทรีตเมนต์	ความเป็นกรด -ด่าง	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำ (mg/L)	ความนำไฟฟ้า ($\mu\text{s/cm}$)	ปริมาณออกซิเจน ที่ละลายน้ำ (mg/L)
บ่อ 1: ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	$6.76 \pm 0.42 \text{ b}$	$83.75 \pm 21.00 \text{ c}$	$171.88 \pm 43.33 \text{ c}$	$3.64 \pm 1.18 \text{ a}$
บ่อ 2 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%	$6.85 \pm 0.45 \text{ ab}$	$94.38 \pm 17.61 \text{ c}$	$195.00 \pm 38.36 \text{ c}$	$4.10 \pm 1.10 \text{ a}$
บ่อ 3 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	$6.85 \pm 0.36 \text{ ab}$	$93.13 \pm 16.68 \text{ c}$	$190.63 \pm 32.56 \text{ c}$	$3.58 \pm 0.94 \text{ a}$
บ่อ 4 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4%	$6.73 \pm 0.36 \text{ b}$	$105.00 \pm 23.30 \text{ c}$	$214.38 \pm 45.00 \text{ c}$	$3.86 \pm 1.27 \text{ a}$
บ่อ 5 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5%	$7.08 \pm 0.21 \text{ ab}$	$143.13 \pm 20.52 \text{ b}$	$292.50 \pm 42.34 \text{ b}$	$3.34 \pm 1.46 \text{ a}$
บ่อ 6 : มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป	$7.20 \pm 0.23 \text{ a}$	$182.50 \pm 19.46 \text{ a}$	$368.75 \pm 39.71 \text{ a}$	$3.29 \pm 0.63 \text{ a}$

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ความเป็นกรด-ด่าง พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 6 (7.20 ± 0.23) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 4 (6.73 ± 0.36)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 6 ($182.50 \pm 19.46 \text{ mg/L}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 ($83.75 \pm 21.00 \text{ mg/L}$)

ความนำไฟฟ้า พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 6 ($368.75 \pm 39.71 \mu\text{s/cm}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 ($171.88 \pm 43.33 \mu\text{s/cm}$)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 2 ($4.10 \pm 1.10 \text{ mg/L}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 6 ($3.29 \pm 0.63 \text{ mg/L}$)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และ ความนำไฟฟ้าในแต่ละบ่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 12 (ต่อ)

บ่อ / ทรีตเมนต์	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L)	ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (mg/L)	ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (mg/L)
บ่อ 1: ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	$0.982 \pm 0.747 \ a$	$0.867 \pm 0.691 \ a$	$0.203 \pm 0.105 \ c$
บ่อ 2: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2%	$0.879 \pm 0.497 \ a$	$1.311 \pm 0.651 \ a$	$1.167 \pm 0.679 \ c$
บ่อ 3: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3%	$0.825 \pm 0.488 \ a$	$1.076 \pm 0.710 \ a$	$1.129 \pm 0.385 \ c$
บ่อ 4: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4%	$1.191 \pm 0.946 \ a$	$0.753 \pm 0.698 \ a$	$2.000 \pm 0.500 \ c$
บ่อ 5: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + อาหารเม็ดสำเร็จรูป 5%	$1.007 \pm 0.909 \ a$	$0.794 \pm 0.704 \ a$	$2.094 \pm 0.611 \ c$
บ่อ 6: มีการสร้างอาหารธรรมชาติ + ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป	$0.776 \pm 0.734 \ a$	$1.263 \pm 0.730 \ a$	$2.053 \pm 0.859 \ c$

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 4 ($1.191 \pm 0.946 \text{ mg/L}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 6 ($0.776 \pm 0.734 \text{ mg/L}$)

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 2 ($1.311 \pm 0.651 \text{ mg/L}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 4 ($0.753 \pm 0.698 \text{ mg/L}$)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส พบมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในบ่อที่ 5 ($2.094 \pm 0.611 \text{ mg/L}$) และมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในบ่อที่ 1 ($0.203 \pm 0.105 \text{ mg/L}$)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ในแต่ละบ่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4. การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากับปัจจัยต่างๆ

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากับปัจจัยต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551 (ตารางที่ 13) พบว่า

น้ำหนักเฉลี่ยของปลามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ($r = 0.303^*$) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = 0.333^*$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นกรด-ด่าง ($r = -0.599^{**}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = -0.604^{**}$) ความนำไฟฟ้า ($r = -0.603^{**}$) ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ($r = -0.481^{**}$) และปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ($r = -0.345^*$) ตามลำดับ

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปลามีความสัมพันธ์เชิงลบกับกรด-ด่าง ($r = -0.675^{**}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = -0.657^{**}$) ความนำไฟฟ้า ($r = -0.658^{**}$) และปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ($r = -0.439^{**}$) ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิน้ำ ($r = 0.552^{**}$) อุณหภูมิอากาศ ($r = 0.396^{**}$) และความโปร่งแสง ($r = 0.318^*$) ตามลำดับ

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิน้ำ ($r = 0.371^*$) และอุณหภูมิอากาศ ($r = 0.357^*$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($r = -0.409^{**}$) และความนำไฟฟ้า ($r = -0.399^{**}$) ตามลำดับ

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปัจจัยใดๆ

ตารางที่ 13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่างๆ

Variable	Survival	Weight	FCR	Survival	PLK	Depth	Water temp	Δtemp	Transparen	pH	DO ₂	EC	DO	NF-3	VO ₂	PO ₄
Survival Correlation Sig (2-tailed) N	144	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Weight Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
FCR Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Survival Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
PLK Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Depth Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Water temp Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Δtemp Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Transparen Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
pH Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
DO ₂ Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
EC Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
DO Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
VO ₂ Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
PO ₄ Correlation Sig (2-tailed) N	0.000	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126

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

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

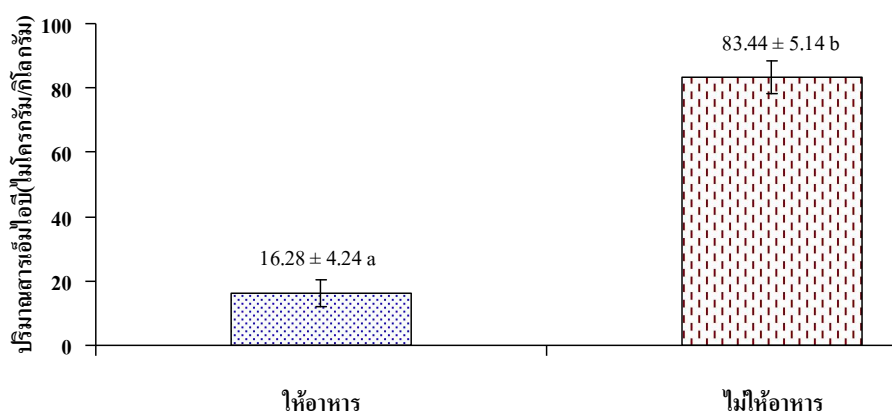
Δ. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

5. ผลของระบบการเพาะเลี้ยงต่อการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินขนาด 100 ตร.ม. จำนวน 6 บ่อ ซึ่งแบ่งเป็น 6 หน่วยการทดลอง คือ หน่วยการทดลองที่ 1 ให้อาหาร 3% ไม่สร้างอาหารธรรมชาติ (ควบคุม) หน่วยการทดลองที่ 2 ให้อาหาร 2% สร้างอาหารธรรมชาติ หน่วยการทดลองที่ 3 ให้อาหาร 3% สร้างอาหารธรรมชาติ หน่วยการทดลองที่ 4 ให้อาหาร 4 % สร้างอาหารธรรมชาติ หน่วยการทดลองที่ 5 ให้อาหาร 5% สร้างอาหารธรรมชาติ และหน่วยการทดลองที่ 6 ไม่ให้อาหาร สร้างอาหารธรรมชาติ ภายหลังการเลี้ยง 8 เดือน

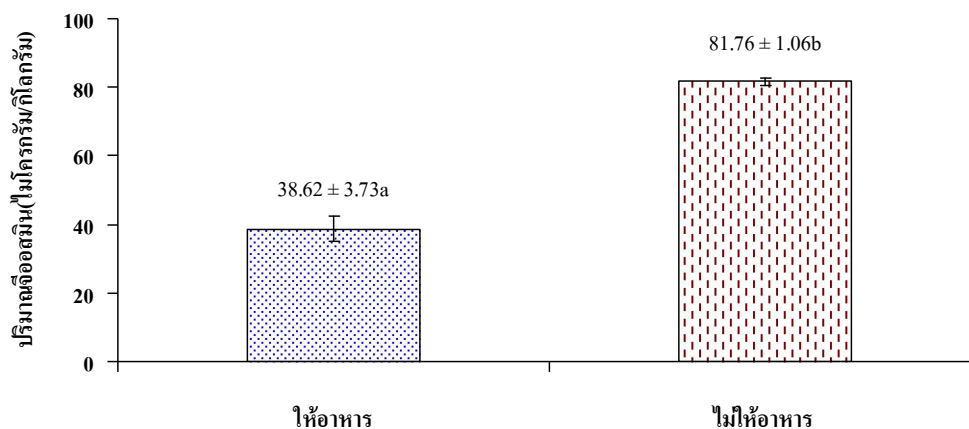
5.1 ปริมาณสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินขนาด 100 ตร.ม. ที่ให้อาหาร(5 % ของน้ำหนักตัว)และไม่ให้อาหาร ทำการวัดปริมาณสารประกอบจืออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึก พบว่า ค่าปริมาณเฉลี่ยของเอ็มไอบี เท่ากับ 16.28 ± 4.24 และ 83.44 ± 5.14 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปลาบึกโดยไม่ให้อาหารและสร้างอาหารธรรมชาติ มีปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีมากกว่าที่ให้อาหาร และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร

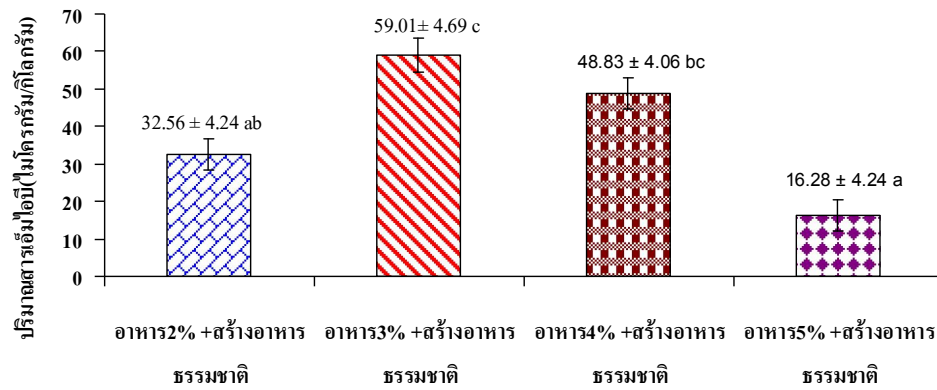
ส่วนปริมาณสารประกอบจืออสมินในเนื้อปลาบึก พบว่า ค่าปริมาณเฉลี่ยของจืออสมินเท่ากับ 38.62 ± 3.73 และ 81.76 ± 1.06 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การเลี้ยงปลาบึกโดยไม่ให้อาหารและสร้างอาหารธรรมชาติ มีปริมาณสารประกอบจืออสมินมากกว่าที่ให้อาหาร (5 % ของน้ำหนักตัว) และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบจืออสมินมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 ปริมาณสารประกอบจืออสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร

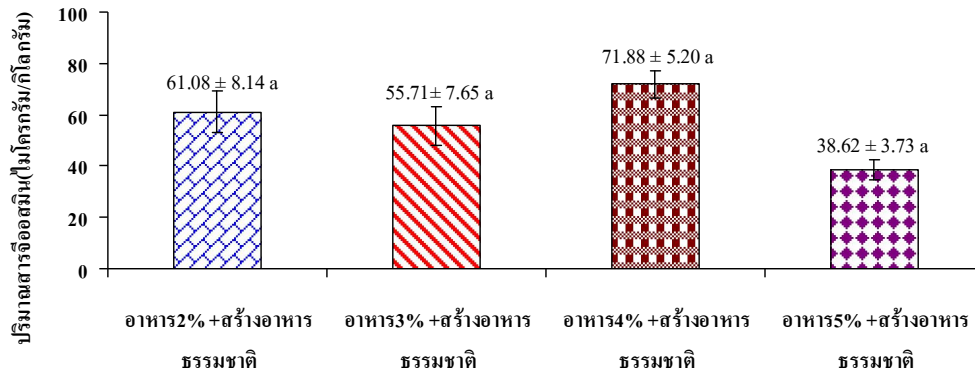
5.2 ปริมาณสารประกอบจืออสมินและเอมีไอบีในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารในอัตราที่แตกต่างกัน

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินขนาด 100 ตร.ม. ที่ให้อาหารในอัตราส่วน 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ทำการวัดปริมาณสารประกอบจืออสมินและเอมีไอบีในเนื้อปลาบึก พบว่า ค่าปริมาณเฉลี่ยของเอมีไอบี เท่ากับ 32.56 ± 4.24 , 59.01 ± 4.69 , 48.83 ± 4.06 และ 16.28 ± 4.24 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การเลี้ยงปลาบึกที่ให้อาหารในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณสารประกอบเอมีไอบีในเนื้อปลาบึกน้อยที่สุด และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอมีไอบีมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าหน่วยการทดลองที่ให้อาหาร 5 มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับหน่วยการทดลองที่ให้อาหาร 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับหน่วยการทดลองที่ให้อาหาร 2 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ปริมาณสารประกอบเอนไซม์ในเนื้อปลาที่ให้อาหารในอัตราที่ต่างกัน

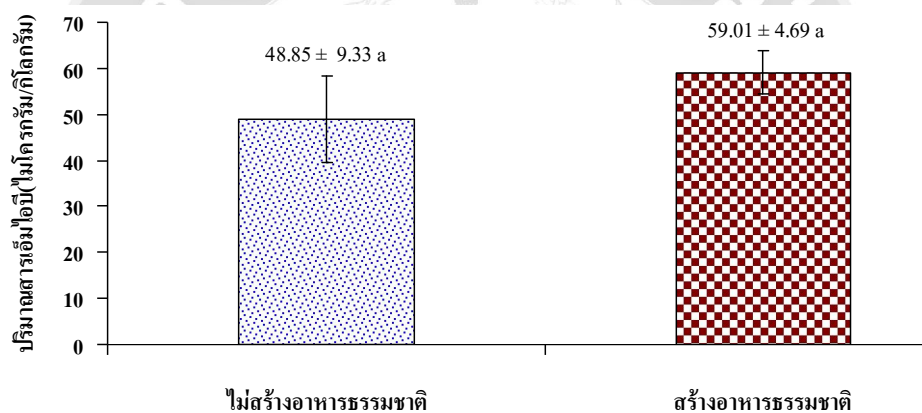
ส่วนปริมาณสารประกอบไขมันในเนื้อปลาที่พบว่า ค่าปริมาณเฉลี่ยของไขมันเท่ากับ 61.08 ± 8.14 , 55.71 ± 7.65 , 71.88 ± 5.20 และ 38.62 ± 3.73 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การเลี้ยงปลาที่ให้อาหารในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณสารประกอบไขมันในเนื้อปลาน้อยที่สุด และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบไขมันมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ปริมาณสารประกอบไขมันในเนื้อปลาที่ให้อาหารในอัตราที่ต่างกัน

