



รายงานผลการวิจัย

การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

Development of Tilapia Culture Systems under Export Standard Criteria

โดย

บัญชา ทองมี และ คณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2556

รหัสโครงการวิจัย มจ.1-54-030/55-021



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก
Development of Tilapia Culture Systems under Export Standard Criteria

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2554-2555
จำนวน 3,282,500 บาท

ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย อาจารย์ ดร.บัญชา ทองมี

หัวหน้าโครงการย่อย หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1 : นายบัญชา ทองมี
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2 : นางอุดมลักษณ์ สมพงษ์
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3 : นางดวงพร อมรเลิศพิศาล
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 4 : นายประจวบ ฉายบุญ
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 5 : นางสาวสุดาพร ตงศิริ
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 6 : นายนิวุฒิ หวังชัย
หัวหน้าโครงการย่อยที่ 7 : นายชนกันต์ จิตมนัส

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 กันยายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยชุดโครงการเรื่อง การพัฒนาระบบการผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก ขอขอบพระคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554-2555 จำนวนเงิน 3,282,500 บาท ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย



สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ช
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
บทนำ	7
วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
การตรวจเอกสาร	23
อุปกรณ์และวิธีการ	60
ผลการวิจัย	117
วิจารณ์ผลการวิจัย	229
สรุปผลการวิจัย	263
เอกสารอ้างอิง	270
ภาคผนวก	
ก ประวัติผู้วิจัย	297

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) ของสิ่งขับถ่ายของสุกร	27
ตาราง 2	ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมูลหมักที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศแล้ว	28
ตาราง 3	ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร	29
ตาราง 4	คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเตา (หน่วย: ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)	38
ตาราง 5	สมบัติทั่วไปของโพลีฟอสเฟตบางชนิด	49
ตาราง 6	ลักษณะการเลี้ยงปลานิลจากฟาร์มในจังหวัดเชียงใหม่	70
ตาราง 7	ลักษณะการเลี้ยงปลานิลจากฟาร์มในจังหวัดเชียงราย	73
ตาราง 8	น้ำหนัก และความยาวของปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย	76
ตาราง 9	คุณภาพน้ำบางประการจากฟาร์มเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย	77
ตาราง 10	ลำดับไพรเมอร์และขนาดของ RT-PCR ในยีนที่ทำการศึกษา	95
ตาราง 11	การจัดหน่วยทดลอง	96
ตาราง 12	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ	97
ตาราง 13	ชนิดของการใส่ปุ๋ย อัตราการปล่อย และหน่วยการทดลอง	106
ตาราง 14	อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ $8.15 \pm 5.54 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเริ่มก่อนการทดลอง ระยะเวลา 48 ชั่วโมง	117
ตาราง 15	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน	122
ตาราง 16	คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ	125
ตาราง 17	ผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน	131
ตาราง 18	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน	133
ตาราง 19	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์	137
ตาราง 20	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล	140
ตาราง 21	ทดสอบเชื้อก่อโรคในปลานิลเพื่อดูอัตราการตายในระยะเวลา 5 วัน	142

ตาราง 22	ลักษณะพื้นฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่คัดแยกจากปลานิล น้ำ และ ตะกอนดินในจังหวัดเชียงใหม่ และ เชียงราย	143
ตาราง 23	ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อ โรคในปลานิล โดยวิธีการ agar well diffusion	148
ตาราง 24	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลเมื่อนำเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้ แต่ละไอโซเลท (<i>In vivo test</i>) จำนวนปลาเริ่มต้น 10 ตัวต่อตู้	149
ตาราง 25	เปอร์เซ็นต์ในการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในหลอดพลาสติก	152
ตาราง 26	น้ำหนักและความยาวของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน	154
ตาราง 27	ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ของปลานิลที่เลี้ยง ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง	154
ตาราง 28	ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean±SE)	155
ตาราง 29	ค่าอัตราการรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน Productive Protein Value (PPV) Productive Fat Value (PFV) ของปลานิลที่ เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วย	156
ตาราง 30	ค่าน้ำหนักปลาเฉลี่ย (กรัม) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปร ไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง	157
ตาราง 31	ความยาวปลาเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลในแต่ละหน่วย ทดลองระยะเวลาการ เลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)	158
ตาราง 32	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (กรัมต่อวัน) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ด สำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)	158
ตาราง 33	อัตราการรอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปร ไบโอติกส์และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)	159
ตาราง 34	อัตราการแลกเนื้อ (FCR) กรัมต่อวัน ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละ หน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)	160

ตาราง 35	ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)	160
ตาราง 36	ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล	161
ตาราง 37	Productive Protein Value (PPV) ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลในแต่ละหน่วยทดลอง	161
ตาราง 38	Productive Fat Value (PFV) ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล	161
ตาราง 39	ค่าอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลา 4 เดือน	162
ตาราง 40	ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน	162
ตาราง 41	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลา 4 เดือน	163
ตาราง 42	ความเป็นด่าง (Alkalinity) mg/l ในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน	163
ตาราง 43	ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน	164
ตาราง 44	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล	166
ตาราง 45	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล	166
ตาราง 46	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล	167
ตาราง 47	ค่าความเป็นด่างของน้ำในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล	167
ตาราง 48	ค่าแอมโมเนียของน้ำในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล เพอร์เซ็นต์	168

ตาราง 49	ความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใย โปรตีน ของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์แต่ละชนิดในแต่ละหน่วยทดลอง	170
ตาราง 50	ค่าความชื้นในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง	170
ตาราง 51	เถ้าในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์และมีการฉีดเชื้อก่อโรค ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ปริมาณไขมัน	171
ตาราง 52	เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง	171
ตาราง 53	เปอร์เซ็นต์เยื่อใยในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลองค่า	172
ตาราง 54	โปรตีนในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง	173
ตาราง 55	คาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง	173
ตาราง 56	ปริมาณสารสกัดจากสาหร่ายเตา (ปริมาณสารสกัดน้ำจากสาหร่ายเตา)	175
ตาราง 57	เปรียบเทียบการต้านอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของสาหร่ายเตา 3 ถูเทียบกับ Trolox และ Gallic Acid	176
ตาราง 58	ปริมาณ Carbohydrate และ sulfate content จากสกัดลำต้นสาหร่ายเตา	176
ตาราง 59	ผลของระดับกลูตาไทโอนรวม ออกซิไดส์กลูตาไทโอน และรีดิวส์กลูตาไทโอน	190
ตาราง 60	ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล	192
ตาราง 61	ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของฟักกาดหอม	193
ตาราง 62	คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิล	194
ตาราง 63	ค่า pH ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน	197
ตาราง 64	ความชื้นของเนื้อปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา ระยะเวลา 8 เดือน	198
ตาราง 65	การวัดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน	200
ตาราง 66	ค่า Thiobarbituric acid ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา	201
ตาราง 67	ปริมาณฟอสเฟตในเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่แช่ในสารประกอบฟอสเฟต	202
ตาราง 68	ค่าการสูญเสียจากการละลาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน	203

ตาราง 69	น้ำหนักที่สูญเสียหลังจากการหุงต้ม และปริมาณผลได้หลังจากการหุงต้มของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือนค่าสีแสดง	205
ตาราง 70	เป็นระยะพิกัด CIE Lab ของตัวอย่างเนื้อปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน	207
ตาราง 71	ค่าเนื้อสัมผัสโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการทำละลายดิบระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน	209
ตาราง 72	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างปลานิลแล่แช่แข็งแบบดิบโดยใช้สเกลคะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale	211
ตาราง 73	การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิต Psychrophile และ Mesophile ของตัวอย่างปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน	213
ตาราง 74	ความเข้มข้นของสารจีโอสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE) ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อ ปลานิลจากบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน	214
ตาราง 75	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ ของบ่อปลานิลระบบผสมผสาน	215
ตาราง 76	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิล	216
ตาราง 77	ความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบี (mean±SE) ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล จากบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	217
ตาราง 78	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้น ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	218
ตาราง 79	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดของปลานิล	221
ตาราง 80	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ ของบ่อปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	222
ตาราง 81	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	223
ตาราง 82	น้ำหนักก่อนการทดลอง น้ำหนักหลังการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และอัตราการรอด (%)	226

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ปลานิล (<i>Oreochromis niloticus</i>)	23
ภาพ 2 การตายของปลาที่มีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptococcus agalactiae</i>	32
ภาพ 3 การตายของปลาที่มีสาเหตุมาจากเชื้อโรคที่กำลังระบาดอยู่ในปัจจุบัน	33
ภาพ 4 สาหร่ายเตา (<i>Spirogyra</i> sp.)	37
ภาพ 5 หลักการเกิด TBARS	40
ภาพ 6 การสังเคราะห์สารให้กลิ่นโคลน (จีโอสมิน และเอ็มไอบี) ในวิถีเทอร์ปีน	52
ภาพ 7 สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (CM1-CM5)	71
ภาพ 8 สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงราย (CR1-CR6)	74
ภาพ 9 แผนภูมิแสดงวิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตา	88
ภาพ 10 แสดงวิธีการสกัดลำดับส่วนของสาหร่ายเตา	90
ภาพ 11 ขั้นตอนการทดลองการศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลแช่แข็ง	104
ภาพ 12 (A-B) บ่อเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	106
ภาพ 13 (A-D) การเตรียมบ่อสำหรับการทดลองจำนวน 6 บ่อ (A-C)	108
ภาพ 14 (A-D) การเตรียมตัวอย่างเนื้อปลาตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์โดยใช้เครื่อง GC/MS	110
ภาพ 15 การวิเคราะห์สารจีโอสมินและเอ็มไอบี โดยใช้เครื่อง GC/MS	110
ภาพ 16 Mass spectrum ของสารจีโอสมิน (trans-1, 10-Dimethyl-trans-9-decalinol)	111
ภาพ 17 Mass spectrum ของสารเอ็มไอบี (2-methylisoborneol)	111
ภาพ 18 (A-B) การเตรียมเชื้อที่ได้จากฟาร์ม อ.ปง จ.พะเยา และการฉีดเชื้อก่อโรคเข้าบริเวณช่องท้องปลานิล	115
ภาพ 19 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน	118
ภาพ 20 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน	119
ภาพ 21 อัตราการกรอน้ำเขียวในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน	121

ภาพ 22	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกร ที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน	123
ภาพ 23	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกร ที่ระดับต่างๆกัน ระยะเวลา 60 วัน	124
ภาพ 24	(A-D) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ตรวจพบในบ่อซีเมนต์ (A) <i>Oscillatoria</i> sp., (B) <i>Cylindrospermopsis</i> sp., (C) <i>Scenedesmus</i> sp., และ (D) <i>Euglena</i> sp.	135
ภาพ 25	ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคลในปลานิล 8 ไอโซเลท	141
ภาพ 26	แสดงอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลเมื่อนำเชื้อโปรไบโอติกส์ แต่ละไอโซเลท (<i>In vivo</i> test) จำนวนปลาเริ่มต้น 10 ตัวต่อตู้	142
ภาพ 27	ลักษณะโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลานิล	144
ภาพ 28	ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลานิล	145
ภาพ 29	แสดงอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลเมื่อนำเชื้อโปรไบโอติกส์ แต่ละไอโซเลท (<i>In vivo</i> test) จำนวนปลาเริ่มต้น 10 ตัวต่อตู้	150
ภาพ 30	ปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดง (Blood agar hemolysis) ของเชื้อจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์	150
ภาพ 31	การทดสอบปฏิกิริยาของสายพันธุ์แบคทีเรีย กลุ่ม Staphylococci	151
ภาพ 32	การเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับพีเอชแตกต่างกัน	152
ภาพ 33	การทดสอบประสิทธิภาพการเกาะติดของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์	153
ภาพ 34	กราฟการกระจาย (Scatter plot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในกระชังระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2555	165
ภาพ 35	ภาพถ่ายของสาหร่ายเตาภายใต้กล้องจุลทรรศน์	174
ภาพ 36	ความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสาหร่ายเตา 3 ชนิดเมื่อเทียบกับ trolox	177
ภาพ 37	อาหารเม็ดผสมสาหร่ายเตา 4 สูตร	178
ภาพ 38	ผลของการเสริมสาหร่ายเตาต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิล	179
ภาพ 39	ผลของการเสริมสาหร่ายเตาต่ออัตราการรอดในช่วงเวลา 4 เดือน	179
ภาพ 40	ผลของสาหร่ายเตาต่อลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อเยื่อไตปลานิล	180
ภาพ 41	ผลของสาหร่ายเตาต่อลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในตับปลานิล	181
ภาพ 42	กราฟผลของสาหร่ายเตาต่อลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในพลาสมาของปลานิล	181
ภาพ 43	จำนวนรอบที่เหมาะสมต่อปริมาณการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนท์ เอนไซม์ในเนื้อเยื่อไตของปลานิล	182

ภาพ 44	จำนวนรอบที่เหมาะสมต่อปริมาณการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนซ์ เอนไซม์ในเนื้อเยื่อตับของปลานิล	183
ภาพ 45	ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) ในเนื้อเยื่อไตปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน	184
ภาพ 46	ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) ในเนื้อเยื่อไตปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน	185
ภาพ 47	ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ catalase (CAT) ในเนื้อเยื่อไต ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน	186
ภาพ 48	ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) ในเนื้อเยื่อตับปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน	187
ภาพ 49	ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) ในเนื้อเยื่อตับปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน	188
ภาพ 50	ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ catalase (CAT) ในเนื้อเยื่อตับ ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน	189
ภาพ 51	ระดับของรีดิวคตาคาไทโอนในปลานิลที่ให้อาหารเสริมสาหร่ายเตา	190
ภาพ 52	การเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปลานิล	193
ภาพ 53	פקกาคดหอนที่ปลูกในระบบการเลี้ยงปลาแบบปิด	194
ภาพ 54	(A-B) เนื้อปลานิลแล้ที่ขนส่งมาจากแหล่งรับจ้างแล้ปลา น้มาแยกขนาดของ ขึ้นปลาตามน้หนัก และแชในสารละลายฟอสเฟตต่อไป	196
ภาพ 55	(A-B) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลานิลแล้ไม่แชและแชสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ	196
ภาพ 56	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้เงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในปลานิล (A) <i>Anabaena</i> sp. (C) <i>Phormidium</i> sp. (B) <i>Oscillatoria</i> sp. (D) <i>Pseudanabaena</i> sp.	216
ภาพ 57	น้หนักเริ่มต้นและน้หนักสุดท้ายของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน โดย T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไ้ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง	219
ภาพ 58	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	219
ภาพ 59	น้หนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	220
ภาพ 60	อัตราการแลกเนื้อของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	221

ภาพ 61	อัตราการรอดของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน	221
ภาพ 62	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยง ปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน (A) <i>Merismopedia</i> spp., (B) <i>Anabaena</i> spp., (C) <i>Cylindrospermopsis</i> spp., (D) <i>Microcystis</i> spp. และ (E) <i>Oscillatoria</i> spp.	223
ภาพ 63	(ก) การฝึกปฏิบัติทำอาหารปลาเพื่อลดกลิ่น (ข) มอบของที่ระลึกแก่ผู้นำชุมชน	224
ภาพ 64	ถ่ายภาพร่วมกันหลังสิ้นสุดการฝึกอบรม	224
ภาพ 65	น้ำหนักของลูกปลานิลที่อนุบาล โดยการให้อาหารผสมแบคทีเรีย	225
ภาพ 66	อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADC: กรัมต่อวัน)	226
ภาพ 67	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR: เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	227
ภาพ 68	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate, FCR)	228
ภาพ 69	อัตราการรอดของลูกปลานิลที่อนุบาลในกระชังซึ่งวางไว้ในบ่อดิน แล้วนำมาทดสอบความทนต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย โดยการฉีดเชื้อที่แยกจากปลานิลแดงที่เป็นโรคในฟาร์มเอกชน อ.ปง จ.พะเยา	228
ภาพ 70	การใช้โปรไบโอติก <i>L. rhamnosus</i>) 10^{10} CFUต่ออาหาร 1 กรัม ให้ปลานิล ทำให้ปลานิลเจริญดีขึ้น ในขณะที่ FCR ลดต่ำลง (Pirarat <i>et al.</i> , 2011)	258
ภาพ 71	ปลาที่ได้รับอาหารผสมแบคทีเรีย <i>E. faecium</i> นาน 40 วัน ทำให้ไลโซไซม์สูงขึ้น ($P > 0.05$) (Wang <i>et al.</i> , 2008)	260
ภาพ 72	อัตราการตายของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก นาน 90 วัน แล้วทดสอบความสามารถในการต้านทานเชื้อโรค <i>A. hydrophila</i> (T1 = อาหารหุคควบคุม, T2 = อาหารผสม <i>M. luteus</i> , T3 = อาหารผสม <i>Pseudomonas</i> sp., T4 = อาหารผสมแบคทีเรีย <i>M. luteus</i> และ <i>Pseudomonas</i> sp.)	262

การพัฒนากระบวนการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

Development of tilapia culture systems under export standard criteria

บัญชา ทองมี อุดมลักษณ์ สมพงษ์ ดวงพร อมรเลิศพิศาล ประจวบ ฉายบุญ

สุดาพร ตงศิริ นิวุฒิ หวังชัย และชนกันต์ จิตมนัส

Bunchat Tongmee Udomluk Sompong Doungporn Amornlerdpison Prachub chaibu

Sudaporn Tongsiri Niwooti Whangchai and Chanagun Chitmanat

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การพัฒนากระบวนการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิจัยในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงปลานิลเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนเพื่อสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ แบ่งการวิจัยเป็น 7 โครงการย่อย โครงการย่อยที่ 1 ศึกษาผลผลิตของปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆ ในบ่อที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกัน พบว่า ระดับอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิล อัตราการกรองน้ำเขียวเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น และขนาดของปลานิลมีผลต่ออัตราการกรองน้ำเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ปลานิลขนาดเล็กจะมีอัตราการกรองน้ำเขียวมากกว่าปลานิลขนาดใหญ่กว่า ปลานิลที่ได้รับอาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ค่อน้ำหนักตัว ที่ระดับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอสูง (300 ไมโครกรัมต่อลิตร) มีผลผลิตของปลานิลสูงสุด ($p \leq 0.05$) โครงการย่อยที่ 2 ศึกษาผลของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่น ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยเก็บตัวอย่างปลานิล ดิน และน้ำจากฟาร์มในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย จำนวน 16 แห่ง เพื่อทำการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์โดยใช้อาหาร MRS พบว่า สามารถแยกเชื้อได้ 110 ไอโซเลท ตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยการย้อมสีแกรม ลักษณะรูปร่าง และการจัดเรียงตัวของเซลล์ จากนั้นทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคจำนวน 9 ไอโซเลท ด้วยเทคนิค Agar well diffusion ในอาหาร BHI พบว่า CR7-8 ส่งผลให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดจากเชื้อก่อโรค ซึ่งมีศักยภาพเหมาะสมในการนำมาเป็นโปรไบโอติกส์ในปลานิล โครงการย่อยที่ 3 ศึกษาผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระในปลานิล สาหร่ายเตาเป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ถูกนำมาประเมินหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและตรวจหาอนุมูลอิสระสำคัญ โดยทำการเก็บตัวอย่างสาหร่าย 3 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว แล้วนำมาสกัดแบบหยาบเป็นสารสกัดน้ำ พบว่า การเสริมสาหร่ายเตาในอาหารปลาช่วยให้มีการลดลงของอนุมูลอิสระจากการลดการเกิดอนุมูลอิสระ ช่วยเพิ่มการสร้างสารและเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในตัวปลา

จึงช่วยป้องกันภาวะเครียดออกซิเดชันได้ ส่งผลให้ปลา มีอัตราการรอดสูง และเจริญเติบโตดี

โครงการย่อยที่ 4 ศึกษากระบวนการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน โดยเทคนิคการใช้สารอาหารจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาปลูกพืชผัก พบว่า ปลานิลเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 50-100 ตัวต่อบ่อ มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นดังกล่าวร่วมกับการปลูกผักกาดหอมในระบบน้ำหมุนเวียนให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ด้วยระบบปิดร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินทำให้ของเสียจากการเลี้ยงปลาซึ่งอยู่ในรูปของไนโตรเจนประมาณ 70-75 เปอร์เซ็นต์ จะถูกกำจัดภายในระบบ โดยถูกนำไปใช้เป็นส่วนอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของผักกาดหอม แทนการถ่ายเทน้ำจากการเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไป

โครงการย่อยที่ 5 ศึกษาการผลิตภัณฑ์ปลานิลแล่แช่แข็งโดยใช้สารฟอสเฟตในการช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปลานิลแล่แช่แข็งโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ลักษณะบรรจุชิ้นปลาในถุงซิปล็อคถุงละ 1 ชิ้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า คุณภาพทางเคมีของเนื้อปลานิลมีองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้ามีปริมาณ เท่ากับ 17.33 2.54 75.73 และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณฟอสเฟตในกลุ่ม STPP+NaCl และ Control มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ($p\leq 0.05$) แต่ในทุกตัวอย่างมีปริมาณฟอสเฟตไม่เกิน 5000 mg/kg

โครงการย่อยที่ 6 ศึกษาระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB) ในน้ำ ดิน พื้นบ่อ และเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน โดยศึกษาในบ่อดิน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 6 บ่อ เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ในตัวอย่างน้ำ ดิน พื้นบ่อ และเนื้อปลา มีปริมาณจีโอสมิน มีระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในเนื้อปลานิลสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ ชนิดของแบคทีเรียที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ พบ *Oscillatoria* spp. เป็นสปีชีส์เด่น รองลงมาคือ *Anabaena* spp. และบ่อดินที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 9 บ่อ เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า บ่อที่ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารมีค่าความเข้มข้นของจีโอสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่าบ่ออื่นๆ ทั้งตัวอย่างน้ำ ดิน และเนื้อปลานิล และในบ่อที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารมีการเจริญเติบโตดีที่สุด

โครงการย่อยที่ 7 ศึกษาผลของโปรไบโอติกที่แยกจากลูกปลานิลที่แข็งแรงต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลานิล การยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค *Aeromonas hydrophila* ในห้องปฏิบัติการ โดยเปรียบเทียบอาหารที่ไม่ผสมเชื้อแบคทีเรีย (ชุดควบคุม) กับอาหารผสมเชื้อแบคทีเรียที่ได้จากปลานิลดำที่แข็งแรง ทำการทดสอบภูมิคุ้มกันโดยการฉีดเชื้อที่ได้จากปลานิลแดงที่เป็นโรคของฟาร์มเอกชนใน อ.ปง จ.พะเยา และสังเกตอาการเป็นเวลา 14 วัน พบว่าอัตราการรอดของอาหารผสมเชื้อที่ได้รับจากปลานิลดำที่แข็งแรงสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และการให้อาหารเสริมแบคทีเรียจากปลานิลดำที่แข็งแรงมีส่วนช่วยเสริมการเจริญเติบโตและป้องกันการเกิดโรคในลูกปลานิลได้บางส่วน

คำสำคัญ: ปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.) กากเหลือหมักมูลสุกร โปรไบโอติกส์ สาหร่ายเตา ฟอสเฟต กลิ่นไม่พึงประสงค์ ภูมิคุ้มกันปลา

Abstract

Tilapia has been identified as a developing most important contributor to the international fish market for a wide variety of reasons related to both its supply and demand. Furthermore, Tilapia has become the third most important fish in aquaculture after carp and salmon. The development of tilapia production system is needed to standardized export scheme to increase fish yield and reduce cost. This project aim to meet the world market standard; accordingly the project was divided into 7 sub projects. **Sub project 1** was focused the effects of temperature on production of tilapia which was feed by different levels. Tilapia was cultured in pond with various level of chlorophyll. The result was confirmed temperature affects on green water filtration of tilapia. Ratio of green water filtration was increased by increasing temperature. Significant high ratio of green water filtration was obtained from small size of tilapia compared to the big size. The combination of 6% feed per fish weigh with 300 µg/L chlorophyll was significantly shown highest fish yield in the pond. **Sub project 2** was considered the effects of native probiotic microorganism on tilapia growth. Tilapia, soil and water were collected from 16 fish farms in Chiang Mai and Chiang Rai Province of Thailand for screening probiotic microorganism. The MRS medium was used for screening and 110 isolates were obtained. After that, 110 isolates were tested primary property and ability of control 9 isolates of infective bacteria by Agar well diffusion technique on BHI medium. The result of CR7-8 isolate was expressed to promote tilapia growth and survival ratio. Consequently, this isolates are appropriately to select for probiotic in tilapia. **Sub project 3** was studied the effects of *Spirogyra* on antioxidant system in tilapia. *Spirogyra* is green macro-algae which are usually applied for determine the active compound and evaluate antioxidant efficiency. *Spirogyra* samples were collected 3 times (i.e. in summer, rainy and winter season). Subsequently, *Spirogyra* samples were extracted and added into fish feed. Free radical was significantly reduced in treatment of feed added with *Spirogyra* crude extract. This alga extracts were increased production of antioxidant compound and enzyme in tilapia. Therefore, it could prevent oxidation reaction from stress condition and resulted in enhancing survival ratio and growth of tilapia. **Sub project 4** was considered the tilapia culture system combination with plant soilless culture. This sub project was conducted by using waste water from fish culture to grow lettuce. The result was

showed that not have any significantly different of plant growth between density of 50 and 100 fish/pond. Therefore, these densities of tilapia culture were significantly enhanced lettuce growth in circulating hydroponic system, and it can use nitrogen (70-75%) which was from waste water of tilapia. Moreover, it was exhibited waste water from fish culture can be used for plant culture instead of drainage system. **Sub project 5** was studied on enhancing quality and production of frozen tilapia fillet by using phosphate under appropriate condition. One piece of tilapia fillet was packed in each zip lock bag and kept under -18 to -20°C for 8 months. After 8 months, chemical compound of protein, lipid, humidity and ash were estimated and exhibited 17.33, 2.54, 75.73 and 0.91%, respectively. There was not significantly different of phosphate (STPP + NaCl) level between treated and un-treated fish fillet. Additionally, phosphate level was not over than 5,000 mg/kg in all samples. **Sub project 6** was focused on undesired odor (Geosmin and MIB) from water, bottom ground, and tilapia meat by mixed cultures system. The experiments were conducted in 2 locations for 8 months. The first location was in Pan District at Chiang Rai Province, Thailand. Samples were collected from 6 earth ponds and estimated Geosmin and MIB. Undesired odor from water, bottom ground, and tilapia meat were not acceptable because Geosmin level was high in all samples. The dominant species of plankton was *Oscillatoria* spp. and *Anabaena* spp., in the pond. The other location of experiment was set up in Maejo University, Chiang Mai Province. Samples were collected from 8 earth ponds. High Geosmin and MIB levels were obtained from the fish pond which is growing fish by feed combination with pig manure. While, growing fish by feed combination with chicken manure enhanced growth. **Sub project 7** was studied the probiotics from healthy fry tilapia on growth and survival ratio. Suppression of infective bacteria, *Aeromonas hydrophila* was estimated in laboratory. Fish immunity testing was conducted by mixing feed with probiotics and fed to inoculated fish. Disease inoculums were taken from red tilapia from individual farm which located in Pong District, Phayao Province, Thailand. Tilapia was grown for 14 days after disease inoculation. The result showed high survival ratio of tilapia was found in tilapia feeding by mixed feed with probiotics. Probiotic bacteria had less effect to enhance growth and disease prevention of fry tilapia.

Key words: Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.), fermented pig manure, Probiotics, *Spirogyra* sp., phosphate, Geosmin, fish immunity

รายละเอียดชุดโครงการ

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย

1. ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล
(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน
Effects of chlorophyll levels and filtration rate on the production of Nile tilapia reared in earthen pond using fermented pig manure as fertilizer
2. ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต ระบบการย่อยอาหาร และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)
Effect of endemic probiotics to growth, digest system and inhibit bacterial infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)
3. ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล
Effect of Spirogyra on antioxidant system and detoxifying enzyme in Nile Tilapia
4. การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก
Environmental friendly closed – system for Nile Tilapia commercial Production for Food Safety Level Exports
5. ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดด่างต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็ง
Effects of phosphate types, salt and pH on yield and quality of frozen Nile tilapia fillets
6. การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:
การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์
Development of fish culture system under food safety:
Development of tilapia culture system to reduce the contamination of off-flavors
7. การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล
Disease Diagnosis in Tilapia Fingerling and Practical Methods to Control Diseases

ผู้รับผิดชอบการดำเนินงานวิจัย

1. ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

อาจารย์ ดร.ปัญญา ทองมี

2. นักวิจัยร่วมโครงการ

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1 : อาจารย์ ดร.ปัญญา ทองมี

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2 : อาจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3 : อาจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 4 : ผศ. ดร.ประจวบ ฉายบุญ

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 5 : อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 6 : รศ. ดร.นิวุฒิ หวังชัย

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 7 : ผศ.ชนกันต์ จิตมนัส

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย
จังหวัดเชียงใหม่ 50290 โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 โทรสาร 0-5349-8178 ต่อ 130

บทนำ

อุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารประเภทสัตว์น้ำมีการขยายตัวมากขึ้นทั้งสัตว์น้ำทะเลและน้ำจืด สำหรับตลาดภายในประเทศ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้มีนโยบายและแผนเตรียมส่งเสริมปลานิลให้เป็นเมนูหลักของอาหารแทนปลาทะเลที่มีราคาแพงและต้องพึ่งพิงการนำเข้า และการส่งออกยังตลาดต่างประเทศ เนื่องจากปัจจุบันไทยมีศักยภาพที่จะสามารถผลิตปลานิล ประกอบกับทิศทางการบริโภคปลานิลที่ขยายตัวของตลาดโลก โดยเฉพาะตลาดในสหรัฐฯและยุโรปก็นิยมมารับประทานเมนูปลามากขึ้น การส่งเสริมในการเลี้ยงปลานิลให้มีผลผลิตที่สูงขึ้น มีคุณภาพตามมาตรฐานการส่งออกจะทำให้สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศชาติเป็นอย่างมาก

ปลานิลเป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา ถูกนำเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2508 เนื่องจากเป็นปลาที่ออกทนแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว มีรสชาติดีจึงเป็นที่นิยมรับประทานกันในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ผลผลิตปลานิลส่วนใหญ่ร้อยละ 70 เป็นการบริโภคภายในประเทศที่เหลือเป็นการส่งออกไปต่างประเทศ ซึ่งมีความต้องการสูง ตลาดต่างประเทศที่สำคัญคือ อเมริกาและยุโรป เฉพาะตลาดในอเมริกาในปี 2005 มีความต้องการปลานิลถึง 290,000 ตัน (รวมทั้งปลาที่มีชีวิต) (Lim และWebster, 2006) เฉพาะในรูปปลาแช่แข็ง ปลาแล่นเนื้อที่นำเข้า ประมาณ 126,000 ตัน มูลค่าถึง13,090,000,000 บาท ปลานิลที่นำเข้าตลาดในอเมริกาส่วนใหญ่มาจากประเทศจีนและไต้หวัน ซึ่งประเทศจีนเป็นประเทศที่ผลิตปลานิลได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก ในปี 2004 จีนผลิตปลานิลได้ 897,300 ตัน ขณะที่ประเทศไทย ผลิตได้มากกว่า 100,000 ตัน ในปี 2003 และเพิ่มเป็น 200,000 ตัน ในปี 2008 (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2550) แต่เมื่อเทียบผลผลิตของประเทศไทยในปี 2003 ที่มากกว่าประเทศไต้หวันเล็กน้อย (ไต้หวันผลิตได้ประมาณ 90,000 ตัน) แต่การส่งออกปลานิลของประเทศไทยไปยังตลาดอเมริกามีปริมาณมากถึง 24 เปอร์เซ็นต์ รองจากประเทศจีน (31 เปอร์เซ็นต์) โดยที่ประเทศไทยยังมีขอส่งออกปลานิลไปอเมริกาที่ต่ำมาก (ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์)

จากการที่ความต้องการปลานิลในตลาดภายในและต่างประเทศที่ยังสูงอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีการวิจัยเกี่ยวกับปลานิลในด้านต่างๆ มากมาย แต่ยังมีปัญหาต่างๆต่อเกษตรกรที่ผลิตปลานิล เช่น การเลี้ยงปลานิลลูกผสมที่มีคุณภาพไม่คงที่ ทำให้ลูกปลาโตช้า อีกทั้งไม่ได้ขนาดตามต้องการของตลาด เช่นปลาที่จะนำมาแล่นเนื้อให้ได้ขนาด 40-60 กรัมและ 60-80 กรัมต่อชิ้น จะต้องมึ้นน้ำหนัก 400 กรัม/ตัวขึ้นไป ราคาอาหารสำเร็จรูปที่สูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศจีน ต้นทุนหลักในการเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ คือต้นทุนค่าอาหาร เวียง (2542) ในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยที่ปลาที่เลี้ยงเจริญเติบโตเร็ว มีคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและติดเชื้อโรค ไม่มี

กลิ่นสาบโคลน ก็จะทำได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพตามความต้องการและราคาที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราการกรงแผลงก่ตอนในปลานิล ขนาดต่างๆที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในบ่อดินที่ให้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน
3. เพื่อศึกษาผลผลิตปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆในบ่อที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่างๆ กัน
4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากเหลือจากการหมักมูลสุกรมาเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของอาหารปลา ในการเลี้ยงและศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชังควบคู่กับการเลี้ยงโดยใช้อาหารสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของมูลสุกรและลดต้นทุนการผลิตปลานิล รวมทั้งพัฒนาเทคนิคการลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลที่เลี้ยงในกระชังโดยการจัดการด้านอาหาร
5. เพื่อศึกษาผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่น ต่อการเจริญเติบโตของปลานิล
6. เพื่อศึกษาคุณภาพเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกส์
7. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในปลานิล
8. เพื่อศึกษาการยอมรับด้านประสาทสัมผัส และลักษณะทางกายภาพของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกส์
9. ศึกษาผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล
10. หากกลุ่มสารสำคัญของสาหร่ายเตาที่มีผลต่อระบบด้านอนุมูลอิสระ
11. ถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัยสู่ชุมชนและภาคธุรกิจ
12. เพื่อศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน โดยเทคนิคการใช้สารอาหารจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาปลูกพืชผัก
13. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลและพืชผัก โดยใช้ระบบผสมผสาน
14. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลานิล โดยอาศัยการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดินในการบำบัด
15. เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตปลานิลและผลผลิตพืชผัก
16. เพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพ โรคและการเลี้ยงปลานิลในปัจจุบัน
17. เพื่อหาแนวทางในการเพาะเลี้ยงปลานิลของประเทศไทยให้ยั่งยืน ลดการใช้สารเคมี

18. เพื่อเป็นการพบปะของเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงปลานิล มีการเก็บบันทึกข้อมูลด้านโรคอย่างต่อเนื่อง อันเป็นแนวทางในการนำไปสู่การรวมกลุ่มเป็นชมรมหรือสมาคมผู้เพาะเลี้ยงปลานิลต่อไป
19. เพื่อหาแนวทางในการใช้จุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงปลานิล
20. ศึกษาชนิดสารผสมฟอสเฟตที่เหมาะสม
21. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแต่ละแอ่ง ได้แก่ ระยะเวลา ความเข้มข้นสารผสมฟอสเฟต ความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ร่วม และความเป็นกรดเบส
22. ศึกษาผลของฟอสเฟตในสภาวะที่คัดเลือกแล้วต่อผลผลิตและคุณภาพของปลานิลแต่ละหลังการแอ่งแอ่งแอ่ง
23. เพื่อทราบระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB) ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิล ที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน และทราบความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่อ, ปริมาณการใส่ปุ๋ย และชนิดของแพลงก์ตอน ต่อปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB)
24. เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมัก แทนการเลี้ยงสัตว์กับบ่อเลี้ยงปลา เพื่อลดกลิ่นและเพิ่มคุณค่าของผลผลิต
25. จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ผลของการให้อาหารต่อการลดสารพิษ และกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลที่เลี้ยงของระบบผสมผสาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นประโยชน์ต่อ เกษตรกรและผู้สนใจ ในการพัฒนากระบวนการผลิตที่สามารถเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยมีต้นทุนที่ต่ำ มีคุณภาพดีและปลอดภัย ทำให้สามารถแข่งขันในการส่งออกกับต่างประเทศได้
2. สามารถเพิ่มผลผลิตปลานิลที่มีความปลอดภัยจากการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียที่สารยับยั้งการเกิดโรคราบาด อันเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเคมี และการใช้ยาปฏิชีวนะ
3. ได้ข้อมูลพื้นฐานของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุโมลิสและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล
4. ได้องค์ความรู้ที่จะสามารถนำสาหร่ายเตาไปพัฒนาเป็นอาหารสำหรับปลานิล และปลาชนิดอื่นๆ ต่อไป

5. ช่วยเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรไทย และลดการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ยาและสารเคมีจากต่างประเทศ อีกทั้งเป็นการสร้างโอกาส อาชีพ และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสาหร่ายอีกทางหนึ่ง
6. ส่งเสริมขยายการผลิตปลานิลอินทรีย์ที่มีความปลอดภัยเพื่อการส่งออก จากอาหารปลาที่มีสาหร่ายเตาและอื่นๆที่เป็นส่วนผสมเป็นสารอินทรีย์ที่มีความปลอดภัยในการบริโภค
7. นำองค์ความรู้ที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงปลานิลอย่างเดียวกับการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน ในระบบปิด
8. เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผัก
9. เพื่อเป็นแนวทางในการประกอบอาชีพ หรือเป็นการหารายได้เสริมแก่เกษตรกร
10. เพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพ โรคและการเลี้ยงปลานิลในปัจจุบัน อันจะเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงปลานิลที่ลดการใช้สารเคมี
11. องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาการวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิลสามารถนำไปสู่การวิจัยอื่น เพื่อลดความเสี่ยง ความเสียหายที่เกิดจากโรคในปลานิล
12. เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลานิลเพื่อการส่งออกจากการศึกษาระยะเวลา ความเข้มข้นสารผสมฟอสเฟต ความเข้มข้นของเกลือที่ใช้รวม และความเป็นกรดเบสต่อเนื้อปลานิลแล้วแต่แน่ชัด

เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

เป้าหมายของงานวิจัยเพื่อต้องการพัฒนารูปแบบของระบบการเลี้ยงปลานิลที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้ผลิตสูงแต่มีต้นทุนต่ำ ผลผลิตมีคุณภาพและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคตามมาตรฐานในการส่งออก

เป้าหมายของผลผลิต (Output) และตัวชี้วัด

สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตปลานิลตามมาตรฐานการส่งออกแก่เกษตรกรและผู้สนใจ ทำให้เกษตรกรสามารถผลิตเพื่อส่งออกได้อย่างต่อเนื่องและสามารถแข่งขันในด้านคุณภาพและราคากับนานาประเทศได้

ตารางที่ 1 ผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากโครงการ

เป้าหมายการให้บริการ	เปอร์เซ็นต์ที่ได้รับผลประโยชน์
1. เกษตรกรที่เลี้ยงปลานิล	60
2. สถาบันการศึกษาของรัฐและเอกชน	20
3. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร	20

ตารางที่ 2 ผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัย

ผลผลิต	ตัวชี้วัด	
	เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ
1. จัดฝึกอบรมและถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี	ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรม	300 คน
2. นำเสนอผลงานการวิจัย ระดับชาติ	-	1 เรื่อง
4. ผลิตนักระดับปริญญาตรี		5 คน
5. ผลิตนักระดับปริญญาโท/เอก		2 คน

เป้าหมายของผลลัพธ์ (Outcome) และตัวชี้วัด

ผลลัพธ์จากการวิจัยพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก จะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตให้มีคุณภาพได้ผลผลิตสูงแต่มีต้นทุนต่ำ ผู้บริโภคมีความปลอดภัย ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อการส่งออกในอนาคตได้

กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย

ปลานิลเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร (Omnivorous) การกินอาหารธรรมชาติพวกแพลงก์ตอนจะกินโดยวิธีการกรองการสร้างอาหารธรรมชาติให้พอเหมาะจะทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยที่สามารถลดอาหารสมทบที่มีราคาแพงได้ อีกทั้งถ้าสามารถรู้อัตราการกรองแพลงก์ตอนของปลานิลแต่ละขนาดและในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้จะทำให้สามารถกำหนดปริมาณแพลงก์ตอนพืช (โดยศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์) โดยการใช้ปุ๋ยควบคุมได้ ปุ๋ยที่นำมาใช้เป็นกากาเหลือจากการหมักมูลสุกร เนื่องจากมีการเลี้ยงสุกรกันมากทำให้มีมูลเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก และจากการที่กากเหลือจากการหมักมูลสุกรมียังค่าไนโตรเจนที่สูงจึงน่าจะสามารถนำมาเป็น

ส่วนประกอบอาหารปลานิลเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารลง เพื่อให้ปลานิลที่เลี้ยงมีระบบด้านอนุมูลอิสระและภูมิคุ้มกันโรคที่ดีการใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่เป็นจุลินทรีย์เฉพาะถิ่น น่าจะทำให้ปลาที่เลี้ยงและได้รับจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์มีสุขภาพแข็งแรงมีผลผลิตสูง การเลี้ยงในระบบปิดโดยการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่โดยผ่านการบำบัดด้วยพืชพรรณไม้น้ำจะทำให้มีของเสียทิ้งลงแหล่งน้ำน้อยลงและทำให้ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มมูลค่าการผลิตให้สูงขึ้น การผลิตปลานิลเพื่อส่งออกโดยเฉพาะการส่งออกในรูปปลาแช่แข็งจำเป็นต้องรักษาคุณภาพเนื้อการศึกษาชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็งมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ การจัดการระบบเลี้ยงที่ดีโดยการศึกษาและติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใส่ปุ๋ย และชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสานจะทำให้ทราบการจัดการต่อปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของชุดโครงการวิจัย การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก ซึ่งประกอบไปด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 7 โครงการ แบ่งตามกลุ่มโครงการย่อยได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำแบบเปิด เพื่อเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนค่าอาหารโดยการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติและวัสดุท้องถิ่นได้สูงสุด กลุ่มที่ 2 การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำแบบปิด เพื่อเพิ่มผลผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนและลดต้นทุนค่าอาหาร กลุ่มที่ 3 วิจัยและพัฒนาคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตอาหารปลอดภัยได้มาตรฐาน โดยแต่ละโครงการย่อย จะมุ่งศึกษาเพื่อเพิ่มผลผลิตปลานิลให้สูงขึ้นโดยมีต้นทุนการผลิตลดลง มีคุณภาพเนื้อปลาที่ดีมีความปลอดภัยในการบริโภค เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานปลอดภัยด้านอาหารเพื่อการส่งออกโดย

กลุ่มที่ 1 การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำแบบเปิด เพื่อเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนค่าอาหาร โดยการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติและวัสดุท้องถิ่นได้สูงสุด

โครงการย่อยที่ 1 โครงการผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยง โครงการนี้จะศึกษาการเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิลโดยศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนของปลานิลขนาดต่างๆที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กำหนดระดับคลอโรฟิลล์ที่เหมาะสมโดยการควบคุมการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพื่อให้ได้ผลผลิตปลานิลสูงสุดโดยให้อาหารสำเร็จรูปลดน้อยลง

โครงการย่อยที่ 2 โครงการผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต ระบบการย่อยอาหาร และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*) เป็นการศึกษาการแยกหาเชื้อแบคทีเรียเฉพาะถิ่นที่มีศักยภาพเป็นโปรไบโอติกส์เพื่อใช้ผสมลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิล เพื่อให้ส่งเสริมการเจริญเติบโต รวมทั้งสามารถช่วยป้องกันการติดเชื้อก่อโรคในปลานิล และลดการใช้ยาปฏิชีวนะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ทั้งด้านผลผลิตและต้นทุนการผลิตปลาชนิดของเกษตรกร

โครงการย่อยที่ 3 โครงการผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล เป็นโครงการที่จะนำพืชพรรณใต้น้ำมาศึกษาเพื่อประโยชน์ในการด้านอนุมูลอิสระซึ่งเกิดขึ้นได้จากขบวนการเมตาบอลิซึมภายในตัวปลาจากการใช้ออกซิเจนหรือเกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ ภาวะขาดออกซิเจน ความเครียด ยาและสารเคมีบางชนิด เป็นต้น ก่อให้เกิดการอักเสบ และทำให้เกิดโรคต่าง ๆ หากสารในสาหร่ายเตาสามารถต้านอนุมูลอิสระได้จะทำให้ปลาที่มีสุขภาพดีมีความต้านทานโรคเป็นผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดี

กลุ่มที่ 2 การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำแบบปิด เพื่อเพิ่มผลผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนและลดต้นทุนค่าอาหาร

โครงการย่อยที่ 4 โครงการการผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก เป็นการมุ่งเน้นวิจัยเพื่อการจัดการเลี้ยงปลานิลในระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ของเสียจากการขับถ่ายของปลาที่มีแร่ธาตุต่างๆจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยแก่พืชผัก โดยจะศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลรวมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดินโดยเทคนิคการใช้สารอาหารจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาปลูกพืชผัก

กลุ่มที่ 3 วิจัยและพัฒนาคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตอาหารปลอดภัยได้มาตรฐาน

โครงการย่อยที่ 5 โครงการผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแต่ละแซ่แข็ง เป็นการศึกษาผลของฟอสเฟตต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแต่ละแซ่แข็ง เพื่อช่วยให้สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษา เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลดการสูญเสียของเนื้อปลา ปรับปรุงเนื้อสัมผัสและคุณภาพของเนื้อปลาเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและผ่านเกณฑ์การควบคุมปริมาณสารตกค้างของสารประกอบต่างๆ

โครงการย่อยที่ 6 โครงการการพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย: การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์ เป็นโครงการวิจัยที่เน้นการใช้ประโยชน์ในการจัดการเชิงระบบเกษตรที่เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มมูลค่า เพื่อการแข่งขันและส่งออก โดยได้แบ่งการวิจัยเพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์หมักเปรียบเทียบกับการเลี้ยงระบบเดิม คือ ปุ๋ยอินทรีย์สด ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ปริมาณกลิ่น โคลนสะสมหลักในเนื้อปลาที่เลี้ยงในบ่อดิน

โครงการย่อยที่ 7 โครงการการวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล เป็นการวิจัยเพื่อค้นหาแบคทีเรียที่จะเป็นประโยชน์ในการใช้เพาะเลี้ยงปลานิลและยับยั้งการเกิดโรคระบาด อันเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเคมี เป็นการเพื่อวางรากฐานอาชีพการเลี้ยงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่รับผิดชอบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมต่อไป

ชุดโครงการย่อยทั้งหมดเชื่อมโยงเพื่อนำให้ปลามีสุขภาพแข็งแรง มีผลผลิตต่อไร่สูงลดต้นทุนการผลิตลง รักษาสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ สามารถนำผลที่ได้ไปสู่การผลิตตามมาตรฐานการส่งออก รวมทั้งนำผลการศึกษาวินิจฉัยถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เกษตรกรและผู้สนใจต่อไป

โครงการวิจัย การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก



ปัจจัยที่ทำการศึกษา

- โครงการย่อยที่ 1** ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน
- โครงการย่อยที่ 2** ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต ระบบการย่อยอาหาร และการขับขี้ โรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)
- โครงการย่อยที่ 3** ผลของสารเร่งเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล
- โครงการย่อยที่ 4** การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก
- โครงการย่อยที่ 5** ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่างต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็ง
- โครงการย่อยที่ 6** การพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย: การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์
- โครงการย่อยที่ 7** การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

ตัวชี้วัด

1. นำเสนอระดับชาติ
จำนวน 7 เรื่อง
2. อบรมเกษตรกร
ผู้เลี้ยงปลา 3 ครั้ง
3. สามารถสร้างและส่งเสริม
นักวิจัยหน้าใหม่อย่างน้อย
6 คน



เป้าประสงค์ องค์ความรู้ด้านการจัดการ
คุณภาพผลผลิตของปลานิล
เพื่อ
ถ่ายทอดองค์ความรู้สู่เกษตรกร

ผลิตนักศึกษาระดับ
ปริญญา
โท/เอกอย่างน้อย จำนวน
๗ คน



★ **ผลผลิตปลาที่ได้มีคุณภาพ เพื่อพัฒนาการแข่งขันและส่งออก** ★

แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนการดำเนินงาน
พร้อมทั้งขั้นตอนการดำเนินงานตลอดแผนงานวิจัย และโปรกระบวนการบริหารความเสี่ยง

ระยะที่ 1: ทบทวนเอกสารและร่างแบบเสนอโครงการวิจัย

1. ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลงานวิจัย และหนังสือต่างๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ตั้งโจทย์ปัญหา และออกแบบวางแผนทดลองและการวิจัยร่วมกับนักศึกษา
และเกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ
3. วางแผนการดำเนินงาน และขออนุมัติโครงการวิจัย

ระยะที่ 2: ระยะศึกษา และการทดลองในปีที่ 1 (ตุลาคม 2553 - กันยายน 2554)

ทำการทดลองบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองตามแผนการทดลองของแต่ละโครงการย่อย จำนวน 7 โครงการ ดังนี้

โครงการย่อยที่ 1 ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

โครงการย่อยที่ 2 ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต ระบบการย่อยอาหาร

และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)

โครงการย่อยที่ 3 ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล

โครงการย่อยที่ 4 การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหาร
ปลอดภัยในการส่งออก

โครงการย่อยที่ 5 ผลของชนิดฟอสเฟต เหล็ก และความเป็นกรดต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อ
ปลานิลแล่แช่แข็ง

โครงการย่อยที่ 6 การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

โครงการย่อยที่ 7 การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

ระยะที่ 3: ระยะศึกษา และการทดลองในปีที่ 2 (ตุลาคม 2554-กันยายน 2555)

เก็บข้อมูลวิเคราะห์ ผลการทดลอง เผยแพร่ข้อมูล/ฝึกอบรมกลุ่มเป้าหมาย สรุปงานทั้งสองปีและ ตีพิมพ์รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของแต่ละโครงการย่อย จำนวน 7 โครงการ ดังนี้

โครงการย่อยที่ 1 ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

โครงการย่อยที่ 2 ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต ระบบการย่อยอาหาร

และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)

โครงการย่อยที่ 3 ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล

โครงการย่อยที่ 4 การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหาร

ปลอดภัยในการส่งออก

โครงการย่อยที่ 5 ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อ

ปลานิลแล่แช่แข็ง

โครงการย่อยที่ 6 การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

โครงการย่อยที่ 7 การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

แผนและขั้นตอนการดำเนินงาน

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึง เดือนกันยายน 2555 รวมเวลาวิจัย 2 ปี

สถานที่ทำการวิจัย ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตารางที่ 3 แผนและขั้นตอนการดำเนินงาน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึง เดือนกันยายน 2554

ปี/เดือน งานที่ปฏิบัติ	2553			2554								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. เตรียมอุปกรณ์เตรียมบ่อ	↔											
2. โครงการวิจัยย่อยที่ 1,2,3,4,5 และ 6		←								→		
3. เก็บข้อมูลวิเคราะห์ ผลการทดลอง		←								→		
4. สรุปข้อมูลวิจัยปีที่ 1											↔	
5. เผยแพร่/ฝึกอบรมกลุ่มเป้าหมาย ปีที่ 1											↔	→

ตารางที่ 4 แผนและขั้นตอนการดำเนินงาน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 ถึง เดือนกันยายน 2555

ปี/เดือน งานที่ปฏิบัติ	2554			2555								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.โครงการวิจัยย่อยที่ 1,2,3,4,5 และ 6	↔											
2. เก็บข้อมูลวิเคราะห์ ผลการทดลอง		←								→		
3. เผยแพร่ข้อมูลฝึกอบรมกลุ่มเป้าหมาย		←								→		
4. สรุปงานทั้งสองปี											↔	
5. ตีพิมพ์รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์											↔	→

แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย

สามารถสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากโครงการวิจัยเนื่องจากในโครงการย่อยที่วิจัยในด้านต่างๆ เกี่ยวกับปาลานิลมีการวิจัยในหลายๆด้านเพื่อสนับสนุนให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการผลิตปาลานิลให้มีผลผลิตสูงมีคุณภาพและสามารถพัฒนาในการแข่งขันและส่งออกได้จึงเป็นความร่วมมือและเป็นการนำนักวิจัยรุ่นใหม่เข้ามาวิจัยร่วมกันในทุกโครงการวิจัยซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิจัยและส่งเสริมในลักษณะการทำงานเป็นทีม

กลยุทธ์ของแผนงานวิจัย

ระบุวิธีการดำเนินงานของแผนงานวิจัย โดยเชื่อมโยงขั้นตอนการทำการวิจัยทั้งในระดับแผนงานวิจัยย่อย และ โครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยอย่างสมบูรณ์ถูกต้องและชัดเจนถึงการมีเป้าหมายและวัตถุประสงค์หลักเดียวกัน เพื่อนำไปสู่ผลสำเร็จของแผนงาน วิจัยนี้จะเป็นรูปธรรม

โครงการชุดวิจัยนี้เป็น โครงการที่วิจัยในหลายๆด้านเพื่อศึกษาและหาแนวทางในการนำไปสู่มาตรฐานการผลิตและการส่งออกปาลานที่สามารถนำไปเชื่อมโยงกับงานวิจัยอื่นๆทำให้สามารถทำได้ในเชิงปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรมตั้งแต่การเลี้ยงไปจนถึงผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปซึ่งต้องศึกษาทั้งในเรื่องอาหารที่มีคุณภาพดีแต่ต้นทุนต่ำร่วมกับการสร้างอาหารธรรมชาติ การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เพื่อเพิ่มผลผลิตปาลานรวมทั้งการวินิจฉัยโรคเพื่อป้องกันการเกิดโรค การสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพปราศจากกลิ่นโคลน เป็นต้น ดังแผนภาพดังนี้



โครงการวิจัย
การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

โครงการย่อยที่ 1 ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

โครงการย่อยที่ 2 ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต ระบบการย่อยอาหาร และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (*Nile tilapia: Oreochromis niloticus*)

โครงการย่อยที่ 3 ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล

โครงการย่อยที่ 4 การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก

โครงการย่อยที่ 5 ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง

โครงการย่อยที่ 6 การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

โครงการย่อยที่ 7 การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

ผลจากปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. ทำให้สามารถจัดการปริมาณแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารธรรมชาติสำหรับปลานิลในระดับที่เหมาะสม ถูกต้องต่อปลานิลในขนาดต่างๆ เป็นการช่วยการลดต้นทุนการผลิต
2. ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์จะช่วยเพิ่มผลผลิต จากการที่ปลามีภูมิคุ้มกันต้านโรคดีขึ้น โดยที่หลีกเลี่ยงการใช้ยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีใดๆ
3. ผลของสาหร่ายเตาจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเนื้อปลา
4. การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นการลดการใช้สารเคมีและยารักษาโรคต่างๆ ช่วยเพิ่มผลผลิตปลานิลที่มีต้นทุนต่ำไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม
5. สามารถป้องกันโรคเป็นการลดการใช้สารเคมีและทำให้ได้ผลผลิตปลานิลที่มีความปลอดภัย
6. ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และระดับความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมทำให้ได้คุณภาพของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งดี ปลอดภัยเป็นที่ยอมรับในมาตรฐานการส่งออก
7. สามารถผลิตปลานิลที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค สามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าและเพิ่มการส่งออก

★ เพิ่มผลผลิตปลานิลที่มีคุณภาพ สามารถแข่งขันในการส่งออก ★

ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยตามแผนการบริหารงาน และแผนการดำเนินงาน

ตลอดแผนงานวิจัย

ผลสำเร็จที่ได้/คาดว่าจะได้ (สอดคล้องกับวัตถุประสงค์)	ประเภทของผลสำเร็จ
1. เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตปลานิลที่ได้ผลผลิตสูงแต่ใช้ต้นทุนต่ำ	G
2. ผลลัพธ์จากวิจัยการพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์จะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพ ผู้บริโภคมีความปลอดภัย และเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกในอนาคตได้	G
3. เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงปลานิลอย่างเดียวกับการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผัก	G
4. เพื่อศึกษาสถานการณ์ของโรคปลานิลในปัจจุบันและแนวทางแก้ไขของเกษตรกร	P
5. เพื่อคัดเลือก probiotic ที่เหมาะสมเสริมอาหารปลานิล	I
6. เพื่อศึกษาแนวทางจัดการสุขภาพปลานิลให้แข็งแรงปลอดโรค	I
7. สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับโรคปลานิลและแนวทางป้องกันโรคในการเลี้ยงปลานิล เพื่อยกระดับมาตรฐานฟาร์มและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ให้แก่เกษตรกรเพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา	G
8. ทราบชนิดของสารผสมฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลแต่ละแห่ง	P
9. ทราบสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ฟอสเฟตในปลานิลแต่ละแห่ง	I
10.สามารถควบคุมคุณภาพของเนื้อปลานิลแต่ละที่เก็บในสภาวะต่างๆได้ ช่วยให้ผลผลิตปลานิลแต่ละแห่งมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ เก็บได้นานขึ้น และช่วยเพิ่มมูลค่าเพื่อการแข่งขันและส่งออกต่อไป	G
11. ศึกษาผลของสารห้ำรายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล	I
12.หากกลุ่มสารสำคัญของสารห้ำรายเตาที่มีผลต่อระบบต้านอนุมูลอิสระ	G

13.ถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัยประโยชน์ของสาหร่ายเตาสู่ชุมชนและภาคธุรกิจ	G
14. นำองค์ความรู้ที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงปลานิลอย่างเดียวกับการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน	I
15. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการ ในการส่งเสริมความรู้แก่เกษตรกร สถาบันการศึกษาและบุคคลทั่วไปที่สนใจ	I
16. เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผัก	I
17. เพื่อเป็นแนวทางในการประกอบอาชีพ หรือเป็นการหารายได้การเพิ่มผลผลิตของปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักเสริมแก่เกษตรกร	I
18. ช่วยลดอัตราการติดเชื้อก่อโรคในปลานิลและลดการใช้ยาปฏิชีวนะ	G

P = ผลสำเร็จเบื้องต้น (preliminary results)

I = ผลสำเร็จปานกลาง (intermediate results)

G = ผลสำเร็จตามเป้าหมายที่แสดงผลกระทบได้ (goal results)

การตรวจเอกสาร



ภาพที่ 1 ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

ที่มา: นงเยาว์ (2550)

ปลานิล (Nile tilapia) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่ง ในวงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556ก) (ภาพที่ 1) เป็นปลาที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และได้รับความนิยมในการเพาะเลี้ยงอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถขยายพันธุ์ได้เองในบ่อเลี้ยง ให้ลูกตกเลี้ยงง่าย และเจริญเติบโตเร็ว ปัจจุบันมีความต้องการบริโภคปลานิลทั้งตลาดในท้องถิ่น ในเมือง หรือแม้กระทั่งตลาดในต่างประเทศ ได้เพิ่มปริมาณมากขึ้นเป็นลำดับ ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรได้ปลานิลสายพันธุ์ดีมาเลี้ยง กรมประมงจึงได้ดำเนินการปรับปรุงสายพันธุ์ปลานิลในด้านต่างๆ เช่น การเจริญเติบโต ปริมาณความดกของไข่ ผลผลิต และความต้านทานโรค เป็นต้น ทั้งนี้ เพื่อผู้เลี้ยงปลานิลจะได้มีความมั่นใจในการเลี้ยงปลานิล เพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค (อุดม, 2549)

ลักษณะทั่วไปของปลานิล

อุดม (2547) รายงานว่าปลานิลเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลซิคลิดี (Cichlidae) ที่มีความอดทน สามารถปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติได้ง่าย ปลานิลมีรูปร่างลักษณะคล้ายกับปลาหมอเทศ ลำตัวสั้น แบนข้าง แต่ลักษณะพิเศษของปลานิลคือ ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว สีของลำตัวจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่อาศัย คือตั้งแต่สีดำนอนจนถึงสีเขียวดำ ท้องสีขาว ที่ลำตัวมีลายพาดขวางประมาณ 9 – 10 แถบ ตั้งแต่หัวจรดโคนหาง ครีบหลัง ครีบกันและครีบหางมีจุดสีขาวและเส้นสีดำตัดขวางมีเกล็ด 3 แถวที่บริเวณแก้มและอีก 1 แถวที่บริเวณเหนือเส้นข้างลำตัวเล็กน้อย ครีบหลังมีอันเดียวยาวจรดถึงคอดหาง ครีบหลังประกอบด้วย

ก้านครีบแข็ง 15 – 18 อันและก้านครีบบอ่อน 12 – 14 อัน ครีบก้นประกอบด้วย ก้านครีบแข็ง 3 อัน และก้านครีบบอ่อน 9 – 10 อัน ครีบบางตัดตรงบนแถบเส้นข้างลำตัวมีเกล็ด 33 เกล็ด ทางด้านข้างมีเกล็ดตามแนวเฉียง จากตอนต้นของครีบลึงลงมาถึงเส้นข้างลำตัว 5 เกล็ด และจากเส้นข้างลำตัวลงมาถึงส่วนหน้าของครีบก้น 13 เกล็ด ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม บริเวณปลายอ่อนของครีบลึง ครีบก้น และครีบบางมีจุดสีขาวและเส้นสีดำ ตัดขวางคู่คล้ายลายข้าวตอกอยู่ โดยทั่วไปที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่ 1 จุด ลักษณะพื้นบริเวณขากรรไกรและคอหอยจะมีหลายขนาด ตั้งแต่ค่อนข้างหยาบจนถึงละเอียด เหงือกมีซี่กรองประมาณ 15 – 17 อัน

คุณสมบัติและนิสัยของปลานิล

ปลานิลมีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง (ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์) ในแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อย เป็นปลาที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความอดทน ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพัน (อำพล และอารีย์, 2532) สอดคล้องกับการศึกษาของกฤษณพันธ์และคณะ (2543) ที่พบว่า ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2 สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีความเค็มตั้งแต่ 5 – 20 ส่วนในพัน โดยสามารถมีชีวิตอยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่กว้างมาก ตั้งแต่ 11 – 42 องศาเซลเซียส และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ระหว่าง 4.0 – 11.0 โดยพบว่า ช่วงอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 28 – 35 องศาเซลเซียส และ 7.0 – 10.0 ตามลำดับ ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำถึงระดับ 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลานิลสามารถทนได้ แต่จะมีผลต่อการเจริญเติบโต (ทัศนีย์, 2544) ปลานิลเป็นปลาที่มีความต้านทานต่อโรคสูง สามารถเลี้ยงได้อย่างหนาแน่น สามารถเจริญเติบโตด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป (สุภาพ และธีระยุทธ, 2547) ในด้านอุปนิสัยการกินจัดว่า เป็นปลาที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) แต่โดยส่วนมากพบว่า กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร และสามารถใช้ประโยชน์จากกลุ่มพืชสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวได้ โดยปลานิลจะออกหากินเวลากลางวัน ส่วนเวลากลางคืนกินอาหารเล็กน้อยหรือไม่กินเลย ถูกปลานิลขนาดเล็กลงกว่า 6 เซนติเมตร สามารถกินอาหารได้หลากหลายและเมื่อโตขึ้นก็สามารถย่อยรับอาหารเม็ดได้ดี (ทัศนีย์, 2544)

นิสัยการกินอาหาร

ปลานิลสามารถกินได้ทั้งสัตว์ และพืชรวมทั้งซากพืชที่เน่าเปื่อย รวมทั้ง สาหร่าย โรติเฟอร์ สัตว์หน้าดิน และแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น ตัวอ่อนของแมลงน้ำ และไรน้ำกินตั้งแต่ระดับผิวน้ำไปถึงพื้นท้องน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถฝึกให้ปลานิลกินอาหารเม็ด หรืออาหารผสม และเศษอาหารได้ง่าย (อุดม, 2549)

การเพาะเลี้ยงปลานิล

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตสูง ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วไป อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ที่ไม่มีที่ดินทำกินสามารถหันมาเลี้ยงปลาได้ หากปล่อยปลาในอัตราที่เหมาะสม จะทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น สามารถช่วยลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงได้สะดวกในการดูแลจัดการการเคลื่อนย้าย รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีการลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงอื่นๆ ในขณะที่ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงปลานิลในกระชัง อาจจะมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น ปัญหาโรคพยาธิที่มากับน้ำ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ อาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อม หากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณ และที่ตั้งของกระชัง ตลอดจนความเหมาะสมของลำน้ำ (นิตยสารการเกษตร, 2550)

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิล

คุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงปลา นับว่ามีความสำคัญเพราะเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของปลา หากปลาได้อาศัยอยู่ในน้ำที่มีคุณสมบัติมีความเหมาะสม ก็จะทำให้ปลาดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นปกติ การเจริญเติบโตดี มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ปราศจากโรค และปรสิต ดังนั้น การเลี้ยงปลาให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงนั้น ควรคำนึงถึงการจัดการ ให้น้ำในบ่อมีคุณสมบัติที่ดี และมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาเป็นสำคัญ สำหรับคุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลามีดังนี้ (สุนัยวิชัย และพัฒนาประมงน้ำจืดตาก, 2553)

มูลสุกรและมลภาวะที่เกิดขึ้น

ข้อมูลจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดระบุรีว่า ในปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนฟาร์มสุกรทั้งสุกรขุนและสุกรพันธุ์ 33,939 ฟาร์ม จังหวัดที่มีฟาร์มสุกรมากที่สุด คือ จังหวัดนครปฐม มีจำนวนมากกว่า 2,000 ฟาร์ม จังหวัดที่มีจำนวนสุกรมากที่สุด คือ จังหวัดราชบุรี มีจำนวน 1,608,296 ตัว ฟาร์มส่วนมากมักตั้งใกล้แหล่งน้ำและปล่อยมูลและของเสียลงแม่น้ำโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อน

ปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงสุกรมีผลกระทบต่อสุขภาพคน สัตว์เลี้ยง และสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญได้แก่

1. กลิ่นเหม็นและก๊าซพิษ ปฏิกริยาของแบคทีเรียในการย่อยสลายสิ่งขับถ่ายของสุกรที่เกิดขึ้นในสภาพให้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน ไนเตรท สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบซัลเฟต ส่วนในสภาพไม่ให้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซมีเทน แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (Miller, 1980) โดยเฉพาะก๊าซแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพิษต่อคนและสุกรที่เลี้ยง

1.1. ผลกระทบต่อผู้เลี้ยงและผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง ถ้าก๊าซแอมโมเนียมีความเข้มข้นในอากาศ 40 ppm ผู้ที่ได้รับจะเกิดอาการระคายเคืองตา จมูก คอ เมื่อสัมผัสนานเกิน 20 นาที และถ้ามีความเข้มข้นในอากาศ 400 ppm ผู้ที่ได้รับจะแสดงอาการเวียนศีรษะ มีอาการทางประสาท เป็นปอดบวมได้ง่ายเมื่อสัมผัสภายใน 1 ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิในอากาศสูงขึ้น กลิ่นจะยิ่งเพิ่มขึ้น ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หากมีความเข้มข้นในอากาศ 500 ppm ผู้ที่ได้รับจะแสดงอาการคลื่นเหียน จุกจิก และสลบเมื่อสัมผัสภายใน 30 นาที และที่ความเข้มข้นในอากาศมากกว่า 600 ppm เมื่อสัมผัสจะตายอย่างรวดเร็ว

1.2. ผลกระทบต่อสุกรที่เลี้ยงในฟาร์ม เมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนียที่ความเข้มข้นในอากาศ 50 ppm อาจทำให้ผลผลิตสุกรลดลง ติดโรคปอดบวมได้ง่ายเมื่อได้รับต่อเนื่องเป็นเวลานาน และถ้าความเข้มข้นในอากาศมากกว่า 300 ppm จะแสดงอาการระคายเคืองจมูก ปาก หายใจไม่สะดวก หอบ สั่น ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นในอากาศ 20 ppm เมื่อได้รับจะมีอาการกลัวแสง เบื่ออาหาร ตกใจง่าย และถ้าความเข้มข้นในอากาศ 200 ppm จะแสดงอาการน้ำท่วมปอด หายใจลำบาก สลบ และตาย (พันทิพา, 2539)

2. เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หนอง แผลงวัน และยุง มูลสุกรที่สะสมอยู่ในฟาร์มนอกจากมีกลิ่นแล้วยังเป็นแหล่งแพร่เชื้อมาสู่คน เช่น โรคท้องร่วง (สุกัทร, 2531) โดยมีแผลงวันที่เกิดขึ้นในฟาร์มเป็นพาหะนำโรคมารสู่คน อีกทั้งแผลงวันจะสร้างความรำคาญให้แก่สุกรที่เลี้ยง ในกรณีที่สุกรมีบาดแผล แผลงวันจะเข้าไปกินเนื้อเยื่อบาดแผลทำให้แผลหายช้า (อุดมและบุญเสริม, 2526)

3. ทำลายสิ่งแวดล้อมในฟาร์มและบริเวณใกล้เคียง ของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะมูลเหลว ปัสสาวะ รวมทั้งน้ำล้างคอก ถ้ามีวิธีการจัดการไม่เหมาะสมจะไหลลงสู่ คู คลอง หนอง และบึงที่อยู่ใกล้ฟาร์ม เกิดการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของสุกร ทำให้ไม่สามารถนำมาอุปโภคบริโภคได้ แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามธรรมชาติถูกทำลาย เนื่องจากน้ำเน่าเสีย ทำให้จำนวนสัตว์น้ำลดลง ความรุนแรงของปัญหานี้จะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน

ดังจะกล่าวได้ว่าส่วนประกอบทางเคมีและปริมาณมูลสุกรที่ขับถ่ายออกมาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว พันธุ์ อาหาร ปริมาณน้ำที่กิน ความสามารถในการย่อยใช้ อาหาร สิ่งแวดล้อม และการจัดการเกี่ยวกับของเสีย (ตารางที่ 1) สิ่งขับถ่ายของสุกรจะมีมูลเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ และปัสสาวะ 54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักสด แต่หากคิดเป็นน้ำหนักแห้งจะมีมูล 77 เปอร์เซ็นต์ และปัสสาวะ 23 เปอร์เซ็นต์ มูลจะมีความเป็นกรดต่ำประมาณ 7.2-8.2 ส่วนประกอบทางเคมีของมูลจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วภายหลังขับถ่ายออกมาแล้ว (Mullre, 1980)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) ของสิ่งขั้บถ่ายของสุกร

ชนิดของ สิ่งขั้บถ่าย	ความชื้น	อินทรีย์ วัตถุ	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
มูล	82.0	16.0	0.6	0.5	0.4
ปัสสาวะ	94.0	2.5	0.4	0.05	1.0

ดัดแปลงจาก: กรมวิชาการเกษตร (2540)

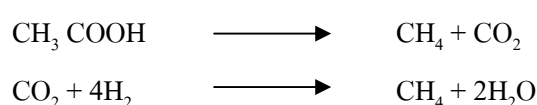
หลักการทำงานของกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ (Anaerobic Digestion)

ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Hydrolysis ขั้นตอนนี้อินทรีย์สารที่อยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ แบคทีเรียไม่สามารถจะย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กเสียก่อน โดยมีเอนไซม์ที่ปล่อยมาจากแบคทีเรียช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล อาจจะมีโมเลกุลของอินทรีย์สารบางชนิดถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำให้เกิดการแตกตัวก่อน

ขั้นตอนที่ 2 Acidogenesis ขั้นตอนนี้แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวจากโมเลกุลใหญ่ที่มาจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ซึ่งได้แก่ Acetic Acid, H_2O และ CO_2 เป็นต้น แบคทีเรียที่ใช้นี้เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน หรืออาจเรียกว่าเป็นพวก Acid Former Bacteria

ขั้นตอนที่ 3 Methanogenesis ในขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Methanogens หรือ Methane Forming Bacteria จะทำการเปลี่ยน Acetic Acid และก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ แบคทีเรียพวกนี้เป็นชนิดที่ต้องอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจริง ๆ (Obligate Anaerobic Bacteria) ในปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Acetic Acid เนื่องจากปฏิกิริยาต่อไปนี้



จากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในถังหมัก ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น คือ ก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และ ไอน้ำ (H_2O) เป็นต้น

น้ำมูลหมักและกากที่เหลือจากการหมักมูลสุกร

ส่วนของมูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศแล้ว จะถูกหมักย่อยในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะถูกดึงออกมาด้านท้ายของบ่อหมัก ซึ่งน้ำมูลหมักนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ทันทีหากมีแปลงปลูกพืชอยู่ในบริเวณเดียวกัน

น้ำมูลหมักนี้จะเป็นของเหลวข้นที่เกือบไม่มีกลิ่น ธาตุคาร์บอนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์จะลดลง ทำให้อัตราส่วนของ C:N แคลงกว่าที่มีอยู่เดิมในมูลสัตว์ ส่วนธาตุไนโตรเจน พบว่ามีการเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบแอมโมเนียซึ่ง พืชสามารถนำไปใช้ได้ดีกว่าอยู่ในรูปไนเตรท ละลายน้ำได้ง่าย เมื่อวิเคราะห์ส่วนของน้ำมูลหมักพบว่ามีส่วนประกอบ ดังนี้ส่วนประกอบทางเคมีที่ได้มีค่าดังตารางที่ 2 และยังมีสารอินทรีย์ส่วนที่สลายตัวต่อไปได้ในดินและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารอื่นๆ ให้พืชในระยะยาวได้ด้วย

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมูลหมักที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศ

องค์ประกอบ	สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	86.2
วัตถุแห้ง	13.8
ไนโตรเจน	0.373
ฟอสฟอรัส	0.347
โพแทสเซียม	0.208

ที่มา : กรมปศุสัตว์ (2551)

ส่วนของน้ำมูลหมักเมื่อนำมาผ่านลานแยกตะกอน จะได้ส่วนของกากตะกอนที่ตากแห้ง หรือที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 3 และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชไร่และพืชผัก แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่มีอยู่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสม จึงควรนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุกร เพื่อใช้ในฟาร์มได้

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

ธาตุที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้ (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก)
ไนโตรเจน	2.60
P ₂ O ₅	0.49
K ₂ O	0.25
Fe	0.18
Zn	0.21
Cu	0.15
Mn	0.06

ที่มา : สุภิญญา และ คณะ (2550)

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ เนื่องจาก พบว่ายังมีส่วนประกอบของไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่อีกแนวทางหนึ่งซึ่งเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน คือ การนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลาในปัจจุบันมีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเนื่องจากความนิยมในการบริโภคปลาสูง จากการศึกษาพบว่าประชากรในเขตภาคเหนือมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำจืดต่อคนต่อปีสูงถึง 32 กิโลกรัม (Piomsombun, 2001) จากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่พบว่าความต้องการสัตว์น้ำประเภทยังปลาในจังหวัดเชียงใหม่สูงถึง 40,000 กิโลกรัมต่อวัน (เทพรัตน์ และคณะ, 2545) ปลาที่นิยมเลี้ยงและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก คือปลานิลเนื่องจากเป็นปลาที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี โดยในปี พ.ศ. 2547 พบว่า ประเทศไทยมีผลผลิตปลานิลทั้งหมด 160,241 ตัน มาจากผลผลิตจากการเลี้ยงในบ่อดินมากที่สุดเท่ากับ 131,181 ตัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดี ไม่ประสบกับปัญหาเรื่องโรคระบาด ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย