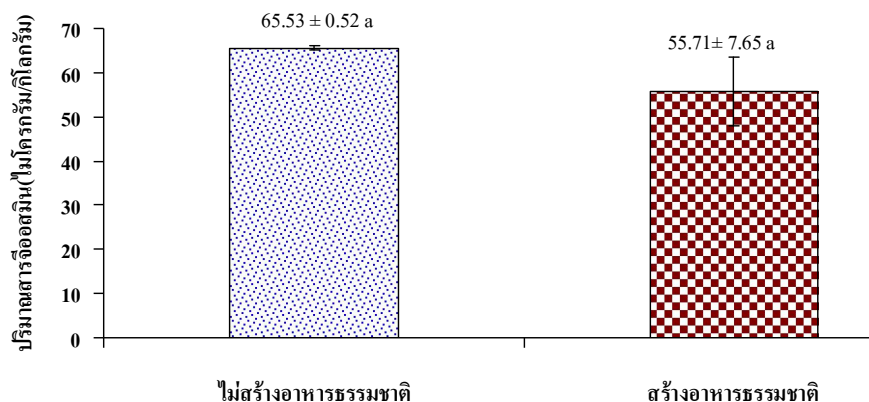
5.3 ปริมาณสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหาร (3 % ของน้ำหนักตัว) โดยสร้างอาหารธรรมชาติ และไม่สร้างอาหารธรรมชาติ

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินขนาด 100 ตร.ม. ที่ให้อาหาร (3 % ของน้ำหนักตัว) โดยสร้างอาหารธรรมชาติ และไม่สร้างอาหารธรรมชาติ ทำการวัดปริมาณสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึก พบว่า ค่าปริมาณเฉลี่ยของเอ็มไอบี เท่ากับ 48.85 ± 9.33 และ 59.01 ± 4.69 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การเลี้ยงปลาที่ให้อาหาร (3 % ของน้ำหนักตัว) และไม่สร้างอาหารธรรมชาติ จะมีปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในเนื้อปลาบึกน้อยที่สุด และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 ปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร

ส่วนปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึก พบว่า ค่าปริมาณเฉลี่ยของจีโอสมิน เท่ากับ 65.53 ± 0.52 และ 55.71 ± 7.65 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การเลี้ยงปลาที่ให้อาหาร (3 % ของน้ำหนักตัว) และไม่สร้างอาหารธรรมชาติ จะมีปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึกน้อยที่สุด และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบจีโอสมินมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 ปริมาณสารประกอบจืออสมินในเนื้อปลาบึกที่ให้อาหารและไม่ให้อาหาร

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการสะสมกลีโคเจนในเนื้อปลาบึกโดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ และมีการสร้างอาหารธรรมชาติ ซึ่งการทดลองที่ 1 (ปีที่ 1) ศึกษาผลการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก โดยทำการเลี้ยงปลาบึกในบ่อจำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ตลอดการทดลอง และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน และทำการเลี้ยงปลาบึก ระหว่างเดือน กรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551 เป็นระยะเวลา 7 เดือน ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด และปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบเอมีไอบี และจืออสมินในเนื้อปลาบึกของหน่วยการทดลองที่ 1 มีปริมาณต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.4 ± 0.0 และ 56.9 ± 6.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จากนั้นนำผลการทดลองที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาศึกษาต่อเนื่องในการทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ศึกษาผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการสะสมกลีโคเจนในเนื้อปลาบึก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่ 1 พบว่าระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก คือ การเลี้ยงที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง โดยใช้ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์

สำหรับการทดลองที่ 2 (ปีที่ 2) ทำการเลี้ยงปลาบึกในบ่อจำนวน 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 ทำการเลี้ยงปลาบึก ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2551 เป็นระยะเวลา 8 เดือน ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึก ที่เลี้ยงในบ่อที่ 4 มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน และนอกจากนี้หากพิจารณาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกในบ่อที่ 4 กับ บ่อที่ 5 ที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติเช่นเดียวกัน เพียงแต่บ่อที่ 5 นั้น ได้ให้อาหารสำเร็จรูป 5% ของน้ำหนักตัว/วัน อัตราเดียวกับการทดลองที่ 1 ซึ่งถือว่าเป็นทรีตเมนต์ควบคุม โดยผลการทดลองปรากฏชัดว่าหากมีการสร้างอาหารธรรมชาติ แล้วลดอัตราการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปลงมาเหลือ 4%, 3% หรือแม้แต่เหลือ 2% ของน้ำหนักตัว/วัน ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกก็ไม่ลดลงตาม กลับทำให้มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีขึ้น และผลการทดลองที่ได้ยังปรากฏชัดว่าอัตราการแลกเนื้อของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 5 นั้น มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อันเป็นผลมาจากอัตราการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่สูงถึง 5% ของน้ำหนักตัว/วัน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่ 2 นี้ พบว่ายังให้ผลที่สนับสนุนและสอดคล้องกับการทดลองที่ 1 ที่การเลี้ยงปลาบึกโดยมีการสร้างอาหารธรรมชาติจะมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการเลี้ยงปลาบึกโดยไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ กล่าวคือ หากพิจารณาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 และ 3 ที่มีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในอัตราที่เท่ากัน คือ 3% ของน้ำหนักตัว/วัน เพียงแต่บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ผลการทดลองพบว่าปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา บ่อที่ 6 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ แต่ไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกมีค่าน้อยกว่าปลาบึกที่เลี้ยงในบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จึงชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาบึกในสภาพที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติยังคงต้องมีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ไม่สามารถงดไม่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเลยได้

บัญญัติ และคณะ(2549) รายงานว่า การเลี้ยงปลาโดยมีการสร้างอาหารธรรมชาติบางครั้งอาหารธรรมชาติที่สร้างขึ้นในบ่อเลี้ยงปลานั้น อาจจะไม่มียาผลต่อผลผลิตของปลาก็ได้ เนื่องจากปลาอาจได้รับอิทธิพลโดยตรงจากอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ให้เป็นอาหารอยู่แล้ว

ดังนั้นจากข้อมูลการทดลองจึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงโดยมีการสร้างอาหารธรรมชาติมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาบึก และสามารถลดอัตราการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปได้ในสภาพการเลี้ยงดังกล่าว

ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 45 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 8 ชนิด (คิดเป็น 17.78%) ดิวิชัน Chlorophyta 18 ชนิด (คิดเป็น 40.00%) ดิวิชัน Chrysophyta 13 ชนิด (คิดเป็น 28.89%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด (คิดเป็น 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (คิดเป็น 8.89%) และ ดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (คิดเป็น 2.22%) โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อตลอดการทดลอง พบว่าบ่อที่ 4 มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 4% ของน้ำหนักตัว/วัน พบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 35.42 ± 6.24 เซลล์/มิลลิลิตร และบ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 3% ของน้ำหนักตัว/วัน มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 10.74 ± 3.72 เซลล์/มิลลิลิตร

ขจรเกียรติ และคณะ (2550) รายงานว่าบ่อเลี้ยงปลาบึกที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการเลี้ยง โดยใส่ปุ๋ยซีไคแห้ง ในอัตรา 2.5 กก./100 ตรม./สัปดาห์ (40 กก./ไร่/สัปดาห์) นั้น ทำให้เกิดอาหารธรรมชาติจำพวกแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นที่เข้าใจกันในลักษณะ “การสร้างน้ำเขียว” ก็จะเป็นการเพิ่มระบบห่วงโซ่อาหารขึ้นในบ่อ ซึ่งเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในระบบห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้นนั้น จะส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง ประกอบกับดูดซับสารอาหารส่วนเกินที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ โดยทั่วไปผลผลิตของสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารธรรมชาติที่มีในน้ำ หรือที่เรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ และผลผลิตขั้นปฐมภูมิก็น่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งรวมเรียกว่า ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่ง (เกรียงศักดิ์, 2547; Mischke and Paul, 2004) ทั้งนี้จะสอดคล้องกับผลการศึกษา กล่าวคือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในบ่อที่ 4 พบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดและเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่างๆ ก็ให้ผลที่สอดคล้องกันที่น้ำหนักเฉลี่ยของปลาบึกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแพลงก์ตอนพืช

สุจิตรา (2546) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาโครงการเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2545 – กุมภาพันธ์ 2546 ซึ่งมีการบูรณาการเลี้ยงไก่บนคันบ่อและใช้มูลไก่บางส่วนเป็นอาหารธรรมชาติของปลา จากการที่มูลไก่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ผลการศึกษา พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 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 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแฟลกเจลลอนพืชและคุณภาพน้ำ พบว่าแฟลกเจลลอนพืช ใน Division Cyanophyta มีความสัมพันธ์แปรผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r=-0.660^*$)

ปานตะวัน (2549) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อชนิดของแฟลกเจลลอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีการให้ปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้ในระดับต่างกัน คือ 0, 30, 60, 90, 120 และ 150 กิโลกรัม/ไร่/สัปดาห์ ผลการศึกษาพบแฟลกเจลลอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน คือ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Chrysophyta แฟลกเจลลอนพืชที่เป็นชนิดเด่น คือ *Merismopedia* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp., *Chlamydomonas* sp., *Eudorina* sp., *Scenedesmus* sp., *Euglena* sp., *Trachelomonas* sp., *Cyclotella* sp. และ *Navicula* sp. ทั้งนี้จำนวนชนิดและปริมาณของแฟลกเจลลอนพืชในแต่ละบ่อทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมูลไก่ที่ใช้กับชนิดแฟลกเจลลอนพืช พบว่าแฟลกเจลลอนพืช ดิวิชัน Euglenophyta มีความสัมพันธ์แปรผันตามและดิวิชัน Cyanophyta มีความสัมพันธ์แปรผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปริมาณมูลไก่ที่ใช้

สำหรับ การทดลองผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก พบว่า ในการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติสามารถลดปริมาณสารประกอบเอมีไอบีและจีโอสมินได้ดีที่สุด ($P \leq 0.05$) โดยพบว่า ปลาบึกที่มีการให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว มีการสะสมปริมาณสารเอมีไอบี ($P \leq 0.05$) และจีโอสมิน ($P \leq 0.05$) ในเนื้อปลาบึกน้อยที่สุด และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลของ การเลี้ยงปลาบึกที่มีการให้อาหาร 3 % ร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ และไม่สร้างอาหารธรรมชาติ พบว่า การให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ สามารถลดการสะสมปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึก ($P \leq 0.05$) เนื่องจากปลาบึกได้รับสารอาหารเต็มที่ จึงไม่ต้องพึ่งอาหารธรรมชาติที่มีแฟลกเจลลอนพืชที่สร้างสารประกอบเอมีไอบีและจีโอสมินอยู่ ดังนั้น จึงสามารถลดการสะสมปริมาณสารประกอบเอมีไอบีและจีโอสมิน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึกได้ วรพงษ์ (2545) กล่าวว่า การดูดซึมสารจีโอสมินและเอมีไอบีของปลาจากการกินสาหร่ายหรือพัดผ่านเข้าไปในเหงือก แต่เมื่อปลาได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในปริมาณที่พอเหมาะก็จะทำให้ลดการกินพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือการสัมผัสกับสารจีโอสมินและเอมีไอบีเข้าในตัวปลาโดยตรง สอดคล้องกับ Lovell (1976) กล่าวว่าควรมีวิธีการให้อาหาร และการควบคุมปริมาณอาหารที่เหมาะสม และให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นเหม็นที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ทำให้เกิดกลิ่น และ Rungreungwudhikrai (1995) พบว่า เมื่อให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับการใช้ปุ๋ยในบ่อ โดยบ่อที่ใส่

ปุ๋ยยูเรียมีผลให้ปริมาณสารกลีโคลนินในเนื้อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ส่วนบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวยพบว่าไม่มีผลให้สารกลีโคลนินในเนื้อปลาตัว วิทยา (2551) พบว่า ความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป จะมีความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อต่ำกว่าการเลี้ยงปลานิลแดงที่ไม่ได้ให้อาหาร สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ พบว่า การให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ สามารถลดการสะสมปริมาณสารประกอบจีโอสมินในเนื้อปลาบึก

ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึก เพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาบึกให้มีประสิทธิภาพ มีความต่อเนื่องและมีทิศทางที่ถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกร เอกชน และผู้สนใจ ตลอดจนหาแนวทางที่จะพัฒนา มหาวิทยาลัยสู่ความเป็นเลิศด้านปลาบึกของภูมิภาคอย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 212 น.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2548. การเพาะเลี้ยงปลาบึกเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 152 น.
- ขจรเกียรติ ศรีนวลสม นิวุฒิ หวังชัย บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจงบกล พรหมยะ. 2550. ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและการเกิดกลีโคลนินในเนื้อปลาบึก. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 35 น.
- ชวลิต วิทยานนท์และสมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์. 2536. อนุกรมวิธานของปลาบึกและปลาสวาย (วงศ์ Pangasiidae). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 57 น.
- บัญญัติ มนเทียรอาสน์ อภินันท์ สุวรรณรักษ์ ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ พิมพร มนเทียรอาสน์. 2549. เปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิล. รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 22 น.
- ปานตะวัน ลือเลิศ. 2549. ผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อชนิดของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในบ่อเลี้ยงปลานิล. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 115 น.
- วรพงษ์ นลินานนท์. 2545. การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- วิทยา ทาวงศ์. 2551. การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลแดง (*Oreochromis* sp.) ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่. 123 หน้า.
- สุจิตรา ลัมทม. 2546. ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกักตุนพิษและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาโครงการเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 49 น.
- Dionigi, C. P., T.E. Lawlor, J.E.M. Farland and P.B. Johnsen. 1993. Evaluation of geosmin and 2-methylisoborneol on the histidine dependence of TA98 and TA100 *Salmonella typhimurium* tester strain. *Water Research* 27: 1615-1618.
- Farmer, L.J., J.M. McConnell, T.D.J. Hagan and D.B. Harper. 1995. Flavor and off- flavor in wild and farmed Atlantic salmon from locations around Northern Ireland. [Water Science and Technology](#). 31(11): 259-264.
- Form, J. and V. Horlyck. 1984. Site of uptake geosmin a cause of earthy-flavor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1224-1226.
- Hansen T.R. 2003. Economic impact of off-favor to the U.S. Catfish industry. In: *Off-favors in Aquaculture* (ed. By A.M. Rimando & K.K. Schrader), pp.13-29. American Chemical Society, Washington, USA.
- Izaurire, G., C.J. Hwang, S.W. Krasner and J. Micheal. 1982. Geosmin and 2-methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply system. *App. Envi. Micro.* 43(3): 708-714.
- Johnsen, P.B., S.W. Lloyd, B.T. Vingad and P.C. Dionigi. 1996. Effect of temperature on uptake and depuration of 2-methylisoborneol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. World Aqua. Soc.* 27(1): 15-20.
- Klapper, H. 1991. Control of Eutrophication in Inland Waters. New York: Ellis Horwood.
- Lovell, R. T. 1976. Flavor Problems in Fish Culture. FAO. Technical conference on Aquaculture, Kyoto, Japan. 9 p.
- Lovell, R. T. and D. Broce. 1985. Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp, Aquaculture penaeid shrimp. *Aquaculture* 50 : 169-174.
- Martin, J.F., M.S. Plakas, H.J. Holley, J.V. Kitzman and A.M. Guaino. 1990. Pharmacokinetics and tissue disposition of the off-flavor compound 2-

- methylisoborneol in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Can. J. Fish. Aqua. Sci. 47 : 544-547.
- Mekong River Commission. 2002. Mekong giant fish species: on their management and biology. MRC Technical Paper No.3. Phnom Penh, Cambodia. 29 p.
- Mischke, C.C. and Paul, V. Z. 2004. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery pond under various fertilization regimes. Aquaculture. 233(2004): 219 – 235.
- Mogens, T.J. 2002. Biosit. [Online]. Avialable <http://www.biosite.dk/staabi/geosmin.htm> (25 September 2005)
- Persson, P.E. 1982. Muddy odor: a problem associated with extreme eutrophication. Hydrobiologia 89: 161p.
- Rungreungwudhikrai, E. 1995. Characterization and classification of off-flavor of nile tilapia M.S. Thesis no. AE-95-24. Asian Institute of technology, Bangkok.
- Shelby, R.A., Schrader, K.K., Tucker, A., Klesius, P.H., Myers, L.J., 2004. Detection of catfish off-flavour compounds by trained dogs. Aquaculture 35. 888-892.
- Tabachek, J.L. and M. Yurkowski. 1976. Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites and 2-methylisoborneol in saline lake in Monitoba. J. Fish Res. Board Can. 33: 25-35.
- Tanchotikul, U. 1990. Studies on important volatile flavor compounds in Louisiana rangia clam (*Rangia cuneata*). Doctoral dissertation. Louisiana state university. 96 p.
- Tanchotikul, U. and T.C.Y. Hsieh. 1990. Methodology for quantification of geosmin and Levelin raggia clam (*Rangia cuneata*). J. Food Sci. 55(5): 235-312.
- Tucker and Robinson. 1990. Channel Catfish Farming Handbook. New York: Van Nortrand Reinhold. 128 p.
- Van Der Ploeg, M. 1989. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial pond in Mississippi. J. of Applied Aquaculture. 2(3): 22-31.