โดยปัจจุบันปลานิลสามารถจัดเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแช่เนื้อ โดยตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, 2547) แต่ในการเลี้ยงปลาจะมีต้นทุนค่าอาหารสูง ต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เวียง (2542) การเลี้ยงปลาผลิตต้องใช้ต้นทุนค่าอาหาร 64 เปอร์เซ็นต์ ปลาช่อน 77 เปอร์เซ็นต์และ

กุ้งกุลาดำ 85 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนในการเลี้ยงปลาในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากลดต้นทุนค่าอาหารลงจะทำให้ได้กำไรจากการเลี้ยงปลามากขึ้น ซึ่งจะช่วยเสริมรายได้ร่วมกับปลาแก่ผู้เลี้ยงสุกรได้เป็นอย่างมาก

รวมทั้งสามารถนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปขายหรือเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารปลาที่มีต้นทุนต่ำลงเนื่องจากของกากเหลือจากการหมักสุกรมีค่า ในโตรเจน 2.6 เปอร์เซ็นต์ (ค่าโปรตีนประมาณ 16.25 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่ามากพอที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารปลาได้ อุทัย (2530) รายงานว่า การนำมูลสุกรระยะรุ่น-ขุน ตากแห้ง ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดละเอียดผสมกับอาหารเลี้ยงสุกรขุน 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรลดลงและการหมักมูลสุกรกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ในสภาวะไร้อากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน จะช่วยกำจัดเชื้อโรคและกลิ่นมูลสุกรลงได้ และสามารถใช้แทนอาหารเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์ได้ถึง 2 ใน 3 ส่วน โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์ของแม่สุกรเสียไป (อุทัย, 2530; อภิพรหมและคณะ, 2541)

ส่วนของน้ำมูลหมักเมื่อนำมาผ่านลานแยกตะกอน จะได้ส่วนของกากตะกอนที่ตากแห้ง หรือที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 3 และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชไร่ และ พืชผัก แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่มีอยู่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสม จึงควรนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุกรเพื่อใช้ในฟาร์มได้

โรค และการป้องกันโรค

การเลี้ยงปลาในปัจจุบันปัญหาที่สร้างความเสียหายให้แก่ผู้เลี้ยงอยู่เสมอ คือ ปัญหาปลาเป็นโรค โรคที่เกิดกับปลานั้นหมายถึง พวกริไวรัส แบคทีเรีย สัตว์เซลล์เดียว และพวกหนอนที่อันตรายต่อปลาโดยตรง โดยเข้าทำลายอวัยวะของปลา เช่น ไต ตับ และยังทำลายอวัยวะภายนอก เช่น เหงือก และลำตัวของปลาอีกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดโรค และตายในเวลาต่อมา นอกจากนี้โรคปลา ยังเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อม และอาหาร ได้อีกทางหนึ่งด้วย ในการเกิดโรคของปลาในแต่ละครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย จะสร้างความเสียหายให้กับเกษตรกรไม่มากนักน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะการที่ผู้เลี้ยงจะรู้ว่าปลาเป็นโรคก็ต่อเมื่อปลาตายลอยขึ้นมาให้เห็น เมื่อปล่อยให้ปลาเป็นโรคแล้ว การรักษาต้องใช้เวลา และในระยะที่ทำการรักษาอยู่นั้น ย่อมมีการสูญเสียปลาไปด้วย วิธีที่ดีที่สุด คือ การกำจัดต้นเหตุต่างๆ ที่ทำให้ปลาเป็นโรค ดังนั้น การแก้ไขหาวิธีการ ที่จะไม่ให้ปลาเกิดโรคดีกว่า ที่จะปล่อยให้ปลาเกิดโรคแล้วทำการรักษา เพราะการนอกจากจะไม่ค่อยได้ผลแล้วยังทำให้ต้องสูญเสียปลาที่เลี้ยง และเงินทุนอีกมาก (อุดม, 2549)

สาเหตุของการเกิดโรค

1. น้ำ เป็นสาเหตุให้ปลาเกิดโรค คือ น้ำเสียเช่น น้ำมีกลิ่นเหม็น มีออกซิเจนน้อยไม่พอกับความต้องการของปลา หรือน้ำมีคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป สาเหตุที่ทำให้น้ำเสียอาจมาจากการปล่อยปลาลงเลี้ยงในบ่อหนาแน่นเกินไป ให้อาหารมากเกินไปจนอาหารที่เหลือนั้นบูดเน่า หรืออาจจะเกิดจากของเสีย หรืออาจจะเกิดจากของเสียที่ปลาดำยออกมาแล้วสะสมกันอยู่มากๆ เนื่องจากการไม่มีการถ่ายเทน้ำในบ่อจนเกิดการเน่าเสีย ในกรณีที่น้ำเสียมากๆ จนทำให้ออกซิเจนในน้ำไม่มีเลย จะทำให้ปลาตายได้ หากช่วยเหลือนไม่ทัน นอกจากนี้ น้ำที่มีความเป็นกรด หรือเป็นด่างมากเกินไปมีส่วนทำให้ลูกปลาตายได้ทันที หรือทำให้ลูกปลาเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียได้ หรือการเจริญเติบโตของปลาไม่เป็นไปตามปกติ

2. ความบอบช้ำ อาจเกิดจากบาดแผลที่เกิดขึ้นในระหว่างการจับ หรือการขนย้าย ซึ่งจะทำให้ปลาอ่อนแอรับเอาเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราได้ง่าย โดยเฉพาะลูกปลาที่ต้องขนย้ายในระยะทางไกลๆ โดยใช้ถุงพลาสติก หรือถัง ไม่ควรใส่ปลาดูหนาแน่นเกินไป เพราะปลาอาจบอบช้ำมาก ร่างกายอ่อนเพลีย และมีโอกาสตายได้ในเวลาต่อมา ดังนั้น ในขณะที่ลำเลียงควรใส่เกลือในปริมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ หรือใส่ยาเกลือเข้มข้น 1-3 ppm อาจช่วยลดอัตราการตายได้ และที่สำคัญ ก่อนปล่อยปลาลงเลี้ยงในบ่อควรระวังว่าอุณหภูมิในถุง กับน้ำในบ่อไม่ควรแตกต่างกันมากนัก

3. ความหนาแน่นของปลา การปล่อยหนาแน่นนั้นอาจไม่มีปัญหาในระยะที่ปลายังมีขนาดเล็กอยู่ แต่เมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้นความหนาแน่นของปลาก็เพิ่มขึ้น ทำให้ออกซิเจนไม่พอกับความต้องการของปลา น้ำเสียได้ง่ายทั้งนี้เพราะปลาทุกตัวต้องใช้ ออกซิเจนในการหายใจ และขณะเดียวกันก็ต้องถ่ายของเสียเช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมูลปลาที่ออกมาด้วย ซึ่งเมื่อมีปลามากของเสียที่ถ่ายออกมาก็มากเช่นเดียวกัน เมื่อสภาพไม่ดีแล้ว ปลาจะไม่ค่อยกินอาหาร การเจริญเติบโตไม่ดี และยังทำให้ปลาไม่ค่อยแข็งแรง เกิดโรคได้ง่าย ฉะนั้น ควรปล่อยปลาลงเลี้ยงในอัตราที่เหมาะสมที่สุด (มันสิน และไพพรรณ, 2536)

4. โรคที่เกิดจากปรสิต ปรสิตเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคในสัตว์น้ำ เนื่องจากปรสิตส่วนมากสามารถเข้าสู่ปลาได้โดยตรง หรืออาจแฝงตัวมากับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ที่ปลากินเป็นอาหารได้ ดังนั้น การกำจัด และการป้องกันปรสิตเหล่านั้น ไม่ให้เข้ามาสู่ตัวปลา ปรสิตที่พบในปลา มีตั้งแต่สัตว์เซลล์เดียวขนาดเล็ก หนองพยาธิ ไปจนถึงปรสิตเปลือกแข็งที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งในแต่ละกลุ่ม จะมีความจำเพาะเจาะจงกับชนิดของปลาแตกต่างกันไป ปรสิตบางชนิดมีความจำเพาะเจาะจงกับปลาเจ้าบ้านมาก พบได้ในปลาเพียงไม่กี่ชนิด ในขณะที่ปรสิตบางชนิดมีความจำเพาะเจาะจงกับเจ้าบ้านน้อยมาก สามารถพบได้ในปลาหลายชนิด ทำให้

การกระจายของปรสิตมีความแตกต่างกันไป และส่งผลต่อการเกิดโรคในปลาแตกต่างกันด้วย การศึกษาเกี่ยวกับปรสิตที่พบในปลานิล และก่อให้เกิดโรคส่วนใหญ่จะเป็นปรสิตที่พบเกาะอยู่ภายนอก ส่วนปรสิตภายในพบน้อย และไม่ค่อยมีผลกระทบต่อสุขภาพของปลานิล ตัวปรสิตที่ติดกับปลา มีอยู่หลายชนิด ซึ่งจะเกาะติดตามตัวปลา พบได้ทั้งภายนอก และภายใน บางชนิดก็ทำให้ปลาตายโดยตรง บางชนิดทำให้ปลามีบาดแผล เจ็บปวดระคายเคือง อ่อนแอ เสียการทรงตัว และมีบางชนิดถ้าเกิดขึ้นมากๆ จะทำให้ปลาไม่เจริญเติบโต และทำให้เกิดปัญหาต่อการเลี้ยงปลานิลได้

5. โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลส่วนใหญ่ มักประสบปัญหาการตายของปลาที่รุนแรงในปลานิลขนาดใหญ่อายุตั้งแต่ 3-4 เดือน หรือขนาดตั้งแต่ 200-800 กรัม ซึ่งการตายของปลามักจะเกิดในช่วงหน้าร้อน ไปจนถึงต้นฤดูฝน นับตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนกรกฎาคมของทุกปี ลักษณะอาการของปลาที่เริ่มแสดงความผิดปกติ จะกินอาหารน้อยลง เมื่อเวลาผ่านไป 3-4 วัน ปลาบางส่วนจะเริ่มว่ายน้ำเชื่องช้าที่ผิวน้ำ ถ้าตัวอาจมีสีคล้ำ หรือมีบาดแผลตามผิวหนัง ครีบ และเกล็ด บางตัวครีบหู ครีบบอก ครีบหางกร่อน และตกเลือดบริเวณโคนครีบ ท้องบวม น้ำเล็กน้อย บางตัวแสดงอาการตาโปน หรือตาพุ่งออกมา (ภาพที่ 2) บางครั้ง จะพบรวมกับการว่ายน้ำควงสว่าน ไร้ทิศทางการบริเวณผิวน้ำ ในปลาที่เลี้ยงในบ่อดิน ปลาที่ป่วยส่วนใหญ่จะลอย และเริ่มทยอยแสดงอาการความผิดปกติดังกล่าว และทยอยตายโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณท้ายบ่อ (ภาพที่ 3) อัตราการตายอาจสูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ หรือปลาที่เลี้ยงในกระชัง อัตราการตายอาจสูงถึง 85-90 เปอร์เซ็นต์ภายใน 5-7 วัน นับตั้งแต่ปลาแสดงอาการ เมื่อทำการผ่าตรวจดูความผิดปกติภายในช่องท้องพบว่า มีน้ำสีเหลืองทะลักออกมา ดับมีสีซีด เกิดการตกเลือด และอักเสบ ถุงน้ำดี และม้ามบวมโตมาก



ภาพที่ 2 การตายของปลาที่มีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae*

ที่มา: ประพันธ์ศักดิ์ และนนทวิทย์, (2555)



ภาพที่ 3 การตายของปลาที่มีสาเหตุมาจากเชื้อโรคที่กำลังระบาดอยู่ในปัจจุบัน

ที่มา: ประพันธ์ศักดิ์ และนนทวิทย์, (2555)

การตรวจวินิจฉัยโรคในห้องปฏิบัติการเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae* เกษตรกรส่วนใหญ่พยายามใช้ยาปฏิชีวนะ และสารเคมีบางชนิดในการรักษา แต่ไม่สามารถหยุดยั้งการตายของปลาได้ โดยปลายังแสดงการตายต่อเนื่อง และรุนแรง จนเกษตรกรส่วนใหญ่ขาดทุนอย่างหนัก นอกจากติดเชื้อ *Streptococcus* แล้วยังพบว่า มีเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น ที่ส่งผลให้ปลาเกิดโรคได้เช่น

โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp. ก่อให้เกิดโรค Bacteria Hemorrhagic Septicemia หรือ Motile *Aeromonas septicemia* โรคเกล็ดตั้งพอง โรคตกเลือด โรคท้องบวม โรคที่เกิดจากเชือนี้พบได้ในปลาน้ำจืดทั่วโลก เชื้อนี้จะแพร่กระจายอยู่ในน้ำจืดทั่วไป และพบมากในน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์มาก การติดเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้มักเป็นการติดเชื้อแบบแทรกซ้อน (Secondary infection) อาการอาจมีความแตกต่างกันไปตามชนิดปลา อาการโดยทั่วไปคือ ปลาจะไม่กินอาหาร เนื้อเยื่อ สูญเสียการทรงตัว ครีบหลุดกร่อน เกิดบาดแผล และบางครั้งพบเชื้อราพวก *Saprolegnia* sp. เกาะที่บาดแผล ปลาที่ติดโรคอาจมีการสะสมของเหลวจนท้องบวมขึ้น บางครั้งจะเห็นเกล็ดปลาตั้งพองขึ้น ตาโปน

โรคติดเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* spp. ปลานิลที่ติดเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้จะมีตาขุนขาว ว่ายน้ำช้าๆ ลอยนิ่งๆ รอบๆ ช่องขับถ่ายจะบวมแดง โดยส่วนใหญ่ปลาที่ติดเชื้อแบคทีเรียนี้ จะมีผลต่อตา ปลาจะเกิดการตาโปน หรือตกเลือดบริเวณตา มักพบระบาดในฤดูหนาว

โรคตัวดำง *Flexibacter columnarie* พบในปลานิลที่เลี้ยงในน้ำจืด ส่วนปลานิลที่เลี้ยงในน้ำกร่อยจะเป็นชนิด *F.maritimus* โรคนี้มักจะพบในช่วงที่อากาศมีการเปลี่ยนแปลงกะทันหัน ในช่วงอากาศเย็น ในช่วงฝนตกหนัก และหลังจากการขนย้ายปลา ปลาที่พบมักจะมีอาการตัวดำง มักตายในเวลาอันรวดเร็ว ถ้าไม่ได้มีการรักษาทันทีปลาจะตายหมดบ่อภายใน 24 -48 ชั่วโมง

จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

ปลานิลที่มีคุณภาพดี ต้องมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค การพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลของเกษตรกร เพื่อช่วยลดต้นทุนให้น้อยที่สุด การลดต้นทุนไม่ได้อยู่ที่การเลือกซื้อลูกปลานิลที่มีราคาถูก ลดอาหาร หรือประหยัดค่าไฟฟ้า แต่เป็นการลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในการเลี้ยงด้วยวิธีการต่างๆ แนวทางหนึ่ง ที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตคือ การเลี้ยงในระบบโปรไบโอติกส์ฟาร์มมิ่ง (เสนอ, 2547)

โปรไบโอติกส์ เป็นเทคโนโลยีชีวภาพในการใช้จุลินทรีย์ หรือแบคทีเรียที่มาจากธรรมชาติไม่เป็นภัยต่อสิ่งแวดล้อม มาใช้ในการเลี้ยงปลานิล ทดแทนการใช้สารเคมี ด้วยหลักการการใช้จุลินทรีย์ที่ดีไปควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ในปลานิลควบคู่ไปกับการจัดการสภาพแวดล้อมภายในบ่อปลานิล ให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นมิตรต่อปลานิล เพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน และป้องกันไม่ให้ปลานิลที่เลี้ยงเกิดโรค แทนการรักษาด้วยยาหรือสารเคมีเมื่อปลานิลเกิดอาการแล้ว การเลี้ยงในระบบนี้ ยังมีความจำเป็นที่จะต้องป้องกันโรคที่อาจจะเข้ามาจากภายนอก สำหรับอาหารที่ใช้เลี้ยงจะผสมกับจุลินทรีย์ที่เหมาะสม เพื่อปรับสมดุลระบบทางเดินอาหาร เท่ากับเป็นการแย่งพื้นที่แบคทีเรียที่เป็นอันตรายในลำไส้ ช่วยให้การย่อยอาหารดีขึ้น ประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีขึ้น ของเสียที่ขับถ่ายออกก็มีปริมาณน้อยลง ทำให้ได้ผลผลิตปลานิลที่มีสุขภาพแข็งแรง ขณะเดียวกัน ในระบบโปรไบโอติกส์ ยังมีการนำแบคทีเรียที่เหมาะสมมาใช้ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายของเสีย และอินทรีย์สารภายในบ่อ ทำให้ปลานิลมีอาหารธรรมชาติเพิ่มขึ้น และช่วยให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำอยู่ในสภาพปกติ ปลานิลจะไม่เครียด และสามารถเติบโตได้อย่างแข็งแรง ซึ่งผลการเลี้ยงด้วยระบบนี้ จะมีความเสียหายน้อยมาก (เสนอ, 2547)

โปรไบโอติกส์ ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของ Lilly และ Stillwell ในปี ค.ศ. 1965 เพื่อกล่าวถึง สารที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งขับออกมา และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำงานที่ตรงข้าม กับการทำงานของยาปฏิชีวนะ ที่จะทำลายจุลินทรีย์เกือบทุกชนิด ในปี ค.ศ. 1974 Parker ได้ให้คำจำกัดความโปรไบโอติกส์คือ

สิ่งมีชีวิต และสารเคมีที่มีผลต่อสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1989 Fuller อธิบายคำว่าโปรไบโอติกส์คือ อาหารเสริม ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิต สามารถก่อประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่มันอาศัยอยู่ โดยการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย จนในที่สุดปี ค.ศ. 1992 Havenaar และ Veid ได้ขยายคำจำกัดความของโปรไบโอติกส์ว่า จะต้องประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งอาจมีเพียงชนิดเดียว หรือเป็นส่วนผสมของจุลินทรีย์หลายชนิด ที่สามารถไปปรับปรุงคุณสมบัติของจุลินทรีย์ดั้งเดิม ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์นั้น โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจอยู่ในรูปของเซลล์แห้งจากขบวนการระเหิดแห้ง (Freeze-Dried Cells) หรืออยู่ในรูปผลิตภัณฑ์หมัก ซึ่งนอกจากไปส่งเสริมการเจริญเติบโตแล้ว ยังทำให้คน และสัตว์มีสุขภาพดีขึ้นด้วย และ โปรไบโอติกส์ไม่ได้จำกัดการใช้ เฉพาะในระบบทางเดินอาหารเท่านั้น ยังอาจไปมีผลต่อระบบอื่นๆ เช่น ทางเดินหายใจส่วนต้น หรือระบบปัสสาวะ และระบบสืบพันธุ์ (Bic Chemical CO.,LTD, 2012)

จุลินทรีย์ที่เป็นโปรไบโอติกส์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมทางชีวภาพ ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคโดยมีกลไกการหลั่งสารหลายชนิดออกมาต่อต้านจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันเพื่อต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคไม่ให้เจริญเติบโตภายในลำไส้ได้ (สุญาณี, 2549)

คุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถนำมาเป็นโปรไบโอติกส์ คือ ระบุปริมาณแบคทีเรียจำเพาะขั้นต่ำ (เช่น CFU/g) ที่จะทำให้จุลินทรีย์เป็นประโยชน์ ในระบบทางเดินอาหาร สามารถเกาะติดได้อย่างถาวร (Permanent colonization หรือ Establishment) เชื้อเริ่มต้นจะต้องแห้ง เชื้อเริ่มต้นจะต้องมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่ผันแปรได้ และเชื้อเริ่มต้นจะต้องมีการกระตุ้นในสัตว์มีการตอบสนองในระดับที่เหมาะสมกับปริมาณที่ได้รับ (พุทรา, 2549)

แนวคิดในการใช้โปรไบโอติกส์ในสัตว์ในระบบทางเดินอาหารจะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่หลายชนิด จุลินทรีย์แต่ละชนิดก็มีการทำงานที่แตกต่างกัน เพื่อการเจริญเติบโต และมีการขยายจำนวนให้มากขึ้น ทำให้สัดส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ และปริมาณสารที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดที่ผลิตขึ้นมีความแตกต่างกัน ส่งผลต่อความอยู่รอดของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ และสุขภาพของสัตว์ (Host) ซึ่งมีทั้งประโยชน์ และโทษ ในสภาพการเลี้ยงสัตว์โดยทั่วไป มักจะทำให้สัตว์เกิดความเครียด เนื่องจากสภาพอากาศ การเลี้ยงรวมกันอย่างหนาแน่น การใช้ยาวัคซีน การเปลี่ยนอาหาร การขนย้าย หรือความเครียดอื่นๆ ส่วนส่งผลให้สัดส่วนของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพร้อมกับ การลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ลดลง ผลก็คือ สัตว์จะโตช้า กินอาหารลดลง หรือระบบภูมิคุ้มกัน โรคลดลง การเติมโปรไบโอติกส์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก (Lactic acids forming bacteria หรือ LAB) ลงในอาหารในปริมาณที่มากพอ จะทำให้เกิดผลดีต่อสมรรถนะการผลิต และสุขภาพของ

สัตว์โดยโปรไบโอติกส์ เหล่านี้จะมีบทบาทคือ เพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้ง การเพิ่มจำนวนของ จุลินทรีย์ก่อโรค โดยการแย่งพื้นที่ในการยึดเกาะ แย่งอาหาร และปรับสภาพแวดล้อมในระบบ ทางเดินอาหารให้เหมาะสม อันเป็นการช่วยลดการฟิสิกส์ที่เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านั้นผลิตขึ้นมา ผลิตสารต้านการเจริญเติบโต ผลิตเอนไซม์ ที่มีผลในการทำลายสารพิษในอาหาร หรือที่ เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผลิตขึ้นมา กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในการต้านทานเชื้อก่อโรคในสัตว์ และผลิต เอนไซม์ช่วยย่อยอาหารเพิ่มเติมให้แก่สัตว์

การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกส์ในสัตว์น้ำ

โปรไบโอติกส์เป็นตัวกระตุ้นระบบการทำงานของระบบการย่อยของสัตว์น้ำ จึงเป็นเรื่องที่ ดีในระบบทางเดินอาหารของหอย และปลาจะมีกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ ที่มีคุณสมบัติในการ เจริญเติบโตในสถานะไร้ออกซิเจน ถึงแม้จะมีการอยู่ร่วมกัน ของแอนแอโรบิกแบคทีเรีย ซึ่งอาจจะ เป็นสายพันธุ์หลักในลำไส้เล็กของปลาในฟาร์มเลี้ยง เช่น ปลาตะเพียน และปลานิล และหอย สองสปีชีส์จะมี *Vibrio* และ *Pseudomonas* ส่วนใหญ่ในปลาน้ำจืดจะมีพวก *Aeromonas*, *Plesiomonas* และ *Enterobacteriaceae* เป็นสายพันธุ์ที่มีมาก ดังนั้น การที่จะหาสายพันธุ์ที่เป็น โปรไบโอติกส์ในสัตว์น้ำย่อมมีความแตกต่างกัน (Sugita et al., 1982)

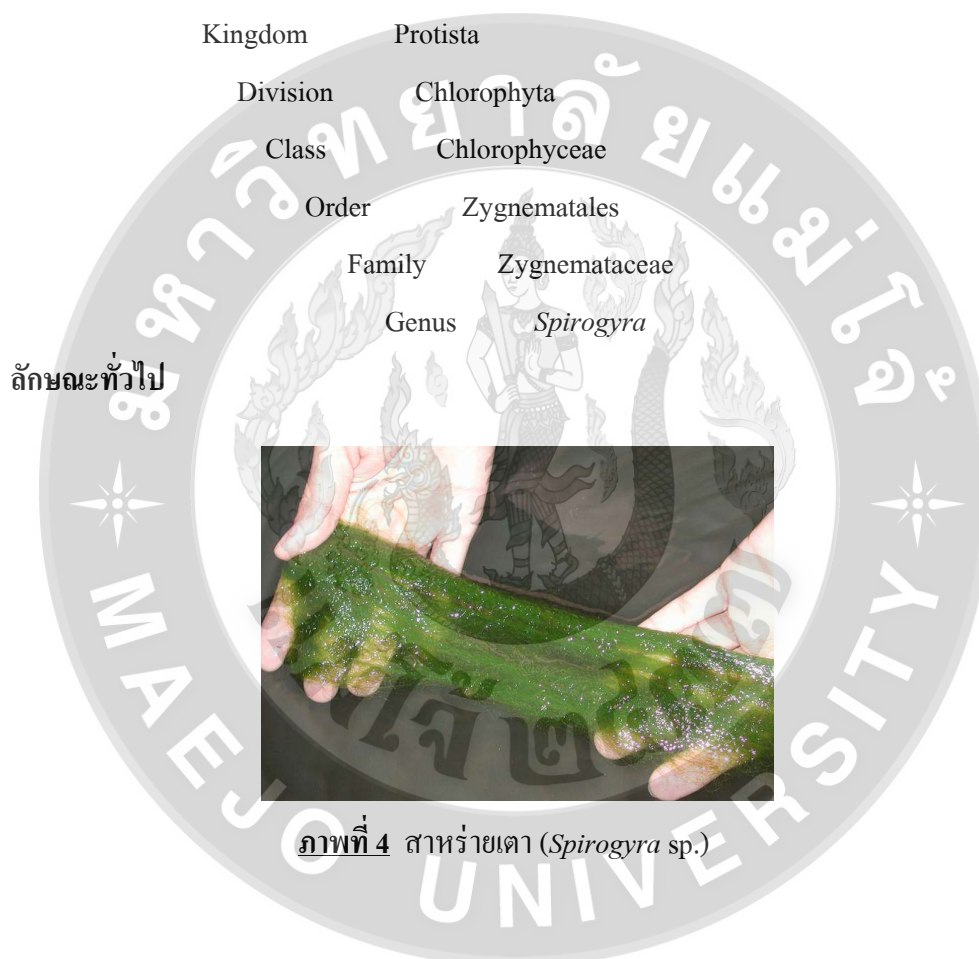
จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารส่วนมากในสัตว์น้ำ จะอยู่ในสถานะชั่วคราว เพราะสัตว์ น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็น ปลาทะเลจะต้องมีระบบการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว สังเกตได้จาก สัตว์พวกกินอาหารแบบกรองกิน เช่น หอยสองฝา ตัวอ่อนกุ้ง เพราะฉะนั้นจุลินทรีย์ในระบบ ทางเดินอาหารของสัตว์น้ำ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่วนที่พบในน้ำ และตะกอน เป็น ชนิดเดียวกันกับจุลินทรีย์ที่พบในลำไส้ของ *Penaeus japonicus* (Jueliang et al., 2012)

ชนกันต์ (2548) ศึกษาจำนวน และชนิดของแบคทีเรียซึ่งแยกจากปลานิลในฟาร์มที่เลี้ยง แบบปกติ และผสมผสานในหมู่บ้านแม่แก้ว สุ่มแยกเชื้อแบคทีเรียจากเหงือก เนื้อ และกระเพาะ อาหารของปลานิล การวิเคราะห์พบว่า จำนวนแบคทีเรียที่เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากส่วนต่าง ๆ ของปลานิลจากฟาร์มทั้ง 2 ระบบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และสามารถ จำแนกชนิดของแบคทีเรียได้ 8 ชนิด แบคทีเรียที่พบมากที่สุด คือ แกรมลบรูปแท่ง (39.53 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่สกุล *Aeromonas* sp., *Salmonella* sp., *Escherichia* sp., *Acinetobacter* sp., *Pseudomonas* sp., และ *Plesiomonas* sp. ส่วนแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม (20.93 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ *Micrococcus* sp. และ *Staphylococcus* sp.

สาหร่ายเตา

สาหร่ายเตาเป็นกลุ่มสาหร่ายน้ำจืดที่เป็นเส้นสาย เจริญได้ในแหล่งน้ำจืดทั่วไป เช่น คุน้ำ คลอง หนองน้ำ บึง นาข้าว ทะเลสาบน้ำจืด เป็นต้น การกระจายของสาหร่ายชนิดนี้พบในเขตร้อน และอบอุ่น และจะพบในน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเอื่อยๆ ไม่แรงนัก

Bold and Wynne (1978) ได้จัดลำดับทางด้านอนุกรมวิธาน *Spirogyra* sp. ดังนี้



ภาพที่ 4 สาหร่ายเตา (*Spirogyra* sp.)

สาหร่ายเตา (*Spirogyra* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียวมีลักษณะเป็นเส้นสาย (ภาพที่ 4) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์แต่ละปล้องมาต่อกัน โดยทั่วไปมีลักษณะความกว้างของเซลล์ประมาณ 60 - 160 ไมครอน และมีความยาวของเซลล์ประมาณ 65 - 250 ไมครอน ไม่มีการแตกแขนง ลักษณะเป็นเส้นตรงคล้ายเส้นผมบางๆ ทั่วไปไหลไปกับกระแสน้ำ มีสีเขียวอ่อนจนกระทั่งถึงสีเขียวเข้มเมื่อจับดูจะรู้สึกลื่นมือ ทั้งนี้เพราะผนังเซลล์ด้านนอกสุดทำให้เกิดเมือก (pectose mucilage) ภายในเซลล์ประกอบไปด้วยเซลล์รูปกระบอกมาเรียงต่อกัน ซึ่งมีคลอโรพลาสต์ (chloroplast) เป็นเส้นบิดกันเป็นเกลียว (ยูคิ, 2530)

สาหร่ายเตามีคลอโรพลาสต์เป็นรูปรีแบนและมีไพรินอยด์เรียงตามยาวของแถบคลอโรพลาสต์ นิวเคลียสจะลอยอยู่ตรงจุดกึ่งกลางเซลล์ ทุกๆ เซลล์ในสาขยกรเว้นส่วนฐานจะสามารถแบ่งเซลล์ได้ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการขาดเป็นท่อนๆ ของสาข ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้นจะเริ่มจากสาข 2 สาขมาอยู่ใกล้กัน แล้วเชื่อมต่อกันด้วยชั้นของเมือก เซลล์หนึ่งจะยื่นพาลิลลี (papillae) เข้าหาเซลล์ของสาขตรงกันข้าม ทำให้พาลิลลีของทั้งสองสาขจะมาอยู่ใกล้ชิดกัน ก่อให้เกิดการรวมตัวครั้งแรก ต่อจากนั้นสาขทั้งสองจะถูกดันให้ห่างกันเมื่อพาลิลลียาวขึ้น จะเกิดรูขึ้นที่ส่วนยอดของพาลิลลีทำให้เกิดคอนจูเกชันทิวบ์ที่ต่อเนื่องกันของเซลล์หนึ่งกับอีกเซลล์หนึ่ง เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรือโพโทพลาสต์ที่เคลื่อนย้ายผ่านคอนจูเกชันทิวบ์ จากนั้นจะไปรวมกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียได้เป็นไซโกต และจะมีการขับผนังเซลล์ 3 ชั้นหุ้มตัวเองได้เป็นไซโกสปอร์ มีผนังชั้นนอกคือเอกโซสปอร์ (exospores) ชั้นกลาง คือ มีโซสปอร์ (mesospore) และชั้นใน คือ เอนโดสปอร์ (endospore) รงควัตถุ (pigment) ของสาหร่ายเตาประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอ และบี แคโรทีนชนิดแอลฟาและแกมมาแคโรทีน (กาญจนภาชน์, 2527) ในตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายที่พบในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย

ตารางที่ 4 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเตา (หน่วย: ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

คุณค่าทางอาหาร	บุญมี (2530)	Peerapornpisal <i>et al</i> (2008)
โปรตีน	23.82	18.65
ไขมัน	3.08	5.21
คาร์โบไฮเดรต	52.04	56.31
เถ้า	14.34	7.66
เส้นใย	6.72	11.78

ที่มา: จงกล, 2552

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

คือสารที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ร่างกายมีระบบต้านออกซิเดชัน ขจัดสารอนุมูลอิสระอยู่แล้ว แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ประเภทแรกจะยับยั้งหรือป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, peroxidase, cytochrome C peroxidase ทองแดง สังกะสี เซเลเนียม โปรตีนซึ่งมีทองแดงอยู่ในโมเลกุล (ceruloplasmin) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ สารต้านออกซิเดชันในกลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาถูกโซนี่ได้แก่ วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี ubiquinone, uric acid,

bilirubin, albumin, sulfhydryl groups ในกรดอะมิโน cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นอกจากนี้วิธีนี้ยังมี สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และสารกลุ่ม flavanoids ที่เป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญอีกด้วย (Strain and Benzie, 1999)

สารต้านออกซิเดชัน สามารถแบ่งตามกลไกการยับยั้งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. Preventive antioxidant	ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ
2. Scavenging antioxidant	ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น
3. Chain breaking antioxidant	ทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง

เอนไซม์ในการควบคุมปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โอภาและคณะ, 2549)

โดยธรรมชาติแล้วจะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในเซลล์และร่างกายหลายชนิด มีทั้งเป็นประโยชน์และโทษอันประกอบด้วย อนุมูลที่หลุดรอดออกมาจากการเผาผลาญออกซิเจนเป็นพลังงานและในระดับเซลล์เอนไซม์เป็นกลไกสำคัญขั้นแรกที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุล เอนไซม์ที่สำคัญได้แก่

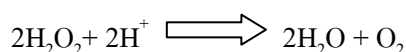
1. Superoxides dismutase (SOD)

เอนไซม์ SOD จะทำหน้าที่ขจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย คือ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน $O_2^{\cdot-}$ โดยเร่งปฏิกิริยาคิสมิวเตสในการเปลี่ยน O_2 ให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกกำจัดโดยเอนไซม์แคตาเลสและเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ลักษณะสำคัญของเอนไซม์ SOD คือมีโลหะทรานซิสชันที่บริเวณที่ใช้จับซับสเตรท ทำหน้าที่ในการออกซิไดส์และรีดิวส์กลับไปมา

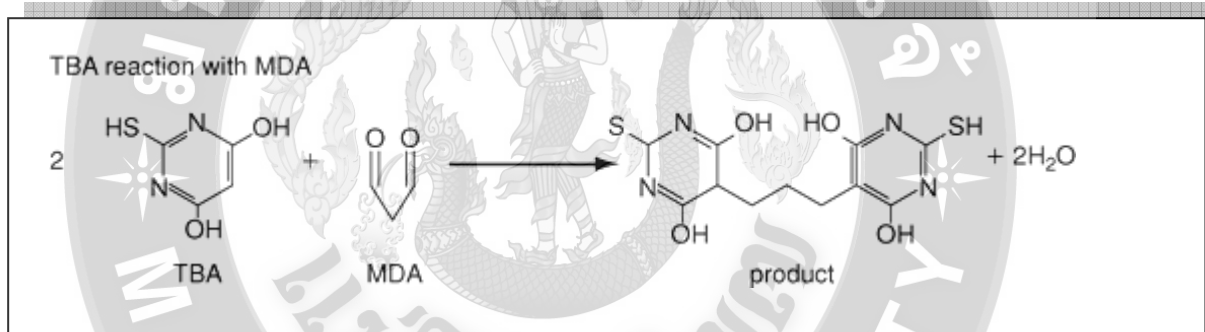
2. Catalase (CAT) เป็นเอนไซม์ซึ่งอยู่ในเปอร์ร็อกซิโซมมีฮีม คือ ferriprotoporphyrin เป็นองค์ประกอบ โครงสร้างเอนไซม์ CAT ประกอบด้วยหน่วยย่อยของโปรตีน ฮีม 4 หน่วยย่อยที่เหมือนกัน แต่ละหน่วยมีขนาด 60 กิโลดัลตัน การจัดเรียงตัวของหน่วยทั้งสี่เป็นแบบเตตระฮีดรัล ดังนั้นเอนไซม์นี้จึงมีฮีมจำนวน 4 กลุ่มต่อ 1 โมเลกุลของเอนไซม์ มีน้ำหนักโมเลกุลรวมเท่ากับ 240 กิโลดัลตัน เอนไซม์ CAT ทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นโมเลกุลของน้ำและออกซิเจน โดยใน 1 นาทีสามารถเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 ล้านโมเลกุลไปเป็นน้ำและออกซิเจน



3. การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Lipid peroxidation)

การศึกษาวิจัยจำนวนมากพบว่า การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันและภาวะถูกออกซิไดส์มีบทบาทสำคัญในการเกิดและพัฒนาของโรค หากมีการใช้ปริมาณลิพิดเปอร์ออกซิเดชันที่เกิดขึ้นมากจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงภาวะถูกออกซิไดส์ที่มากเกินไปจนเกิดอันตราย วิธีการวัดหาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันที่ทำได้รวดเร็วที่ง่ายและไม่ซับซ้อน คือ

มาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde, MDA) เป็นวิธีที่หาผลผลิตที่เกิดจากการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันระดับ MDA เป็นดัชนีที่ใช้อย่างกว้างขวางเพราะการหาปริมาณเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน การหาปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้น ทำได้โดยการเติมกรดไทโอบาร์บิทริก ในสภาวะกรด MDA จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริกที่ได้เป็นสารสีเรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หลักการเกิด TBARS

ที่มา : <http://www.currentprotocols.com/protocol/ns0717>

ระบบในการกำจัดของเสียในการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิด

Landau (1992) ได้ให้คำจำกัดความของระบบปิดไว้ว่า เป็นระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่เกือบทั้งหมด (95 - 100 %) โดยมีการกรองเอาเศษอาหารที่เหลือตกค้าง สิ่งขับถ่ายของปลาและของเสียอื่น ๆ ออกก่อนที่จะหมุนเวียนน้ำมาใช้ใหม่ จะมีน้ำเพียงบางส่วนเท่านั้นที่หายไปเนื่องจากการระเหยและการทำงานของระบบ ซึ่งน้ำส่วนที่หายไปนี้อาจมีการเติมเข้าไปทดแทนได้เพื่อเป็นการรักษาปริมาณน้ำในระบบให้คงที่ สอดคล้องกับที่ Lee and Newman (1997) ได้กล่าวไว้ว่า ระบบปิดเป็นระบบที่ไม่มีการเติมน้ำใหม่เข้าไปในระบบ แต่จะมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยจะมีการกรองเอาเศษอาหารที่เหลือ สิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ และของเสียอื่น ๆ ออกก่อนที่จะนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยข้อดีของระบบปิดคือ ใช้น้ำในปริมาณที่น้อย และไม่ก่อปัญหามลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียของระบบปิดก็คือ จะมีการสะสมเศษอาหารที่เหลือและของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา ซึ่งถ้าสะสมมากขึ้นจะทำให้ น้ำที่ใช้เลี้ยงปลาเกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลา การแก้ปัญหานี้โดยทั่วไปใช้วิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 - 10 วัน ซึ่งระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ขนาดของปลา ความหนาแน่นของการเลี้ยง เป็นต้น การเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อย ๆ อาจก่อความยุ่งยากและเสียเวลา ในที่สุดผู้เลี้ยงปลาจึงอาจเกิดความเบื่อหน่ายในการเลี้ยงได้

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงปลาระบบปิด

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงปลาระบบปิดคือ การเกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา อันเนื่องมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ ดังนี้

1. อาหารที่ใช้เลี้ยงปลา ถ้ามีการให้อาหารปลามากเกินไป และคุณภาพของอาหารปลาไม่ดี ทำให้อาหารจมตัวเร็ว ก็จะเหลือเศษอาหารตกค้างอยู่ในตู้เลี้ยงปลา และเมื่อมีเศษอาหารเหลือ จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำก็จะใช้เศษอาหารที่เหลือเพื่อการเจริญเพิ่มจำนวนทำให้น้ำขุ่นได้ และสารต่าง ๆ ที่เกิดจากเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ก็อาจเป็นพิษต่อปลาได้เช่นกัน นอกจากนั้นถ้าเกิดการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคอาจทำให้ปลาติดโรค ปลาจะอ่อนแอ และในที่สุดอาจตายได้ ดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาจึงควรเหมาะสมกับชนิดและขนาดของปลา คุณภาพของอาหารและปริมาณที่ให้แก่ปลาโดย Pe'nzés (1986) แนะนำว่าปริมาณอาหารปลาที่ให้ปลาควรจะกินให้หมดภายใน 2 - 3 นาทีหรือไม่ควรเกิน 30 นาที

2. การจับถ่ายของเสียจากปลา ของเสียนี้เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของปลาและจับถ่ายออกมาจากตัวปลา โดย Spotte (1979) ได้อธิบายไว้ว่า ปลาจะจับถ่ายของเสียออกมาทั้งทางเหงือก ทางไต และทางผิวหนังการสะสมของเศษอาหารที่เหลือ และสิ่งจับถ่ายจากปลาในตู้เลี้ยงปลาระบบปิด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในตู้เลี้ยงปลา โดยน้ำเกิดการเน่าเสียและเกิดสารประกอบไนโตรเจนขึ้นในตู้เลี้ยงปลา เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งถ้าเกิดการสะสมจนถึง ระดับหนึ่งจะเกิดความเป็นพิษต่อปลาได้ Gross *et al.* (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในบ่อปลาและได้รายงานว่า อาหารปลาสำเร็จรูปที่ให้แก่ปลาจะประกอบด้วยโปรตีน 3-25 เปอร์เซ็นต์ หรือไนโตรเจนอินทรีย์ 4 – 5.8 เปอร์เซ็นต์ และปลาจะนำไนโตรเจนในอาหารไปใช้ได้ 25 – 30 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นจะเข้าสู่ระบบนิเวศในบ่อปลา ปริมาณไนโตรเจนในบ่อปลาจะมาจากอาหารที่ให้แก่ปลามากที่สุดและเกิดการ mineralization ไปเป็นแอมโมเนีย โดยเฉลี่ย 59 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งปลาจะขับแอมโมเนียออกมาจากเหงือกมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากแอมโมเนียแล้วยังมีของเสียอื่น ๆ ที่ปลาขับออกมาปนอยู่ด้วยเล็กน้อย เช่น กรดอะมิโน ยูเรีย และกรดยูริก (วีระพงศ์, 2536)

การจัดการของเสียและสารประกอบไนโตรเจนในบ่อปลาระบบปิด

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

1. วิธีการทางกายภาพ (mechanical method)

วิธีการนี้เป็นวิธีการขั้นต้นที่อาศัยการกรองเพื่อกรองของเสียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำแต่ไม่สามารถใช้กำจัดสารประกอบไนโตรเจนได้ การกรองของเสียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะใช้เครื่องกรองน้ำซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป แต่หลักการทั่วไปจะเหมือนกันคือ เครื่องกรองจะดูดน้ำที่มีอนุภาคของของเสียและตะกอนต่าง ๆ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำให้ผ่านวัสดุกรอง แล้วไหลกลับเข้าสู่ตู้ปลาเหมือนเดิม น้ำที่ผ่านวัสดุกรองแล้วนั้นจะเป็นน้ำที่สะอาดขึ้น วัสดุกรองที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายชนิด เช่น ใยสังเคราะห์ หิน กรวดทราย และพลาสติกเป็นต้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องกรองน้ำให้สามารถกรองน้ำได้รวดเร็วขึ้น และมีความละเอียดมากขึ้น เช่น ใช้ไดอะตอมเป็นวัสดุกรอง ทำให้สามารถกรองตะกอนที่มีขนาดเล็กได้ เครื่องกรองนอกจากจะช่วยกรองสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในตู้ปลาแล้ว ยังทำให้เกิดการหมุนเวียนน้ำ ทำให้น้ำในตู้ปลา

อุณหภูมิเท่ากันตลอดทั้งตู้ และทำให้น้ำมีโอกาสสัมผัสออกซิเจนได้มากขึ้น (ศิริวัฒน์, 2544) อย่างไรก็ตาม วิธีการทางกายภาพเป็นเพียงวิธีการขั้นต้นในการกำจัดของเสียในตู้เลี้ยงปลาจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการอื่น ๆ ในการกำจัดของเสียส่วนที่ละลายปนอยู่ในน้ำซึ่งไม่อาจใช้วิธีการกรองกำจัดได้ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Wungkobkiat *et al.* (1997) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนภายใต้การบำบัดโดยใช้เครื่องกรองน้ำในตู้เลี้ยงปลาทองระบบปิด ในการศึกษาใช้ปลาทอง 30 ตัวต่อตู้เลี้ยงปลาซึ่งมี ขนาด 40 x 75 x 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร และบรรจุน้ำในตู้ประมาณ 90 ลิตร ปลาทองที่ใช้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 15 กรัมต่อตัว และให้อาหารปลาสำเร็จรูปวันละ 5 กรัม พบว่า ถึงแม้จะใช้เครื่องกรองน้ำและมีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นเองภายหลัง ก็ไม่สามารถกำจัดแอมโมเนียและไนไตรท์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อปลาได้

2. วิธีการทางเคมี (chemical I method)

ระบบนี้เป็นการนำเอากระบวนการทางเคมีมาประยุกต์ใช้ เช่น การนำผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) มาใช้ดูดซับและเก็บสารอินทรีย์ และสารประกอบอื่น ๆ ที่ละลายปนอยู่ในน้ำไว้ ผงถ่านกัมมันต์จึงมีอายุการใช้งานสั้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการทางเคมีอื่นๆ อีก เช่น การใช้ ionexchange resin หรือ reverse osmosis หรือ electrodialysis เพื่อกำจัดสารพิษในน้ำ (Haugen *et al.*, 2002)

3. วิธีการทางชีวภาพ (biological method)

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

ปลาแล้

ปลาแล้คือผลิตภัณฑ์เนื้อปลาที่ได้จากการแล้ปลาตามยาวขนานกับกระดูกสันหลังของลำตัว โดยมีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวปลา การเก็บรักษาเนื้อปลาแล้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส ควรมีการใช้เทคนิค หรือกรรมวิธีการร่วมเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานยิ่งขึ้น ได้แก่ การใช้สารสกัดจากธรรมชาติ การใช้สารเคมี การใช้เทคโนโลยีการบรรจุ เช่น การบรรจุในสภาวะปรับบรรยากาศ หรือสภาพสุญญากาศ และการใช้รังสี เป็นต้น (Shahidi and Botta, 1994) การใช้กรดอินทรีย์เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อป้องกัน หรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ และด้านการหั่นของเนื้อปลาแล้แช่เย็น พาชวัญ (2546) รายงานว่าการเก็บรักษาปลาทับทิมแล้แช่เย็น ควรจุ่มในสารละลายกรดแลกติกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที ร่วมกับการบรรจุในถุงพลาสติก HDPE สภาวะบรรจุแบบสุญญากาศ จะช่วยให้เก็บปลาทับทิมแล้แผ่นได้นานสูงสุด 30 วัน

สารประกอบโพลีฟอสเฟตได้รับการรับรองให้เป็นสารเจือปนอาหารที่มีความปลอดภัย (Generally recognized as safe: GRAS) สารโพลีฟอสเฟตให้คุณสมบัติหลายประการเมื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และสัตว์น้ำ คุณสมบัติหลัก คือ สามารถเพิ่มความสามารถในการจับน้ำ (water binding capacity) ของโปรตีนได้ ฟอสเฟตจะมีปฏิสัมพันธ์กับโปรตีนในกล้ามเนื้อ และจะเพิ่มความสามารถของโปรตีนในการจับกับน้ำ ช่วยให้เนื้อสัตว์ที่ผ่านการปรุงมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (cooking yield) นอกจากนี้ยังเป็นการคงกลิ่นรสที่ดี ทำให้น้ำและกลิ่นรสสูญเสียลงในระหว่างการปรุง ความนุ่มของเนื้อและเนื้อสัมผัสที่ดีจะยังคงอยู่ เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อยังคงเก็บรักษาความชื้นไว้ได้ (Teicher, 1990) ฟอสเฟตเป็นสารประกอบประเภท poly-anion และสามารถจับกับองค์ประกอบอื่นๆ ในอาหารได้หลายชนิด เช่น โปรตีนไมโอไฟบริล (จรรยา, 2548) โดยทั่วไปกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำมีโปรตีนชนิดนี้เป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 40-60 (สุทรวัดน์, 2544) จึงทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำมีสมบัติจับกับน้ำได้ดี ทำให้เกิดเจล และโปรตีนละลายน้ำได้มากขึ้น สารโพลีฟอสเฟตถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ และเป็นที่นิยมนมาเป็นระยะเวลานานแล้ว วัตถุประสงค์การใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ โดยเฉพาะการเพิ่มค่าความสามารถในการจับกับน้ำ และที่สำคัญช่วยลดการสูญเสียภายหลังการทำละลายผลิตภัณฑ์ด้วย (Masniyom *et al.*, 2005) การใช้ฟอสเฟตในกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ นิยมใช้วิธีการจุ่ม ส่วนการเติมในรูปผงนั้นนิยมใช้ในการผลิตไส้กรอกและซุริมิ (Teicher, 1990) การใช้ฟอสเฟตในอาหารทะเลนิยมพ่นสารละลายฟอสเฟตลงบนอาหารหรือจุ่มอาหารลงในสารละลาย หรืออาจฉีดสารละลายเข้าไปในปลาทั้งตัวหรือชิ้นปลาแล้ที่มีขนาดใหญ่ หรืออาจคลุกเคล้าในสภาพสุญญากาศ การใช้ฟอสเฟตควรใช้ในขั้นตอนก่อนการให้ความร้อน

สารฟอสเฟตจะให้ผลดีกับวัตถุดิบคุณภาพสูงและไม่ควรใช้ฟอสเฟตเพื่อปิดบังคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียหรือด้อยคุณภาพ (Henson and Kowalewski, 1992)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาในระหว่างการเก็บรักษา

ปลาและสัตว์น้ำเป็นอาหารประเภทที่เน่าเสียได้เร็วมาก กระบวนการเน่าเสียเกิดจากกระบวนการย่อยสลายตัวของโปรตีนในปลาหรือสัตว์น้ำด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลา คือ กระบวนการออโตไลซิส (Autolysis) หรือเกิดการทำปฏิกิริยาของไขมันในปลากับออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นหืน หรือการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Dalgaard, Gram, and Huss, 1993, Pieriovanni and Fava, 1993) ด้วยเหตุนี้จึงต้องให้ความสำคัญกับการจัดการหลังการจับปลาหรือสัตว์น้ำ

การเปลี่ยนแปลงภายหลังจากปลาตาย จะเกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อปลาที่เรียกว่าการเกิดrigor mortis ระยะนี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นระยะที่ยังไม่เกิดการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนโดยเอนไซม์ของปลาเอง และจากจุลินทรีย์ การถนอมรักษาคุณภาพสัตว์น้ำจะทำโดยการยืดช่วงระยะนี้ให้ยาวออกไป จะทำให้ปลาหรือสัตว์น้ำมีอายุการเก็บนานขึ้น อีกประการหนึ่งคือการปฏิบัติที่ดีระหว่างการจับ การขนส่ง ก็จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไปได้อีก (Farber, 1991; Fraser and Sumar, 1998) หลังจากผ่านระยะการเกร็งตัวแล้วกล้ามเนื้อปลาจะมีลักษณะนิ่มลง เนื่องจากเอนไซม์ที่มีอยู่ภายในตัวปลา และเอนไซม์จากของจุลินทรีย์ย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อปลา กลายเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compound) ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้การย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าได้เช่นกัน เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) เมทิลเมอร์แคปแทน(methylmercaptan) อินโดล (indole) เอมีน (amine) และแอมโมเนีย (ammonia) ซึ่งการเน่าเสียแบบนี้มักมีสาเหตุจาก *Clostridium* spp. หลายชนิด และ แบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญเล็กน้อย (facultative bacteria) เช่น *Pseudomonas* spp., *Alcaligenas* และ *Proteus* บางชนิด (Fraser and Sumar, 1998; Gray et al., 1983; Manzano-mazorra et al., 2000)

ปริมาณสารประกอบและผลิตภัณฑ์จากกระบวนการเมตาโบลิซึม การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลา (endogenous enzymes) การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และสภาวะหรือลักษณะหลังจากการจับปลาจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาหลังการจับหรือหลังจากปลาตาย ซึ่งโดยทั่วไปการเน่าเสียของปลา สามารถสังเกตได้จากเกิดการสูญเสียกลิ่นรสที่แสดงถึงความสดออกไป เช่น (fresh fish flavor) เช่น รสหวาน (sweet) รสชาติคล้ายสาหร่าย

(seaweed) หลังจากนั้นก็กลั่นเห้มน้ําและรสที่ผิดปกติก็จะเกิดขึ้น ทำให้ปลาไม่เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค (Fraser, 1998) เช่นเดียวกับรายงานของ Pacheco-Aguilar et al. (2000) ซึ่งรายงานว่าในวันแรกของการเก็บรักษาปลาซาร์ดีนในน้ําแข็ง เอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลา (endogenous enzymes) จะมีบทบาทสำคัญมากที่จะทำให้ปลาเกิดการสูญเสียความสดไป

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง

ระหว่างการเก็บรักษาปลาในสภาพแช่แข็งจะทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาได้ ทำให้สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนเปลี่ยนไป เช่น โปรตีนไมโอไฟบริล ชนิด ไมโอซิน สามารถสูญเสียสภาพได้ง่ายระหว่างการแช่แข็ง ส่วนโปรตีนซาโคพลาสมิก เช่น ไมโอเจน ไมโอแอลบูมิน โปรตีนสโตรมา เช่น คอลาเจน และอีลาสติน จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการแช่แข็ง (สุทรวัดน์, 2548) ดังรายงานของ Matsumoto ในปี ค.ศ. 1980 อธิบายว่าทั้งไมโอซินและแอคติน จะสูญเสียสภาพในช่วงแรกของการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง ส่วนโทรโปนิน และโทรโปไมโอซินจะเกิดการสูญเสียสภาพในเวลาต่อมา ซึ่งการเสียสภาพนี้เกิดจากการจับเรียงตัวของโมเลกุลโปรตีนโดยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก อันตรกิริยาไฮโดรโฟบิก และพันธะไดซัลไฟด์ส่งผลให้เกิดการรวมตัวและสูญเสียสภาพของโปรตีน

การสูญเสียสภาพของโปรตีนในปลาแช่แข็งมีสาเหตุหลากหลาย อัตราการสูญเสียสภาพจะขึ้นอยู่กับชนิดของปลา องค์ประกอบของปลา สภาวะการแปรรูป และการเก็บรักษา การบดเนื้อปลาก่อนการแช่แข็ง สภาวะที่เร่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน การเก็บที่สภาวะอุณหภูมิสูง หรือการเก็บในสภาพแช่แข็งเป็นระยะเวลานาน ซึ่งการเดิมสารป้องกันการเสียสภาพของโปรตีนสามารถลดการสูญเสียสภาพของโปรตีนที่เกิดจากกระบวนการแช่แข็งและเก็บรักษาได้ (สุทรวัดน์, 2548)

ในระหว่างการแช่แข็งยังเกิดการสลายตัวของไขมัน โดยเอนไซม์ฟอสโฟไลเพส กรดไขมันอิสระมีผลทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวขึ้น โดยมีผลทำให้โปรตีนเสียสภาพ และทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น (สุทรวัดน์, 2548) การเกิดออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติในผลิตภัณฑ์ได้ Masniyom และคณะ (2005) รายงานว่าปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) ในเนื้อปลากระพงแช่ที่เก็บรักษาในสภาพแช่เย็นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันในปลาจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่มีการจับปลา หรือหลังจากที่ปลาตาย ตลอดจนในระหว่างกระบวนการแปรรูป ดังนั้นจึงทำให้เราสามารถรับรู้กลิ่นหืนที่เกิดขึ้นได้

สารประกอบฟอสเฟต (Phosphate compounds)

1. ชนิดของสารประกอบฟอสเฟต

ฟอสเฟตเป็นสารประกอบที่เตรียมได้จากกรดฟอสฟอริก ด้วยกระบวนการทำให้เป็นกลาง บางส่วนหรือทั้งหมด ด้วยโลหะไอออนของด่าง (Alkali metal ions) ส่วนมาจะเป็นพวก โซเดียม ไอออน โพแทสเซียมไอออน หรือแคลเซียมไอออน (Dziezak, 1990) โดยทั่วไปฟอสเฟตสามารถ จัดตามอนุพันธ์ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

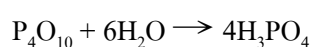
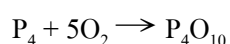
1.1 ออโรฟอสเฟต (Orthophosphates)

ออโรฟอสเฟตประกอบด้วยฟอสฟอรัส 1 อะตอม ล้อมรอบด้วยออกซิเจน 4 อะตอม (ตารางที่ 1) แบบโครงสร้าง tetrahedral พอลิเมอร์สามารถจัดเรียงตัวแบบเส้นตรง หรือแบบวงกลม สารประกอบของออโรฟอสเฟตจะมี three valences ที่สามารถถูกเติมด้วย ไฮโดรเจนอะตอม หรือ alkali metal cations หรือ องค์ประกอบของไฮโดรเจนและไอออนโลหะ โครงสร้างพื้นฐานของโมโนออโรฟอสเฟตจะมี อัลคาร์ไลน์มีเทลไอออน 1 ไอออน ไฮโดรเจน 2 อะตอม ไดเบสิกออโรฟอสเฟต จะมี อัลคาร์ไลน์มีเทลไอออน 2 ไอออน ไฮโดรเจน 1 อะตอม และไตรเบสิกออโรฟอสเฟต เป็น กลางด้วย มีเทลไอออน 3 ไอออน (Dziezak, 1990)

1.2 คอนเดนซ์ฟอสเฟต (Condensed phosphates)

คอนเดนซ์ฟอสเฟตสามารถผลิตจากการให้ความร้อนส่วนผสมของออโรฟอสเฟตภายใต้สภาวะควบคุม สามารถทำให้เกิดการรวมกันของฟอสฟอรัสอะตอม 2 ตัวหรือมากกว่า ผ่านการเชื่อมต่อดัวยออกซิเจน กลุ่มนี้ประกอบด้วยโครงสร้างโซ่ตรง และวงแหวนของฟอสเฟตที่เรียกว่า โพลีฟอสเฟต และเมตตะฟอสเฟต ตามลำดับ (Dziezak, 1990)

ฟอสเฟตผลิตจากการเผาหินฟอสเฟตที่อุณหภูมิสูง แล้วจะทำให้ได้ phosphoric anhydride (P_4O_{10}) หรือในรูปอย่างง่ายก็คือ phosphorus pentaoxide (P_2O_5) จากนั้นนำไปละลายน้ำได้เป็นกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ดังปฏิกิริยา



กรดฟอสฟอริกที่ได้ยังเป็นกรดระดับอุตสาหกรรม ต้องนำไปทำให้บริสุทธิ์ก่อน โดยการกำจัดอาร์เซนิก ออกไปด้วยการใช้ hydrogen sulfide

2. หน้าที่ของฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.1 การยับยั้งกิจกรรมของไอออนโลหะ (metal ions) ฟอสเฟตมีสมบัติเป็นสารจับโลหะ (Park, 2000) โดยที่ฟอสเฟตสามารถยับยั้งกิจกรรมของไอออนโลหะที่จะไปทำปฏิกิริยาทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย ซึ่งการยับยั้งสามารถทำได้ทั้งแบบทำให้ไอออนเกิดการตกตะกอน และการแยกออกไปจากอาหารโดยทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป หรือ โดยการทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนและ ให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ (Ellinger, 1975)

2.2 การรวมตัวกับสารออกานิกโพลีอิเล็กโทรไลต์ขององค์ประกอบอาหาร (organic polyelectrolyte food constituents) ในรูปของสารละลายฟอสเฟตจะเป็น polyvalent anions ซึ่งมีประจุลบ(negative charges) มากกว่า 1 ประจุ ส่วนไอออนฟอสเฟตมีประจุลบมากถึง 3 ประจุขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง และโพลีฟอสเฟตสามารถเป็นได้มากกว่าไอออนลบ สารโพลีฟอสเฟตสามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของอาหารได้หลากหลายซึ่งทำให้เกิดผลดีแก่อาหาร เช่น สามารถทำให้เกิดการดูดซับภายในพื้นผิวขององค์ประกอบ และส่งผลต่อจำนวนประจุที่พื้นผิวแล้วทำให้เกิดการไม่รวมตัวกันของตะกอน ทำให้เกิดการกระจาย ทำให้เกิดอิมัลชัน หรือทำให้เกิดการแขวนลอยขององค์ประกอบอาหาร (Van Wazer, 1971) ความสามารถของสารโพลีฟอสเฟตที่จะทำให้ตัวมันเองทำปฏิกิริยากับประจุบวกในส่วนของโมเลกุลใหญ่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการจับกับน้ำ และการเกิดเจลของโปรตีน ปรับปรุงความสามารถในการเกิดโฟมด้วยการเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีน สารโพลีฟอสเฟตยังช่วยเหนี่ยวนำให้เกิดการตกตะกอนและการไม่ละลายของโปรตีนสำหรับกระบวนการแยกโปรตีนได้ (Ellinger, 1972; Van Wazer, 1971) ความสามารถในการเป็นสาร polyelectrolyte ของโพลีฟอสเฟตโดยทั่วไปแล้วจะเพิ่มขึ้นตามความยาวของสายโมเลกุล (Ellinger, 1972)

2.3 การเป็นบัฟเฟอร์ หรือ สารควบคุมความเป็นกรดต่าง ความสามารถในการควบคุมระดับค่าความเป็นกรดต่าง ภายหลังจากที่มีการเติมกรด หรือด่าง คือ ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ สารออร์โธฟอสเฟต เช่น mono หรือ di-sodium phosphate และ โพลีฟอสเฟต เช่น sodium acid pyrophosphate จะมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ได้ดีสำหรับค่าความเป็นกรดต่างในช่วง 2-3 5.5 – 7.5 และ 10 – 12 (Van Wazer, 1971) แต่โพลีฟอสเฟตที่มีความยาวของโมเลกุลมากจะมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ต่ำลง และโพลีฟอสเฟตยังสามารถถูกใช้เป็นตัวเพิ่มหรือลดระดับพีเอชให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ ทั้งรูปของกรด เช่น monosodium phosphate monoammonium phosphate และ sodium acid pyrophosphate และรูปของด่าง เช่น di- และ tri-sodium phosphate sodium triphosphate และ tetrasodium pyrophosphate

การใช้ฟอสเฟตในกระบวนการแปรรูปอาหาร

การใช้ฟอสเฟตในกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และสัตว์น้ำ อาจใช้วิธีจุ่ม หรือนิดสารละลายฟอสเฟตเข้าไปในเนื้อ หรือผสมในรูปผงแห้ง การแปรรูปเนื้อสัตว์และสัตว์ปีกนิยมใช้วิธีการนิด เพื่อให้ฟอสเฟตแพร่กระจายในกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอ ในกุ้ง ปลา และสัตว์น้ำ แปรรูปอื่นๆ นิยมใช้วิธีการจุ่ม ส่วนการเติมในรูปผงนั้นนิยมใช้ในการผลิตไส้กรอกและซุริมิ จากรายงานของ Teicher (1990) กล่าวว่า สารประกอบฟอสเฟตที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และสัตว์น้ำ มากที่สุดได้แก่ sodium tripolyphosphates (STPP) โดยใช้เดี่ยวหรือผสมกับ sodium hexametaphosphate (SHMP) นอกจากนี้ยังมี sodium acid pyrophosphate (SAPP) และ tetrasodium pyrophosphate (TSPP) คุณสมบัติโดยทั่วไปของสารประกอบฟอสเฟตสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทั่วไปของโพลีฟอสเฟตบางชนิด

สมบัติ	STPP	SHMP	SAPP	TSPP
ความเป็นกรดเบส (1% solution, 25°C)	9.8	6.9	4.4	10.2
ความสามารถในการละลาย (g/100 g, solid/sol)	13	>60	13	6
P ₂ O ₅ (%)	58	67	64	53
Total Na ₂ O (%)	42	32	28	46

ที่มา: Teicher (1990)

Thorarinsdottir *et al.* (2004) ศึกษาผลของการเติมเกลือ ฟอสเฟต และโปรตีนต่อลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของเนื้อปลาสดแช่แข็ง วิธีการใช้ฟอสเฟตโดยการเตรียมเป็นสารละลายน้ำเกลือผสมแล้วฉีดเข้าไปด้านในของเนื้อปลาจากนั้นนำเนื้อปลาไปจุ่มในสารละลายความเข้มข้นเดียวกัน แล้วนำไปแช่แข็งแบบ plate freezer โดยที่องค์ประกอบของน้ำเกลือมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน ได้แก่ ฟอสเฟต 3 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 5 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน (โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง หรือโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาสด) 10 เปอร์เซ็นต์ เนื้อปลาแช่หลังจากแช่แข็งแล้วถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณผลได้หลังการทำให้ละลาย (yield after thawing) และ ปริมาณผลได้หลังการหุงต้ม (yield after cooking) drip loss ความสามารถในการจับกับน้ำ ฟิเอช และองค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณเกลือ และสารประกอบฟอสเฟตจะเป็นปัจจัยสำคัญของคุณภาพเนื้อปลาคอดแช่แข็ง โดยปริมาณผลได้ต่างๆ จะสูงขึ้นเมื่อใช้สารผสมระหว่างเกลือและฟอสเฟต

Johnsen *et al.* (2009) ศึกษาผลของฟอสเฟต และเกลือต่อกลิ่นเนื้อปลาสดทั้งชนิดดิบและสุก โดยเปรียบเทียบด้วยค่าความสามารถในการจับกับน้ำ ร่วมกับการตรวจสอบด้วย NMR (nuclear magnetic resonance) โดยการการใช้ฟอสเฟตหลายชนิดเปรียบเทียบกัน ได้แก่ mono-phosphate di-phosphate tri-phosphate และ hexametaphosphate การใช้จะใช้ในรูปของน้ำไบรน์ (brine) โดยผสมระหว่างน้ำ เกลือ และฟอสเฟต ซึ่งพบว่าสาร tri-phosphate และเกลือจะมีผลต่อค่าความสามารถในการจับกับน้ำมากที่สุดทั้งในเนื้อปลาดิบ และสุก ส่วนการตรวจสอบด้วย NMR จะเหมาะสมสำหรับตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ di-phosphate และ tri-phosphate

Thorarinsdottir *et al.* (2001) ศึกษาผลของฟอสเฟตต่อปริมาณผลได้ คุณภาพ และค่าความสามารถในการจับกับน้ำ ในกระบวนการแปรรูปปลาสดเค็ม การทดลองใช้เนื้อปลาคอดแล้และทำเค็มตามวิธีดั้งเดิมของไอซ์แลนด์แต่มีการเติมสารประกอบฟอสเฟตลงไปด้วย สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้มี 2 ชนิดคือ โพลีฟอสเฟต และสารฟอสเฟตผสมทางการค้าที่มีองค์ประกอบของโพลีฟอสเฟตแต่มีความยาวโมเลกุลต่างกัน (ยี่ห้อ Bristol 512) การผลิตทำได้โดยนำเนื้อปลาแล้มาแช่ในน้ำเกลือผสมฟอสเฟต เป็นระยะเวลานาน 3 วัน และนำไปทำแห้ง จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิเย็น 3-5 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ จากนั้นผลิตภัณฑ์ปลาคอดแล้เค็มจะถูกนำมาคืนรูปและเอาเกลือออกโดยการแช่น้ำ และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและองค์ประกอบทางเคมี ผลการทดลองพบว่า ในกระบวนการทำแห้งปลาคอดแล้เค็มที่แช่ด้วยสาร Bristol 512 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ ตัวอย่างที่แช่ด้วยโพลีฟอสเฟต และตัวอย่างควบคุม และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้โพลีฟอสเฟตจะต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการใช้สารฟอสเฟต แต่การทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่สามารถแยกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้

กลิ่นไม่พึงประสงค์หรือกลิ่นโคลน (Off-flavor)

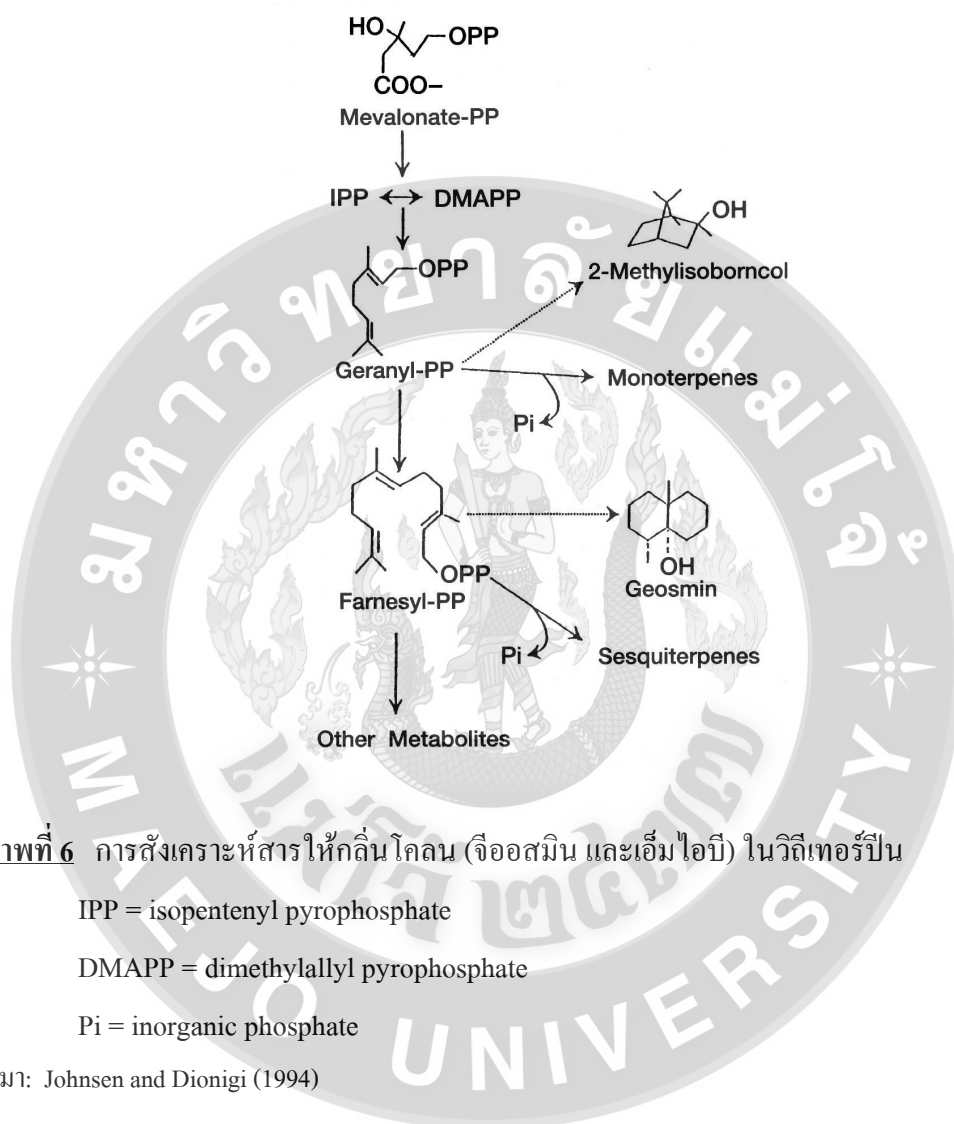
กลิ่นโคลน (musty/earthy off-flavor) ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมทางด้านประมงอย่างมาก เนื่องจากกลิ่นโคลนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสัตว์น้ำไม่ยอมรับ (Persson, 1982) โดยสัตว์น้ำที่พบปัญหาดังกล่าวได้แก่ ปลาหมออเมริกัน (Martin *et al.*, 1990) ปลาแซลมอล (Farmer *et al.*, 1995) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Yurkowski and Tabachek, 1974; Form and Horlyck, 1984) ปลาแฮร์ริง (herring) และปลาแคร์พ (carp) (Yurkowski and Tabachek, 1980) หอยกาบ (Tanchotikul and Hsieh, 1990) กุ้ง (Lovell and Broce, 1985)

กลิ่นโคลนเกิดจากสารที่จำเพาะเจาะจงหลายอย่าง ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ แต่สารที่เป็นตัวหลักที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนมี 2 ชนิด คือ จีออสมิน (1α , 10β -dimethyl-9 α -decalol: geosmin) และเอ็มไอบี (2-methylisoborneol: MIB) โดยเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์อิ่มตัว (Saturated cyclic tertiary alcohol) ที่สหายสี่เขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์ขึ้นในวิถีเทอร์ปีน (terpene pathway) โดยสารประกอบจีออสมินสร้างขึ้นจากสารประกอบฟานิล-ไพโรฟอสเฟต (Farnesyl-PP) และสารประกอบเอ็มไอบีสร้างขึ้นจากสารประกอบเจอร์านิล-ไพโรฟอสเฟต (Geranyl-PP) (Van Der Ploeg, 1989)

จีออสมินเป็นสาร secondary product จากปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ (isoprenoid pathway) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยจีออสมินจะเกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในคาโรทีนอยด์ พาทเวย์ (carotenoid pathway) และขั้นตอนการเกิดโฟโตเทล (phototial) ของคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) ดังนั้น จีออสมินจึงเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ ด้วยเหตุนี้ เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตที่จำกัดสารจีออสมินจึงถูกสะสมเพิ่มขึ้น แต่ที่พบว่าสัดส่วนของจีออสมินกับคลอโรฟิลล์ เอ จะมีความไม่แน่นอน ส่วนสารประกอบเอ็มไอบีถูกสังเคราะห์โดยไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ เช่นเดียวกับจีออสมินในสิ่งมีชีวิตกลุ่ม *Actinomycetes spp.* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Van Der Ploeg, 1989)

สารประกอบจีออสมิน (trans-1, 10,-dimethyl-trans-9-decalol) ($C_{12}H_{20}O$) และสารประกอบเอ็มไอบี (2-methylisoborneol) หรือ 1,2,7,7-tetramethylexo-bicyclo (2.2.1) heptan-2-ol ($C_{11}H_{20}O$) เป็นสารประกอบพวกแอลกอฮอล์อิ่มตัวที่ระเหยได้ โครงสร้างประกอบด้วยหมู่เมทิลและหมู่ไฮดรอกซิล (Izaguirre *et al.*, 1982) สารประกอบทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปคือ ละลายในไขมันได้ดี ไม่ชอบน้ำสูง เป็นสารแปลกปลอมสำหรับสิ่งมีชีวิต โดยกระจายตัวและสะสมในเนื้อเยื่อที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจะกำจัดออกได้ยากจึงก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่

พืงประสงค์ (Johnsen *et al.*, 1996) แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบทั้งสองชนิดไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (Dionigi *et al.*, 1993)