- Yamada N., N. Marakami, N. Kawamura and J. Sakakibara. 1994. Mechanism of an early lysis by fatty acid from *Axenic Phormidium tenue* (Musty odor-producing cyanobacterium) and its growth prolongation by bacteria. *Biol. Pharm. Bull.* 17(9) : 1277-1281.
- Yurkowski, M. and J.L. TabachekL. 1974. Identification analysis and removal of geosmin from Muddy flavored trout. *J. Fish. Res Board. Can.* 31: 1851-1858.
- Yurkowski, M. and J.L. Tabachek. 1980. Geosmin and 2-methylisoborneol implicated as a cause of muddy odor and flavor in commercial fish from Cedar Lake. *Manitoba.Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1449-1450.



ปีที่ 1 (ปี พ.ศ.2550)

บทคัดย่อ

จากการทดลองในครั้งนี้ได้แบ่งหน่วยการทดลองเป็น 3 หน่วย คือ ฉีด ฮอร์โมน Insulin ซึ่งเป็น Growth hormone ชนิดหนึ่ง ที่ระดับความเข้มข้น 0 $\mu\text{g/kg}$, 35 $\mu\text{g/kg}$ และ 70 $\mu\text{g/kg}$ ตามลำดับ โดยทำการฉีดทุกๆ 4 สัปดาห์เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ให้อาหารปลาตู้กรุ่น(เบอร์3) 3-5 % ทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดที่ฉีด ฮอร์โมน Insulin ที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดคือเท่ากับ 1.79 กรัม/วัน และมีผลผลิตเท่ากับ $2,008.33 \pm 41.86$ กรัม และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของปลาน้ำจืดที่ฉีด ฮอร์โมน Insulin ที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีอัตราการแลกเนื้อที่ดีที่สุดคือเท่ากับ 5.11 ± 0.10 จากการทดลองสรุปได้ว่าการฉีด ฮอร์โมน Insulin ที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีผลทำให้ปลาน้ำจืดเจริญเติบโตว่าการฉีด ฮอร์โมน Insulin ที่ระดับ 0 $\mu\text{g/kg}$ และ 35 $\mu\text{g/kg}$ และมีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ลดลงกว่าระดับอื่น ($P < 0.05$) ส่วนการฉีด ฮอร์โมน Insulin ที่ระดับ 0 $\mu\text{g/kg}$ และ 35 $\mu\text{g/kg}$ มีผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งในด้าน การเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อ

ABSTRACT

Based on this study, the experiment was divided into three units as follows: unit 1 – injection of Insulin hormone, a type of growth hormone, at a concentration of 0 $\mu\text{g/kg}$, 35 $\mu\text{g/kg}$, and 70 $\mu\text{g/kg}$, respectively; unit 2 – injection of Insulin hormone was done every 4 weeks for 16 weeks; and unit 3 – giving catfish feed (No. 3) 3-5 percent. After the assessment of growth potential of giant catfish, it was found that the giant catfish receiving Insulin hormone at the level of 70 $\mu\text{g/kg}$ had a highest growth rate (1.79 grams per day) with the yield production of $2,008.33 \pm 41.86$ grams. The FCR rate of the giant catfish receiving Insulin hormone at the level of 70 $\mu\text{g/kg}$ had a highest level of FCR rate (5.11 ± 0.0). It could be concluded that the injection of Insulin hormone at a level of 70 $\mu\text{g/kg}$ had an effect towards the growth rate of giant catfish than that of 0 $\mu\text{g/kg}$ and 35 $\mu\text{g/kg}$. It was also found that there was a decrease of FCR rate than other levels ($P < 0.05$). Besides, there was no difference in an effect of Insulin hormone injection at the level of 0 $\mu\text{g/kg}$ and 35 $\mu\text{g/kg}$ ($P > 0.05$) in terms of growth rate and FCR rate

บทนำ

ในระบบการเลี้ยงปลาน้ำจืดเชิงพาณิชย์เพื่อให้ได้ขนาดตลาดในปัจจุบันยังเลี้ยงแบบชนิดเดียว ต้องใช้เวลาในการเลี้ยงค่อนข้างยาวนานและใช้บ่อขนาดใหญ่ เกษตรกรรายเล็กจึงยังไม่สามารถที่จะดำเนินการได้ ในการเลี้ยงปลาน้ำจืดให้ได้ขนาดตลาดหรือได้ขนาดพ่อแม่พันธุ์ที่ต้องใช้เวลากว่า 10 ปี มีน้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม

จากการศึกษาโดยเอกสารพบว่า การฉีด recombinant bovine growth hormone (rbGH; Posilac) ในอัตรา 30, 60 และ 120 ug /gBW/3week มีผลทำให้ปลา Channel catfish มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น มีการกินอาหารได้มากขึ้น และมี FCR ลดลง (Peterson *et. al.* 2004) Ronsholdt and Ewen, 2004 รายงานว่าการฉีด growth hormone ในปลา rainbow trout ก็มีผลทำให้ปลามีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น และมี FCR ลดลงเช่นกัน

Pitkanen *et al*, 1999 ได้ทำการตัดต่อ salmonid growth hormone genes ให้กับ ปลา Arctic charr พบว่าปลาที่ได้รับการตัดต่อยีนดังกล่าวมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าในชุดควบคุมมาก ส่วน Reinecke *et al* 2005 รายงานว่า growth hormone มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาหลัก ๆ หลายกระบวนการเช่น กระบวนการควบคุมอ็อกซอน และสมดุลอ็อกซอน กระบวนการเมตาโบลิซึมของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ควบคุมการเติบโตโครงร่างแข็งและเนื้อเยื่อ กระบวนการสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกัน

ฮอร์โมน Insulin เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ผลิตขึ้นโดยตับอ่อน ฮอร์โมน Insulin มีความคล้ายคลึงกับ Growth Hormone แต่มีความแตกต่างกันตรงที่ Growth Hormone ผลิตโดยต่อมใต้สมอง เมื่อเข้าสู่กระแสเลือดแล้วจะคงสภาพอยู่ในช่วงสั้นๆ เมื่อเข้าสู่ตับจะเปลี่ยนแปลงเป็น somatomedin-c หรือ Insulin like Growth Factor (IGF) (ชุมศักดิ์. 2546)

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นว่าหากเราสามารถเร่งให้ปลาเติบโตเร็วขึ้นก็จะสามารถใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ได้เร็วขึ้น เพื่อเป็นการลดเวลาที่ใช้ในการผลิตพ่อแม่พันธุ์ อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาการขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ปีที่ 1(ปี พ.ศ.2550)

อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

1. ลูกปลาบึกที่ใช้ทดลอง ขนาด 6 นิ้ว
2. บ่อเลี้ยง โดยใช้กระชังขนาด 1.5 x 3 เมตร จำนวน 9 กระชัง ปล่อยลูกปลาอัตราส่วน 2 ตัวต่อตารางเมตร
3. อาหาร ให้อาหารปลาทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และเวลา 15.00 น.
4. ฮอริโมน Insulin

วิธีการ

1. อนุบาลลูกปลาบึกขนาดความยาวประมาณ 6 นิ้ว ในกระชังในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตรลึก 2 เมตร ด้วยอาหารผสมฮอริโมนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ แผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ

หน่วยทดลองที่ 1 ฉีด ฮอริโมน Insulin 0 µg/Kg (กลุ่มควบคุม)

หน่วยทดลองที่ 2 ฉีด ฮอริโมน Insulin 35 µg/Kg

หน่วยทดลองที่ 2 ฉีด ฮอริโมน Insulin 70 µg/Kg

ให้อาหาร 7 % ของน้ำหนักตัวปลา ปล่อย 10 ตัวต่อกระชัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(CRD) ทำการทดลอง ระยะเวลา 1 ปี ทำการชั่งวัดน้ำหนัก และความยาวทุกๆ 4 สัปดาห์

2. ตรวจสอบ คุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ และออกซิเจนละลายในน้ำ วัดค่าด้วยเครื่อง

Oxygen meter (YSI Model 59) ความเป็นกรดเป็นด่าง วัดค่าโดยใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG840), Alkalinity วิเคราะห์หาค่าโดยการไทเทรตด้วย Buret Digital, Ammonia และ Nitrate วิเคราะห์หาค่าโดยใช้สารเคมี และเครื่อง Spectrophotometer ทุก ๆ เดือน

3. สุ่มตรวจตัวอย่างการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จากแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก ๆ 4 สัปดาห์ เพื่อบันทึก

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Specific Growth Rate; SGR)

$$= 100 \times \frac{\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

ข. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม
 = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

ค. อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา(FCR) = $\frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}$

4. นำค่าข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละ treatment สรุปในรูปกราฟ ตาราง และวิเคราะห์ผลทางสถิติค่าเฉลี่ย โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละหน่วยทดลอง โดย Least Significant Different (LSD) แต่ละ treatment โดยโปรแกรม Statistic Package Social Science (SPSS) version 9

5. วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการดำเนินการ

6. เสนอผลงานและตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศหรือต่างประเทศส่งเสริมการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายแก่เกษตรกรที่สนใจ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลอง

1.การเจริญการเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของปลาบึก

จากการทดลองการฉีด ฮอร์โมน Insulin ให้กับปลาบึกที่ความยาวประมาณ 6 นิ้ว ในกระชังในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร ลึก 2 เมตร กระชังขนาด 1.5 x 3 เมตร ทำการปล่อยลูกปลาบึกอัตราส่วน 2 ตัวต่อตารางเมตร พบว่า

Treatment	Initial Weight (g)	Final Weight
Treatment1 (0 µg/kg Insulin injection)	197.33±4.63 ^a	362.33±14.84 ^a
Treatment2 (35 µg/kg Insulin injection)	189.00±5.34 ^a	343.50±11.79 ^a
Treatment 3 (70 µg/kg Insulin injection)	193.50±4.64 ^a	394.33±1.36 ^b

ตารางที่1 แสดงน้ำหนักของปลาบึกก่อนและหลังการทดลองที่การฉีดฮอร์โมนอินซูลิน 3 ระดับ

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าการเจริญเติบโตของปลาบึกในหน่วยทดลองที่ 3 ที่ทำการฉีด ฉีด ฮอร์โมน Insulin 70 µg/Kg มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

Treatment	Total Weight Gain (g.)	FCR
Treatment1 (0 µg/kg Insulin injection)	1650.00±122.88 ^a	1:6.37±0.32 ^a
Treatment2 (35 µg/kg Insulin injection)	1545.00±122.88 ^a	1:6.51±0.38 ^a
Treatment 3 (70 µg/kg Insulin injection)	2008.33±41.86 ^b	1:5.11±0.10 ^b

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการแลกเนื้อ(FCR) ของปลาบึก ที่การฉีดฮอร์โมนอินซูลิน 3 ระดับ

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าอัตราการแลกเนื้อของปลาบึกหลังการทดลองในหน่วยทดลองที่ 3 ที่ทำการฉีด ฉีด ฮอร์โมน Insulin 70 µg/Kg มีค่า FCR น้อยที่สุด

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ ฮอร์โมน Insulin ซึ่งเป็น Growth Hormone ชนิดหนึ่ง ฉีดให้กับปลาบึก ในเวลา 16 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่า ระดับ ฮอร์โมน Insulin 70 µg/Kg ให้อัตราการเติบโตดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก ปลาจะใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานมากกว่าการใช้ คาร์โบไฮเดรต เนื่องจากปลาทุกชนิดจะมีระดับ ฮอร์โมน Insulin ในกระแสเลือดต่ำมีภาวะเบาหวาน (diabetic) เมื่อทำการฉีด ฮอร์โมน Insulin จะทำให้การดูดกลับกลูโคสในกระแสเลือดมาใช้ดีขึ้น สามารถใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตได้มากขึ้น จึงทำให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น (Lovell, 1988)

ปีที่ 2 (ปี พ.ศ.2551)

บทคัดย่อ

จากการทดลองในครั้งนี้ได้แบ่งหน่วยการทดลองเป็น 4 หน่วย คือ ฉีด Growth Hormone Analog ที่ระดับความเข้มข้น 0 $\mu\text{g/kg}$,35 $\mu\text{g/kg}$ และ 70 $\mu\text{g/kg}$ ตามลำดับ และฉีดฮอร์โมน Insulin ซึ่งเป็น Growth hormone ชนิดหนึ่ง ที่ระดับความเข้มข้น 70 $\mu\text{g/kg}$ โดยทำการฉีดทุกๆ 4 สัปดาห์เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ให้อาหารปลาแดงใหญ่ 3-5 % ทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาบึกที่ฉีด Growth Hormone Analog ที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดคือเท่ากับ 5.789 กรัม/วัน และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของปลาบึกที่ฉีด Growth Hormone Analog ที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีอัตราการแลกเนื้อที่ดีที่สุดคือเท่ากับ 2.6747 ± 0.06029 จากการทดลองสรุปได้ว่าการฉีด Growth Hormone Analog ที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีผลทำให้ปลาบึกเจริญเติบโตมากกว่าการฉีด Growth Hormone Analog ที่ระดับ 0 $\mu\text{g/kg}$,35 $\mu\text{g/kg}$ และการฉีดฮอร์โมนอินซูลินที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ และมีอัตราการแลกเนื้อ(FCR) ลดลงกว่าระดับอื่น ($P < 0.05$) ส่วนการฉีด Growth Hormone Analog ที่ระดับ 35 $\mu\text{g/kg}$,70 $\mu\text{g/kg}$ และและการฉีดฮอร์โมนอินซูลินที่ระดับ 70 $\mu\text{g/kg}$ มีผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อ

ABSTRACT

In this study, the experiment was divided into 4 units: 1) injection of growth hormone analog at the concentration level of 0 $\mu\text{g/kg}$, 35 $\mu\text{g/kg}$ and 70 $\mu\text{g/kg}$, respectively; 2) injection of Insulin hormone, a type of growth hormone, at a concentration level of 70 $\mu\text{g/kg}$; 3) these hormones were injected every 4 weeks for 16 weeks; and 4) giving big catfish feed 3-5%. After the assessment of growth potential, it was found that giant catfish receiving growth hormone grams per day with the FCR rate of 2.6747 ± 0.06029 . It could be concluded that the growth hormone analog at the level of 0 $\mu\text{g/kg}$ had an effect towards the growth rate of giant catfish than that of 0 $\mu\text{g/kg}$, 35 $\mu\text{g/kg}$ and injection of Insulin hormone at a level of 70 $\mu\text{g/kg}$. Besides, it was found that there was a decrease in the FCR rate ($P < 0.05$). There was no difference in the injection of growth hormone analog at levels of 35 $\mu\text{g/kg}$, 70 $\mu\text{g/kg}$ and Insulin hormone injection at a level of 70 $\mu\text{g/kg}$ ($P > 0.05$) in terms of growth rate and FCR rate.