ภาพที่ 6 การสังเคราะห์สารให้กลิ่นโคลน (จืออสมิน และเอ็มไอพี) ในวิธีเทอร์ปีน

IPP = isopentenyl pyrophosphate

DMAPP = dimethylallyl pyrophosphate

Pi = inorganic phosphate

ที่มา: Johnsen and Dionigi (1994)

ปัญหากลิ่นโคลนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปลากินสารประกอบกลิ่นโคลนเข้าไปโดยตรง หรือมีการปนเปื้อนกับสิ่งที่ปลากิน หรือผ่านเข้าสู่ตัวปลาโดยการดูดซึมในส่วนของอวัยวะต่างๆ (Tanchotikul, 1990) สัตว์น้ำสามารถดูดซึมสารเมแทบอลิต์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนผ่านเหงือก หรือเนื้อเยื่อต่างๆ ที่สัมผัสน้ำ มากกว่าการกินสาหร่ายหรือแบคทีเรียที่ผลิตสารโดยตรง (Form and Horlyck, 1984) และไปสะสมอยู่ในร่างกายโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่มีไขมันสูง (Martin *et al.*, 1990) ส่วน Rungreungwudhikrai (1995) ที่พบว่าปลานิลจากบ่อเลี้ยงในภาคกลางมีความเข้มข้นของสารกลิ่นโคลนในเนื้อที่สูง เมื่อให้อาหารสำเร็จรูปพร้อมกับการใช้ปุ๋ยในบ่อ โดยบ่อที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีผลให้

ปริมาณสารกลีโคไลนในเนื้อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ส่วนบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวพบว่า มีผลให้สารกลีโคไลนในเนื้อปลาลดต่ำ

สำหรับสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลีโคไลนประกอบด้วยสกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. (Tabachek and Yurkowski 1976; Lovell and Broce, 1985; ชะลอ, 2536) ส่วนแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารจีโอสมิน และสารเอ็มไอบีได้แก่สกุล *Streptomyces* sp., *Nocardia* sp., *Actinomadura* sp. และ *Actinomycete* sp. สามารถสร้างกลีโคไลนหรือกลีโคไลนไม่พึงประสงค์ และสารพิษตกค้างในเนื้อปลาได้ (Sivonen, 1982; Martin *et al.*, 1988; Klapper, 1991; Yamada *et al.*, 1994) โดยเฉพาะสกุล *Streptomyces* sp. จะทำให้เกิดกลีโคไลน-รสที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด (Van Der Ploeg and Boyd, 1991)

Martin *et al.* (1990) ได้ทำการศึกษาการสะสมสารเอ็มไอบีเนื้อเยื่อของปลาคอดอเมริกัน (channel catfish) ขนาด 0.6–0.7 กิโลกรัม โดยฉีดสารละลายเอ็มไอบีเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เข้าไปในเส้นเลือดบริเวณใกล้หัวใจ จากนั้นทำการฆ่าปลาที่ระยะเวลา 2, 24 และ 96 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างจากอวัยวะส่วนต่างๆ ได้แก่ ตับ ไต ผิวหนัง เนื้อช่องท้อง และกล้ามเนื้อ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารเอ็มไอบี โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่าเนื้อเยื่อส่วนผิวหนัง และเนื้อท้อง ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่มีปริมาณไขมันสูง มีความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีสูงกว่าในเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ

Johnsen and Lloyd (1992) ได้ทำการศึกษาในปลาคอดอเมริกันขนาด 500 ± 100 กรัมที่มีปริมาณไขมันในระดับต่างกัน โดยได้นำตัวอย่างปลาที่ได้มาทำการแช่ในสารละลายเอ็มไอบี 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25.5 ± 1 องศาเซลเซียส แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างปลาที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเอ็มไอบีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และแมสสเปกโตรโฟโตเมตรี โดยแบ่งปลาเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีไขมันสูงกว่าร้อยละ 2 (2.5, 4.0 และ 6.0) และกลุ่มที่มีไขมันต่ำกว่าร้อยละ 2 (0.5, 1.0 และ 1.5) พบว่าหลังจากการแช่ในสารละลายเอ็มไอบี 24 ชั่วโมง สามารถตรวจพบสารเอ็มไอบีในเนื้อปลาที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 2.5, 4.0 และ 6.0 เท่ากับ 20.1, 24.3 และ 20.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

Casey *et al.* (2004) ได้ทำการทดสอบหากลีโคไลนในฟาร์มปลาคอดอเมริกัน (channel catfish) โดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธีการสกัดของแข็ง และวิธีเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่าปลาคอดอเมริกันที่ทำการสุ่มตรวจพบว่ามีสารประกอบเอ็มไอบีมีค่าอยู่ที่ 0.1 และ 0.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสารประกอบจีโอสมินมีค่าอยู่ที่ 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าปริมาณสารประกอบจีโอสมินมีปริมาณมากกว่าสารประกอบเอ็มไอบี

Lovell and Broce (1985) ทำการตรวจสอบหากลิ่นโคลนของประเทศเอกวาดอร์ ในปี 1983 พบปัญหาหากลิ่นโคลนเกิดขึ้น ซึ่งพบว่ามีสารประกอบจืออสมินที่มีความเข้มข้นสูงที่บริเวณก้นน้ำตื้น โดยมีความเข้มข้น 78 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสารประกอบจืออสมินที่สูงกว่าในปลา channel catfish ซึ่งมีปริมาณสารประกอบจืออสมินเพียง 9.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นโคลนที่มีความเข้มข้นสูง อาจเนื่องมาจากมีความเค็มของน้ำระหว่างเลี้ยงมีปริมาณความเค็มที่ลดต่ำลง ทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

Matsuyasu *et al.* (1996) ได้ทดสอบผลของสารประกอบจืออสมิน และสารประกอบเอ็ม-ไอปีต่อการพัฒนาการของหอยเม่น พบว่าระดับ IC_{50} ของสารประกอบจืออสมินที่มีผลต่อการปฏิสนธิของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนระดับ IC_{50} ของสารประกอบเอ็ม-ไอปีที่มีผลต่อการปฏิสนธิของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนระดับ IC_{50} ของสารประกอบจืออสมินที่มีผลต่อรูปแบบของการแบ่งเซลล์ของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และระดับ IC_{50} ของสารประกอบเอ็ม-ไอปีที่มีผลต่อรูปแบบของการแบ่งเซลล์ของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.58 มิลลิกรัมต่อลิตร

Yamprayoon and Noomhorm (2000) ได้ทำการศึกษาการดูดซึมและการแพร่กระจายทางชีวภาพของสารจืออสมินในปลานิล พบว่า การพักปลานิลในน้ำที่มีสารละลายจืออสมินเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลานิลจะค่อยๆ ดูดซึมสารจืออสมินเข้าสู่ตัวเพิ่มขึ้น โดยแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายปลา ตั้งแต่เวลา 0-72 ชั่วโมง

ชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารเอ็ม-ไอปีและจืออสมินในน้ำ ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจืออสมินหรือเอ็ม-ไอปีในน้ำก็จะมีความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) สาหร่ายในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญได้ดี ภายใต้สภาวะที่มีอากาศอยู่น้อย เนื่องจากหากสภาวะที่น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง จะส่งผลทำให้สาหร่ายกลุ่มนี้ไม่สามารถจับกับไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เมื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเติบโตและรวมตัวกันอย่างหนาแน่นบริเวณพื้นผิว ทำให้การส่องผ่านของแสงแดดลงสู่ด้านล่าง มีผลไปยับยั้งการเจริญของพืชน้ำชนิดอื่นๆ ที่ผลิตออกซิเจนในน้ำ (Milie *et al.*, 1992)

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการสะสมกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ ได้แก่ ปริมาณสารอาหารในน้ำ โดย Sivonen (1982) รายงานว่าในสภาวะที่ธาตุอาหารในน้ำสูงมาก (eutrophic water condition) ซึ่งเป็นผลมาจากการให้อาหารสัตว์น้ำที่มากเกินไป ส่งผลทำให้มีอาหารตกค้างภายในบ่อ หรือเกิดจากการเลี้ยงปลาที่หนาแน่นเกินไป และระบบการจัดการในการเลี้ยงที่ไม่ดี ก็เป็นสาเหตุทำให้มีการ

สะสมของธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่กักเก็บอยู่มาก ดังนั้นหากเพื่อป้องกันปัญหาควรมีการจัดการเกี่ยวกับระบบน้ำที่จะใช้ทำการเพาะเลี้ยง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงชีวภาพ (Yurkowski and Tabachek, 1980) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงช่วง 25–35 องศาเซลเซียส โดย Martin *et al.* (1987) พบว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ปลาเกิดโรคโคลนเกิดขึ้นได้ ส่วน Johnsen and Lloyd (1992) กล่าวว่า การดูดซึมและสะสมสารที่ก่อให้เกิดโรคโคลนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณไขมันในปลา โดยปลาที่มีปริมาณไขมันมากสามารถสะสมสารประกอบกลิ่นได้มากกว่าปลาที่มีไขมันต่ำ

การเพิ่มกำลังผลิตในบ่อปลาโดยการใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยช่วยก่อให้เกิดอาหารธรรมชาติที่อุดมด้วยคุณค่าและมีต้นทุนต่ำ แต่ก็มีข้อจำกัดและสิ่งที่จะต้องพิจารณาประกอบกันได้แก่ สามารถละลายน้ำได้ดีเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารอย่างเช่นปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ที่มีไนโตรเจน 20 และ 46 เปอร์เซ็นต์ และฟอสเฟต เช่น ซูเปอร์ฟอสเฟต มีอยู่ 16-18 เปอร์เซ็นต์ อัตราการใช้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้ 5-10 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ต่อไร่ การใช้ปุ๋ยอาจมีผลข้างเคียงเช่น ปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น ลดปริมาณกลิ่นและสาหร่ายพิษเช่น *Oscillatoria* sp. และ *Prymnostrum* sp. เป็นต้น นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น มูลวัวและไก่ที่ปราศจากเชื้อโรคก็นิยมใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตในบ่อ ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับ ออกซิเจนในน้ำ อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ (BOD) โดยประมาณ 40-80 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ต่อไร่

1. ปุ๋ยมูลสุกร ประโยชน์ของการใช้มูลสุกรในบ่อปลา มูลของสุกรจะเป็นอาหารของปลา สวายโดยตรง ลดต้นทุนการผลิตปลา สวายอย่างมากช่วยให้เพิ่มอาหารธรรมชาติให้แก่ปลาช่วยลดมูลสุกรที่ตกค้างอันจะก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคและพยาธิ ตัวคนและสุกรที่เลี้ยง

2. มูลของสัตว์ปีก (Poultry manure) ได้แก่ มูลไก่ เป็ดและห่าน ประกอบด้วยสารอินทรีย์และแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์ มูลสัตว์ปีกผุพังเร็วและไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดยูริกซึ่งพืชน้ำไม่สามารรถดูดซับไปใช้พลังงานประโยชน์ได้โดยตรง ปุ๋ยมูลสัตว์ปีกถูกเปลี่ยนแปลงให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มกำลังผลิตได้ดีหลังจากผ่านการหมัก ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสัตว์ปีกเฉลี่ยต่อตัวต่อปีแต่ละชนิดเฉลี่ยดังนี้ ไก่มีปริมาณ 5.0-5.7 กิโลกรัม เป็ดมีปริมาณ 7.5-10.0 กิโลกรัม และห่านมีปริมาณ 12.5-15.0 กิโลกรัม

โรคติดเชื้อที่พบบ่อยในปลานิล

1. เห็บระฆัง *Trichodina* sp. เป็นโปรโตซัวชนิดหนึ่งที่ดำรงชีพเป็นปรสิตในปลา เป็นสัตว์เซลล์เดียวที่มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงจึงจะเห็นรูปร่างของเห็บระฆังชัดเจน ถ้ามองด้านล่างจะเห็นเป็นวงกลมมีขน (cilia) อยู่รอบๆ ทำหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนที่ ภายในวงกลมจะมีแผ่นคูดเกาเรียกว่าจักร (denticulate) ประกอบด้วยฟันเล็ก ๆ ทำหน้าที่ช่วยในการเกาะติดกับตัวปลา ถ้ามองเห็บระฆังจากด้านข้างจะเห็นรูปร่างคล้ายระฆังคว่ำ ซึ่งเป็นที่มาของชื่อว่า เห็บระฆัง พบเกาะอยู่ที่บริเวณซีเหงือก ผิวหนังและครีบของปลาชะโด ปลาดุก ปลาช่อน ปลาสร้อย ปลานิล ปลาไหลยุโรป (Chitmanat และคณะ, 2005)

เห็บระฆังทำให้ปลาเป็นโรค trichodiniasis ปลาที่ถูกเห็บระฆังเกาะจะมีเมือกมาก อาจทำให้เก็ดหลุด ถ้าเกาะที่เหงือกมาก ๆ จะทำให้เหงือกกร่อน อาจมีการติดเชื้อแบคทีเรียได้ เห็บระฆังกินเนื้อเยื่อผิวหนังที่ถูกทำลายเป็นอาหาร ถ้าเห็บระฆังเข้าเกาะลูกปลานขนาดเล็กหรือปลาที่มีสภาพอ่อนแอจากสาเหตุอื่นๆ อยู่ก่อนแล้ว ปลาเหล่านี้จะมีความสามารถในการป้องกันตัวเองต่ำ จึงทำให้เห็บระฆังยังเพิ่มปริมาณขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่ปลาที่มีเห็บระฆังเกาะเป็นจำนวนมากจะทำให้ปลาที่มีสีซีดผิดปกติอันเนื่องมาจากการขับเมือกออกมามากและมีเซลล์ผิวหนังที่หลุดลุ่ย ครีบกร่อน ครีบแห้ว หนองคุด เหงือกกร่อนเน่า เชื้องซึม และลอยตัวอยู่ตามผิวน้ำหรือขอบบ่อ กินอาหารน้อยลง บางครั้งจะว่ายน้ำเอาตัวถูกับก้อนหิน พื้นบ่อหรือวัสดุในน้ำ ถ้าพบว่าปลาบางตัวในบ่อว่ายน้ำเอาตัวถูข้างบ่อ จะเป็นสัญญาณเตือนให้ทราบว่าปลาเกิดความระคายเคือง เนื่องจากมีปรสิตเกาะตามตัวปลา ควรรีบแช่ด้วยน้ำยาฟอร์มาลินเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของปรสิต

การรักษาปลาที่มีเห็บระฆังเกาะจนแสดงอาการผิดปกติต่าง ๆ ให้แช่ด้วยน้ำยาฟอร์มาลินในอัตรา 25 – 30 พีพีเอ็ม หรือ 25 – 30 ซีซีต่อน้ำหนึ่งลูกบาศก์เมตร หรือน้ำยาฟอร์มาลิน 40 – 48 ลิตรต่อบ่อขนาด 1 ไร่ ที่มีระดับน้ำลึก 1 เมตร (1 ไร่ = 1,600 ตารางเมตร) สำหรับในบ่อปูนหรือตู้กระจกเมื่อเชื้อเห็บระฆังถูกกำจัดหมดสิ้นไปด้วยฟอร์มาลินแล้ว อาจจะแช่ตามด้วยเกลือแกงในอัตรา 0.1 – 0.3% หรือ 100 – 300 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร นาน 3 – 5 วัน แต่ถ้าเป็นปลาที่เลี้ยงในบ่อดินควรจะปรับคุณภาพน้ำควบคู่ไปกับการแช่ฟอร์มาลินจะช่วยให้ปลาหายป่วยไวขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ฟอร์มาลินทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจึงควรมีการให้อากาศด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ด่างทับทิม 4 ppm ในการกำจัดเห็บระฆังมีผลทำให้ปลาไหลยุโรป (*Anguilla anguilla*) ตายถึง 60% (Madsen *et al.* 2000) จะเห็นว่า การใช้สารเคมีในการกำจัดเห็บระฆังทำได้ยาก จึงควรเน้นการป้องกันโดยการเตรียมบ่อที่ดี ไม่เลี้ยงปลาหนาแน่นจนเกินไป มีการใส่เกลือเพื่อช่วยลดความเครียดของปลาระหว่างการเลี้ยง

2. ปลิงใส ส่วนใหญ่พบเกาะอยู่ตามซঁเหงือกและบริเวณผิวหนัง ที่พบบ่อยในปลาน้ำจืด คือ ไจโรแดกทิลัส (*Gyrodactylus* sp.) และแดกทิโรไจรัส (*Dactyrogyrus* sp.) ส่วนปลิงใสที่มักพบใน ปลานิล ชื่อว่าซิคลิโดไจรัส (*Cichlidogyrus* sp.) ปลาที่มีปรสิตพวกนี้เกาะอาจจะมีสีตัวเข้มกว่าปกติ กินอาหารน้อยลง หากมีเกาะบริเวณซঁเหงือกในปริมาณมาก ทำให้เหงือกบวม อักเสบและการ แลกเปลี่ยนอากาศของปลาลดลง มีผลให้ปลาตายได้เช่นกัน พบปรสิตกลุ่มนี้ในปลาเกือบทุกชนิด วิธีการรักษาเช่นเดียวกับเห็บระฆัง คือ ใช้ฟอร์มาลิน 25–50 ซีซีต่อน้ำ 1,000

เอกรัฐ (2554) ได้ตรวจปรสิตปลิงใสบริเวณเหงือกปลาทับทิมที่เพาะเลี้ยงในกระชัง จ.ปทุมธานี พบปรสิตปลิงใส 6 ชนิด ได้แก่ *Cichlidogyrus halli*, *C. rognoni*, *C. sclerosus*, *C. thurstonae*, *C. tilapiae* และ *Scutogyrus longicornis* ปลิงใสทุกชนิดตรวจพบตลอดทั้งปี ยกเว้น *C. tilapiae* ที่ไม่พบในเดือนมีนาคมโดยปลิงใสชนิด *C. sclerosus* และ *C. halli* เป็นชนิดที่ พบในปลาตัวอย่างมากที่สุดร้อยละ 83.89 และ *C. tilapiae* พบในปลาตัวอย่างน้อยที่สุดร้อยละ 18.33 จากการศึกษาความหนาแน่นของปรสิตปลิงใสในปลา พบว่า เดือนพฤศจิกายนเชื้อปรสิตปลิงใส หนาแน่นมากที่สุด คือ 45.93 ตัวต่อปลา 1 ตัว ส่วนในเดือนมีนาคม พบอัตราการติดเชื้อปรสิตปลิง ใสต่ำที่สุดเท่ากับ 5.73 ตัว ต่อปลา 1 ตัว

3. *Streptococcus* spp. พบการระบาดครั้งแรกในปลาเรนโบว์เทราท์ที่ญี่ปุ่น (Inglis *et al.*, 1993) ต่อมาพบในปลานิลและปลานู ปลากระพง ปลาไหลญี่ปุ่น ก่อให้เกิดโรคระบาดช่วงหน้าหนาว มักก่อให้เกิดการติดเชื้อในปลาน้ำกร่อยและปลาทะเลมากกว่าปลาน้ำจืด *Streptococcus agalactiae* (β -hemolytic group B) ก่อให้เกิดโรคในปลากระบอกที่อุเวศ โดยเฉพาะในช่วงที่มี อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น อัตราตายสูงถึง 90% การติดเชื้อสเตรปโตคอคคัสทำให้เกิดภาวะติดเชื้อทั่ว ร่างกาย (Septicemia) สมองและเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (meningoencephalitis) เซลล์ตับเกิดการเสื่อม (vacuolar degeneration) และตาย อาการที่พบมีการตกเลือดบริเวณรอบปาก ท้อง ครีบและอวัยวะ ภายใน ตาโปน ปลากระพงขนาดเล็กกว่า 200–300 g จะติดเชื้อได้ง่ายกว่าปลาตัวโต เชื้อนี้สามารถ ติดต่อสูคนทางบาดแผล (Weinstein *et al.*, 1997)

เชื้อสเตรปโตคอคคัสเป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีความสามารถในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (alpha and beta hemolysis) ไม่สามารถสร้างเอนไซม์แคทาเลส (catalase negative) มีรูปร่างกลม (cocci) ต่อยาวเป็นสายโซ่ เชื้อสเตรปโตคอคคัสที่พบในสัตว์น้ำ ได้แก่ เชื้อ *S. iniae*, *S. agalactiae*, *S. parauberis* (Evans *et al.*, 2002, Shoemaker *et al.*, 2001, Baeck *et al.*, 2006) นอกจากนั้นเชื้อ *S. iniae* ยังเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถติดสูคน (zoonotic agent) ได้ด้วย (Lau *et al.*, 2003) Shoemaker and Klesius (1997) ได้ประมาณความสูญเสียอันเกิดจากการติดเชื้อสเตรปโตคอคคัส รว 150 ล้านดอลลาร์สหรัฐ

4. *Flavobacterium columnare* (*Flexibacter columnaris*) แบคทีเรียชนิดนี้อาศัยอยู่บนเมือกของปลาปกติและปลาที่เป็นโรค ปลาที่ติดเชื้อได้ง่ายเมื่อเกิดความเครียดจากการขนส่ง โดยเฉพาะในช่วงหน้าร้อน ปลาจะมีตัวดำงืดเป็นแถบ ๆ มีเมือกมากผิดปกติ ครีบกร่อน เหงือกกร่อน อาจมีการสร้างสารสีเหลืองเกิดขึ้นบริเวณบาดแผล แผลจะเกิดการตายของเซลล์ ป้องกันการระบาดของโรค โดยการลดความบอบช้ำจากการจับและคัดขนาดปลา ไม่เลี้ยงปลาหนาแน่น เยาวนิตย์และคณะ (2527) พบว่า การใช้ด่างทับทิม 20 มิลลิกรัมต่อลิตรสาในกระชังปลาจะพองที่เป็นโรค

5. *Edwardsiella* spp. มี 2 species คือ *Edwardsiella ictaluri* และ *Edwardsiella tarda* ก่อให้เกิดโรค Enteric septicemia of catfish (ESC) หรืออาจเรียกว่า hole-in-the-head เป็นโรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมากในปลาคู ปลากระพง ปลานิล อาการจะแตกต่างกันตาม species ของปลา ปลาไหลจะมีการว่ายน้ำเฉื่อยชา ลอยอยู่ตามผิวน้ำ มีการตกเลือดบริเวณด้านข้าง พบมีตุ่มแก๊สเกิด (gas pocket) ขึ้นบริเวณบาดแผล กล้ามเนื้อและผิวหนัง ตับ ไตและม้ามจะซีดและอาจพบฝี ส่วนในปลาอื่นๆ อาจพบว่า มีการตกเลือด ตาโปน มีบาดแผล ฝีในอวัยวะภายใน (Plumb, 1994)

6. โรค Epitheliocystis มีสาเหตุมาจากแบคทีเรียแกรมลบขนาดเล็กคล้ายริกเกตเซีย มักสร้างปัญหาในลูกปลานิลขนาดเล็ก หากติดเชื้อรุนแรงทำให้ปลาตายได้ ปลาที่เป็นโรคจะพบการติดเชื้อในเซลล์เหงือกจำนวนมาก มีลักษณะคล้ายซิสต์บริเวณเหงือกทำให้เกิดปัญหาในการแลกเปลี่ยนออกซิเจน เบญจพรและคณะ (2552) แนะนำว่า การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ใส่เกลือ 2 ppt หรือฟอร์มาลิน 30 ppm มีผลทำให้จำนวนซิสต์ บริเวณเหงือกลูกปลานิลลดลง การสร้างภูมิคุ้มกันแก่ปลานิล จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการป้องกันโรคสัตว์น้ำ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีการให้อาหารผสมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้สัตว์น้ำแข็งแรง โตเร็ว

ระบบภูมิคุ้มกันของปลา

การสร้างภูมิคุ้มกันเป็นขบวนการป้องกันร่างกายของสัตว์น้ำเพื่อการอยู่รอดในสภาพที่มันคุ้นเคย สัตว์ที่ไม่สามารถพัฒนาการสร้างภูมิคุ้มกันได้ก็จะตายไป โดยธรรมชาติแล้วปลาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังที่ด้อยพัฒนามากที่สุด แต่มันก็สามารถมีวิวัฒนาการในการสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากเชื้อโรคหรือปรสิตได้ ปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ไม่ต้องมีการพัฒนาการสร้างภูมิคุ้มกันให้มีประสิทธิภาพมากนัก เพราะเชื้อโรคต้องใช้เวลาในการฟักตัวนานกว่าปกติ แต่ถ้าเป็นปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและอยู่กันเป็นฝูง เชื้อโรคจะเข้าสู่ร่างกายปลาได้ง่ายและเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีระบบการสร้างภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพสูง

(Fishesfocus, 2547) หากปลาและเชื้อโรคอยู่รวมกันมาหลายชั่วอายุ ปลาในรุ่นถัด ๆ ไปจะสามารถสร้างภูมิคุ้มกันสำหรับโรคนั้นได้ ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นภายหลัง (acquired immunity) เกิดขึ้นได้โดยการที่ปลาถูกกระตุ้นโดยการสัมผัสกับ antigen จากเชื้อโรคก่อน เรียกวิธีการสร้างภูมิคุ้มกันแบบนี้ว่า active immunity และการ active acquired immunity จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อปลามีการติดเชื้อโรคโดยธรรมชาติหรือสัมผัสกับ antigen ของเชื้อขึ้นภายในร่างกาย (Fishesfocus, 2547)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Non-specific or Innate Immunity)

ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเป็นภูมิคุ้มกันที่มีมาตั้งแต่กำเนิด เป็นการปกป้องร่างกายด่านแรกจากสิ่งแปลกปลอม หรือเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ซึ่งมีรูปแบบที่ไม่จำเพาะเจาะจง และมีกลไกทั้งทางกายภาพ และชีวเคมี ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะประกอบด้วย ผิวหนังและเยื่อเมือกต่างๆ แมคโครฟาจ (Macrophage) natural killer cell (NK cell) ซึ่งมีบทบาทในการทำลายเซลล์มะเร็ง และเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส ไลโซไซม์ (lysozyme) ซึ่งช่วยทำลายเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและคอมพลีเมนต์ (complement) (อุษาศิริ, 2547) ภูมิคุ้มกันชนิดนี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดและอายุของสัตว์น้ำ สิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อการกระตุ้นหรือลดการทำงานของภูมิคุ้มกันชนิดนี้

ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (Specific or Acquired Immunity)

เมื่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะไม่สามารถต้านทานเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามารุกรานในร่างกายได้ ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะจะถูกชักนำ และได้รับการกระตุ้นเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อเชื้อโรคได้อย่างเฉพาะเจาะจง ทั้งนี้การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันอย่างจำเพาะนั้นต้องอาศัยกลไกการปกป้องอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการปรับตัวตามความเหมาะสม ลักษณะของการตอบสนองภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ คือ มีความสามารถที่จะจดจำสิ่งแปลกปลอม และยังคงจำสิ่งแปลกปลอมนี้ได้เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านสิ่งแปลกปลอม เมื่อสัมผัสในครั้งต่อไป เซลล์ภูมิคุ้มกันที่มีบทบาทสำคัญ คือ B และ T lymphocytes ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ภูมิคุ้มกันที่เป็นสารน้ำ (Humoral immunity) และภูมิคุ้มกันแบบเซลล์ (Cell mediated immunity, CMI) (อุษาศิริ, 2547)

อุปกรณ์และวิธีการ

โครงการย่อยที่ 1 : ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล
(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

การทดลองย่อยที่ 1: การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ
ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส

1.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Experiment) จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 48 ชั่วโมง แบ่งการทดลองออกเป็น 15 ชุดการทดลอง โดยติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส และใช้ปลานิลขนาด 6.5, 12.5, 25.0, 50.0 และ 100 กรัม ดังนี้

ชุดการทดลอง	ปลานิล (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
ชุดการทดลองที่ 1	6.5	24
ชุดการทดลองที่ 2		29
ชุดการทดลองที่ 3		34
ชุดการทดลองที่ 4	12.5	24
ชุดการทดลองที่ 5		29
ชุดการทดลองที่ 6		34
ชุดการทดลองที่ 7	25.0	24
ชุดการทดลองที่ 8		29
ชุดการทดลองที่ 9		34
ชุดการทดลองที่ 10	50.0	24
ชุดการทดลองที่ 11		29
ชุดการทดลองที่ 12		34
ชุดการทดลองที่ 13	100.0	24
ชุดการทดลองที่ 14		29
ชุดการทดลองที่ 15		34

1.2. วัสดุอุปกรณ์และปลาณิสที่ใช้ในการทดลอง

1.2.1. วิธีการเตรียมแพลงก์ตอน (น้ำเขียว) นำน้ำในบ่อเลี้ยงปลากรองด้วยผ้ากรอง แพลงก์ตอนขนาด 2 ไมครอน ขยายพันธุ์โดยใช้ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

1.2.2. ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับคือ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียสทำการควบคุมโดยอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสใช้เครื่อง chiller ควบคุม ส่วนที่ระดับ 29 และ 34 องศาเซลเซียสใช้เครื่องทำความร้อน (heater) ยี่ห้อ Shogun ขนาด 500 วัตต์ กระบะละ 2 ตัว ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.25 องศาเซลเซียส พร้อมติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิกระบะละ 1 ชุด

1.2.3. ใช้ปลาณิสขนาด 6.5, 12.5, 25.0, 50.0 และ 100 กรัม จำนวนขนาดละ 5 ตัว นำมาใส่ตู้กระจกที่ใช้ในการทดลองที่มีแพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ให้แสงในบริเวณทดลอง โดยใช้พลาสติกสีดำคลุมบ่อที่ทดลองเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ทำการตรวจปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ความหนาแน่นของน้ำเขียว (เซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง) และอัตราการกรองน้ำเขียว (เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง)

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol's solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

การทดลองย่อยที่ 2: การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน

2.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 60 วัน ในการศึกษาแบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง โดยใส่ปุ๋ยจากกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน ดังนี้

- การทดลองที่ 1 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 2 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 30 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 3 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 4 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 90 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 5 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 6 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 150 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 7 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 180 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 8 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์

2.2. วิธีการเตรียมบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 เตรียมบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร จำนวน 24 บ่อ ณ โรงเรือนเพาะเลี้ยงปลานิล คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.2.2 นำสารส้มมาแช่น้ำในบ่อซีเมนต์ ประมาณ 3-4 วัน แล้วจึงปล่อยน้ำทิ้ง จากนั้นนำน้ำเข้าบ่อซีเมนต์ โดยผ่านการกรองน้ำด้วยผ้าโอลอนแก้ว ที่ระดับความลึกของน้ำประมาณ 20 เซนติเมตร พร้อมทั้งมีการเติมอากาศ พร้อมติดตั้งชุดกรองน้ำในบ่อซีเมนต์ของแต่ละชุดการทดลอง

2.2.3 จากนั้นใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ตามลำดับ และใส่แพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ขนาด 2 ไมครอน จำนวน 10 ลิตร ปรับระดับน้ำที่ระดับความลึก 35 เซนติเมตร ของความสูงของบ่อซีเมนต์

2.2.4 ทำการตรวจนับปริมาณและวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ ทุกๆ สัปดาห์

2.2.5 ทำการทดลองจนครบ 60 วัน ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง บันทึกผลผลิตของปลานิลในแต่ละหน่วยการทดลองในบ่อซีเมนต์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมีและทางชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณความขุ่น ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส คลอโรฟิลล์ A และค่าความเป็นด่าง วิธีการเก็บและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยใช้วิธีของ Standard Methods (1982) ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกเดือน ได้แก่

เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์
1. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	Thermometer (YSI model 59)
2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	pH meter (HI 9812)
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(DO)	DO meter (YSI model 59)
4. ปริมาณความขุ่นของน้ำ	Multirole
5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)	Indophenol Blue Method
6. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)	Cadmium Reduction Method
7. ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)	Ascorbic Acid method
8. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll –a)	Spectrophotometric Determination
9. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	Titration Method

2. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุกๆ สัปดาห์ โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

การทดลองย่อยที่ 3: การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน
ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน

3.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Experiment) ในการศึกษาแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 30 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 90 วัน โดยให้อาหารปลานิลที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในปริมาณ X, Y และ Z ดังนี้

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)
1	0	X
2	2	X
3	2.5	X
4	3	X
5	3.5	X
6	4	X
7	4.5	X
8	5	X
9	5.5	X
10	6	X
11	0	Y
12	2	Y
13	2.5	Y
14	3	Y
15	3.5	Y
16	4	Y
17	4.5	Y
18	5	Y
19	5.5	Y

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)
20	6	Y
21	0	Z
22	2	Z
23	2.5	Z
24	3	Z
25	3.5	Z
26	4	Z
27	4.5	Z
28	5	Z
29	5.5	Z
30	6	Z

หมายเหตุ : X คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร

Y คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 200 ไมโครกรัมต่อลิตร

Z คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร

3.2. วิธีการเตรียมบ่อที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เตรียมบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร จำนวน 30 บ่อ ณ โรงเรือนเพาะเลี้ยงปลานิล คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.2.2 นำสารส้มมาแช่น้ำในบ่อซีเมนต์ ประมาณ 3-4 วัน แล้วจึงปล่อยน้ำทิ้ง จากนั้นนำน้ำเข้าบ่อซีเมนต์ โดยผ่านการกรองน้ำด้วยผ้าโอล่อนแก้ว ที่ระดับความลึกของน้ำประมาณ 20 เซนติเมตร พร้อมกับมีการเติมอากาศ พร้อมติดตั้งชุดกรองน้ำในบ่อซีเมนต์ของแต่ละชุดการทดลอง

3.2.3 จากนั้นใส่แพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ขนาด 2 ไมครอน ในปริมาณ X, Y และ Z แล้วปรับระดับน้ำที่ระดับความลึก 35 เซนติเมตร ของความสูงของบ่อซีเมนต์

3.2.4 ใช้ปลานิลขนาด 100.0 กรัม จำนวน 10 ตัวต่อชุดการทดลอง จำนวน 30 ชุดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของปลาในแต่ละหน่วยการทดลอง แล้วบันทึกผล และปล่อยปลานิลลงในบ่อซีเมนต์ที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในแต่ละชุดการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอด ทำการทดลองจนครบ 90 วัน ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง บันทึกผลผลิตของปลานิลในแต่ละหน่วยการทดลองในบ่อซีเมนต์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. ปัจจัยที่ทำการศึกษาด้านคุณภาพน้ำ

ตรวจสอบปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีภาพ และชีวภาพในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิล ทุก 30 วัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ความขุ่น โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A แอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธี Phenate method ไนเตรท-ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction method ไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method ออร์โธฟอสเฟต โดยวิธี stannous chloride method ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992) คลอโรฟิลล์-เอ คัดแปลงจากวิธี Lee (2000) ดังตารางที่ 5

2. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณผลผลิตของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังนี้

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{[\text{นน.เฉลี่ยสิ้นสุดทดลอง (กรัม)} - \text{นน.เฉลี่ยเริ่มทดลอง (กรัม)}]}{\text{นน.เฉลี่ยเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \ln \frac{[\text{น้ำหนักปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \text{น้ำหนักปลานิลเริ่มต้น (กรัม)}]}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}} \times 100$$

อัตราการแลกเนื้อ (food conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{นน.สิ้นสุดการทดลอง (กรัม) - นน.เมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}$$

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (%) (food conversion efficiency, FCE)

$$= \frac{\text{นน.สิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \text{นน.เมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}} \times 100$$

อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์) =

$$\frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

$$\text{ค่าพันธุ์ปลานิล (บาท)} = \frac{\text{น้ำหนักปลานิล (กรัม)} \times \text{ราคาของปลานิลต่อกิโลกรัม (บาท)}}{1,000}$$

$$\text{ค่าอาหาร (บาท)} = \text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด} \times \text{ราคาอาหารปลาต่อกิโลกรัม (บาท)}$$

$$\text{ผลผลิต (กรัม)} = \text{น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง} \times \text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}$$

*หมายเหตุ: คำนวณน้ำหนักปลานิลเป็นหน่วยต่อกรัม

$$\text{ต้นทุนการผลิต (บาท)} = \text{ค่าพันธุ์ปลานิล (บาท)} + \text{ค่าอาหาร (บาท)}$$

$$\text{ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท)} = \frac{\text{ต้นทุนการผลิต (บาทต่อบ่อซีเมนต์)} \times 1,000}{\text{น้ำหนักปลานิลสุดท้าย (กรัม)}}$$

$$\text{รายได้จากการขายปลานิล (บาท)} = \frac{\text{น้ำหนักปลานิลสุดท้าย (กรัม)} \times \text{ราคาปลานิลต่อกิโลกรัม (บาท)}}{1,000}$$

$$\text{กำไร (บาท)} = \text{รายได้จากการขายปลานิล (บาท)} - \text{ต้นทุนการผลิต (บาท)}$$

3. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุกๆ สัปดาห์ โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol's solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

โครงการย่อยที่ 2 : ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต

ระบบการย่อยอาหาร และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในลำไส้ พร้อมกับตัวอย่างน้ำ และตะกอนดินพื้นท้องน้ำ เพื่อแยกจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์บางชนิดที่มีศักยภาพที่จะเป็นเชื้อโปรไบโอติกส์ ได้ จากฟาร์มเพาะเลี้ยงต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย รวม 16 แห่ง

1. วัสดุในการแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

1.1 ปลานิล

1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.1 MRS (Lactobacilli MRS broth) บริษัท Hardy diagnostics

1.2.2 TSA (Tryptic Soy Agar) บริษัท Hardy diagnostics

1.2.3 BHI (Brain Heart Infusion Agar) บริษัท Hardy diagnostics

1.3 เหล็กเข็มเชิฐรูปวงกลม (Loop)

1.4 หลอดทดลอง

1.5 จานเพาะเชื้อ (Petri dish)

1.6 Cork borer ขนาด 0.5 มม.

1.7 น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

1.8 ขวดเก็บตัวอย่างดินและน้ำ

2. อุปกรณ์ในการแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

2.1 เครื่องมือผ่าตัด

2.2 ตะเกียงแอลกอฮอล์

2.3 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) บริษัท WTB binder รุ่น 78532 Tuttlingen/Germany

2.4 เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius รุ่น AC2115

2.5 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) บริษัท Becthai รุ่น Hirayama

2.6 Hot plate

2.7 ตู้แช่เชื้อ Lamina (Holten) รุ่น HVR 2448

3. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดิน

- 3.1 บ่อดินขนาด 400 ตร.ม.
- 3.2 กระชังขนาด 1 ตร.ม.
- 3.3 ลูกปลานิลขนาดความยาว 1 นิ้ว
- 3.4 เชือกฟาง
- 3.5 ปูนขาว
- 3.6 ไคโอสุบน้ำ
- 3.7 อาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลานิล

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการ

- 4.1 อุณหภูมิน้ำโดยใช้ Thermometer
- 4.2 pH โดย pH meter (บริษัท EUTECH INSTRUMENTSแบบตั้งโต๊ะ รุ่น Cyber scan pH510 ยี่ห้อ EUTEC)
- 4.3 ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolve doxygen) โดยวิธีการAzide modification (APHA, 1998)
- 4.4 ความเป็นด่าง (Alkalinity) (APHA, 1998)
- 4.5 แอมโมเนีย โดยวิธีการวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร (nm) โดยวิธีการ Phenol-hypochlorite Method

วิธีการวิจัย

ทำการเก็บตัวอย่างปลานิล เพื่อศึกษาเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในลำไส้ พร้อมกับตัวอย่างน้ำ และตะกอนดินพื้นท้องน้ำเพื่อแยกจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์บางชนิดที่มีศักยภาพที่จะเป็นเชื้อโปรไบโอติกส์ได้ โดยขั้นตอนต่างๆ มีดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างปลานิล

1.1 เก็บตัวอย่างปลานิลจากฟาร์มเพาะเลี้ยงต่างๆ รวม 16 แห่ง แบ่งเป็นฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ 5 แห่ง และฟาร์มในจังหวัดเชียงราย 11 แห่ง

สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่รวม 5 แห่ง ได้แก่

แหล่งที่ 1 ปลูกจาก ประมวลฟาร์ม (CM1) 13 หมู่ 5 ต.หนองจ่อม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

แหล่งที่ 2 ปลูกจาก อาจารย์อนันต์ฟาร์ม (CM2) 14 หมู่ 2 ต.ช่อแล อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่

แหล่งที่ 3 ปลูกจาก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ (CM3)

64 หมู่ 3 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

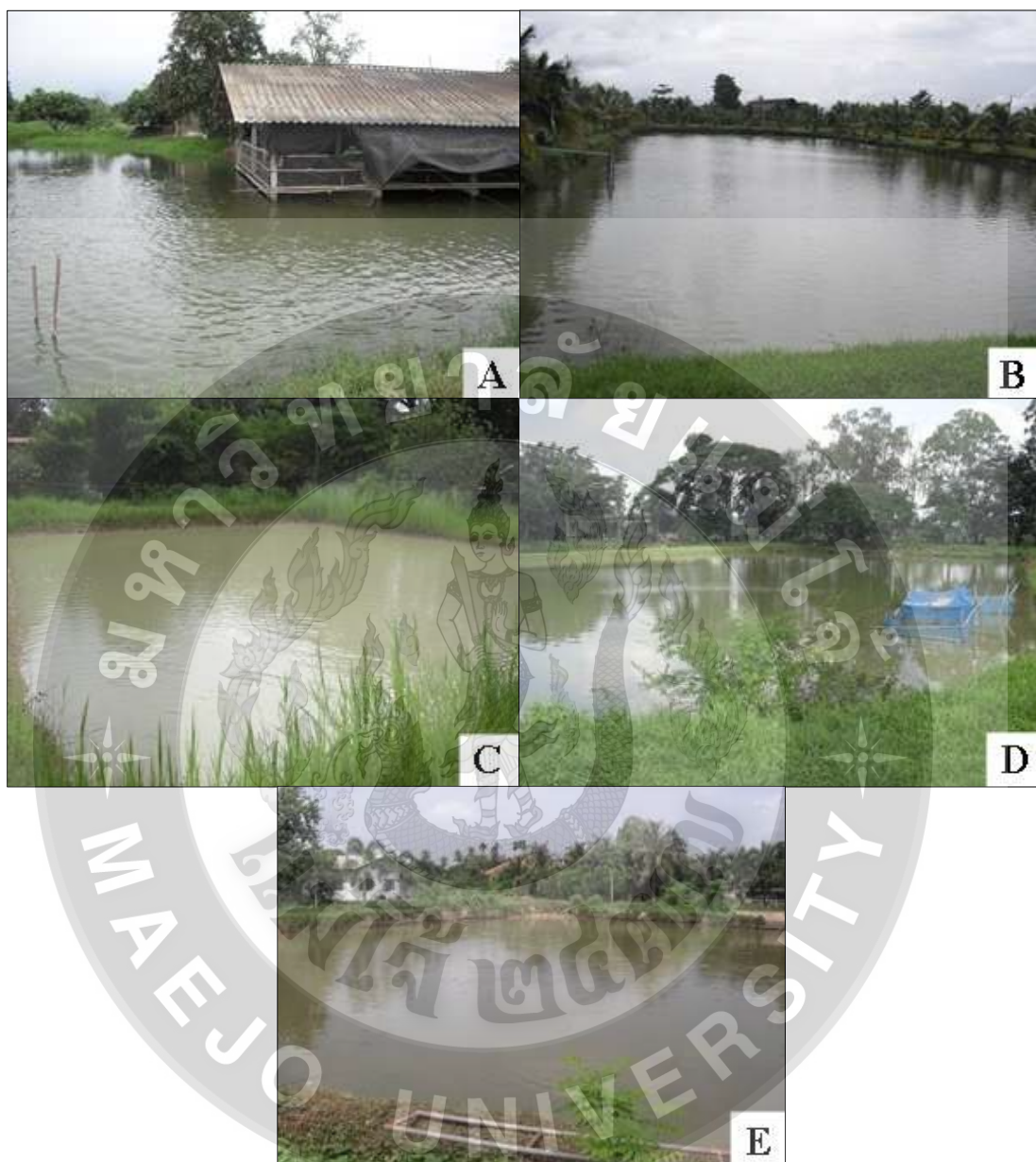
แหล่งที่ 4 ปลูกจาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ (CM4)

90 หมู่ 12 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

แหล่งที่ 5 ปลูกจาก บุญธรรมฟาร์ม (CM5) 30/1 หมู่ 5 ต.หนองจ่อม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

ตารางที่ 6 ลักษณะการเลี้ยงปลานิลจากฟาร์มในจังหวัดเชียงใหม่

ฟาร์มเลี้ยงปลานิล	ลักษณะการเลี้ยงปลานิล
1. ประมวลฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่อบนบ่อปลา มีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียว
2. อนันต์ฟาร์ม	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ลักษณะน้ำมีสีเขียว
3. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ม.แม่โจ้	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา ส่วนใหญ่เป็นอาหารธรรมชาติ โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปบางครั้ง
4. ศูนย์วิจัย และพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่	มีการเลี้ยงปลาชนิดอื่นในกระชัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียว
5. บุญธรรมฟาร์ม	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา ให้อาหารธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นบางครั้ง ลักษณะสีน้ำมีน้ำตาลอมเขียว



ภาพที่ 7 สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (CM1-CM5)

(A) ประมวลฟาร์ม (CM1)	(D) ศูนย์วิจัยประมงฯ (CM4)
(B) อาจารย์อนันต์ฟาร์ม (CM2)	(E) บุญธรรมฟาร์ม (CM5)
(C) คณะเทคโนโลยีการประมงฯ (CM3)	

สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงรายรวม 11 แหล่ง ได้แก่

แหล่งที่ 1 ปลูกจาก ลลิตตาฟาร์ม (CR1)

82/1 หมู่ 2 ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 2 ปลูกจาก แม่ควาโตนฟาร์ม (CR2)

119 หมู่ 2 ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 3 ปลูกจาก สงกรานต์ฟาร์ม (CR3)

290/6 หมู่ 15 ต.สันกลาง อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 4 ปลูกจาก ศักดิ์ฟาร์ม (CR4)

102 หมู่ 16 ต.สันกลาง อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 5 ปลูกจาก อภิรดีฟาร์ม (CR5)

77 หมู่ 4 ต.สันกลาง อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 6 ปลูกจาก ทวีฟาร์ม (CR6)

223/7 หมู่ 10 ต.สันกลาง อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 7 ปลูกจาก ทองคำฟาร์ม (CR7)

299 หมู่ 14 ต.เมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 8 ปลูกจาก จำนงค์ฟาร์ม (CR8)

732 หมู่ 14 ต.เมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 9 ปลูกจาก เอ็น เอส ฟาร์ม (CR9)

121 หมู่ 3 ต.เมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 10 ปลูกจาก นัยสิทธิ์ฟาร์ม (CR10)

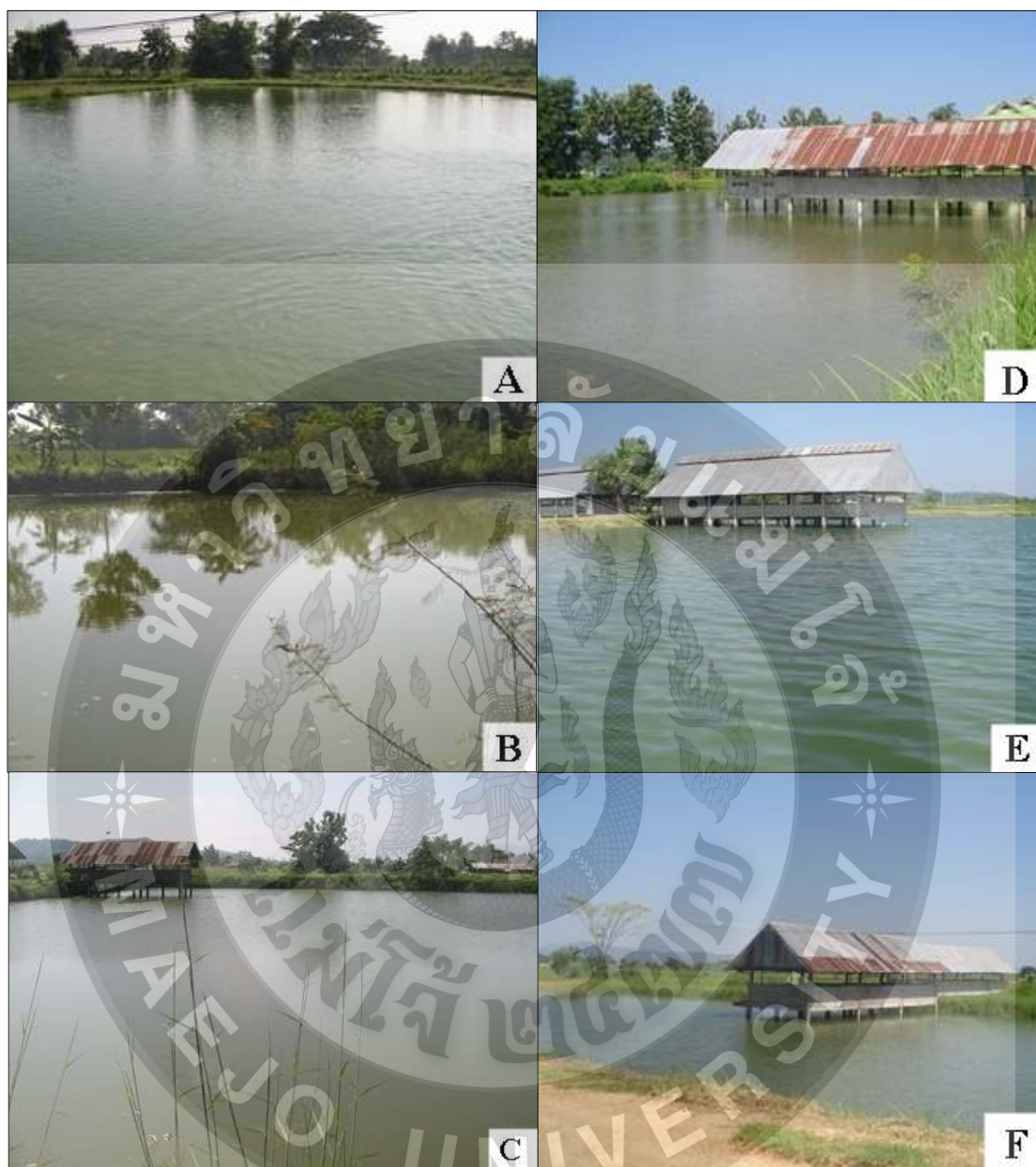
167 หมู่ 3 ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย

แหล่งที่ 11 ปลูกจาก หนองบัวฟาร์ม (CR11)

157 หมู่ 3 ต.แม่เป็น อ.พาน จ.เชียงราย

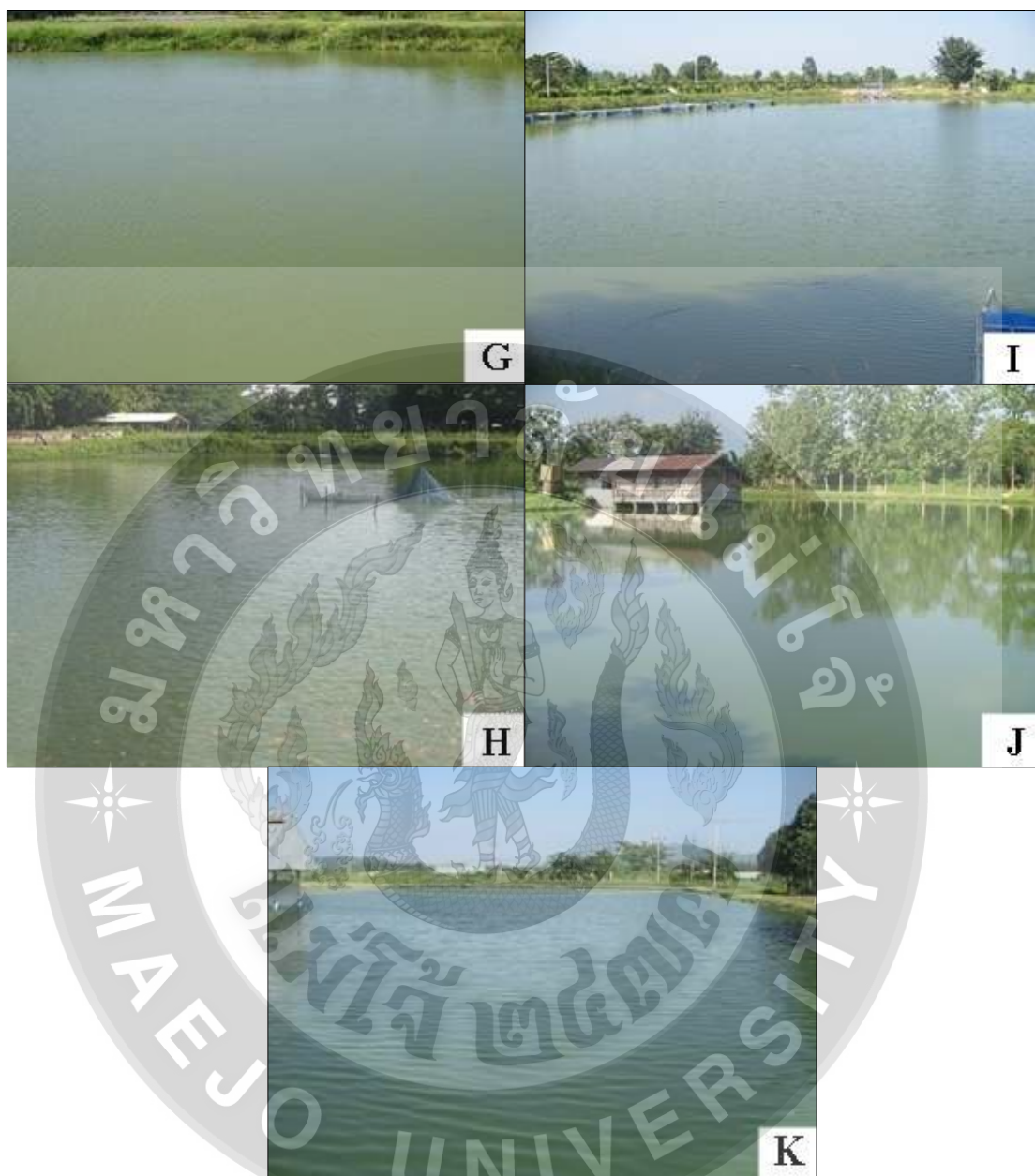
ตารางที่ 7 ลักษณะการเลี้ยงปลานิลจากฟาร์มในจังหวัดเชียงราย

ฟาร์มเลี้ยงปลานิล	ลักษณะการเลี้ยงปลานิล
1. ลลิตาฟาร์ม	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม
2. แม่ควาโดนฟาร์ม	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา โดยให้อาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม
3. สงกรานต์ฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลา ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม
4. ศักดิ์ฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลา ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีน้ำตาลอมเขียว
5. อภิรดีฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลา ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม
6. ทวีฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลา ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม
7. ทองคำฟาร์ม	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียว
8. จ่านงฟาร์ม	ไม่มีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นบนบ่อปลา โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียว
9. เอ็น เอส ฟาร์ม	มีการเลี้ยงปลาชนิดอื่นในกระชัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ลักษณะน้ำมีสีเขียว
10. นัยสิทธิ์ฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลาให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม
11. หนองบัวฟาร์ม	มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลา ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ลักษณะน้ำมีสีเขียวเข้ม



ภาพที่ 8 สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงราย (CR1-CR6)

(A) ลลิตาฟาร์ม (CR1)	(D) สักดีฟาร์ม (CR4)
(B) แม่ควาโตนฟาร์ม (CR2)	(E) อภิรดีฟาร์ม (CR5)
(C) สงกรานต์ฟาร์ม (CR3)	(F) ทวีฟาร์ม (CR6)



ภาพที่ 8 (ต่อ) สถานที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเชียงราย (CR7-CR11)

(G) ทองคำฟาร์ม (CR7) (I) เอ็น เอส ฟาร์ม (CR9)

(H) จำนงค์ฟาร์ม (CR8) (J) นัยสิทธิ์ฟาร์ม (CR10)

(K) หนองบึงฟาร์ม (CR11)

1.2 เก็บรวบรวมตัวอย่างปลานิลและบันทึกข้อมูลที่สำคัญบางประการ เช่น ตำแหน่งที่ตั้ง ลักษณะการเลี้ยง ชั่งน้ำหนักปลา และการวัดขนาดความยาวปลา อุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เป็นต้น

1.3 บันทึกข้อมูลที่จำเป็นเบื้องต้น เช่น ชื่อฟาร์ม ตำแหน่งที่ตั้ง เป็นต้น

ตารางที่ 8 น้ำหนัก และความยาวของปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย (Mean±SE)

ฟาร์มเลี้ยงปลานิล	น้ำหนักปลานิล (กรัม)	ความยาวปลานิล (ซม.)
1. ประมวลฟาร์ม	258.00±5.77	12.00±0.50
2. อนันต์ฟาร์ม	262.00±17.32	12.40±0.50
3. คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากร ทางน้ำ ม.แม่โจ้	255.00±9.29	11.20±0.20
4. ศูนย์วิจัย และพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่	260.00±10.00	12.20±0.68
5. บุญธรรมฟาร์ม	257.00±8.50	12.00±0.28
6. ลลิตาฟาร์ม	258.00±7.50	11.40±0.40
7. แม่คำวโตนฟาร์ม	257.00±11.01	11.20±0.52
8. สงกรานต์ฟาร์ม	262.00±4.04	12.60±0.65
9. ศักดิ์ฟาร์ม	255.00±7.63	11.00±0.50
10. อภิรดีฟาร์ม	259.00±7.09	12.00±0.50
11. ทวีฟาร์ม	260.00±2.51	12.40±0.50
12. ทองคำฟาร์ม	260.00±2.88	12.20±0.66
13. จ้างงฟาร์ม	256.00±4.16	11.00±0.50
14. เอ็น เอส ฟาร์ม	258.00±1.52	11.20±0.51
15. นัยสิทธิ์ฟาร์ม	261.00±3.00	12.80±0.57
16. หนองบัวฟาร์ม	258.00±2.00	11.00±0.28

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำบางประการจากฟาร์มเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย
(Mean±SE)

ฟาร์มเลี้ยงปลานิล	pH	อุณหภูมิ (°C)	DO (mg/l)
1. ประมวลฟาร์ม	8.02±0.01	28.40±0.07	6.00±0.11
2. อนันต์ฟาร์ม	8.06±0.02	29.80±0.15	7.80±0.10
3. คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากร ทางน้ำ แม่โจ้	8.08±0.03	29.60±0.17	12.6±0.15
4. ศูนย์วิจัย และพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่	8.46±0.08	30.80±0.20	8.60±0.05
5. บุญธรรมฟาร์ม	8.20±0.04	27.00±0.50	6.80±0.26
6. ลลิตาฟาร์ม	7.60±0.05	25.00±0.28	9.20±0.10
7. แม่ขาวโตนฟาร์ม	7.60±0.07	27.00±0.28	5.00±0.11
8. สงกรานต์ฟาร์ม	8.60±0.05	26.00±0.25	4.80±0.05
9. ศักดิ์ฟาร์ม	8.20±0.07	27.00±0.28	5.80±0.15
10. อภิรดีฟาร์ม	7.90±0.02	26.00±0.50	7.00±0.25
11. ทวีฟาร์ม	8.50±0.04	27.00±0.10	9.20±0.11
12. ทองคำฟาร์ม	7.70±0.00	28.00±0.28	6.40±0.11
13. จ้างฟาร์ม	7.60±0.04	27.00±0.23	9.80±0.05
14. เอ็น เอส ฟาร์ม	7.90±0.20	27.00±0.23	5.20±0.20
15. นัยสิทธิ์ฟาร์ม	7.60±0.01	25.00±0.49	6.80±0.15
16. หอนงบัวฟาร์ม	7.80±0.02	27.00±0.28	7.20±0.20

2. การแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลานิล

ทำการแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ภายในลำไส้ของปลานิล และคัดแยกเชื้อจากตัวอย่างดินและน้ำ โดยเพาะเลี้ยงบนอาหารMRSโดยคัดแยกจากโคลินี่ที่เกิดขึ้น ทำการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยใช้การย้อมสีแกรม เพื่อดูลักษณะรูปร่างเซลล์ และการจัดเรียงตัวของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.1 ขูดผนังลำไส้ส่วนต้น และลำไส้ส่วนปลาย โดยใช้ลูป เพาไฟเขี่ยเชื้อจนร้อนแดง แล้วนำมาผสมกับน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2.2 คูดเชื้อตัวอย่างมา 1 ml. โดยนำมาเจือจางแบบ Serial Dilution เจือจางไปเรื่อยๆ ตั้งแต่ 10^{-1} - 10^{-5} แล้วเขย่าให้เข้ากัน

2.3 นำเชื้อที่ dilution แล้วไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง MRS ที่เติม bromocresol green 0.004% เป็นอินดิเคเตอร์ โดยวิธีการทำให้เชื้อกระจาย (spread plate) บนอาหารแข็ง MRS จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2.4 นับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ได้ในแต่ละ Dilution โดยจำนวนโคโลนีอยู่ในระหว่าง 3-300 โคโลนี

2.5 คัดเลือกโคโลนีที่แยกได้มา ทำการขีดเชื้อ (Streak plate) ลงบนอาหารแข็ง TSA แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จนเกิดโคโลนีเดี่ยวๆ

2.6 นำโคโลนีที่เกิดขึ้น ไปตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยใช้การตรวจสอบการติดสีแกรม เพื่อดูลักษณะรูปร่างเซลล์ และการจัดเรียงตัวของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.7 แล้วนำเชื้อที่ได้มาทดสอบการยับยั้งเชื้อก่อโรคต่อไป

* การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในดินน้ำ ทำวิธีเช่นเดียวกับการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลา

3. การคัดแยกเชื้อก่อโรคในปลานิลที่เป็นโรค

สุ่มเก็บปลานิลที่เป็นโรค โดยส่วนที่ใช้ในการแยกเชื้อก่อโรค คือบริเวณบาดแผลบนลำตัว ตับ ไต ม้าม เป็นต้น เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง TSA คัดเชื้อที่เพาะเลี้ยงได้ไปตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยใช้การตรวจสอบการติดสีแกรม เพื่อดูลักษณะรูปร่างเซลล์ และการจัดเรียงตัวของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.1 นำลูป (Loob) เชี่ยเชื้อเผาไฟจนร้อนแดงใช้ลูปจุ่มหรือชุบบริเวณบาดแผล และตำแหน่งที่ต้องการ

3.2 จากนั้นนำเชื้อที่ได้มาทำการขีดเชื้อ (streak plate) ลงบนอาหารแข็ง TSA แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จนเกิดโคโลนีเดี่ยวๆ

3.3 เมื่อได้โคโลนีเดี่ยวๆแล้วนำไปตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยใช้การตรวจสอบการติดสีแกรม เพื่อดูลักษณะรูปร่างเซลล์ และการจัดเรียงตัวของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

4. การคัดเลือกและทดสอบเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่ยับยั้งเชื้อก่อโรคในปลานิล

การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ เพื่อหาประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรคในปลานิล ทำการศึกษาอัตราการเกิดโรคในปลานิล (in vivo test) โดยฉีดเชื้อก่อโรคที่คัดแยกได้ (รวมทั้งเชื้อโปรไบโอติกส์ที่คัดแยกได้) ความเข้มข้นที่

3×10^6 เซลล์ เข้าตัวปλανิทที่เตรียมไว้บริเวณช่องท้อง และให้อาหารลูกปλανิทขนาดเล็ก วันละ 2 ครั้ง ต่อวันทดลอง

4.1 นำเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่แยกได้ในขั้นตอนข้างต้นที่มีลักษณะโคโลนีต่างกัน มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคที่แยกได้จากปλανิทในข้อ 2 โดยวิธี Agar well diffusion (Chaveerach *et al.*, 2003)

4.2 โดยทำอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อที่แยกได้ลงบนอาหารแข็ง BHI จากนั้นทาบผิวหน้าอาหารแข็ง BHI ด้วยเชื้อก่อโรคที่ผสมอยู่ใน BHI Agar medium นำไปบ่มที่อุณหภูมิ $35-37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

4.3 หลังจากนั้น ตรวจสอบเชื่อว่าเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่แยกได้นั้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้หรือไม่ โดยดูจากวงใส (Clear zone) ที่เกิดรอบๆ หลุมหยดเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่แยกได้

4.4 ทดสอบประสิทธิภาพความสามารถของเชื้อที่แยกได้ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค โดยวิธี Agar well diffusion เพาะเชื้อที่แยกได้ใน BHI broth จนเชื้อเข้าสู่ Stationary phase

4.5 ทำการเตรียมเชื้อก่อโรคปลา โดยผสมซัสเพนชันของเชื้อก่อโรคลงใน BHI soft agar หลังจากให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว แล้วเจาะหลุมด้วย Cork borer ขนาด 0.5 mm

4.6 จากนั้นนำไปซัสเพนชันของเชื้อที่เจริญอยู่ใน BHI Broth มาหยดลงในหลุมที่เจาะไว้ นำจานเพาะอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ $35-37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

4.7 ตรวจสอบว่าเชื้อที่แยกได้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้ หรือไม่โดยสังเกตจากวงใสๆ (Clear zone) ที่เกิดรอบๆ หลุมที่เจาะไว้ แล้วบันทึกผลการทดลอง

5. การศึกษาปฏิบัติการเกิดการแตกของเม็ดเลือดแดง (Hemolysis)

ทดสอบการแตกของเซลล์เม็ดเลือดแดง โดยแบคทีเรียก่อโรคบางกลุ่มสามารถสร้างสารฮีโมไลซิน ซึ่งสามารถทำให้เม็ดเลือดแดงเกิดฮีโมไลซิสได้ โดยเฉพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร Blood agar plate ที่เติมเลือดแกะ 5% สังเกตการแตกตัวของเซลล์เม็ดเลือดแดง เชื้อโปรไบโอติกส์ที่เลือกจะต้องไม่ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงแตกตัว (Gamma hemolysis)

5.1 เตรียมอาหาร Blood agar base ทำการฆ่าเชื้อใน Autoclave ที่ 121°C ความดัน 10 ปอนด์ นาน 15 นาที จากนั้นรอให้เย็นที่ประมาณ $45-50^{\circ}\text{C}$ จึงเติม sterile sheep blood ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตร Media ที่เตรียมไว้เข้าเบา ๆ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทลงบน Plate ที่ Sterile รอให้ Media แข็งตัว แล้วเก็บที่ $2-8^{\circ}\text{C}$

5.2 ทำการฉีดเชื้อโปรไบโอติกส์ และเชื้อก่อโรคในปลานิล ที่ได้จากลำไส้ปลานิล และดินน้ำจากเชื้อที่ผ่านวิธีการทดสอบดูประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในปลานิลลงบน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 24-48 ชั่วโมง

5.3 ทำการเก็บข้อมูลผล hemolysis ในการตรวจผลการทดสอบ

- เบต้า ฮีโมไลซิส เกิดเคลียร์โซน รอบโคโลนีแบคทีเรีย
- แอลฟา ฮีโมไลซิส เกิดสีเขียวถึงสีน้ำตาลบริเวณรอบรอบโคโลนีของแบคทีเรีย
- แกมมา ฮีโมไลซิส ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงบนอาหาร Blood agar

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญ และการผลิตสารปฏิชีวนะ

6. การเพาะเลี้ยง และการติดตามการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

6.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญ และการผลิตสารปฏิชีวนะ

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในอาหารเหลว Nutrient broth เขย่าบนเครื่องเขย่า Rotary shaker ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที โดยให้มีปริมาณเชื้อตั้งต้นประมาณ 1×10^8 เซลล์/ml หรือวัดค่าความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเทียบเท่ากับ 0.5 McFarland

6.2 ศึกษาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ที่เหมาะสม

เติมเชื้อแบคทีเรียตั้งต้น 10% ลงในอาหารเหลว Nutrient broth ปรับสภาวะพีเอชต่างๆ ดังนี้ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่สภาวะอุณหภูมิปกติ ทดสอบการเจริญ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร จากนั้นนำอาหารเพาะเลี้ยงที่พีเอชต่างๆ กัน มาปั่นเหวี่ยง ให้เซลล์แบคทีเรียตกตะกอน ด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ ที่มีความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แยกอาหารส่วนใสออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปวัดค่าพีเอช และส่วนที่สองนำไปประสิทธิภาพการผลิตสารปฏิชีวนะ

6.3 การทดสอบความสามารถในการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

นำหัวเชื้อโปรไบโอติกส์แต่ละชนิด มาเลี้ยงลงในอาหาร TSB ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองพลาสติก จนมีอายุครบ 24 ชั่วโมง แล้วเทส่วนใสทิ้ง จากนั้นหยดสี Methylene Blue แล้วสังเกตการณ์เกาะกลุ่มด้วยตาเปล่า ทำ 3 ซ้ำ เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น 100 เปอร์เซ็นต์ ของการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในหลอดทดลอง

7. การตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ในปลานิล

ก่อนทำการศึกษาทดลองเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิลที่จะนำมาใช้ในการทดลองจริง จึงได้มีการทดลองในห้องปฏิบัติการในตู้ปลา และยืนยันว่าเชื้อที่ทำการคัดแยกได้เป็นเชื้อก่อโรคในปลานิลจริง โดยทำการเลี้ยงเชื้อก่อโรคที่ทำการคัดแยกได้มาเลี้ยงในอาหาร TSB ใช้ในปริมาณความเข้มข้นที่ 3×10^6 เซลล์ ของเชื้อก่อโรค แล้วนำมาฉีดเข้าตัวปลานิลที่เตรียมไว้บริเวณช่องท้อง และให้อาหารลูกปลานิลขนาดเล็ก วันละ 2 ครั้ง ต่อวัน มีวิธีการดังนี้

7.1 เตรียมตู้ปลาขนาด 25 x 50 x 30 ลบ.ซม. และน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลิน

7.2 เตรียมลูกพันธุ์ปลานิลขนาด 30 – 50 กรัม ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และทำการปรับสภาพปลานิลก่อนการทดลองเป็นเวลา 7 วัน ในตู้ปลาขนาด 25 x 50 x 30 ลบ.ซม. อัตราการปล่อยเลี้ยง 10 ตัว/ตู้ พร้อมกับการให้อาการตลอดเวลา และอาหารลูกปลาเล็กตลอดระยะเวลาการทดลอง

7.3 ทำการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่คัดแยกได้จากอวัยวะปลานิลที่ป่วยในอาหาร TSB นำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ $35 - 37^{\circ} \text{C}$ เวลา 24 ชั่วโมง

7.4 นำเชื้อที่เลี้ยงในอาหาร TSB มาทำการปรับความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้นให้ได้ ปริมาณ 3×10^6 เซลล์ ด้วยวิธีการ spread plate

7.5 นำเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว มาทำการฉีดเข้าปลานิลบริเวณช่องท้อง ใช้เข็มเบอร์ 1 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ใช้ฉีด 0.1 ml. ต่อตัว พร้อมกับการให้อาการตลอดเวลาตลอดระยะเวลาการทดลอง และให้อาหารลูกปลาคูเล็ก วันละ 2 มื้อ ต่อวัน ในเวลา 09.00 น. และ 15.30 น.

7.6 บันทึกการทดลอง โดยดูอัตราการตายของปลานิลในแต่ละวันของการทดลอง และลักษณะอาการของปลานิลที่แสดงออกหลังจากการได้รับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเข้าไป เช่น แผล เกร็ด พอง ครีบกร่อน ตกเลือด วายน้ำซำ และไม่กินอาหาร เป็นต้น

* การจัดการน้ำโดยทำการดูดของเสียในตู้ปลาทุกวันตลอดระยะเวลาในการทดลอง

8. การตรวจเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ในปลานิล

ทำการศึกษาทดลองเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิลก่อนจะนำมาใช้ในการทดลองจริงในปลานิลทดลอง จึงได้มีการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตู้ปลาขนาด 25 x 50 x 30 ลบ.ซม. มาใช้ในการทดลองในครั้งนี้ และยืนยันว่าเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ที่ทำการคัดแยกได้ไม่เป็นเชื้อก่อโรคในปลานิลจริง และส่งผลต่อการเจริญในปลา โดยทำการเลี้ยงเชื้อก่อโรคที่ทำการคัดแยกได้มาเลี้ยงในอาหาร TSB ใช้ในปริมาณความเข้มข้นที่ 1×10^8

เซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ แล้วนำมาฉีดเข้าตัวปลานิลที่เตรียมไว้บริเวณช่องท้อง และให้อาหารลูกปลานิลขนาดเล็ก วันละ 2 ครั้ง ต่อวัน มีวิธีการดังนี้

8.1 เตรียมตู้ปลาขนาด 25 x 50 x 30 ลบ.ซม. และน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลิน

8.2 เตรียมลูกพันธุ์ปลานิลขนาด 3-4 นิ้ว ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และทำการปรับสภาพปลานิลก่อนการทดลองเป็นเวลา 7 วัน ในตู้ปลาขนาด 25 x 50 x 30 ลบ.ซม. อัตราการปล่อยเลี้ยง 10 ตัวต่อตู้ พร้อมกับการให้อาหารตลอดเวลา และอาหารปลาขนาดเล็ก

8.3 ทำการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ที่คัดแยกได้จากลำไส้ปลานิล และดิน ในอาหาร TSB นำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 -37 °C เวลา 24 ชั่วโมง

8.4 นำเชื้อที่เลี้ยงในอาหาร TSB มาทำการปรับความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้นให้ได้ ปริมาณ 3×10^6 เซลล์ ด้วยวิธีการ spread plate

8.5 นำเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว มาทำการฉีดเข้าปลานิลบริเวณช่องท้อง โดยใช้เข็มเบอร์ 1 ใช้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ปริมาณ 0.1 ml. ต่อตัว พร้อมกับให้อาหารตลอดเวลา ตลอดระยะเวลาการทดลอง และให้อาหารปลาขนาดเล็กวันละ 2 มื้อ ต่อวัน ในเวลา 09.00 น. และ 15.30 น.