บทนำ

ในระบบการเลี้ยงปลาน้ำจืดเชิงพาณิชย์เพื่อให้ได้ขนาดตลาดในปัจจุบันยังเลี้ยงแบบชนิดเดียว ต้องใช้เวลาในการเลี้ยงค่อนข้างยาวนานและใช้บ่อขนาดใหญ่ เกษตรกรรายเล็กจึงยังไม่สามารถที่จะดำเนินการได้ ในการเลี้ยงปลาน้ำจืดให้ได้ขนาดตลาดหรือได้ขนาดพ่อแม่พันธุ์ที่ต้องใช้เวลากว่า 10 ปี มีน้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม

จากการศึกษาโดยเอกสารพบว่า การฉีด recombinant bovine growth hormone (rbGH; Posilac) ในอัตรา 30, 60 และ 120 ug /gBW/3week มีผลทำให้ปลา Channel catfish มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น มีการกินอาหารได้มากขึ้น และมี FCR ลดลง (Peterson *et. al.* 2004) Ronsholdt and Ewen, 2004 รายงานว่าการฉีด growth hormone ในปลา rainbow trout ก็มีผลทำให้ปลามีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น และมี FCR ลดลงเช่นกัน

Pitkanen *et al*, 1999 ได้ทำการตัดต่อ salmonid growth hormone genes ให้กับ ปลา Arctic charr พบว่าปลาที่ได้รับการตัดต่อยีนดังกล่าวมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าในชุดควบคุมมาก ส่วน Reinecke *et al* 2005 รายงานว่า growth hormone มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาหลัก ๆ หลายกระบวนการเช่น กระบวนการควบคุมอ็อกซอน และสมดุลอ็อกซอน กระบวนการเมตาโบลิซึมของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ควบคุมการเติบโตโครงร่างแข็งและเนื้อเยื่อ กระบวนการสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกัน

ฮอร์โมน Insulin เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ผลิตขึ้นโดยตับอ่อน ฮอร์โมน Insulin มีความคล้ายคลึงกับ Growth Hormone แต่มีความแตกต่างกันตรงที่ Growth Hormone ผลิตโดยต่อมใต้สมอง เมื่อเข้าสู่กระแสเลือดแล้วจะคงสภาพอยู่ในช่วงสั้นๆ เมื่อเข้าสู่ตับจะเปลี่ยนแปลงเป็น somatomedin-c หรือ Insulin like Growth Factor (IGF) (ชุมศักดิ์. 2546)

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นว่าหากเราสามารถเร่งให้ปลาเติบโตเร็วขึ้นก็จะสามารถใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ได้เร็วขึ้น เพื่อเป็นการลดเวลาที่ใช้ในการผลิตพ่อแม่พันธุ์ อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาการขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ปีที่ 2 (ปี พ.ศ.2551)

อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

1. ลูกปลาบึกที่ใช้ทดลอง อายุ 1 ปี
2. บ่อเลี้ยง โดยใช้ตาข่ายพลาสติกกันเป็นคอกขนาด 2 x 5 เมตร จำนวน 12 คอก ปล่อยลูกปลาอัตราส่วน 2 ตัว : ตารางเมตร
3. อาหาร ให้อาหารปลาทุกใหญ่ วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และเวลา 15.00 น.
4. ฮอร์โมน Insulin

วิธีการ

1. อนุบาลลูกปลาบึกอายุ 1 ปี ในกระชังในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตรลึก 2 เมตร ด้วยอาหารปลาทุกใหญ่ แผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ

หน่วยทดลองที่ 1 ฝั่ง Growth Hormone Analog 0 µg/Kg (กลุ่มควบคุม)

หน่วยทดลองที่ 2 ฝั่ง Growth Hormone Analog 35 µg/Kg

หน่วยทดลองที่ 3 ฝั่ง Growth Hormone Analog 70 µg/Kg

หน่วยทดลองที่ 4 ฝั่ง ฮอร์โมน Insulin 70 µg/Kg

ให้อาหาร 7 % ของน้ำหนักตัวปลา ปล่อยปลาจำนวน 12 ตัวต่อคอก วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(CRD) ทำการทดลอง ระยะเวลา 1 ปี ทำการชั่งน้ำหนัก และความยาวทุกๆ 4 สัปดาห์

2. ตรวจสอบ คุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ และออกซิเจนละลายในน้ำ วัดค่าด้วยเครื่อง Oxygen meter (YSI Model 59) ความเป็นกรดเป็นด่าง วัดค่าโดยใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG840), Alkalinity วิเคราะห์หาค่าโดยการไทเทรตด้วย Buret Digital, Ammonia และ Nitrate วิเคราะห์หาค่าโดยใช้สารเคมี และเครื่อง Spectrophotometer ทุก ๆ เดือน

3. สุ่มตรวจตัวอย่างการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จากแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก ๆ 4 สัปดาห์ เพื่อคำนวณ

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Specific Growth Rate; SGR)

$$= 100 \times \frac{\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

ข. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม
 = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

ค. อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา(FCR) = $\frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}$

4. นำค่าข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละ treatment สรุปในรูปกราฟ ตาราง และวิเคราะห์ผลทางสถิติค่าเฉลี่ย โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละหน่วยทดลอง โดย Least Significant Different (LSD) แต่ละ treatment โดยโปรแกรม Statistic Package Social Science (SPSS) version 9

5. วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการดำเนินการ

6. เสนอผลงานและตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศหรือต่างประเทศส่งเสริมการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารผสมสาหร่ายแก่เกษตรกรที่สนใจ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลอง

1.การเจริญการเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของปลาน้ำจืด

จากการทดลองการฉีด การฝัง Growth Hormone Analog และ ฝังฮอร์โมน Insulin ให้กับ ปลาน้ำจืดอายุ 1 ปี ในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร ลึก 2 เมตร กั้นคอกด้วยตาข่ายพลาสติก ขนาด 2 x 5 เมตร ทำการปล่อยลูกปลาน้ำจืดอัตราส่วน 12 ตัวต่อคอก พบว่า

Treatment	Initial Weight (g)	Final Weight (g)
Treatment 1 (0 µg/kg Growth Hormone Analog)	980.0±35.89 ^a	1351.7±26.85 ^a
Treatment 2 (35 µg/kg Growth Hormone Analog)	720.8±31.63 ^b	1273.3±29.63 ^{ab}
Treatment 3 (70 µg/kg Growth Hormone Analog)	656.7±23.66 ^b	1305.0±25.30 ^{ab}
Treatment 4 (70 µg/kg Insulin)	739.2±35.66 ^b	1239.2±23.11 ^b

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักของปลาน้ำจืดก่อนและหลังการทดลองที่การฝัง Growth Hormone Analog และฮอร์โมนอินซูลิน

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดในหน่วยทดลองที่ 3 ที่ทำการฝัง Growth Hormone Analog 70 µg/Kg มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่สุด

Treatment	FCR
Treatment 1 (0 µg/kg Growth Hormone Analog)	9.1806±1.84738 ^a
Treatment 2 (35 µg/kg Growth Hormone Analog)	3.6326±0.39661 ^a
Treatment 3 (70 µg/kg Growth Hormone Analog)	2.6747±0.06029 ^a
Treatment 4 (70 µg/kg Insulin)	3.9126±0.32734 ^p

ตารางที่ 4 แสดงอัตราการแลกเนื้อ(FCR) ของปลาบึก ที่การฝัง Growth Hormone Analog และ ฮอร์โมนอินซูลิน

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าอัตราการแลกเนื้อของปลาบึกหลังการทดลองในหน่วยทดลองที่ 3 ที่ทำการฉีด ฝัง Growth Hormone Analog 70 µg/Kg มีค่า FCR น้อยที่สุด

จากการผ่าตัดเพื่อดูอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาบึกหลังเสร็จสิ้นการทดลองพบว่า ไม่พบอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาบึก ซึ่งยังไม่มีการพัฒนา

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ Growth Hormone Analog และ ฮอร์โมน Insulin ซึ่งเป็น Growth Hormone ชนิดหนึ่ง ฝังให้กับปลาบึกในเวลา 16 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่า ระดับ Growth Hormone Analog 70 µg/Kg ให้อัตราการเติบโตดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก ปลาจะใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานมากกว่าการใช้ คาร์โบไฮเดรต เนื่องจากปลาทุกชนิดจะมีระดับ ฮอร์โมน Insulin ในกระแสเลือดต่ำมีภาวะเบาหวาน (diabetic) เมื่อทำการฉีดฮอร์โมน Insulin จะทำให้การดูดกลืนกลูโคสในกระแสเลือดมาใช้ดีขึ้น สามารถใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตได้มากขึ้น จึงทำให้มีการเจริญเติบโตขึ้น (Lovell, 1988)

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, จงกล พรมยะ, อรัญญา มโนสร้อย และ จีระเดช มโนสร้อย. 2546. การศึกษาพ่อแม่พันธุ์ปลากบจากการเลี้ยงเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์. ชุดโครงการอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) กรุงเทพฯ.
- ชุมศักดิ์ พุฒิปาฬพงษ์. 2546. ฮอรโมนลดความแก่ ฮอรโมนเพิ่มการเจริญเติบโต (Human Growth Hormone). ไกล่หมอ 27(1) npp.
- Lovell, T. 1988. Nutrition and Feeding of Fish . Van Nostrand Reinhold, New York. 260 pp.
- Peterson, B.,C., C., S., Brain and G.,B., Brain. 2004. Effect of bovine growth Hormone (Prosilac) on growth performance, body composition, and IGFbps in two strains of channel catfish. *Aquaculture* 232, 651-663.
- Pitkanen, T.,I., K., Aleksei, T., Heli and M., Hannu. 1999. Transfer of growth hormone (GH) transgenes into Artic charr (*Salvelinus alpinus* L.) I. Growth response to various GH constructs. *Genetic Anal* 15, 91-98.
- Reinecke, M., T.,B. Bjorn, W., D., Walton, D., M., Stephen, N., Isabel, M.,P., Deborah and G., Joaquim. 2005. Growth hormone and insulin-like growth factors in fish:Where we are and where to go. *Gen and Comp Endocrinol.* 142, 20-24.
- Ronsholdt, B. and M., Ewen. 2004. Effect of growth hormone and salbutamol on growth performance, fillet proximate composition and pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture.* 229, 225-238.

บทคัดย่อ

Expressed sequence tag (EST) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการหาค้นหายีนใหม่ การตรวจหาการแสดงออกของยีนและหน้าที่ของยีน การวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค EST เพื่อวิเคราะห์ยีนแสดงออกของปลาบึกเพศเมียในระยะวางไข่และหลังวางไข่ โดยการสร้าง cDNA libraries จาก mRNA ที่สกัดจากเลือดของปลาบึกเพศเมียในระยะวางไข่ 38 โคลน และหลังวางไข่ 28 โคลน นำ EST clones ทั้งหมด 66 โคลน เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank ใน NCBI พบว่า เป็นยีนที่รู้จักทั้งหมด 30 ชนิด โดยในระยะวางไข่มีจำนวน 26 โคลน (69.23%) และหลังวางไข่มีจำนวน 16 โคลน (55.56% สำหรับยีนที่ไม่รู้จักในระยะวางไข่มี 12 โคลน (30.77%) และหลังวางไข่มีจำนวน 12 โคลน (44.45%) ขนาด EST clones เฉลี่ย 518 bp สำหรับ ovulation cDNA libraries และ 434 bp สำหรับ post-ovulation libraries โดยพบยีนสำคัญ 6 ยีน ได้แก่ ยีนที่เกี่ยวข้องกับการตกไข่ ได้แก่ activin A receptor และ cystatin precursor ซึ่งพบใน ovulation cDNA libraries ยีนที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกัน 3 ยีนจาก ovulation cDNA libraries คือ III-FBPL precursor (F-type lectin) intercellular adhesion molecule 2 (ICAM2) และ MHC class II beta chain และ 1 ยีนจาก post-ovulation libraries คือ MHC class II alpha chain งานวิจัยนี้เป็นรายงานครั้งแรกสำหรับยีน 30 ชนิดในปลาบึก และรายงานแรกเกี่ยวกับข้อมูลในระดับอนุโมเลกุลของการตกไข่ในปลาบึก

Abstract

Expressed sequence tag (EST) analysis is a high efficient for gene discovery, examining gene expression and functional genomics. This study was employed ESTs to analyze gene expression of Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*) in ovulation and after ovulation using a cDNA libraries constructed from mRNA extracted from blood. Sequences of total of 66 clones were analyzed through GenBank in NCBI. Among total 30 known genes, from 38 EST clones of ovulation and 28 EST clones of post ovulation were identified as orthologs to known genes from other organisms, 26 clones (69.23%) and 16 clones (55.56%), respectively. For unknown genes, there were 12 EST clones (30.77%) of ovulation and 12 clones (44.45%) of post ovulation. The average insert sizes of EST clones were 518 bp for ovulation cDNA libraries and 434 bp for post-ovulation libraries. We found the 6 important genes. There were 2 genes; putative proteins of activin A receptor and

cystatin precursor, that involving to ovulation from ovulation cDNA libraries. There were 4 genes involving in immune system; 3 genes from ovulation cDNA libraries such putative proteins of III-FBPL precursor (F-type lectin), intercellular adhesion molecule 2 (ICAM2) and MHC class II beta chain, and 1 gene from post-ovulation libraries such as MHC class II alpha chain. This is the first report for 30 genes and molecular level of ovulation in Mekong giant catfish.