8.6 บันทึกการทดลอง โดยดูอัตราการรอดตายของปลานิลในแต่ละวันของการทดลอง และลักษณะอาการของปลานิลที่แสดงออกหลังจากการได้รับเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เข้าไป เป็นต้น

* การจัดการน้ำโดยทำการดูดของเสียในตู้เลี้ยง ทุกวันตลอดระยะเวลาในการทดลอง

9. การเตรียมหน่วยทดลอง (การเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง)

ใช้กระชัง 1 ตร.ม. กางในน้ำลึกประมาณ 1.5 เมตร โดยให้น้ำไหลเวียนน้ำในบ่อตลอดการทดลองและใช้บ่อดินขนาด 400 ตร.ม. รักษาระดับน้ำให้ลึก 1 ม. ตลอดการทดลอง

10. สัตว์ทดลอง (ปลานิล)

ใช้ลูกปลานิลขนาดความยาวประมาณ 1 นิ้ว ซื้อจากฟาร์มเชียงใหม่พัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในกระชัง ก่อนทำการสูมน้ำ และชั่งน้ำหนักปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงในกระชังที่ทำการทดลอง ให้อาหารสำเร็จรูปปลานิลกินพืชเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง

11. การศึกษาประสิทธิภาพอาหารที่ผสมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในการเพาะเลี้ยงปลานิล

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ความเข้มข้น 1×10^8 เซลล์ต่อกรัม โดยชุดควบคุมจะไม่ผสมโปรไบโอติกส์กับอัตราอาหารที่ให้กับ

จนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง ปล่อยปลาขนาด 1 นิ้ว ลงกระชังด้วยความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ตรวจวัดการเจริญเติบโต 14 วัน และทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำบางประการของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลา 4 เดือน ทำการจับปลามาตรวจวัดคุณภาพเนื้อ ลักษณะทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส

12. ทดสอบอัตราการรอด และการต้านทานเชื้อก่อโรค

ในการทดลองใช้ลูกปลาซึ่งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 44 กรัม โดยแบ่งลูกปลาออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารปลาปกติ ในขณะที่กลุ่มที่ 2 เลี้ยงอาหารปลาที่ผสมเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ในความเข้มข้น 1×10^8 เซลล์ต่อกรัมของอาหารปลาเป็นเวลา 15 วัน ก่อนนำมาทดสอบอัตราการรอดและการต้านทานเชื้อก่อโรค โดยการฉีดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 3 ชนิด ในปริมาณ 3×10^6 เซลล์ เข้าใต้ผิวหนังตรงบริเวณช่องของตัวปลา (Peritoneal cavity)

13. การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในกระชังทดลอง และ บ่อทดลอง เมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วันจนเสร็จสิ้นการทดลองได้แก่ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ด้วย Azide modification (APHA, 1998) Total ammonia โดยวิธีการ Phenol-hypochlorite Method วัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ส่วนค่าอุณหภูมิโดยใช้ Thermometer และ pH ทำการวัดด้วยเครื่อง pH meter (บริษัท EUTECH INSTRUMENTS แบบตั้งโต๊ะรุ่น Cyber scan pH510 ยี่ห้อ EUTEC)

14. การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิล องค์ประกอบของเนื้อปลา และอาหาร

14.1 ทำการเก็บตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักปลาในกระชัง ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง คำนวณค่าต่างๆ ได้แก่ อัตราการรอด SGR, FCR, PER, Total biomass increase, PPV และ PFV รวมทั้งองค์ประกอบของเนื้อปลานิล และสารอาหารในอาหารทดลอง

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

$$= 100 \times \left(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง} \right) / \text{จำนวนวันที่ทดลอง}$$

$$\text{ข. อัตราการรอด (Survival) \%} = \left(\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \right) \times 100 / \left(\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง} \right)$$

ค. อัตราการแลกเนื้อ (FCR) = น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (ก.)

น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)

ง. Protein efficiency ratio (PER) = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)

น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน (ก.)

จ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total biomass increase) กรัม

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ก.) - น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ก.)

ฉ. Productive Protein value (PPV) = (Protein gain (ก.) x 100

Protein fed (ก.)

ช. Productive Fat value (PFV)

= 100 x (Final carcass fat – Initial carcass fat) / Initial carcass fat

14.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง และเนื้อปลานิลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้

- วิเคราะห์โปรตีน โดย Micro-Kjeldahl
- วิเคราะห์ไขมัน โดยวิธี Dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method
- วิเคราะห์เยื่อใย โดยวิธี Fritted glass crucible
- วิเคราะห์เถ้า โดยการเผาใน Muffle furnace 550 °C 12 ชม.
- วิเคราะห์ความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105 °C 24 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1990)

15. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธีการของ Duncan's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5

โครงการย่อยที่ 3 : ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล

อุปกรณ์และวิธีการ

1.ด้านการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตา

1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.1.1 ตู้อบ
- 1.1.2 สาหร่ายเตาแห้ง
- 1.1.3 ผ้าขาวบาง
- 1.1.4 water bath
- 1.1.5 rotary evaporator
- 1.1.6 freeze dryer
- 1.1.7 หลอดทดลอง
- 1.1.8 spectrophotometer

1.2 สารเคมี

- 1.2.1 2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic acid (ABTS)
- 1.2.2 trolox
- 1.2.3 folin-Ciocalteu
- 1.2.4 โซเดียมคาร์บอเนต
- 1.2.5 gallic acid

2. ด้านการเพาะเลี้ยงปลานิล

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 2.1.1 กระชังขนาด 1.2 x 1.2 x 1.2 เมตร
- 2.1.2 สายอากาศ
- 2.1.3 สาหร่ายเตาผง
- 2.1.4 เครื่องให้อากาศ (Yamano AP-80)
- 2.1.5 อาหารปลานิลไฮเกรดชนิดเม็ดลอยน้ำ
- 2.1.6 พันธุ์ปลานิล
- 2.1.7 หัวทราย

- 2.1.8 ไม้ไฟ
- 2.1.9 ท่อลม
- 2.1.10 เครื่องบดอาหาร
- 2.1.11 เครื่องอัดอาหารเม็ดจมน
- 2.1.12 เชือก

3. ด้านการวัดการเจริญเติบโต

- 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์
 - 3.1.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 1 ตำแหน่ง
 - 3.1.2 กะละมัง
 - 3.1.3 สวิง
 - 3.1.4 ไม้บรรทัด

4. ด้านการประเมินระบบการทำงานของสารและเอนไซม์ด้านอนุมูลอิสระในปาลานิล

- 4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์
 - 4.1.1 กรรไกร
 - 4.1.2 ตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส (Hitachi)
 - 4.1.3 ตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส
 - 4.1.4 ตู้เย็น -80 องศาเซลเซียส
 - 4.1.5 ปากคืบ
 - 4.1.6 มีดผ่าตัด
 - 4.1.7 หลอดฉีดขนาด 1 มิลลิลิตร
 - 4.1.8 เข็มฉีดยาเบอร์ 20, 21, 23
 - 4.1.9 autoclave (Becthai hirayama)
 - 4.1.10 เครื่องปั่นเหวี่ยง
 - 4.1.11 เครื่องปั่นเหวี่ยง
 - 4.1.12 ไมโครปิเปต
 - 4.1.13 อลูมิเนียมฟอยล์
 - 4.1.14 micro tubes
 - 4.1.15 pipet tips

- 4.1.16 นาฬิกาจับเวลา
- 4.1.17 เครื่องให้สารผสม (Votex)
- 4.1.18 tissue rupture (Qiagen)
- 4.1.19 ตู้อบลอคเชื้อ
- 4.1.20 เครื่อง PCR (Biorad)
- 4.1.21 เครื่อง gel electrophoresis
- 4.1.22 เครื่อง gel documentation
- 4.1.23 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4.1.24 plate
- 4.2 สารเคมี
 - 4.2.1 น้ำกลั่น
 - 4.2.2 EDTA
 - 4.2.3 RIPA Buffer
 - 4.2.4 proteinase inhibitors
 - 4.2.5 mycophenolic acid (MPA)
 - 4.2.6 น้ำมันกานพลู
 - 4.2.7 Primer
 - 4.2.8 ชุดน้ำยาลำเร็จรูปในการทำ cDNA

วิธีการวิจัย

1. การตรวจคัดกรองทางพฤกษเคมี (phytochemical screening)

1.1 เก็บรวบรวมสาหร่าย

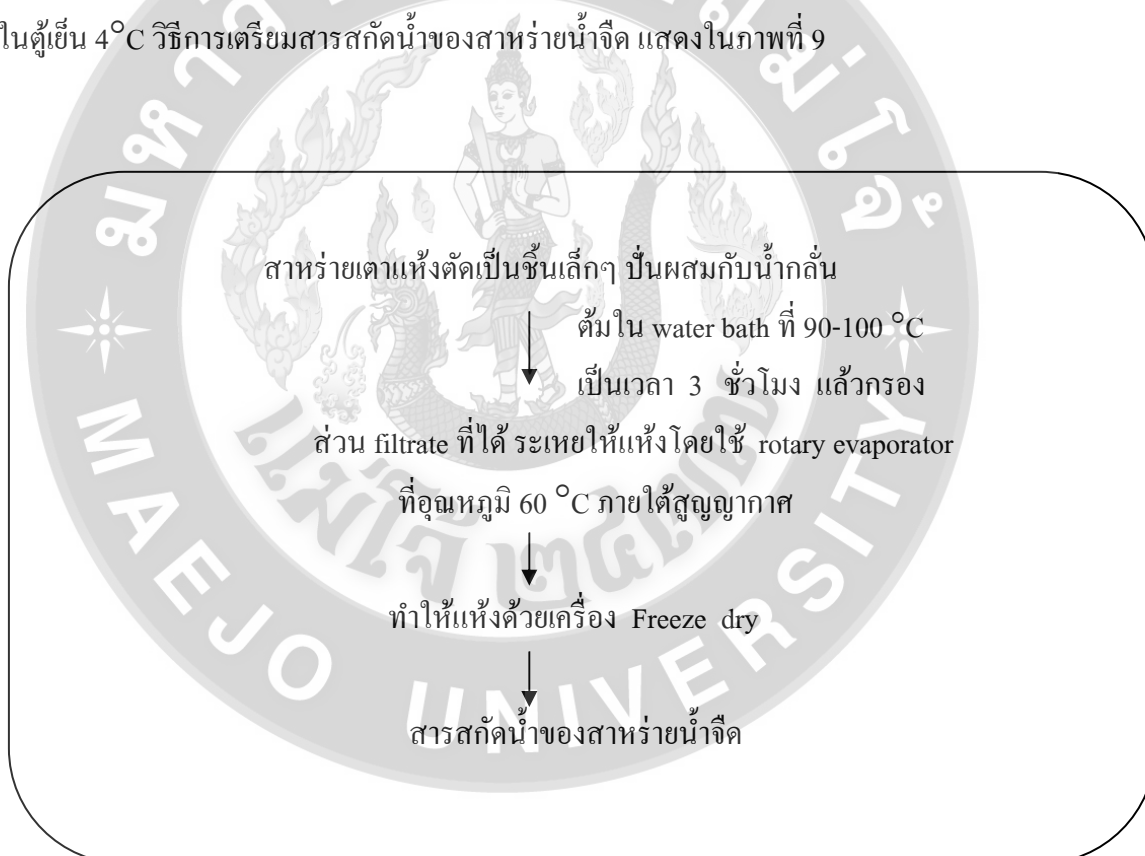
ทำการเก็บรวบรวมสาหร่ายในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเมษายน ฤดูฝนเก็บในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม และฤดูหนาวเก็บในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม จากบ้านนาคูหา ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ นำสาหร่ายที่เก็บได้มาล้างด้วยน้ำประปาหลายๆครั้งจนสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งลมให้มีความเหมาะสมแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง

1.2 พิสูจน์เอกลักษณ์ของสาหร่าย

โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ทั้งจากเซลล์ปกติ และเซลล์สืบพันธุ์ รวมถึงที่อยู่อาศัย (habitat) จากนั้นศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทำการตรวจสอบกับหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อการบ่งชี้ชนิด (species)

1.3 เตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตา

นำสาหร่ายแห้งตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปั่นผสมกับน้ำกลั่นนำไปต้มที่ 90-100 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอากากออก ส่วน filtrate ที่ได้ ระเหยให้แห้งโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60°C ภายใต้สุญญากาศทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dry เก็บสารสกัดน้ำของสาหร่ายที่ได้ในตู้เย็น 4°C วิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายน้ำจืด แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนภูมิแสดงวิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตา

1.4 การตรวจหาชนิดและปริมาณสารสำคัญในสาหร่ายเตา โดยทำ 3 ซ้ำ

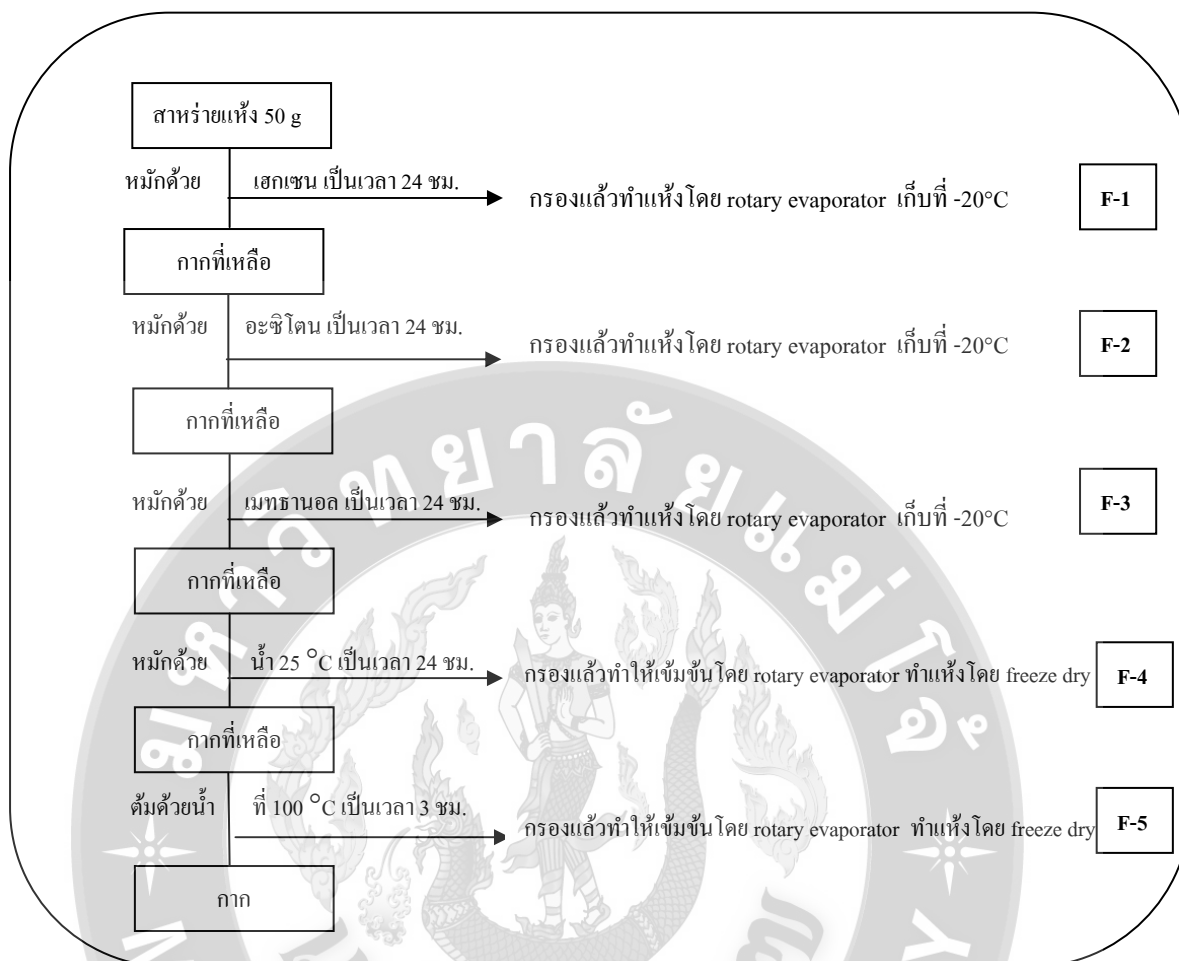
1) การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอล

ตรวจวิเคราะห์ปริมาณของโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดของสาหร่าย 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฝน และหนาว ทำการวิเคราะห์โดยใช้สารละลาย Folin-Ciocalteu ตามวิธีการของ Sachindra *et al.* (2010) โดยใช้ตัวอย่างที่ละลายในเมทานอล 0.1 ml ผสมกับ สารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 0.75 ml และนำไปบ่มที่ 37 °C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 6% ลงไป 0.75 ml ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่ 37°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดความยาวคลื่นที่ 750 นาโนเมตร คำนวณปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก โดยเทียบกับ gallic acid ปริมาณของสาร โพลีฟีนอลรายงานผลเป็น gallic acid equivalents (GAE)

2) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์

นำตัวอย่างสาหร่ายแห้ง 50 กรัม มาสกัดด้วยเฮกเซน อะซิโตน และเมททานอล เรียงตามลำดับ ใช้ตัวทำละลาย 500 มิลลิลิตร สกัดโดยใช้เครื่อง Soxhlet extractor เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสกัดซ้ำอีกครั้งด้วยวิธีการเดิม จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกันและกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 2 จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 °C เก็บตัวอย่างที่ได้ในขวดสีชาและเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจน จากนั้นนำไปแช่ที่ -20 °C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ กากที่เหลือนำไปสกัดด้วยน้ำ ในอัตราส่วนสาหร่าย:น้ำ เท่ากับ 1: 50 ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองตัวอย่างและสกัดกากที่เหลือด้วยวิธีการเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง นำสารละลายที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน และนำไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 °C และนำไปทำแห้งด้วย freeze dryer กากที่เหลือจากขั้นตอนนี้นำไปสกัดต่อโดยการต้มในขวดก้นกลมขนาด 2 ลิตร ที่ต่อด้วย condenser เป็นเวลา 3 ชั่วโมง กรองแยกสารละลายที่ได้ นำไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 °C และนำไปทำแห้งด้วย freeze dryer การสกัด F1-F3 เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสกัดสีออกจากสาหร่าย ส่วน F4-F5 เป็นวิธีที่ใช้ในการสกัดโพลีแซคคาไรด์ โดยสารที่ได้จะมีลักษณะต่างกันโดยเฉพาะในเรื่องของ molecular weight และปริมาณซัลเฟต ขั้นตอนการสกัดแบบลำดับส่วนแสดงในภาพที่ 6

ในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของ total carbohydrate ใช้วิธีการ phenol-sulfuric acid โดยใช้ D-glucose เป็นสารมาตรฐาน (Dubois *et al.*, 1956) ส่วนการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของซัลเฟตของสารสกัดใช้วิธีการ BaCl₂-Gelatin turbidimetric (Craigie and Wen, 1984) โดยใช้ K₂SO₄ เป็นสารมาตรฐาน



ภาพที่ 10 แสดงวิธีการสกัดลำดับส่วนของสาหร่ายเตา

2. การศึกษาผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระ

2.1 การเตรียมสาหร่ายเตา

นำสาหร่ายเตามาพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification) และเก็บรวบรวมให้เพียงพอต่อการวิจัย โดยนำสาหร่ายเตาสดที่เก็บมาได้มาล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้งจนสะอาด จากนั้นนำมาล้างให้มีความเหมาะสมแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง จากนั้นนำสาหร่ายเตาแห้งไปบดให้ละเอียดเพื่อเตรียมผสมในอาหารปลาต่อไป

2.2 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตา 3 ชนิด ในหลอดทดลอง (in vitro)

ทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูล ABTS (Scavenging activity of ABTS radical cation)

โดยดัดแปลงวิธีการของ Re *et al.* (1999) ดังนี้ ผสมสารละลาย 2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic acid (ABTS) ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กับ สารละลาย $K_2S_2O_8$ ความเข้มข้น 140 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 88 ไมโครลิตร ในขวดสีชา ตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จะได้ stock ABTS radical cation ก่อนการทดสอบเจือจาง stock ABTS radical cation ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 0.700 ± 0.05 ที่ความยาว คลื่น 734 นาโนเมตร เริ่มการทดสอบโดยเตรียมตัวอย่างสารสกัดน้ำสาหร่ายเตา ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง และใช้ น้ำกลั่น เป็นชุดควบคุม ต่อมาเติมสารละลาย ABTS ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาว คลื่น 734 นาโนเมตร หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา % inhibition หรือการยับยั้งอนุมูลอิสระ ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ Inhibition} = [(Abs_{\text{control}} - Abs_{\text{test sample}}) / Abs_{\text{control}}] \times 100$$

Abs_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

$Abs_{\text{test sample}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างทดสอบ

เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารทดสอบหรือสารสกัดน้ำสาหร่ายเตา 1 กรัมกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานคือ trolox ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอี ที่มีหน่วยเป็น mM หรือเรียกว่าค่า TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) ที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากัน

2.3 การเตรียมอาหารปลานิล

เตรียมอาหารสำเร็จรูปที่ผสมสาหร่ายเตา 3 ขนาดคือ 2.5, 5 และ 10% ซึ่งประกอบด้วย ปลา ป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว รำข้าว และสาหร่ายเตา โดยมีปริมาณโปรตีน 30 % อัตราอาหารที่ให้ ตลอดการทดลอง 3 % ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.)

2.4 การเตรียมปลานิล

ปลานิลอายุประมาณ 2 เดือนที่มีขนาดใกล้เคียงกันประมาณ 80-100 กรัม จากคณะ เทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ อัตราการปล่อย 50 ตัว/ตารางเมตร โดยนำปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังก่อน และให้อาหารสำเร็จรูปชนิดปลากินพืช เป็นเวลาอย่างน้อย 7-14 วัน

2.5 ศึกษาผลของสาหร่ายเตาต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองเป็น 4 หน่วยการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

หน่วยการทดลองที่ 1 อาหารที่มีสาหร่ายเตาเป็นส่วนผสม 0 เปอร์เซ็นต์

หน่วยการทดลองที่ 2 อาหารที่มีสาหร่ายเตาเป็นส่วนผสม 2.5 เปอร์เซ็นต์

หน่วยการทดลองที่ 3 อาหารที่มีสาหร่ายเตาเป็นส่วนผสม 5 เปอร์เซ็นต์

หน่วยการทดลองที่ 4 อาหารที่มีสาหร่ายเตาเป็นส่วนผสม 10 เปอร์เซ็นต์

ทำการตรวจการเจริญเติบโตเช่น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ จากแต่ละหน่วยการทดลองทุก 4 สัปดาห์ และเลี้ยงนาน 16 สัปดาห์

การคำนวณการเจริญเติบโต

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

= $\frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง}}$

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน

= $\frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวัน}}$

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)

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

อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

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

2.6 ศึกษาผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระในปลานิล

โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเลือด และเก็บตัวอย่างอวัยวะได้แก่ ตับ และไต เพื่อวัดระดับ Malondialdehyde (MDA) ที่บ่งบอกภาวะ oxidative stress วัดเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ catalase (CAT), glutathione (GSH), superoxide dismutase (SOD) จากแต่ละหน่วยการทดลองทุก 4 สัปดาห์

2.6.1 การวิเคราะห์หาปริมาณ MDA

เก็บตัวอย่างเลือดปลาที่เส้นเลือดบริเวณเหงือกหรือตำแหน่งบริเวณกระดูกสันหลังมา 100 – 150 ไมโครลิตรโดยใส่ในหลอดที่มี EDTA นำเลือดที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 13,000 g เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นดูดส่วนที่เป็น supernatant ไปใส่ใน new trip แล้วนำไปเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส (°C) เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป ส่วนตับและไตของปลาเมื่อแยกออกมาแล้วทำการ อย่างละ

0.04 กรัมใน 400 μ l ของ fresh Lytic buffer ที่มี protease inhibitor แล้ว homogenate tissue ประมาณ 20 strokes นำ lysed sample ไป centrifuge ที่ 1,600 g ที่ 4°C 10 นาที เก็บ supernatant ทั้งหมด ที่ -80°C ก่อนนำไปทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ MDA-TBAR โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปต่อไป

2.6.2 การวิเคราะห์ปริมาณกลูตาไธโอน

เก็บตัวอย่างเลือดปลาที่เส้นเลือดบริเวณเหงือกหรือตำแหน่งบริเวณกระดูกสันหลังมา ปริมาณ 100 – 150 ไมโครลิตร โดยใส่ในหลอดที่มี EDTA นำเลือดที่ได้ปั่นที่ความเร็ว 1,300 g ที่ 4 °C 10 นาที และเก็บส่วนกลาง (middle part) ที่เป็น erythrocytes (red blood cells) ที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงมา ใส่ใน microcentrifuge tube อันใหม่ และเติมน้ำเกรด HPLC ในอัตราส่วน 1:5 นำไปปั่นที่ความเร็ว 13,000 g ที่ 4 °C 10 นาที ดูดส่วน supernatant ที่ปั่นแล้วมาใส่ Metaphosphoric acid ในอัตราส่วน 1:1 นำไป vortex แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 g เป็นเวลา 4 นาทีที่อุณหภูมิห้อง เก็บส่วน supernatant เป็น erythrocyte lysate ที่ -20 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ GSH โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปต่อไป

2.6.3 การวัดปริมาณเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ ปริมาณเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น catalase (CAT), glutathione (GSH) และ superoxide dismutase (SOD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่บ่งบอกถึงภาวะ oxidative stress ทำโดยใช้เทคนิคทาง Polymerase chain reaction (PCR) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การสกัด Ribonucleic acid (RNA)

การสกัด RNA ของเนื้อเยื่อตับและไต ของปลานิลโดยใช้ชุดสกัดปริมาณ RNA (Amresco, OH, USA) โดยชั่ง 0.1 มิลลิกรัมของเนื้อเยื่อ ตับ ไต แล้วนำมาบดด้วยเครื่อง homogenizer ใน 1 มิลลิลิตรของ Amresco @ RNA extraction แล้วเติมคลอโรฟอร์มจะได้สารสกัดที่แยกเป็นสามชั้น โดยที่ RNA จะอยู่ชั้นบนสุดของสารสกัดข้างต้น หลังจากนั้นผสมด้วยแอลกอฮอล์ 70% เพื่อสกัด RNA ออกจากโมเลกุลอื่นและ ดูดสารที่ได้มาใส่ column หลังจากนั้นทำการล้างด้วยบัฟเฟอร์ และทำการดึง RNA ที่บริสุทธิ์ด้วยบัฟเฟอร์ออกจาก column ความบริสุทธิ์ของ RNA วัดด้วย Synergy H4 spectrophotometer (Biotek, VA, USA) ปริมาณของ RNA และความหนาแน่นของ RNA คำนวณจากการดูดกลืนแสงที่ 260/280 nm ความบริสุทธิ์ของ RNA ที่ยอมรับได้จะต้องอยู่ในช่วง 1.8 – 2.0 จะสามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

2) การสังเคราะห์ RNA เป็น cDNA

การสังเคราะห์ให้ RNA เป็น cDNA จะใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป iScript™ cDNA synthesis (Bio-rad, CA, USA) โดยเติม 1 ไมโครกรัมของปริมาณ RNA template ใต้งลงใน reaction mixture ที่มี cDNA master mix และ reverse transcriptase หลังจากนั้นทำการปั่นเหวี่ยง และนำเข้าเครื่อง PCR MJ Mini™ Gradient Thermal Cycler machine (Bio-Red, CA, USA) ในการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 5 นาที, 42 °C เป็นเวลา 30 นาที และ 85 °C เป็นเวลา 5 นาที

3) Polymerase chain reaction (PCR)

การทำ PCR จะใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป (Vivantis, Selangor Darul Ehsan, Malaysia) โดยเติม 0.5 ไมโครกรัมของ cDNA template ใน PCR mastermix ที่มีสารบัฟเฟอร์คือ tag polymerase และ specific primers ที่แสดงในตารางที่ 4 โดยที่การตั้งขั้นตอนการขยายของ DNA ไว้ที่ อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 2 นาที, 94 °C เป็นเวลา 2 วินาที, 58 °C เป็นเวลา 30 วินาที, 72 °C เป็นเวลา 30 วินาที และ 72 °C เป็นเวลา 7 นาที ที่ 25-35 รอบ ขึ้นอยู่กับการขยายของยีน ผลที่ได้จากการทำ PCR นำไป run ใน 2% Agarose gel eletropholysis และแถบที่เกิดขึ้นสามารถนำไปวัดปริมาณได้ด้วยโปรแกรม Image J จาก RSB NIMH/NIH, (MD, USA) โดยใช้ยีน actin เป็นตัวเปรียบเทียบ

การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อหาปริมาณของเอนไซม์ CAT และ SOD

เก็บส่วนกลาง (middle part) จากข้อ 2) ที่เป็น erythrocytes (red blood cells) ที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงมา 200 ul ใส่ใน microcentrifuge tube อันใหม่ และเติม HPLC water grade ในอัตราส่วน 1: 5 (~ 800 ul) นำไปปั่นที่ความเร็ว 10,000 g ที่ 4 °C 10 นาที ดูดส่วนบนของเลือดที่ปั่นแล้วมา 200 ul และใส่ MPA เข้าไปอีก 200 ul นำไป vortex บ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 g เป็นเวลา 4 นาทีที่อุณหภูมิห้อง เก็บส่วน supernatant เป็น plasma และ erythrocyte lysate ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงาน

ระยะเวลา 2 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2553- เดือนตุลาคม พ.ศ.2555

สถานที่ทำการวิจัย

- 1) คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- 2) ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 10 ลำดับไพรเมอร์และขนาดของ RT-PCR ในยีนที่ทำการศึกษา

CDNA	Gnnbank			RT-PCR
	Acesssion NO.	Forword primers	Reverse primers	product size
SOD	JF801727.1	5'TGGAGGCGGCCACATTA	5'AGCCACCGTAACAGCA GACAT	151 bp
CAT	GR657924.1	5'AGATCCATCAGGAAAG GCTCAA	5'GCAAAACGCAAGTGCT GACA	121 bp
GPx	GQ853451	5'CGACCTGACAGCTAAGC TGTTG	5'GGCGGAGTAGCGAGAA TGAA	151 bp
Actin	EU887951	5'TCTGGTCGTACCACTGG TATCG	5'AGGAGTAGCCACGCTCT GTCA	166 bp

SOD – superoxide dismutase; CAT – Catalase ; GPx – glutathione peroxidase ; Actin- β -actin

วิธีเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อเพื่อวิเคราะห์เอนไซม์

เมื่อแยกตับและไตของปลาออกมาแล้ว ให้ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้ออย่างละ 0.04 กรัมใน 400 μ l ของ fresh Lytic buffer ที่มี protease inhibitor แล้ว homogenate tissue ประมาณ 20 strokes นำ lysed sample ไป centrifuge ที่ 1,600 g 4°C 10 นาที เก็บ supernatant ทั้งหมด ที่ -20 °C (days) หรือ -80 °C (months) ก่อนนำไปทำ MDA-TBAR assay ส่วนตับและไตที่ตัดแล้วนำไปแช่ในไนโตรเจนเหลวเพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์แล้วนำไปเก็บที่ -80 °C เพื่อนำไปตรวจการแสดงออกของเอนไซม์ที่ด้านอนุมูลอิสระต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจะแสดงในรูปของ mean $\pm$ SE เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ One way ANOVA ตามด้วย post hoc test วิธีของ Tukey ด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

โครงการย่อยที่ 4 : การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัย เป็นการศึกษาวัสดุกรองเพื่อใช้บำบัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องจากการวิจัยในปีที่ 1 โดยได้ศึกษาอัตราการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน โดยได้อัตราการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตของปลานิลดีที่สุดคือการเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ที่มีความหนาแน่น 100 ตัวต่อตารางเมตร

ตารางที่ 11 การจัดหน่วยทดลอง

ชุดการทดลอง	วัสดุกรอง	จำนวนปลา(ตัว)	การปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน
1	ไบโอบอลล์	100	มี
2	หลอดกาแฟ	100	มี
3	อิฐ	100	มี
4	ฟองน้ำ/ใยกรอง	100	มี

1.การเตรียมบ่อ

ใช้บ่อซีเมนต์ ขนาด 2x3 เมตร จำนวน 12 บ่อ ล้างทำความสะอาดและตรวจสอบภาพบ่อเพื่อป้องกันการรั่วซึม เติมน้ำให้ได้ระดับที่ 80 เซนติเมตร ให้อากาศโดยใช้หัวทรายตลอดเวลา

2.การเตรียมลูกปลานิล

ใช้ลูกปลานิลอายุ 2 เดือน นำมาพักในบ่อทดลองเพื่อให้ลูกปลาปรับสภาพและคุ้นกับบ่อเลี้ยง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลานิลที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป ประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นคัดขนาดลูกปลาให้มีขนาดใกล้เคียงกัน สุ่มชั่งน้ำหนักและนับลงบ่อๆ ละ 100 ตัว

3.การจัดการอาหารและการให้อาหาร

การให้อาหารปลาในระหว่างการทดลอง แต่ละบ่อทดลองจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เช้าและเย็น โดยให้อาหารในอัตราส่วน 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หว่านให้ทั่วบ่อ และอาหารใช้เป็นอาหารเม็ดที่มีขายในท้องตลาด มีการปรับปริมาณการให้อาหารทุก 15 วัน ตลอดการทดลอง

จากนั้นวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารในอาหารทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หา โปรตีนโดย micro-Kjeldahl ไขมัน โดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method เยื่อใย โดยวิธี fritted glass crucible เถ้าโดยการเผาใน muffle furnace 550 °ซ นาน 12 ชม และ ความชื้นโดยการอบแห้งในตู้อบ 105 ° องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตามวิธีการของ AOAC (1990)

4.การจัดการน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การปรับปริมาณของน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิล ทำการเติมน้ำลงบ่อในกรณีปริมาณน้ำลดลงต่ำกว่า 80 เซนติเมตร ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ก่อนทดลอง และระหว่างการทดลองทุก ๆ 1 สัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลองครบ 3 เดือน โดยทำการศึกษาคูสมบัติของน้ำดังต่อไปนี้

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	pH meter(HI 9812)
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)	Azide modification
อุณหภูมิ (น้ำ, อากาศ)	Thermometer
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	Phenol method
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	Coupling method
ไนเตรท-ไนโตรเจน	Hydrazine nitrate
ฟอสฟอรัสรวม	Stannous chloride method
BOD (biochemical oxygen demand analysis)	Modified alkalized iodide
Total dissolved solids	ระเหยแห้ง 103-105 องศาเซลเซียส
Total suspended solids	GF/C อบด้วย Hot air oven
การนำไฟฟ้า (Electric conductivity)	Conductivity meter

5. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตปลานิล

ตรวจสอบการเจริญเติบโต และอัตราการรอดปลานิลโดยชั่งน้ำหนักลูกปลาบ่อละ 20 ตัว ก่อนการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาต่อตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และสุ่มปลาบ่อละ 20 ตัว หาน้ำหนักเฉลี่ยของปลาระหว่างการเลี้ยงทุก 15 วัน เก็บข้อมูลทั้งหมดจนจบการทดลองที่ 4 เดือน และนับอัตราการรอดของปลาแต่ละการทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองจากนั้นบันทึกและคำนวณข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำข้อมูลมาคำนวณเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่เพิ่มของปลา อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และอัตราการการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลา ดังนี้

5.1 น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (WT.GAIN)

$$= \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}$$

5.2 อัตราการเจริญเติบโต (ADG) กรัม/วัน

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทำการทดลอง}}$$

5.3 อัตราการรอด (Survival Rate) เปอร์เซ็นต์

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

5.4 อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

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

6. ขั้นตอนและการเตรียมระบบการเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียน

6.1 การเตรียมระบบการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน เตรียมอุปกรณ์ในระบบการปลูกพืชผักที่ไม่ใช้ดิน จำนวน 12 ชุด เป็นท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ประกอบด้วยข้องอสามทาง ถังเก็บน้ำ และรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้กรองน้ำและใช้บำบัดน้ำเสีย ทำการล้างท่อ PVC เพื่อทำความสะอาดประกอบเข้ากับระบบ โดยใช้ปั้มน้ำดูดน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาปล่อยลงในถังพักน้ำ ปล่อยลงในชุดอุปกรณ์ที่กรองตะกอน ผ่านลงชั้นกรองชีวภาพเสร็จแล้ว ไหลผ่านลงมาที่ระบบการปลูกพืชผักท่อ PVC ที่เตรียมไว้ จากนั้น น้ำที่ผ่านระบบการปลูกพืชผักจะไหลกลับไปยังบ่อซีเมนต์ที่ใช้เลี้ยงปลานิลต่อไป

6.2 การเตรียมกล้าพืชผัก เตรียมแผ่นฟองน้ำ ความหนา 1 นิ้ว นำมาตัดให้ได้ขนาดพอดีกับกับถาดที่ใช้เพาะ ใช้มีดกรีดฟองน้ำให้ได้ ขนาด 1x1 นิ้ว โดยกรีดไม่ให้ขาดออกจากกัน ทำรอยบากทแยงมุมความลึก ประมาณกึ่งกลางของฟองน้ำ แฉ่ฟองน้ำก่อนทำการเพาะเมล็ดพืชผัก ทำการหยอดเมล็ดพืชผักลงในช่องบาก 1 ช่อง ต่อ 1 เมล็ด เสร็จแล้วนำฟองน้ำที่หยอดเมล็ดพืชผักใส่ในถาดเพาะเมล็ดปิดฝาหรือเก็บไว้ในที่มืด 3 วัน เมล็ดจะเริ่มงอก จากนั้น ปล่อยต้นกล้าให้มีใบจริง 3 ใบ

6.3 การปลูกพืชผักและการจัดการดูแลเตรียมแผ่นโฟม ให้เป็นวงกลม ขนาดพอดีกับท่อ PVC ทำการเจาะรูเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้ได้ขนาด เท่ากับฟองน้ำที่เพาะต้นกล้า ขนาด 1 X1 นิ้ว เมื่อต้นกล้า มีใบจริง 2-3 ใบ ให้ฉีกฟองน้ำพร้อมต้นกล้าที่เพาะใส่ ลงในแผ่นโฟม แล้วใส่ลงระบบปลูกพืชผักที่ไม่ใช้ดินในท่อ PVC ที่เตรียมไว้

6.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการปลูกพืชผักการบันทึกและคำนวณข้อมูล เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำข้อมูลของพืชผัก มาคำนวณเปรียบเทียบความสูง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งหมด ดังนี้

ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง = ความสูงเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง – ความสูงเฉลี่ยเริ่มการทดลอง
อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ซม/วัน

$$= \frac{\text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทำการทดลอง}}$$

อัตราการรอด (Survival Rate) เปอร์เซนต์

$$= \frac{\text{จำนวนต้นพืชผักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนพืชผักเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