บทนำ

ในการผลิตพันธุ์ปลาบึกเพื่อการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ปัจจัยจำกัดที่สำคัญ คือ ปริมาณและคุณภาพของไข่ปลาที่ไม่แน่นอน และอายุการเจริญพันธุ์ของแม่ปลาที่ต้องใช้เวลา นาน (15-17 ปี) การศึกษาการแสดงออกของยีนในปลาเพศเมียที่ระยะก่อนการเจริญพันธุ์และขณะสร้างไข่ จะสามารถทำให้เข้าใจถึงข้อมูลของสารชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับ เพศ การพัฒนาความสมบูรณ์เพศ และการผลิตไข่ในแม่ปลา พร้อมทั้งมีการศึกษาเครื่องหมายพันธุกรรมระบุเพศด้วยวิธี RAPD เพื่อให้สามารถจำแนกเพศปลาได้ในขณะที่อายุน้อย ผลจากงานวิจัยนี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดการแม่พันธุ์ปลาบึก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการเพาะ เลี้ยงปลาบึก

วิธีการผสมเทียมปลาบึกทำเช่นเดียวกับการผสมเทียมปลาชนิดอื่น โดยการฉีดฮอร์โมนกระตุ้นการตกไข่ของแม่ปลา (เสนห์, 2526; เสนห์ และคณะ, 2536) ฮอร์โมนที่ใช้ เช่น ต่อมใต้สมองของปลาหาง่าย gonadotrophin releasing hormone analogue (GnRHa) เป็นต้น แล้วรอระยะเวลาในการเตรียมพร้อมของแม่ปลา การให้ฮอร์โมนสามารถกระตุ้นให้ไข่ของแม่ปลาสุกมากที่สุดเพื่อประสิทธิภาพในการผสม แล้วจึงรีดไข่แก่จากแม่ปลานำมาผสมกับน้ำเชื้อสดของพ่อปลา ปัญหาที่ประสบคือ การฉีดฮอร์โมนกระตุ้นมีความผันแปรในการทดลองแต่ละครั้ง ทั้งในเรื่องปริมาณฮอร์โมนที่ใช้ (dose) ระยะเวลาที่รอ (interval time) รวมถึงความไม่แน่นอนของประสิทธิภาพไข่ปลาที่พร้อมจะผสม ทำให้ปริมาณและคุณภาพของลูกปลาที่ได้ไม่แน่นอน และในบางกรณีอาจประสบปัญหาสูญเสียไข่ เนื่องจากความไม่พร้อมของฤดูกาล สภาพธรรมชาติ และช่วงอายุ สมบูรณ์พันธุ์ของแม่ปลา ประกอบกับจำนวนแม่พันธุ์พ่อพันธุ์ได้มาจากธรรมชาติที่เกษตรกรจับมานี้น้อย ทำให้ปริมาณปลาที่จะใช้ทดลองไม่เพียงพอ ส่วนปลาบึกที่เกษตรกรเลี้ยงในประเทศไทย ต้องใช้เวลานานมากกว่า 12-15 ปี เพื่อความสมบูรณ์เพศที่จะให้ไข่ที่มีคุณภาพเพียงพอ

ดังนั้นปัจจัยจำกัดที่สำคัญในการเพาะขยายพันธุ์ลูกปลาบึก คือ แม่พันธุ์ปลาที่มีความพร้อมในการผลิตไข่ที่มีคุณภาพที่อายุ 13-15 ปี ซึ่งหมายถึงระยะเวลาการเลี้ยงแม่พันธุ์ด้วย และใน

การผสมเทียมแต่ละครั้งยังไม่สามารถกำหนดปริมาณและคุณภาพของไข่ที่ได้ งานวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษายีนที่แสดงออกของแม่ปลาน้ำจืดที่วัยก่อนการเจริญพันธุ์และระยะที่มีการวางไข่ เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในการเข้าใจเกี่ยวกับกลไกทางสรีรวิทยาของการพัฒนาความสมบูรณ์ในเพศเมีย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการแม่พันธุ์ปลาให้มีความพร้อมในการสร้างไข่ที่อายุน้อยลง และได้ไข่ที่มีปริมาณและคุณภาพสูง

จากผลการวิจัย พบว่า รูปแบบยีนแสดงออกในเลือดแม่ปลาน้ำจืดในระยะวางไข่และหลังวางไข่ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบยีนสำคัญ 6 ยีน ได้แก่ ยีนที่เกี่ยวข้องกับการตกไข่ ได้แก่ activin A receptor และ cystatin precursor ซึ่งพบใน ovulation cDNA libraries ยีนที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกัน 3 ยีนจากระยะวางไข่ คือ III-FBPL precursor (F-type lectin) intercellular adhesion molecule 2 (ICAM2) และ MHC class II beta chain และ 1 ยีนจากระยะหลังวางไข่ คือ MHC class II alpha chain งานวิจัยนี้ยังเป็นรายงานครั้งแรกเกี่ยวกับข้อมูลในระดับอณูโมเลกุลของการตกไข่ในปลาน้ำจืด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างเลือดแม่ปลาน้ำจืด

เก็บตัวอย่างเลือดแม่ปลาน้ำจืดจาก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และจรัลฟาร์ม จังหวัดเชียงราย ในฤดูวางไข่ และหลังวางไข่ โดยเจาะเลือดจากบริเวณเส้นเลือดโคนหางเก็บเลือดที่เจาะได้ในหลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (anticoagulant) ซึ่งประกอบด้วย 0.37% EDTA, 0.55% Citric acid, 0.88% Tri-sodium citrate, 0.263% NaCl และ 10% Glucose นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm 4°C นาน 3 นาที ที่สารละลายใส ส่วนบน เก็บเม็ดเลือดที่ได้ใน สารป้องกันการสลายตัวของ RNA (RNA preservation reagent) ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2. การสกัด total RNA

การสกัด total RNA ด้วยชุดแยก total RNA Total RNA Extraction Kit (RBC bio science, Taiwan) ตามวิธีการที่ระบุโดยบริษัทผู้ผลิต โดยชุดสกัดจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แตกโดยใช้ Lysis buffer จากนั้นทำการแยก total RNA โดยการใช้ Spin column

ขั้นตอนการสกัด

- เติมน้ำ trizol reagent 500 ul ใช้เข็ม 20 G ดูดสารละลายผสม เซลล์เม็ดเลือด - trizol ขึ้นลง โดยแช่ในน้ำแข็งตลอดเวลา

- ปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติม chloroform 200 μ l พลิกหลอดไปมาให้สารละลายเข้ากันประมาณ 15 วินาที ปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ C ความเร็ว 15,000 rpm นาน 15 นาที
- สารละลายแยกออกเป็น 3 ชั้น ดูดเอาเฉพาะส่วนชั้นบน ซึ่งจะมีลักษณะใส ใส่ในหลอดใหม่ ขนาด 1.5 ml
- ไปเปิด 400 μ l ของ isopropyl alcohol ให้สารละลายเข้ากันประมาณ 15 วินาที จากนั้นนำไปปั่นตกที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ C ความเร็วมากกว่า 15,000 rpm นาน 15 นาที
- ล้างตะกอน RNA (gel – like pellet) ด้วย 1 มิลลิลิตร 75% Ethanol ผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex จากนั้นนำไปปั่นตกที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ C ความเร็วมากกว่า 15,000 rpm นาน 5 นาที
- ระบาย ethanol เปิดฝาทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จากนั้นละลายตะกอน RNA ด้วย 20 ไมโครลิตร RNase – free water
- วัด OD260 โดยใช้ RNase – free water ไมโครลิตร total RNA 2 ไมโครลิตร (1:50)
- เก็บ total RNA ที่เหลือ (18 μ l) ที่ -20 $^{\circ}$ C

3. การสกัด messenger RNA (mRNA)

การสกัด mRNA สกัดจาก total RNA ด้วยชุดแยก mRNA PolyATtract mRNA Isolation Systems (Promega, USA) ตามวิธีการที่ระบุโดยบริษัทผู้ผลิต ชุดสกัดจะแยก mRNA โดยอาศัย Streptavidin – Paramagnetic Particles (SA – PMPs)

ขั้นตอนการสกัด

- เตรียมตัวอย่าง โดยรวม total RNA ที่สกัดได้ 206.64 μ g ใส่สารละลาย 38 μ l ปรับปริมาตรให้เป็น 500 μ l โดยใช้ RNase – Free water ใน 1.5 ml tube นำไปบ่มที่ 65 $^{\circ}$ C นาน 10 นาที
- เติม 3 μ l ของ Biotinylated – Oligo(dT) Probe และ 13 μ l ของ 20XSSC ผสมเบาๆ บ่มที่อุณหภูมิห้อง จนเย็น
- เตรียม Stock Solution ดังนี้

A. 1.2 ml ของ Sterile 0.5XSSC โดยใช้ 30 μ l ของ 20XSSC กับ 1.170 ml (1,170 μ l) ของ RNase – Free Water ใน RNase – Free tube

B. 1.4 ml ของ Sterile 0.1XSSC โดยใช้ 7 μ l ของ 20XSSC กับ 1.393 ml (1,393 μ l) ของ RNase – Free Water ใน RNase – Free tube

- นำหลอด SA – PMPs พลิกหลอดเบาๆ จน SA – PMPs ให้กระจายทั่วทั้งหลอด จากนั้นนำไปวางใน Magnetic stand จนกระทั่ง SA – PMPs เกาะข้างหลอด (ประมาณ 30 วินาที) ไปเปิดสารละลายใส่ทิ้ง
- ล้าง SA – PMPs 3 ครั้ง ด้วย 0.5XSSC โดยนำไปวางใน magnetic stand จากนั้นใช้ไปเปิดดูดส่วนใสด้านบนทิ้ง ระวัง อย่าดูด SA – PMPs
- ละลาย SA – PMPs คืนด้วย 100 μ l ของ 0.5XSSC
- นำสารละลาย total RNA ใส่ในหลอดของ SA – PMPs ที่ล้างเรียบร้อยแล้ว บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที ผสมโดยการพลิกหลอดเบาๆ ทุก 1 – 2 นาที
- นำหลอดไปใส่ใน magnetic stand ดูดสารละลายส่วนบนโดยระวังไม่ให้รบกวน SA – PMPs pellet
- ล้าง SA – PMPs จำนวน 4 ครั้ง ด้วย 0.1XSSC (300 μ l ต่อการล้างหนึ่งครั้ง) โดยติดที่หลอดเบาๆ จนกว่า SA – PMPs จะละลายกลับมา ในการล้างครั้งสุดท้าย ให้นำสารละลายออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยไม่รบกวน SA – PMPs pellet
- ละลาย SA – PMPs pellet ด้วย 100 μ l ของ RNase Free water ผสมให้เข้ากันโดยดีดเบาๆ
- ใช้ magnetic stand ดูด SA – PMPs ไว้ จากนั้นใช้ไปเปิดเก็บ mRNA ใน sterile tube
- ทำการชะ mRNA ชั่วโดยใส่ 150 μ l ของ RNase Free water ผสมให้เข้ากันโดยดีดเบาๆ ทำซ้ำ 2 ครั้ง (จะได้ ปริมาณ mRNA สุทธิประมาณ 250 μ l)
- วัด OD260
- ปั่นตกตะกอนที่ 15,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
- ไปเปิด absolute ethanol 750 μ l (ได้เป็น ethanol 75%)
- ปั่นตกที่ 15,00 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
- ทิ้งสารละลายใสส่วนบน ปล่อยให้แห้งนาน 10 นาที เติมน้ำ 1 ml ของ DEPC – water เก็บที่ -70°C

4. การสร้าง Complementary DNA library (cDNA library)

การสร้าง cDNA libraries ด้วยชุดสร้าง cDNA libraries CloneMiner cDNA Library Construction Kit (Invitrogen, USA) ตามวิธีการที่ระบุโดยบริษัทผู้ผลิต ชุดสร้าง cDNA libraries จะใช้ mRNA เริ่มต้น 1 – 5 ไมโครกรัม เพื่อสร้าง cDNA และใช้ competent cell เป็น ElectroMAX DH10B เพื่อยีนดีเอ็นเอพาหะ pDONR222 ด้วยเครื่อง electroporation (BioRad Gene Pulser II, USA) โดยมีขั้นตอนการดังนี้

Priming Reaction

- เจือจาง mRNA ด้วย DEPC – treated water ในหลอด PCR หรือหลอด 1.5 ml โดยให้มี mRNA เริ่มต้นประมาณ 1-5 ug
- ใส่ Biotin – attB2 – Oligo(dT) primer (30 pmol/ul) และ 10 mM (each) dNTPs อย่างละ 1 ul ผสมให้เข้ากันโดยไปเปิดเบาๆ และ centrifuge
- บ่มที่ 65 °C นาน 5 นาที
- ทำให้เย็นที่ 45 °C นาน 2 นาที
- นำไปใส่ใน priming reaction tube

First strand reaction

- ไปเปิด 5X First Strand buffer 4 ul, 0.1 M DTT 2 ul และ DEPC – treated water 1 ul ลงในหลอดใหม่
- ผสมโดยไปเปิดเบาๆ จากนั้นนำไป centrifuge
- ไปเปิดใส่ใน Priming reaction tube นำไปบ่มที่ 45 °C นาน 2 นาที
- จากนั้นเติม SuperScript II RT ในขณะที่หลอดยังอยู่ใน thermocycler หรือ water bath
- ผสมโดยไปเปิดเบาๆ และให้หลอดอยู่ใน thermocycler หรือ water bath ระวังไม่ให้เกิดฟอง นำไปบ่มที่ 45 °C นาน 60 นาที

Second strand reaction

- นำหลอดที่ได้จากขั้น first strand reaction เก็บในน้ำแข็ง และเติมสารดังนี้

DEPC-treated water	92 ul
5X Second Strand Buffer	30 ul
10 mM (each) dNTPs	3 ul
E. coli DNA Ligase (10 U/ ul)	1 ul
. coli DNA Polymerase I (10 U/ ul)	4 ul
E. coli RNase H (2 U/ ul)	1 ul
Total volume	151 ul
- ผสมเบาๆ โดยใช้ไปเปิด และ centrifuge นำไปบ่มที่ 16 °C นาน 2 ชั่วโมง
- เติม 2 ul ของ T4 DNA polymerase เพื่อสร้าง Blunt – end ผสมเบาๆโดยใช้ไปเปิด และปั่นเหวี่ยง นำไปบ่มที่ 16 °C นาน 5 นาที
- เติม 10 ul ของ 0.5 EDTA pH 8.0 เพื่อหยุดปฏิกิริยา

Phenol/Chloroform Extraction

- เติม 160 ul phenol:chloroform:isoamyl alcohol (25:24:1)
- เขย่าด้วยมือ นาน 30 วินาที
- ปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที 14,000 rpm
- ดูดสารละลายส่วนบนใส่หลอด 1.5 ml หลอดใหม่

Ethanol Precipitation

- นำส่วนน้ำเติมสารดังนี้

Glycogen (20 ug/ul)	1	ul
7.5 M NH ₄ OAc	80	ul
100% ethanol	600	ul
- ย้ายหลอดมาไว้ในน้ำแข็งแห้งหรือ -80 °C นาน 10 นาที
- ปั่นเหวี่ยงที่ 4 °C 14,000 rpm นาน 25 นาที
- ดูด supernatant ทิ้งโดยระวังไม่ให้รบกวน cDNA pellet
- เติม 150 ml 70% ethanol
- ปั่นเหวี่ยงที่ 4 °C 14,000 rpm นาน 2 นาที
- ดูด supernatant ทิ้งให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยระวังไม่ให้รบกวน cDNA pellet ทำให้แห้งโดยทิ้งไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 5- 10 นาที
- ละลาย cDNA pellet ด้วย 18 ul DEPC – treated water ละลายโดยใช้ pipette ดูดขึ้นลง ประมาณ 30 – 40 ครั้ง
- ปั่นเหวี่ยง แล้วย้ายลงหลอดใหม่ และเก็บในน้ำแข็ง

Stopping the Ligation Reaction

- นำหลอดจากชั้นที่แล้วมาบ่มที่ 70 °C นาน 10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของ ligase
- ย้ายหลอดลงน้ำแข็ง

Setting Up the Column

- วาง column บน stand
- วาง rack ที่ประกอบด้วยหลอด 1.5 ml ใต้ column
- Outlet ของ column ควรอยู่ห่างจาก 1.5 ml tube ประมาณ 1 – 2 cm
- ต้องสามารถเคลื่อนย้าย rack ได้อย่างอิสระ

Washing the Column

- เปิดฝาด้านบน และด้านล่างเพื่อให้ ethanol ไหลออกจนหมด

- เมื่อ column หยดไหล ให้ไปเปิด 0.8 ml TEN buffer ลงใน Column ปลอ่ยให้ไหลออก
- ล้างซ้ำอีก 3 ครั้ง (ล้างทั้งหมด 4 ครั้ง) ปลอ่ยให้แห้ง

Collecting Fractions

- นำ column ใส่ในหลอดที่ 1 โดยให้ห่างจากก้นหลอด 1 – 2 cm
- เติม 100 ul TEN buffer ลงใน cDNA 50 ul จากชั้นที่แล้ว ผสมโดยไปเปิดเบาๆ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง
- ใส่ตัวอย่างลงใน column และปลอ่ยให้เข้าสู่ resin bed เก็บ effluent ลงในหลอดที่ 1 รอจนหลอดแห้ง
- ย้ายหลอดที่ 2 มาใส่ใต้ column outlet จากนั้นเติม 100 ul TEN buffer ลงใน column เก็บ effluent ลงในหลอดที่ 2 รอจนหลอดแห้ง
- เติม 100 ul ของ TEN buffer และเก็บตัวอย่างจนครบ 20 หลอด

Preparing pEXP7 – tet Control DNA

- ทำ Serial dilution ของ pEXP7 – tet control DNA ใน TE buffer โดย ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น; 25, 10, 5 และ 1ng/ul ตามลำดับ
- DNA standards นี้ เก็บไว้ที่ -20°C ได้นาน 1 เดือน

DNA Spotting Assay

- warm plate แล้ว หยด 1 ul ของแต่ละความเข้มข้นของ pEXP7 – tet control DNA dilution
- หยด 1 ul ของแต่ละตัวอย่างของ cDNA ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 5 – 15 นาที เอาฝาดอก จากนั้นนำมาตรวจได้แสง UV จากนั้นถ่ายภาพ
- ทำการรวม cDNA ที่ต้องการ

Ethanol Precipitation

- นำ cDNA ที่ได้จากการรวมกันมาเติมสารต่างๆ ดังนี้

Glycogen (20 ug/ul)	1 ul
7.5 M NH ₄ OAc	0.5 volume
100% ethanol	2.5 volumes
- ย้ายหลอดมาไว้ในน้ำแข็งแห้ง หรือ -80°C นาน 10 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ 4°C 14000 rpm นาน 25 นาที
- ไปเปิด supernatant ทิ้ง โดยพยายามไม่รบกวน cDNA pellet เติม 150 ul 70% ethanol ปั่นเหวี่ยงที่ 4°C 14000 rpm นาน 2 นาที ไปเปิด supernatant ทิ้ง

- เติม 150 μ l 70% ethanol ปั่นเหวี่ยงที่ 4 $^{\circ}$ C 14000 rpm นาน 2 นาที ปิเปต supernatant ที่ ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 – 10 นาที
- ละลาย cDNA pellet ด้วย 4.5 μ l TE buffer โดยใช้ปิเปตเบาๆ 30 – 40 ครั้ง ย้ายลงหลอดใหม่

Preparing Aliquots for the Plate Spotting Assay

- ปิเปต 0.5 μ l cDNA จากชั้นที่แห้งแล้วลงหลอดใหม่ เติม 4.5 μ l TE buffer เพื่อ ทำ 1: 10 dilution
- ปิเปต 2.5 μ l จาก 1: 10 dilution ลงหลอดใหม่ เติม 2.5 μ l TE buffer เพื่อ ทำ 1: 20 dilution

Estimating the cDNA Yield

- warm plate แล้ว หยด 1 μ l ของแต่ละความเข้มข้นของ pEXP7 – tet control DNA dilution หยด 1 μ l ของแต่ละตัวอย่างของ cDNA ฝั่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 5 – 15 นาที
- นำมาตรวจได้แสง UV จากนั้นถ่ายภาพ
- คำนวณหา total cDNA yield

Electroporation

- ปิเปต 50 μ l ElectroMAXDH10B. competent cells ลงในหลอดที่มี DNA ปิเปตขึ้นลงเบาๆ 1- 2 ครั้งระวังอย่าให้เกิดฟอง ย้ายลง cold 0.1 cm cuvette โดยใช้ปิเปตแตะที่ขอบของ cuvette ห้ามไม่ให้เกิดฟอง
- Electroporate ตามที่ตั้งไว้ หากเกิด Arc ให้ทิ้งทันที เติม 1 ml ของ S.O.C medium ลงใน cuvette ปิเปตใส่ 15 ml snap-cap tubes ทำซ้ำจนครบทุก Aliquot
- นำไปเขย่า ที่ 37 $^{\circ}$ C 225-250 rpm อย่างน้อย 1 ชั่วโมง
- เติม sterile freezing media ปิเปต 200 μ l ของ ทุกตัวอย่างรวม control ลงใน 1.5 ml tube เพื่อหา titer
- นำปริมาณที่เหมาะสมไป spread plate บ่มที่ 37 $^{\circ}$ C แล้วเก็บ EST clones

5. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของ cDNA library

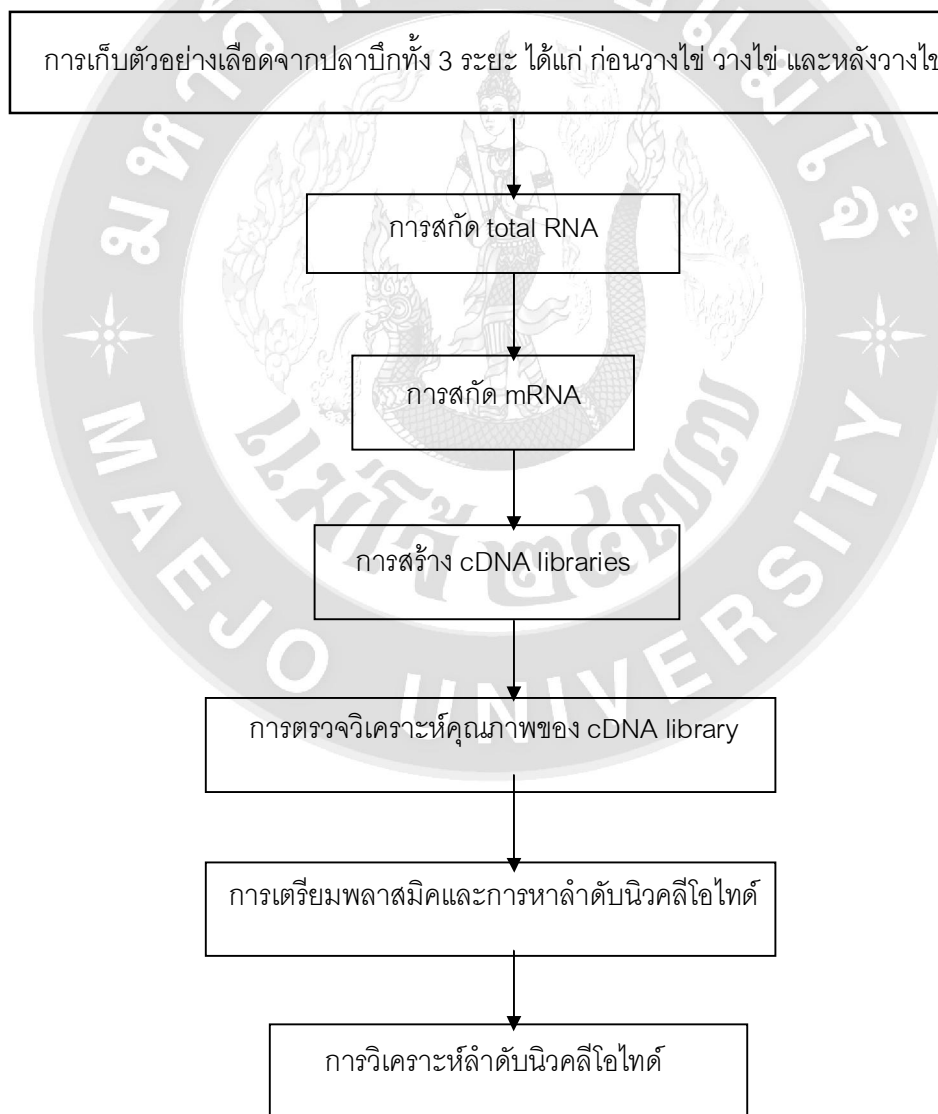
การวิเคราะห์คุณภาพของ cDNA library ด้วยการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นยีนที่สนใจ ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BsrG I* และการทำ *in situ* colony PCR ด้วย M13 reverse primer และ M13 forward primer

6. การเตรียมพลาสมิดและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

โดยนำ EST clone ที่แยกได้มาเลี้ยงในอาหารเหลว LB (Luria-Bertani) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นแยกพลาสมิดโดยใช้ชุดแยก Hiyield Plasmid Mini Kit (RBC bio science, Taiwan) ตามวิธีการที่ระบุโดยบริษัทผู้ผลิต จากนั้นอ่านลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วย universal primer คือ M13 reverse primer และ M13 forward primer ซึ่งอ่านด้วยเครื่อง ABI 3070 DNA Analyzer

7. การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

การวิเคราะห์ความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์ โดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลโปรตีนใน GenBank โดยโปรแกรม BLASTX ใน NCBI (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)



ภาพที่ 1 แผนผังการวิจัย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ยีนแสดงออกในเลือดของแม่ปลาบึก

จากยีนที่ได้ทั้งหมดของเลือดแม่ปลาบึก 2 ตัว ในระยะวางไข่ และระยะหลังวางไข่ พบว่า รูปแบบยีนแสดงออกของทั้งสองแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในระยะวางไข่ ยีนกลุ่มที่พบในสัดส่วนมาก ได้แก่ ribosomal proteins translation factors และยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ส่วนในระยะหลังวางไข่ยีนที่พบในสัดส่วนมาก ได้แก่ ribosomal proteins receptors and reception-associated proteins และ development and cell-cycle-related proteins อย่างไรก็ตามยีนที่ไม่รู้จักของทั้งสองตัวอย่างมีสัดส่วนที่สูง 30-40% (ตารางที่ 1)

ที่น่าสนใจ คือ พบยีนที่เกี่ยวข้องกับการตกไข่ ได้แก่ activin A receptor และ cystatin precursor ซึ่งพบเฉพาะในระยะวางไข่ เห็นได้ชัดว่าในระยะนี้พบยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันสูงเช่นกัน (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า

ตารางที่ 1 สัดส่วนยีนแสดงออกในเลือดแม่ปลาบึกระหว่างระยะวางไข่และหลังวางไข่

กลุ่มของโปรตีนจากยีนแปรรหัส	Ovulation %	Post-ovulation %
1. ribosomal proteins	13.16	10.71
2. immune-relate proteins	7.89	3.57
3. structural proteins	0	3.57
4. ovulate proteins	7.89	0
5. receptors and reception-associated proteins	1.53	14.28
6. hormones and regulatory proteins	0	0
7. enzymes and enzyme activity regulators	10.79	0
8. translational factors	15.79	7.14
9. transcriptional factors, DNA and RNA binding proteins	0	7.14
10. development and cell-cycle-related proteins	0	10.71
11. secretory proteins and others	2.63	0
12. unknowns	31.58	42.86

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบยีนแสดงออกในเลือดปลาบึกเพศเมียระยะวางไข่และหลังวางไข่

Putative identification	Closest species	Accession no.	Identity	Frequency	
				Ovulation	Post-ovulation
1-acylglycerol-3-phosphate O-acyltransferase 3	zebrafish	gi:47087391	53/68 (77%)	-	1
III-FBPL precursor	zebra fish	gi:139949081	85/142 (59%)	1	-
activin A receptor	zebra fish	gi:24111232	203/218 (93%)	2	-
alpha 3 actin	amberjack	gi:47550655	17/22 (77%)	-	1
alpha-globin	common carp	gi:2220885	21/23 (91%)	3	1
beta-globin	Korean catfish	gi:13241083	39/46 (84%)	1	3
cystatin precursor	salmon	gi:209734846	5/15 (33%)	1	-
cytochrome c oxidase subunit III	smallmouth bass	gi:209427679	28/49 (57%)	1	-
cytochrome c oxidase subunit 5B, mitochondrial precursor	zebra fish	gi:50344982	98/111 (88%)	1	-
elongation factor-1 alpha	zebra fish	gi:53734016	29/32 (90%)	2	1
elongation factor 1 beta 2	Zebrafish	gi:335370	133/170 (78%)	2	-
glucose transporter X	Grass carp	gi:30025447	36/71 (50%)	1	-
intercellular adhesion molecule 2	Human	Gi:62089342	23/25 (92%)	1	-
NADH dehydrogenase (ubiquinone) 1 alpha subcomplex, 10	Zebrafish	Gi:48734808	17/48 (35%)	-	1
MHC class II alpha chain	channel catfish	Gi:5106888	187/210 (89%)	-	1
MHC class II beta chain	channel catfish	gi:1763555	157/200 (78%)	1	-
protein kinase C and casein kinase substrate	zebrafish	gi:404601	34/82 (41%)	1	-
pyruvate dehydrogenase alpha 2	human	gi:157696476	73/77 (94%)	1	-
pyruvate dehydrogenase beta	horse	gi:100050581	107/161 (66%)	1	-
reverse transcriptase-like protein	zebrafish	gi:77403694	17/48 (35%)	-	1
ribosomal protein L5	African lungfish	gi:44966839	42/79 (53%)	-	2
ribosomal protein L7	channel catfish	gi:336710	69/92 (75%)	1	-
ribosomal protein L11	black-legged tick	gi:67084007	46/56 (82%)	-	1
ribosomal protein L23a	zebra fish	gi:335539	37/39 (94%)	1	-
ribosomal protein L24	zebra fish	gi:37747968	54/72 (75%)	1	-
ribosomal protein L37	human	gi:119576406	31/34 (91%)	1	1
ribosomal protein P1	zebrafish	gi:336719	37/39 (94%)	1	-
ubiquinol-cytochrome c reductase	rainbow trout	gi:18496665	102/166 (61%)	-	1
WW domain binding protein 2	channel catfish	gi:86370962	124/145 (85%)	-	1
zinc finger	mouse	gi:126328549	61/69 (88%)	-	1
Unknown genes with ORF				12	12

2. ยีนที่เกี่ยวข้องกับการตกไข่

2.1 Activin A receptor

Activin A receptor จากปลาบึกมีความเหมือนกับยีนนี้ของปลาม้าลาย (*Danio rerio*) 93% (203/218 amino acids) จากลำดับที่ 272-489 ดังภาพที่ 2 Hillier (1991) รายงานว่าโปรตีนชนิดนี้มีผลต่อการควบคุมการหลั่งสาร follicle-stimulating hormone (FSH) ในกระบวนการตกไข่ในมนุษย์

```
>ref|NP_705929.1| UG activin A receptor type II-like 1 [Danio rerio]
gb|AAM53074.1|AF435024.1 G serine/threonine kinase receptor [Danio rerio]
gb|AAM53075.1|AF435025.1 G serine/threonine kinase receptor [Danio rerio]
Length=499
GENE ID: 266753 acvr1l1 | activin A receptor type II-like 1 [Danio rerio]
(10 or fewer PubMed links)
Score = 418 bits (1074), Expect = 2e-115
Identities = 203/218 (93%), Positives = 211/218 (96%), Gaps = 0/218 (0%)
Frame = +3
Query 3 HELGSLYDFLQYNTLDPEACLCMCLSIASGLVHLHTEILTTQGKPAIAHRDLKSRNILVK 182
Sbjct 272 HELGSLYDFLQY+TLDPE CL MCLSIASGLVHLHTEIL+TQGKPAIAHRDLKSRNILVK 331
Query 183 RNGQCCIADLGLAVIHSQSNDYLDVGNNPRVGTKRYMAPEVLDESIRVDIFESYKQTDIW 362
Sbjct 332 RNGQCCIADLGLAVIHSQSTDYLDVGTNPRVGTKRYMAPEVLDETIRVDVFESYKQTDIW 391
Query 363 ALGLVLWEITRRTIVNGIVEEYRPPFFDVVPSDPSFEEMKKVVCVDQYRPLHNRLHSH 542
Sbjct 392 ALGLVLWEITRRTIVNGIVEEYRPPFFDMVPSDPSFEEMKKVVCVDQHRPSLHNRLHSH 451
Query 543 ILSAIAKIMKECWFQSPSARLTALRVRKTLAKLDQDQD 656
Sbjct 452 ILSAIAKIMKECWFQSPSARLTALRVRK+L+KLDQD D 489
```

ภาพที่ 2 BLASTX alignment ของ EST clone O1024

2.2 Cystatin precursor

Cystatin precursor จากปลาบึกมีความเหมือนกับยีนนี้ของปลาชัลมอน 39% (42/107 amino acids) จากลำดับที่ 18-130 ดังภาพที่ 3 Sarwar และคณะ (2006) รายงานว่า โปรตีนชนิดนี้มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของ cysteine proteases ในขบวนการ vitellogenin เพื่อสร้าง yolk protein ในไข่เดือนดิน (*Caenorhabditis elegans*)

```
> gb|ACI68292.1| Cystatin precursor [Salmo salar]
Length=132

Score = 74.3 bits (181), Expect(2) = 2e-12
Identities = 42/107 (39%), Positives = 66/107 (61%), Gaps = 8/107 (7%)
Frame = +1

Query 1  VASADLVGSPVDTINNT*SC*SRMPCVSWQAVARYNAERLF*LHVHQ*VVNVIRAQTQ 180
        VASA L+G P+D ++N+          + + AV +N ++ + V Q V V++AQ Q
Sbjct 18  VASAGLIGGPM DANMNDQ-----GTRDALQF-AVVEHN-KKSNDIFVRQ-VAKVVKAQKQ 69

Query 181 VVAGVKYIFTVEMAKTSCKKSEDENTCATNSDTTIAQPHECKLAVWS 321
        +V+G+KYIFTV+MA+T C+K   E C+ + DT +A P++C VWS
Sbjct 70  LVSGMKYIFTVMARTPCRKGGEKVCVHKDTQMAAPYKCTFEVWS 116

Score = 21.9 bits (45), Expect(2) = 2e-12
Identities = 5/15 (33%), Positives = 11/15 (73%), Gaps = 0/15 (0%)
Frame = +2

Query 326 SKPWVPSMMLIENTC 370
        S+PW+ + +++N C
Sbjct 116 SRPWLSDIQMVKNQC 130
```

ภาพที่ 3 BLASTX alignment ของ EST clone O5030

3. ยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน

3.1 MHC class II

โปรตีน major histocompatibility complex (MHC) เป็นโปรตีนอยู่ที่ผิวของเม็ดเลือดขาวชนิด T-cell ทำหน้าที่จดจำส่วนแอนติเจนทั้งของตัวเอง (self antigen) ของเชื้อโรค (non-self antigen) ทำให้ T-cell มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคโดยตรงและโดยร่วมกับระบบอื่น (co-ordinate) ได้ดี MHC แบ่งได้เป็น MHC class I MHC class II และ MHC class III

MHC class II เป็น heterodimeric structure ประกอบด้วย 4 หน่วยของโปรตีน 2 ชนิด คือ alpha chain และ beta chain และมีโครงสร้างสำหรับจับกับ CD4 (CD4 receptor) และ T cell receptor (TCR) สำหรับ T-helper cells

ในงานวิจัยนี้ เราพบยีน MHC class II ทั้งชนิด alpha chain และ beta chain โดยยีนทั้งสองมีความเหมือนกับยีนนี้ของปลาหมอสี สำหรับ alpha chain มีความเหมือน 89% (187/210 amino acids) จากลำดับที่ 1-210 (ภาพที่ 4) และ beta chain มีความเหมือน 78% (157/200 amino acids) จากลำดับที่ 1-241 (ภาพที่ 5)

> [gb|AAD39869.1|](#) MHC class II antigen [*Ictalurus punctatus*]
Length=235

Score = 394 bits (1013), Expect = 3e-108
Identities = 187/210 (89%), Positives = 195/210 (92%), Gaps = 0/210 (0%)
Frame = +1

```
Query 91  MRLFLLCFTLVCKDTEAQNKHLHLQLSACSEKDKEFMIGDDGEVELYADFKKKDTVYMF 270
          MRLFLLCFTLVCKDTEAQNK HHL+LSACSEKDKE+M+G DGE YADF+KKD V
Sbjct 1   MRLFLLCFTLVCKDTEAQNKFHHLQLSACSEKDKEYMVGSDGEEMFYADFEKKDIVNAL 60

Query 271 PPFADPMQYPGFYEGAESRTANCQANLQVLSVEFKDKPLPHDAPQSSSIYARTGVQLGSEN 450
          PPFADP ++ G + AES+TANCQANLQVLSVEFKDKPLP DAPQSSSIYARTGVQLGSEN
Sbjct 61  PPFADPGEFTGGFAESKTANCQANLQVLSVEFKDKPLPQDAPQSSSIYARTGVQLGSEN 120

Query 451 LLICHASRFFPPVVRVWTKNNLDVTDKSSLSQYYPNDDTFNQFSHLPFTPQEGDVYTC 630
          LLICHASRFFPPVVRVWTKNNLDVTDKSSLSQYYPNDDTFNQFSHLPFTPQEGDVYTC
Sbjct 121 LLICHASRFFPPVVRVWTKNNLDVTDKSSLSQYYPNDDTFNQFSHLPFTPQEGDVYTC 180

Query 631 TVQHEALQTPDTRTWEVNVDLPSVGPAVFC 720
          TVQHEALQTPDTRTWEVNVDLPSVGPAVFC
Sbjct 181 TVQHEALQTPDTRTWEVNVDLPSVGPAVFC 210
```

ภาพที่ 4 BLASTX alignment ของ EST clone A3017

```

> gb|AA867871.1 MHC class II beta chain [Ictalurus punctatus]
Length=249

Score = 332 bits (850), Expect(2) = 3e-91
Identities = 157/200 (78%), Positives = 176/200 (88%), Gaps = 0/200 (0%)
Frame = +3

Query 126 YLQTHVYNKLMFLQYNSSLGKFVGYTELGVKNAETANKDTAYLQGMKANLESTCKPNAKL 305
          Y++ + NK+ +L+YNS++GK VGYTELG+KNA+ NKD A++QG+KA L+S CK N
sbjct 42 YIKPLIINKIKYLEYNSTVGKVVGYTELGIKNADRFNKDPAFMQGLKAELDSVCKNNVGN 101

Query 306 YYENIFGQTVEPQVQVRSVKKSDGTHPAVLVCSAYSFYPKYISVTWLRNGKEIKGDTVST 485
          YY I +TVEPQV+V+ VKKSDGTHPA L+CSAYSFYP ISVTWLRNGKEIKG VTST
sbjct 102 YYSILSKTVEPQVKVKLVKKSDGTHPATLMCSAYSFYPPAISVTWLRNGKEIKGGVTST 161

Query 486 EEMADGDWYYQVHSHLEYMPESGEEISCVVQHASFKKPLNYKWDSSMPEPDKSKIAIGAS 665
          EEMADGDWYYQVHSHLEYMPESGEEISCVVQHASF KP+NYKWDSSMPEPDKSKIAIGAS
sbjct 162 EEMADGDWYYQVHSHLEYMPESGEEISCVVQHASF TKPMNYKWDSSMPEPDKSKIAIGAS 221

Query 666 GLVLGIVLSAAGFIYYKKKS 725
          GLVLGIVLSAAGFIYYKKKS
sbjct 222 GLVLGIVLSAAGFIYYKKKS 241

Score = 28.9 bits (63), Expect(2) = 3e-91
Identities = 15/24 (62%), Positives = 17/24 (70%), Gaps = 0/24 (0%)
Frame = +1

Query 4 MALLVKILLIVLPAVFSTARWTIL 75
          M+ L+KILLIVLPAV TA L
sbjct 1 MSKLLKILLIVLPAVLHTAHGNFL 24

```

ภาพที่ 5 BLASTX alignment ของ EST clone O2089

3.2 ICAM2 (CD102)

Intercellular adhesion molecule 2 (ICAM2) เป็นกลุ่ม Intercellular adhesion molecule 2 ก็คือ CD102 (Cluster of Differentiation 102) ซึ่งเป็น type I transmembrane glycoproteins ประกอบด้วย 2-9 immunoglobulin-like C2-type domains และจับกับ leukocyte adhesion LFA-1 protein ICAM2 มีบทบาทสำคัญในขบวนการ lymphocyte recirculation by blocking LFA-1-dependent cell adhesion. เป็นตัวกลางสำหรับปฏิกิริยาการจับ (adhesive interactions) ในระบบภูมิคุ้มกันจำเพาะ ได้แก่ antigen-specific immune response, NK-cell mediated clearance, lymphocyte recirculation และการจับกันของโปรตีน ซึ่งมีความสำคัญมากในระบบตอบสนองต่อเชื้อโรคและการอยู่รอดของเซลล์

ชิ้นส่วน ICAM2 จากปลาบึกที่ได้ มีความเหมือนมากกับยีนนี้ของมนุษย์ถึง 92% (158/171 amino acids) จากลำดับที่ 61-231 ดังภาพที่ 6

3.3 F-type lectin

Odom และ Vasta (2006) พบว่า โปรตีนกลุ่ม lectins มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (innate immune) โดยจดจำที่ตำแหน่ง glycans บนพื้นผิวของเชื้อโรค พันธะการจับเป็นแบบอ่อนแต่มีความสามารถสูง lectins ของปลากะพง (*Morone saxatilis*) ในงานวิจัยนี้เป็นชนิด fucose-binding lectin (MsaFBP32) ซึ่งประกอบด้วย F-type motif 2 ชุดในโครงสร้าง ซึ่งมักพบร่วมกับโดเมนอื่น เช่น transmembrane receptor ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเลคตินกลุ่มนี้มีหน้าที่กว้าง MsaFBP32 ที่ด้าน N-terminal domain มีโครงสร้างเหมือน fucose recognition domain ใน agglutinin ของปลาไหล ส่วนด้าน C-terminal domain เป็นตำแหน่งที่ใช้จำแนกจำเพาะชนิดของ fucosylated ligands นอกจากนี้ยังพบว่าภายในยีนนี้มียีนสร้างซ้ำหลายชุด ทำให้ระบุได้ว่าเป็นส่วนที่มีความหลากหลายระหว่างพันธุ์กรรมสูง

F-type lectin จากปลาบึกเป็นชนิด III-FBPL precursor ซึ่งมีความเหมือนกับยีนนี้ของปลาหมอลาย 59% (85/142 amino acids) จากลำดับที่ 3-306 ดังภาพที่ 7

```
> gb|EAW94220.1| G intercellular adhesion molecule 2, isoform CRA_d
[Homo sapiens] Length=330

GENE ID: 3384 ICAM2 | intercellular adhesion molecule 2 [Homo sapiens]
(Over 10 PubMed links)

Score = 322 bits (826), Expect = 7e-87
Identities = 158/171 (92%), Positives = 161/171 (94%), Gaps = 0/171 (0%)
Frame = +3

Query 33 GSPWLVPA SPWR LPEMSSIGYRTLTV ALFTLICCPGSDEKVFVHV RPKKLAVEPKGSLE 212
Sbjct 61 GSPWLVPA SPWR LPEMSSGYRTLTV ALFTLICCPGSDEKVFVHV RPKKLAVEPKGSLE 120

Query 213 VNCGTTCNQPEVGGLETSLDKILLEVQAQWKQNLVSNISHDTV LQCHFTCSAKLESMSNSN 392
VNC TTCNQPEVGGLETSLDKILL+ QAQWK LVSNI SHDTV LQCHFTCS K ESMNSN
Sbjct 121 VNCSTTCNQPEVGGLETSLDKILLDEQAQWKHYLVSNISHDTV LQCHFTCSGKQESMSNSN 180

Query 393 VSVYQPPRQVILTLOPTLVAVGKSFTIECRVPTVERLDSLRLNLF RGNDSL 545
VSVYQPPRQVILTLOPTLVAVGKSFTIECRVPTVE LDSL L LFRGN++L
Sbjct 181 VSVYQPPRQVILTLOPTLVAVGKSFTIECRVPTVEPLDSLTLFLFRGNETL 231
```

ภาพที่ 6 BLASTX alignment ของ EST clone O1005

> [ref|NP_001077343.1|](#)  hypothetical protein LOC799904 [Danio rerio]
[gb|AB29995.1|](#)  III-FBPL precursor [Danio rerio]
 Length=306

[GENE ID: 799904 LOC799904](#) | III-FBPL precursor [Danio rerio]
 (10 or fewer PubMed links)

Score = 178 bits (452), Expect = 2e-43
 Identities = 85/142 (59%), Positives = 106/142 (74%), Gaps = 1/142 (0%)
 Frame = +2

```
Query 71  TENLAVGAPAVQSSTYNLSGAANKAVDGNSDSNYMRGSCTHTAGD-NPWWRVDLRKPHKV 247
      ++N+A GA  QSST  G A NAVDG+++ Y +GSC+H+ G+ NPWWRVDL +  +
Sbjct 165  SKNIAAGAAVDQSSTVPHDGDAGNAVDGSTECKYKKGSCSHSLGETNPWWRVDLGRVFSI 224

Query 248  TRVIITNRGDCCAERIAGAQRIGNSLAYNGNRNWLVTITRAIPSGGTQTFDFSPVKGRY 427
      RV ITNRGDCC ER+ GA+IRIGNSL NGN N LV T+ IP+G T+TF+F PV+GR+
Sbjct 225  RRVSIITNRGDCCERLNGAEIRIGNSLENNGNSNHLVATVEHIPAGNTETFEFQPVQGRF 284

Query 428  VNIYLPGTNKYLTLCVQVFED 493
      +NI LPG N YLTLCEVQVF D
Sbjct 285  LNIVLPGVNVYLTLCVQVFTD 306
```

Score = 169 bits (429), Expect = 8e-41
 Identities = 89/161 (55%), Positives = 117/161 (72%), Gaps = 5/161 (3%)
 Frame = +2

```
Query 14  GDLVILLTLFPGLCIAHLTE-NLAVGAPAVQSSTYNLSGAANKAVDGNSDSNYMRGSCT 190
      G+ V+ L L GLC+ + NLA+GA AVQSST + G A++AVDGN++++Y +GSC+
Sbjct 3  GEPVMYWLALLLGLCVTDVAPANLALGAAAVQSSTGDPNGNAEHAVDGNTEADYRKGSC+ 62

Query 191  HTAGD-NPWWRVDLRKPHKVTRVIITNRGDCCAERIAGAQRIGNSLAYNGNRNWLVTIT- 364
      HT + NPWWRVDL V +V ITN GDCC ERI GAQIRIG+SL NGN N L T
Sbjct 63  HTIREFNPWWRVDLGGVSIVNKVTITNTGDCCEERIRGAQIRIGDSLENNGNNQLAATL 122

Query 365  IRAIPSGGTQTFDFSPVKGRYVNIYLPGTNKYLTLCVQVF 487
      + AI G+QTF+F P++GRY+N++LPG ++ L+LCEV+VF
Sbjct 123  LDAIK--GSQTFEFQPIQGRYLNVLPGNDETLSLCEVEVF 161
```

ภาพที่ 7 BLASTX alignment ของ EST clone O1004

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2540. ภาพปลาและสัตว์น้ำของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. องค์การคำครุสภา. 325 หน้า.
- กรมประมง. 2527. การเพาะเลี้ยงปลาบึก. เอกสารเผยแพร่ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 9 หน้า.
- กองประมงน้ำจืด. 2532. แนวทางการอนุบาลปลาบึกวัยอ่อน. สัมมนาวิชาการ กรมประมง. หน้า 1-19.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2543. ปลาบึก. เอกสารเผยแพร่ ชุด โครงการ "อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ" สกว. ชุดที่ 1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 134 หน้า.
- เข็มชาติ นิยมสมบูรณ์, ยงยุทธ ทักษิณ และเกียรติคุณ เจริญสวรรค์. 2530. การเพาะพันธุ์ปลาบึกที่เลี้ยงในกระชัง. รายงานประจำปี สถานีประมงน้ำจืด นครสวรรค์. กองประมงน้ำจืด กรมประมง. หน้า 30-33.
- จิราพร โรจน์ทินกร. 2547. การเตรียมไข่ปลาสุกในห้องทดลองเพื่อประสิทธิภาพการผสมเทียมปลาบึก (*Pangasianodon gigas*). ทูลสนับสนุนการวิจัยและอาจารย์รุ่นใหม่ รหัสโครงการ MRG4680067. ทบวงมหาวิทยาลัยและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- ชวลิต วิทยานนท์ และสมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์. 2536. อนุกรมวิธานปลาบึกและปลาสวาย (วงศ์ *Pangasiidae*). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กรมประมง. 57 หน้า.
- ธีรพันธ์ ภูคาสวรรค์. 2511. ปลาบึก. วารสารการประมง 21(3):244-252.
- ธีรพันธ์ ภูคาสวรรค์. 2526. ปลาบึกเจียงของ. วารสารการประมง 36(4):399-346.
- นภาพร ศรีพุฒินพนธ์. 2529. การทดลองเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารชนิดต่างๆ. รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 24 สาขาประมง. หน้า 289-292.
- นฤพล สุขมาสวิน และวัฒนะ ลีลาภัทร. 2537. วงจรการสืบพันธุ์ในรอบปีของแม่ปลาตะเพียนขาว. วารสารการประมง 47(1): 21-30.
- มนัส จันทรสูตร, เรวัตกร ฤทธาภรณ์, สมหวัง พิมพ์บุตร, สุรพงษ์ วิวัชรโกเศศ และนฤมล สุขมาสวิน. 2532. การเพาะพันธุ์ปลาบึกปี 2531. รายงานประจำปี 2530-2531. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพะเยา กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 31-42.
- ยงยุทธ อุนากรสวัสดิ์, ปฐมาวดี ปิตตาทะโน และ เมธา ศาภิชาติ. 2544. การเพาะพันธุ์ปลาบึก ครั้งแรกของโลกจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อดิน. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพะเยา. 57 หน้า

- วิจัย ศรีสุวรรณทัญ, มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และสมศักดิ์ ล้วนปรีดา. 2527. การอนุบาลปลาบึก. สถานีประมงน้ำจืดแห่งชาติ.
- วีระชัย โชติรัตนศักดิ์. 2535. การศึกษาลักษณะทางมิถุนวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์ในปลาบึก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาชีววิทยา, ภาควิชาสัตววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 75 หน้า.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์ และภาณุ เทวรัตน์มณีกุล. 2541. ชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงปลาบึก. วารสารการประมง 51(2):107-115.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และ กฤษณ์ มงคลปัญญา. 2536. การเพาะขยายพันธุ์ปลาบึก. วารสารการประมง 46(5):339-415.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์, ภูวดล ภูพานิช และ เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเดี๋ย. 2529. การศึกษาประวัติปลาบึกที่ติดเครื่องหมายในแหล่งน้ำ. วารสารการประมง 39: 555-561.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์, มาโนช เบญจกาญจน์ และ เรวัตร ฤทธาภรณ์. 2535. การพัฒนาระบบการเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14. กองประมงน้ำจืด กรมประมง. 51 หน้า.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์. 2526. การผสมเทียมปลาบึก. วารสารการประมง 36(4):347-360.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์. 2527. การเพาะพันธุ์ปลาบึก. เอกสารการประชุมวิชาการครั้งที่ 22 สาขาประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 403.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2531. การเพาะขยายพันธุ์ปลา ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 146 หน้า
- Baird G. 1996. Khnoe Falls Fisheries. Mekong Fisheries Network Newsletter 2(2):1-5.
- Chen Q.A, Wang Z.G., Xu Z.R., Dong Yu S.D. and Yang Z.G. 2009. Analysis of gene expression in granulosa cells of ovine antral growing follicles using suppressive subtractive hybridization. Animal Reproduction Science (in press).
- Chen Y.C., Jan-Ming H., Lee, Shyh-Jye. 2006. Profile analysis of expressed sequence tags derived from the ovary of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. Aquaculture. 251,537 – 548.
- Chu S.L., Weng, Ching-Feng., Hsiao, Chung-Der., Hwang, Pung-Pung., Karsi A., Li P., Dunham R A. and Liu Z J. 1998. Transcriptional activities in the pituitaries of channel catfish before and after induced ovulation by injection of carp pituitary extract as revealed by expressed sequence tag analysis. Molecular Endocrinology 21: 121–129.

- Fernandez N., Cooper J., Sprinks M., AbdElrahman M., Fiszer D., Kurpisz M and Dealtry G. A critical review of the role of the major histocompatibility complex in fertilization, preimplantation development and feto-maternal interactions. *Human Reproduction Update* 5(3): 234-248.
- Hayflick JS, Kilgannon P, Gallatin WM (1998). "The intercellular adhesion molecule (ICAM) family of proteins. New members and novel functions. *Immunology Research* 17(3): 313-27.
- Hillier S.G. 1991. Regulatory functions for inhibin and activin in human ovaries. *Journal of Endocrinology* 131: 171-175.
- Kobayashi M., Aida K. and Hanyu I. 1986. Annual changes in plasma levels of gonadotropin and steroid hormones in goldfish. *Bulletin of Japan Society Science* 52(7): 1153-1158.
- Li C.J., Li Zhou, Wang Y., Hong Y.H. and Gui J.F. 2005. Molecular and expression characterization of three gonadotropin subunits common α , FSH β and LH β in groupers. *Molecular and Cellular Endocrinology* 233: 33-46.
- Odom E.W. and Vasta G.R. 2006. Characterization of a Binary Tandem Domain F-type Lectin from Striped Bass (*Morone saxatilis*). *Journal of Biological Chemistry* 281(3): 1698-1713.
- Scott A.P., Bye V.J., Baynes S.M. and Springate J.R.C. 1980. Seasonal variations in plasma concentration of 11-ketotestosterone and testosterone in male rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson. *Fish Biology* 17, 495-505.
- Sheng Z. and Gong Z. 2002. Expressed sequence tag analysis of expression profiles of zebrafish testis and ovary. *Gene* 294: 45-53.
- Sültmann H, Mayer WE, Figueroa F, O'hUigin C and Klein J. 1993. Zebrafish Mhc class II alpha chain-encoding genes: polymorphism, expression, and function. *Immunogenetics*. 38(6):408-20.
- Valentina C., Cattaneo A.G., Rossi F., Bernardini G., Terova G., Saroglia M. and. Gornati R. 2008. Genes expressed in Blue Fin Tuna (*Thunnus thynnus*) liver and gonads. *Gene*. 410, 207-213.

เอกสารอ้างอิง (References)

- เข็มชาติ นิยมสมบุญ ยงยุทธ ทักษิณ และเกียรติคุณ เจริญสวรรค์. 2530. การเพาะพันธุ์ปลาน้ำจืด เลี้ยงในกระชัง. รายงาน ประจำปี สถานีประมงน้ำจืด นครสวรรค์. กองประมงน้ำจืด กรม ประมง. หน้า 30-33.
- ไชยณรงค์ เศรษฐกิจ. 2548. ข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับปลาน้ำจืด. http://www.searin.org/Th/Mekong/mek_catfish_info2.htm
- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ สุเทพ ปันธิวงศ์ สมบุญ ใจปิ่นตา ประจวบ ฉายนุ สดปรานี มณีศรี และรุ่ง กานต์ อำไพพงศ์. 2545. แนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืด จังหวัด เชียงใหม่. รายงานวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย PDG45N0008. 85 หน้า.
- ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2548. เลี้ยงปลาน้ำจืดแบบลดต้นทุน. สื่อเกษตร
- บัญญัติ มนเทียรอาสน์, วิชาญ นุ่นสังข์ และ ดนุวัฒน์ เพ็ญอัน . 2547. ระบบเกษตรชีววิถีเพื่อ ลด ต้นทุนการเลี้ยงปลาน้ำจืดในบ่อแบบผสมผสาน. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 198-204 น.
- บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ดนุวัฒน์ เพ็ญอัน. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเบื้องต้นของแหล่ง น้ำในบ่อเลี้ยงปลาเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (พ.ย. 2545 – พ.ย. 2547). รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 1-12 น.
- ภาสกร ถมพลกรัง และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2542. การสำรวจพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและ สภาพคุณภาพน้ำในบริเวณทะเลสาบสงขลาโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์.เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2542 สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา. 52 น.
- มฤดี สิทธิพันธ์ อรัญ หันพงศ์กิตติกุลและกิจการ สุขมาตย์. 2543. การสกัดสารบีต้ากลูแคนจาก ยีสต์และการประยุกต์ใช้ในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius). วารสารสงขลานครินทร์ 22 (ฉบับพิเศษ) : 653 – 662.
- วิจัย ศรีสุวรรณทัญ มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และสมศักดิ์ ล้วนปรีดา. 2527. การอนุบาลปลาน้ำจืด. สถานี ประมงน้ำจืดแห่งชาติ.
- วิวัฒน์ ประมมภ์ และชัยศิริ ศิริกุล. 2538. การศึกษาชีววิทยาบางประการของปลาโม่ง. เอกสาร วิชาการฉบับที่ 22/2538. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 53 หน้า.

- สิทธิ บุญยรัตผลิน กิจการ ศุภมาตย์และสถาพร ดิเรกบุษราคัม. 2532. ผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบของเลือดและความต้านทานโรคของปลากะพงขาว. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา 32 หน้า.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์. 2526. การผสมเทียมปลาบึก. วารสารการประมง 36(4):347-360.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์ มาโนช เบญจกาญจน์ และ เรวัตร ฤทธาภรณ์. 2535. การพัฒนาระบบการเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14. กองประมงน้ำจืด กรมประมง. 51 หน้า.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์ ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และ กฤษณ์ มงคลปัญญา. 2536. การเพาะขยายพันธุ์ปลาบึก. วารสารการ ประมง 46(5):339-415.
- อรรณนพ อิมศิลป์. 2548. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงและเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาโพงสู่อุตสาหกรรมเศรษฐกิจชนิดใหม่. เอกสารประกอบการสัมมนา, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง.
- <http://www.agmassmedia.com/Technology/knowed/articles20.html>
- Berra, T.M. 1981. An atlas of distribution of the freshwater fish families of the world. Univ. of Nebraska press : 74-75.
- Cacot, P. 1999. Etude du cycle sexuel et maitrise de la reproduction de *Pagasius bocourti* Sauvage, 1880 et *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) dans le delta du Mekong au Vietnam. Doctoral thesis, University National Agronomique Paris Grignon, Paris. 216 pp.
- Lim, L.C., P. Dhert, W.Y. Chew, V. Dermaux, H. Neils, and P. Sorgeloos. 2002. Enhancement of stress resistance of Guppy, *Poecilia reticulata*, through feeding with vitamin C supplement. Journal of World Aquaculture Society 33(1):32-40.
- Peterson, B.,C., C., S., Brain and G.,B., Brain. 2004. Effect of bovine growth hormone(Prosilac)on growth performance, body composition, and IGFBPs in two strains of channel catfish. Aquaculture 232, 651-663.
- Pitkanen, T.,I., K., Aleksei, T., Heli and M., Hannu. 1999. Transfer of growth hormone(GH) transgenes into Artic charr (*Salvelinus alpinus* L.) I. Growth response to various GH constructs. Genetic Anal 15, 91-98.
- Piumsombun, S. 2001. Production, accessibility and consumption patterns of aquaculture products in Thailand. FAO Fisheries Circular No. 973.

- Prasertwattana, P., S. Singsee and C. Udomkan. 2003. Survey of cage culture of Mekongindigenous fish along the Mekong and Songkhram River, Nakhonphanom Province, Thailand. Proceeding of the 5th Technical Symposium on Mekong Fisheries, MRC Conference Series No. 4. Thailand. 181-183 pp.
- Reinecke, M., T.,B. Bjorn, W., D., Walton, D., M., Stephen, N., Isabel, M.,P., Deborah and G., Joaquim. 2005. Growth hormone and insulin-like growth factors in fish:Where we are and where to go. Gen and Comp Endocrinol. 142, 20-24.
- Topcat . 2545. ความเห็นเกี่ยวกับปลาบึก. http://www.expert2you.com/view_article.php?cat_sel=90200&art_id=779
- Trong, T.Q., N.V. Hao and D. Griffiths. 2002. Status of Pangasiid aquaculture in Viet Nam. MRC Technical Paper No. 1, Mekong River Commission, Phnom Penh. 16 pp.
- Tyson, R.R. 1991. Systematic Revision of the asian catfish family Pangasiidae, with biological observation and description of three new species. Proceeding of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 143:97-144.