7. ขั้นตอนการเตรียมระบบกรองชีวภาพ

7.1 เตรียมถังด้ามมีฝาปิด ขนาด 20 ลิตร โดยเจาะรูด้านข้างเพื่อใช้ข้อต่อเกลียวเชื่อมถังให้ติดกัน จากนั้น ตัดใยสังเคราะห์ให้พอดีกับตะกร้าพลาสติก เพื่อนำตะกร้าพลาสติกวางลงในถังด้ามเพื่อใช้กรองน้ำเสียที่เป็นพวกตะกอนแขวนลอยผ่านการเลี้ยงปลาเตรียมวัสดุกรองด้านล่าง สำหรับการกรองชีวภาพซึ่งวัสดุที่ใช้ขึ้นอยู่กับแบบการทดลองแต่ละการทดลอง โดยใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงปลาผ่านการกรองเอาตะกอนออกในอีกถัง แล้วใช้จุลินทรีย์มายึดเกาะในวัสดุกรองถังที่สอง โดยใช้ปั๊มและอุปกรณ์สำหรับดูดน้ำในบ่อซีเมนต์ที่ผ่านการเลี้ยงปลานิล มาผ่านระบบกรองตะกอนและกรองชีวภาพในถังด้ามทั้งสองถังที่ผ่านระบบกรองชีวภาพจะเข้าไปในระบบการปลูกพืชผักที่ไม่ใช้ดินจากนั้นน้ำจะไหลกลับลงมาในบ่อซีเมนต์ใช้เลี้ยงปลาต่อไป

7.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพ

การบันทึกและคำนวณข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง นำข้อมูลของระบบการกรองชีวภาพ มาคำนวณเปรียบเทียบ ปริมาณตะกอนเพิ่ม เปรียบเทียบธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ได้แก่ N, P, K, Ca, Mg และ ธาตุอาหารรองได้แก่ B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo เปรียบเทียบคุณสมบัติของตะกอนโดยหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ดังนี้

8.การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0 แต่ในการทดลองแบบ factorial design หากพบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรีตเมนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติ จะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ T-Test

โครงการย่อยที่ 5 : ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่อผลผลิต

และคุณภาพของเนือปลานิลแล่แช่แข็ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

ปลานิลที่ใช้ในงานวิจัยนี้สั่งซื้อเนือปลานิลแล่แบบไม่ติดหนังจากบริษัทศักดิ์สิทธิ์ราชา อินเตอร์ฟิช จำกัด โดยโรงงานจะใช้ผู้ที่มีความชำนาญสูงในการแล่ปลา ซึ่งโรงงานใช้ปลานิลมีชีวิตจากบ่อเลี้ยงแถบจังหวัดนครปฐม และเพชรบุรี ขนส่งแบบปลาเป็นเข้ามาที่โรงงานที่ ตำบลบางกระเจ้า อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสาคร ปลานิลจะผ่านการฆ่าด้วยการใช้ปลายมีดแหลมแทงที่เหงือกของปลาและทิ้งให้เลือดปลาออกในถังน้ำซึ่งเป็นเทคนิคที่ทางโรงงานใช้ปฏิบัติ โดยโรงงานให้ข้อมูลว่าการนำเลือดปลาออกก่อนแล่เป็นการช่วยลดกลิ่นโคลนของปลา และจะทำให้เนือปลาขาวขึ้น ขนาดชิ้นของเนือปลานิลแล่มีขนาด 100-150 กรัมต่อชิ้น

เนือปลานิลแล่จะถูกรับบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ซ้อนกัน 2 ชั้น ถุงละ 1 กิโลกรัม วางเรียงในลังโฟมสลับกับน้ำแข็งเกล็ดเล็ก เพื่อขนส่งจากโรงงานที่ตำบลบางกระเจ้า อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสาคร มายังห้องปฏิบัติการภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร และทำการทดลองทันที รวมระยะเวลาขนส่งจากโรงงานมายังห้องปฏิบัติการไม่เกิน 1.5 ชั่วโมง

2. สารเคมี

2.1 sodium tripolyphosphate (STPP) Food grade (Haifa Chemicals Ltd., Thailand)

2.2 เกลือบริสุทธิ์ (refined salt) 99.99 % ยี่ห้อปรุททิพย์

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Precisa, 240 A, Switzerland)
- 3.2 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง (Shimadzu, Libror EB-3200D, Japan)
- 3.3 เครื่องวัดความเป็นกรดเบส (pH meter) (Metrohm, 744, Herisau, Switzerland)
- 3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบคู่ควบ (Thermocouple Thermometer)
- 3.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Stable Micro System, TA-HD, Surrey, UK)
- 3.6 เครื่องแช่แข็ง Mini Batch Freezer 100L (Bangkok Industrial Gas Co.,Ltd., Bangkok)
- 3.7 สารทำความเย็นไนโตรเจนเหลว
- 3.8 ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่แข็ง
- 3.9 ถุงโพลีเอทิลีนสำหรับแช่แข็ง (zip lock)
- 3.10 อุปกรณ์เครื่องครัวสำหรับการทำให้น้ำแข็งละลาย
- 3.11 แบบประเมินและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส
- 3.12 เครื่องคอมพิวเตอรืและโปรแกรมประมวลผลทางสถิติ ดูบความร้อน (Hot air oven)
- 3.13 เครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu UV-1700)
- 3.14 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer, Minolta CM 35000d)
- 3.15 อุปกรณ์เครื่องครัวสำหรับการทำให้น้ำแข็งละลาย
- 3.16 แบบประเมินและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิจัย

1. ผลิตปลานิลแช่แข็งตามสภาวะที่เหมาะสม

การใช้สารประกอบฟอสเฟตชนิดโซเดียมไตรฟอสเฟต (STPP) ในเนื้อปลานิลแช่แข็งก่อนนำไปแช่แข็ง จะใช้ในรูปแบบของสารละลาย ความเข้มข้นสารฟอสเฟต 1.40 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ผสมกับเกลือ 2.70 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เปรียบเทียบกับหน่วยทดลองเปรียบเทียบ (control) ใช้น้ำกลั่น

การดำเนินงานโดย แช่เนื้อปลานิลแช่ชนิดไม่ติดหนังในสารละลายฟอสเฟตเย็น 4°C นาน 115 นาที และนำขึ้นจากสารละลาย ทิ้งให้สะเด็ดน้ำในตะแกรงพลาสติก 1 นาที ใส่ถุงพลาสติก แช่ในน้ำแข็ง ระหว่างรอการแช่แข็ง กระบวนการแช่แข็งดำเนินโดยเรียงชั้นปลาบนตะแกรงสำหรับเข้าเครื่องแช่แข็ง ชั้นปลาแต่ละชั้นจะถูกแช่แข็งด้วยวิธี air blast freezing อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา ประมาณ 20 นาที จนอุณหภูมิจุดกลางชั้นปลาเป็น -30 องศาเซลเซียส และ glazing ด้วย

น้ำเย็น 1 องศาเซลเซียส 10 วินาที บรรจุถุง Ziploc ถุงละ 1 ชิ้น ส่วนหน่วยทดลองเปรียบเทียบทำเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนจากสารละลายฟอสเฟตเป็นน้ำกลั่น

เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็งในเดือนที่ศูนย์ โดยตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การตรวจวิเคราะห์ด้านเคมี

1.1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานของปลานิล

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ 934.01 AOAC (2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีของเจลดาล์ (AOAC., 2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Harbers, 2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยใช้ Soxhlet extraction

1.1.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter

1.1.3 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด

(Total Volatile Basic Nitrogen: TVB-N) ด้วยวิธี Conway's microdiffusion (Conway, 1962; Conway and Byrne, 1933)

1.1.4 วิเคราะห์ปริมาณกรดไทโอบาบิทริก (Thiobarbituric acid; TBA)

1.1.5 ปริมาณฟอสเฟต ตามวิธีของ 986.24 AOAC (2005)

1.2 การตรวจวิเคราะห์ด้านกายภาพ

1.2.1 วัดสีด้วย Spectrophotometer, Minolta CM 35000d

1.2.2 วัดค่าเนื้อสัมผัสเนื้อปลาสดหลังการทำละลายด้วย texture analyzer คัดแปลงตามวิธีของ Hernández et al. (2009)

1.2.3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Gain weight) คำนวณได้จากน้ำหนักเนื้อปลาแช่ก่อนและหลังแช่ในสารละลายฟอสเฟต ตามวิธีของ Rattanasatheirn et al. (2008)

1.2.4 การสูญเสียหลังจากการทำละลาย (Drip loss) ตามวิธีของ Duan et al. (2010)

1.2.5 การสูญเสียหลังจากการหุงต้ม ตามวิธีของ Rattanasatheirn et al. (2008)

1.2.6 ปริมาณผลได้หลังจากการหุงต้ม (Cooking yield) ตามวิธีของ Rattanasatheirn et al. (2008)

1.2.7 วัดค่าเนื้อสัมผัสเนื้อปลาสดหลังการทำละลายด้วย texture analyzer คัดแปลงตามวิธีของ Hernández et al. (2009)

1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน โดยทดสอบความชอบในคุณลักษณะของ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของ เนื้อปลาแล่ดิบที่ผ่านการทำละลาย การทดสอบความชอบเนื้อปลานิลแล่สุกในคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส

2. ศึกษาผลของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งระหว่างเก็บรักษา

การเก็บรักษาสัตว์น้ำเนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง โดยเก็บรักษาสัตว์น้ำเนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 เดือน และสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มา วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง ทุก ๆ เดือน โดยมีการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1 การตรวจวิเคราะห์ด้านเคมี

- 2.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ 934.01 AOAC (2000)
- 2.1.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter
- 2.1.3 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Basic Nitrogen : TVB-N) ด้วยวิธี Conway's microdiffusion (Conway, 1962; Conway and Byrne, 1933)
- 2.1.4 วิเคราะห์ปริมาณกรดไทโอบาบิทริก (Thiobarbituric acid; TBA)
- 2.1.5 ปริมาณฟอสเฟต ตามวิธีของ 986.24 AOAC (2005)

2.2 การตรวจวิเคราะห์ด้านกายภาพ

- 2.2.1 วัดสีด้วย Spectrophotometer, Minolta CM 35000d
- 2.2.2 วัดค่าเนื้อสัมผัสเนื้อปลาสดหลังการทำละลายด้วย texture analyzer คัดแปลงตามวิธีของ Hernández et al. (2009)
- 2.2.3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Gain weight) คำนวณได้จากน้ำหนักเนื้อปลาแล่ก่อนและหลังแช่ในสารละลายฟอสเฟต ตามวิธีของ Rattanasatheirn et al. (2008)
- 2.2.4 การสูญเสียหลังจากการทำละลาย (Drip loss) ตามวิธีของ Duan et al. (2010)
- 2.2.5 การสูญเสียหลังจากการหุงต้ม ตามวิธีของ Rattanasatheirn et al. (2008)
- 2.2.6 ปริมาณผลได้หลังจากการหุงต้ม (Cooking yield) ตามวิธีของ Rattanasatheirn et al. (2008)

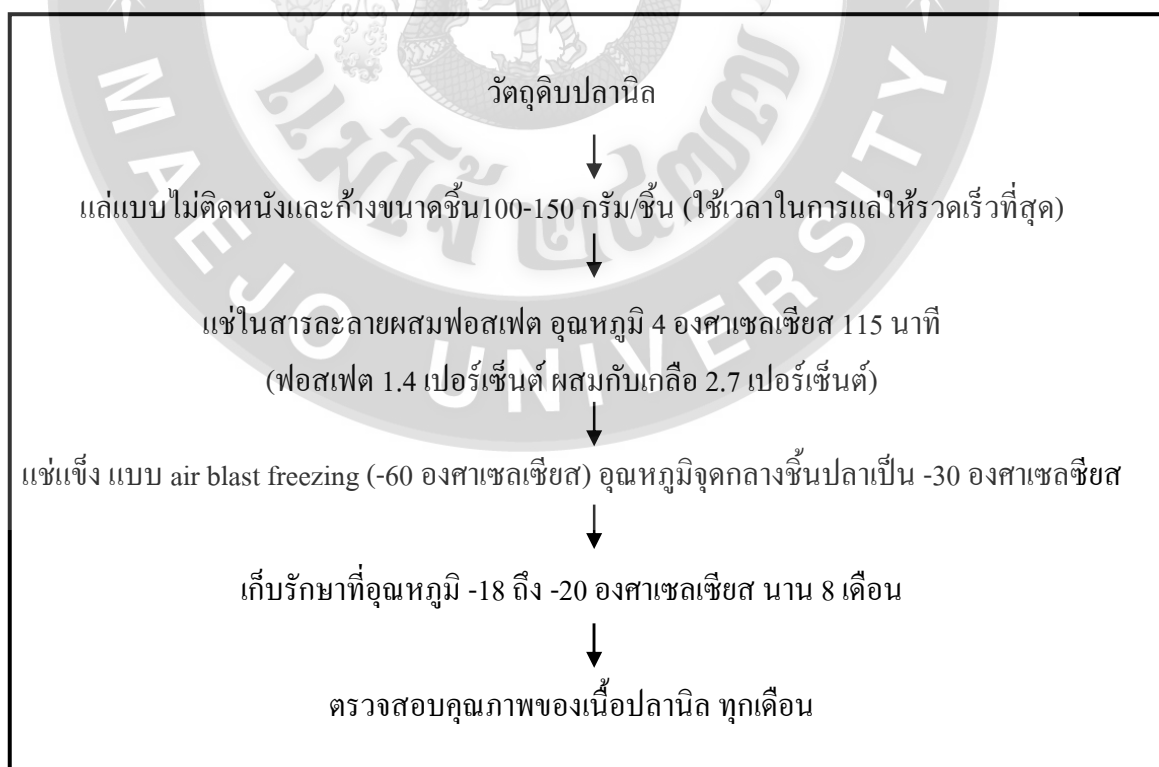
2.2.7 ค่าเนื้อสัมผัสเนื้อปลาสดหลังการทำละลายด้วย texture analyzer คัดแปลงตามวิธีของ Hernández et al. (2009)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติ

2.3 การตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน โดยทดสอบความชอบในคุณลักษณะของ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาแล่ดิบที่ผ่านการทำละลาย การทดสอบความชอบเนื้อปลานิลแล่สุกในคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติ



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการทดลองการศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง

โครงการย่อยที่ 6 : การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1: การติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการใส่ปุ๋ย และชนิดของ แพลงก์ตอน ต่อปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน

1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.1.1 ทำการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB) ของระบบการเลี้ยงปลานิลในระบบผสมผสาน

1.1.2 พื้นที่ของการสำรวจตรวจสอบระบบการเลี้ยงปลานิลในระบบผสมผสาน จำนวน 8 บ่อ มีพื้นที่อยู่ในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ซึ่งจัดว่าเป็นพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงปลานิลเพื่อการค้าส่งขายในท้องตลาดมาก ระยะเวลาในการตรวจสอบ 1 ครั้งต่อเดือน เป็นเวลา 8 เดือน

1.2 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1.2.1 ตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์: Geosmin และ MIB ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิล

1.2.2 ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน ทุกๆ 1 เดือนต่อครั้ง ได้แก่

- อุณหภูมิ น้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter (Schott-Gerate CG 840)
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification
- ปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Direct Nesslerization
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid

1.2.3 วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด



ภาพที่ 12 (A-B) บ่อเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

1.3 สถานที่และเวลา

1.3.1 สถานที่ บ่อเลี้ยงปลานิล อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 6 บ่อ ความหลากหลายและองค์ประกอบของเพลงก่ต่อนพืชที่สร้างกลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) โดยใช้เครื่อง GC/MS วิเคราะห์ที่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.3.2 ระยะเวลา ระยะเวลาในการทำวิจัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม 2556

การทดลองที่ 2 : ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หมัก แทนการเลี้ยงสัตว์บกบนคันบ่อ ทั้งนี้เพื่อลดกลิ่นและเพิ่มคุณค่าของผลผลิต

ตารางที่ 13 ชนิดของการใส่ปุ๋ย อัตราการปล่อย และหน่วยการทดลอง

	การทดลอง		
	1	2	3
พื้นที่บ่อเลี้ยง (ตร.ม.)	100	100	100
การให้อาหาร	ให้อาหารปลากินจนอิ่ม	ให้อาหารปลากินจนอิ่ม	ให้อาหารปลากินจนอิ่ม
อัตราการใส่ปุ๋ย (กก./ไร่/สัปดาห์)	ไม่ใส่ปุ๋ย	ใส่ปุ๋ยมูลไก่	ใส่ปุ๋ยมูลสุกร
อัตราการปล่อย (ตัว/ตร.ม.)	-	70	70
จำนวนปลา (ตัว)	3	3	3
น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)	35	35	35
น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)	31.5	31.5	31.5

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้ 2 หน่วยการทดลอง คือบ่อเลี้ยงที่ใช้มูลสุกร และบ่อที่ใช้ปุ๋ยหมัก 70 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ต่อไร่ และมีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1 ตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์: Geosmin และ MIB ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิล

2.2.2 ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน ทุกๆ 1 เดือนต่อครั้ง ได้แก่

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

2.2.3 วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol's solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด

2.2.4 การเก็บข้อมูล สุ่มวัดความยาว และน้ำหนัก ในแต่ละหน่วยการทดลอง ทุกๆ 30 วันต่อครั้ง เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และเพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

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

3. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน) (ADG) = $\frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวัน}}$

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food conversion ratio, FCR) = $\frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่ม}}$

5. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food conversion efficiency, FCE)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักของอาหารที่กิน}} \times 100$$

น้ำหนักของอาหารที่กิน

6. อัตราการรอด (%) = $\frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

7. ผลผลิต = $\text{น้ำหนักปลาสุดท้าย} \times \text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}$

2.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2.3 สถานที่และเวลา

2.3.1 สถานที่ปล่อยปลาคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชที่สร้างกลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) โดยใช้เครื่อง GC/MS วิเคราะห์ที่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.3.2 ระยะเวลา ระยะเวลาในการทำวิจัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม 2556



ภาพที่ 13 (A-D) การเตรียมบ่อสำหรับการทดลองจำนวน 6 บ่อ (A-C) และปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

การวิเคราะห์สารกลิ่นโคลน (geosmin และ MIB)

1. การตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำ ดินพื้นบ่อและเนื้อมีปลา

1.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา ดินพื้นบ่อ และปลานิล เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารจีออสมินและเอ็มไอบี โดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารจีออสมินและเอ็มไอบีในน้ำจากบ่อเลี้ยงจะใช้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณสารจีออสมินและเอ็มไอบีในดินพื้นบ่อจะใช้ดินประมาณ 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดไวอัล ขนาด 20 มิลลิลิตร และการวิเคราะห์ความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อมีปลาโดยนำตัวอย่างเนื้อมีปลามาบดให้ละเอียด ใส่ในขวดไวอัล 5 กรัม พร้อมเติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร

1.2 นำขวดไวอัลที่มีตัวอย่างพร้อมวิเคราะห์ มาเติมโซเดียมคลอไรด์ 1.9 กรัม และใส่ magnetic bar จากนั้นปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาอะลูมิเนียม นำขวดไวอัลวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า และถาดให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65–70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแทงเข็มไฟเบอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ SPME เข้าไปในขวดตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ไฟเบอร์ทำการจับกับสารประกอบจีออสมิน และเอ็มไอบีในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

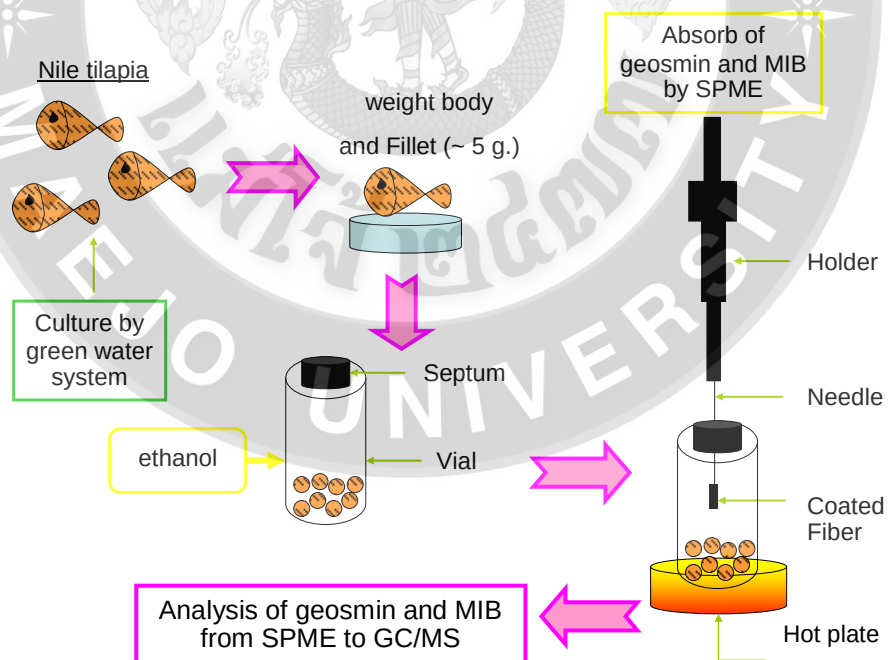
1.3 นำชุดอุปกรณ์ SPME นิดเข้ากับเครื่อง GC/MS (Agilent Technologies 6890 N Network GC system) เข้าไปตรงตำแหน่งที่ติดตั้งของเครื่อง โดยใช้ Splitless mode ผ่านแคปิลลารีคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP-5 (30 m.×0.32 mm, μ m. film thickness) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพาด้วยอัตรา 2.5 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 15 องศาเซลเซียส/นาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที

2. การถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

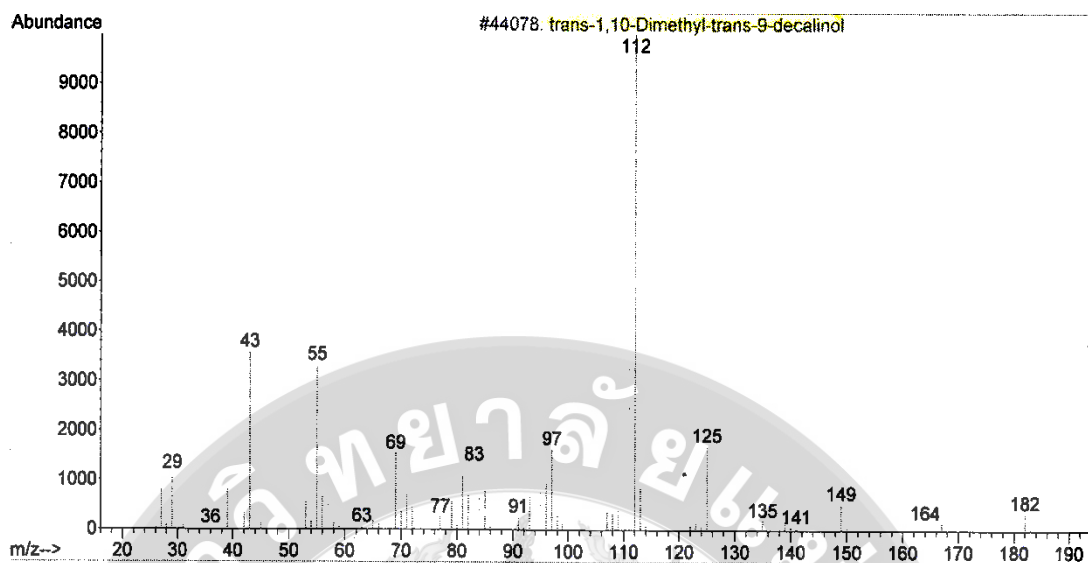
จัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์จัดส่งให้หน่วยงานที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมาย และจัดฝึกอบรมเกษตรกรเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี จำนวน 50 คน เรื่อง ผลของการให้อาหารต่อการลดสารพิษและกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลที่เลี้ยงระบบผสมผสาน



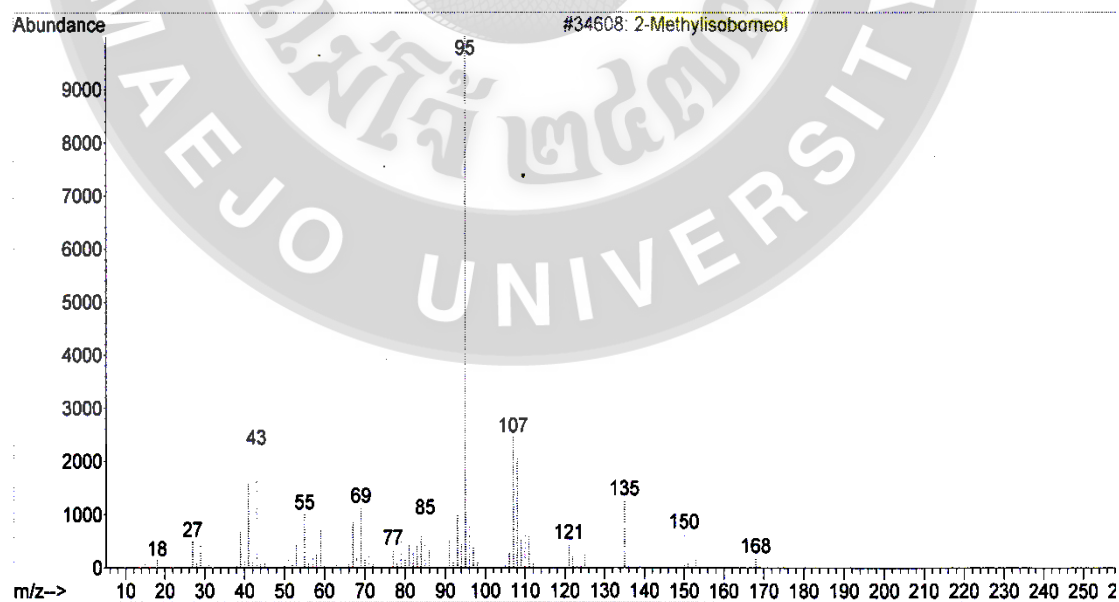
ภาพที่ 14 (A-D) การเตรียมตัวอย่างเนื้อปลามาตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยใช้เครื่อง GC/MS



ภาพที่ 15 การวิเคราะห์สารจีออสมินและเอ็มบีไอ โดยใช้เครื่อง GC/MS



ภาพที่ 16 Mass spectrum ของสารจืออสมิน (trans-1, 10-Dimethyl-trans-9-decalinol)



ภาพที่ 17 Mass spectrum ของสารเอ็มไอบี (2-methylisoborneol)

โครงการย่อยที่ 7 : การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1. กระชังขนาด 1.0 x 3.0 x 1.5 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)
2. ลูกพันธุ์ปลานิล
3. อาหารปลากินพืชสำเร็จรูปเม็ดเล็ก
4. เชื้อแบคทีเรียที่ได้จากปลานิลที่แข็งแรง
5. เครื่องชั่งน้ำหนักและไม้บรรทัดวัดความยาว
6. หลอด capillary
7. เครื่อง Microplate Reader
8. เข็มฉีดยาขนาด 0.1 มิลลิเมตร
9. เชื้อแบคทีเรียที่แยกจากปลานิลแดงที่เป็นโรคในฟาร์มเอกชน อ.ปง จ.พะเยา
10. ถาดสำหรับผสมอาหาร
11. ผ้าสะอาดและถุงมือยาง
12. แทงค์น้ำขนาด 1000 ลิตร 2 แทงค์
13. เครื่อง spectrophotometer

การทดลองย่อยที่ 1 : การแยกเชื้อแบคทีเรียและทดลองอนุบาลลูกปลานิลด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกในตู้กระจก

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

เตรียมตู้ทดลองขนาด 30x36x39 เซนติเมตร จำนวน 3 ตู้ ทำความสะอาดตู้ทดลอง จากนั้นเตรียมน้ำในตู้ทดลอง

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลานิลจากฟาร์มธงชัย จำนวน 300 ตัว มาพักไว้ในตู้ทดลองทดลองขนาด 30x36x39 เซนติเมตร เติมน้ำ 40 ลิตร จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 100 ตัว เป็นเวลา 20 วัน เพื่อให้ปลาปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ แล้วคัดปลาจำนวน 150 ตัวมาทดลอง ตู้ละ 50 ตัว จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก

3. การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย สุ่มแยกเชื้อแบคทีเรียจากลูกปลานิลที่แข็งแรงไม่เป็นโรค

1.1 ถ่ายเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรค ลงในหลอดทดลองขนาด 15 ml ที่มีน้ำเกลือ 0.85% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 3 ml เขย่าให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

1.2 ทำการวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยการวัดค่า OD ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 620 nm วัดค่า OD ให้ได้ประมาณ 0.5

1.3 ดูดเชื้อแบคทีเรียความเข้มข้นดังกล่าวข้างต้นปริมาตร 25 μ l หยดลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm ทิ้งไว้ 1–3 นาที เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียซึมลงบนกระดาษกรอง จึงใช้คีมคีบ ชุบแอลกอฮอล์ 95% แล้วเผาไฟให้ร้อน ทิ้งให้เย็น คีบกระดาษกรองวางลงบนอาหารวุ้น TSA โดยแผ่นดิสชาสำเร็จรูปเป็นชุดควบคุมการทดลอง

1.4 บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 28-29 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1.5 ทำการวัดขนาดโคโลนีเชื้อที่เจริญกระจายออก

1.6 ถ่ายเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค ลงในหลอดทดลองขนาด 15 ml ที่มีน้ำเกลือ 0.85% ที่ฆ่าเชื้อแล้ว วัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยวัด OD ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 620 nm ให้ได้ประมาณ 0.3 แล้วดูดเชื้อแบคทีเรีย 500 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีอาหาร TSA 0.85% อุ่น ๆ อยู่แล้ว 10 ml (TSA 0.85% 10 ml + เชื้อแบคทีเรียก่อโรค 500 μ l) เขย่าเบา ๆ ให้เข้ากัน แล้วเททับลงบนอาหารวุ้นที่มีเชื้อไม่ก่อโรคเจริญอยู่

1.7 รอให้อาหารวุ้นแข็งตัว บ่มเชื้อต่อในตู้บ่มอุณหภูมิ 28–29 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1.8 ตรวจสอบผลประสิทธิภาพของการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

1.9 นำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้ ข้างต้น จากการแยกเชื้อแบคทีเรียจากปลานิลที่แข็งแรง นำมาขยายเชื้อในขวดที่มีอาหารแบคทีเรียแล้วนำไปไว้ในเครื่องเขย่าสารไว้ 2 วัน จึงนำเชื้อมาล้างน้ำเกลือแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบของการปั่น 5000 RPM เป็นเวลา 5 นาที ทำซ้ำ 3 รอบ แล้วนำไปวัดค่า OD ที่เครื่อง สเปกโตรมิเตอร์ ให้ได้ 0.1xxx (ในการทดลองใช้ 0.171) ที่แสง 625 แล้วนำไปคลุกเค้าให้เข้ากันกับอาหารที่เตรียมไว้ (อาหารเม็ดสำเร็จรูปจาก ซีพี) นำไปเก็บไว้ในตู้เย็น

4) แผนการทดลอง วางแผนการแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมแบคทีเรีย (ควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมแบคทีเรีย (1 ml ต่ออาหาร 10 กรัม)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมแบคทีเรีย (2 ml ต่ออาหาร 10 กรัม)

โดยการให้อาหารจะให้อาหารวันละ 3 ครั้ง คือ ช่วงเวลา 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. โดยปริมาณอาหารที่ให้คือ 2 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเฉลี่ยของปลาใน ในช่วงวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 แล้วเพิ่มเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 จนถึงสิ้นสุดการทดลองวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2555 ซึ่งในการทดลองมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ/ดูดตะกอนทุกวัน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาการเจริญเติบโตของปลา ซึ่งน้ำหนักปลาทุก 10 วัน โดย สุ่มปลามา 10 ตัว ก่อนการทดลองและการชั่งครั้งแรก สุ่มปลามา 25 ตัว ในการชั่งครั้งที่ 2 และ 3 แล้วชั่งปลาทั้งหมดในวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2555 แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลแล้วนำไปประเมินค่า อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย โดยใช้สูตรดังนี้

1. อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADG; กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวัน}}$$
2. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}$$
3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= \frac{\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$
4. อัตราการรอด = $(\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{จำนวนปลาก่อนการทดลอง}) \times 100$

การทดลองย่อยที่ 2 : ทดลองอนุบาลลูกปลานิลด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกในกระชังในบ่อดิน พร้อมทดสอบความต้านทานโรค

1. การเตรียมกระชังทดลอง

ใช้บ่อดินของคณะประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการทดลอง เริ่มด้วยทำการปักหลักด้วยไม้ไผ่เพื่อผูกกระชัง ผูกกระชังขนาด 1.0 x 3.0 x 1.5 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) จำนวน 6 กระชัง ทึงไว้ 1 สัปดาห์ จึงปล่อยปลานิลแปลงเพศลงเลี้ยงในกระชัง จำนวน 20 ตัว ต่อ กระชัง รวมปลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 120 ตัว

2. สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลานิลแปลงเพศความยาวประมาณ 6 เซนติเมตร จากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชน นำมาพักในกระชัง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการสูมน้ำ และชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นก่อนทำการปล่อยลงเลี้ยงในกระชังทดลองทั้งหกกระชัง กระชังละ 20 ตัวต่อกระชัง หรือด้วยความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร โดยปล่อยให้ปลาปรับตัว และงดให้อาหาร 1 วัน ก่อนให้อาหารทดลอง ให้อาหารด้วยอาหารควบคุมเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพ และสามารถกินอาหารได้ดีขึ้น ก่อนให้อาหารทดลอง

3. อาหารปลาที่ใช้ในการทดลอง อาหารที่ใช้ในการทดลองมีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์

- อาหารควบคุม (Control)
- อาหารควบคุมผสมเชื้อแบคทีเรีย 0.1 เปอร์เซ็นต์

4. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และอาหารผสมเชื้อที่ได้จากปลานิลดำที่แข็งแรง เป็นอาหารทดลอง เริ่มให้อาหารที่ผสมเชื้อโปรไบโอติก อัตราอาหารที่ให้ตลอดการทดลอง คือ 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง (09:00-10:00 น. และ 15:00-16:00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 7 วันและทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักทุกสัปดาห์หลังจากครบกำหนด 45 วันจะทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาด และนำปลาขึ้นมาพักไว้ที่แห้งก้นน้ำให้อาหารตามปกติ 1 สัปดาห์ และทำการฉีดเชื้อที่ได้มาจากปลานิลแดงที่เป็นโรค ของฟาร์มเอกชนใน อ.ปง จ.พะเยา เข้าตัวปลาบริเวณช่องท้องแล้วสังเกตอาการโดยรวมของปลาทดลองที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเปรียบเทียบกับตัว Control



ภาพที่ 18 (A-B) การเตรียมเชื้อที่ได้จากฟาร์ม อ.ปง จ.พะเยาและการฉีดเชื้อก่อโรค

เข้าบริเวณช่องท้องปลานิล

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้น เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีการของ Tuky's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 15.0



ผลการวิจัย

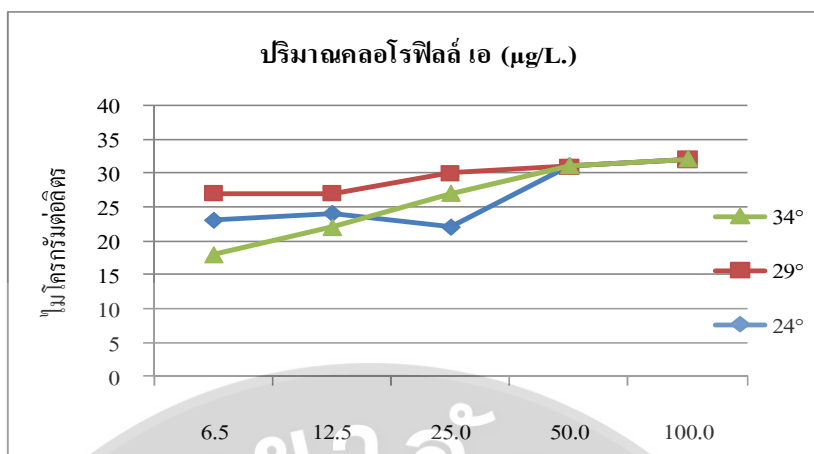
โครงการย่อยที่ 1 : ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

ผลการทดลองย่อยที่ 1: การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 14 อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ $8.15 \pm 5.54 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเริ่มก่อนการทดลอง ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ปลานิล (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)	พารามิเตอร์		
		ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/L}$)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ($\text{cell} \times 10^3/\text{ml}$)	อัตราการกรอง น้ำเขียว ($\text{cell} \times 10/\text{kg/hr}$)
6.5	24	23.33 $\pm$ 0.348	202 $\pm$ 7.234	175 $\pm$ 0.355
	29	27.53 $\pm$ 0.504	715 $\pm$ 2.728	168 $\pm$ 0.302
	34	18.57 $\pm$ 0.731	226 $\pm$ 4.371	704 $\pm$ 5.301
12.5	24	24.23 $\pm$ 0.285	210 $\pm$ 4.098	173 $\pm$ 0.008
	29	27.83 $\pm$ 0.088	771 $\pm$ 1.856	160 $\pm$ 0.001
	34	22.07 $\pm$ 0.639	269 $\pm$ 1.155	696 $\pm$ 5.226
25.0	24	22.87 $\pm$ 0.448	226 $\pm$ 4.910	172 $\pm$ 0.123
	29	30.43 $\pm$ 0.410	800 $\pm$ 5.239	153 $\pm$ 0.889
	34	27.33 $\pm$ 0.561	355 $\pm$ 3.180	678 $\pm$ 5.101
50.0	24	31.07 $\pm$ 0.240	295 $\pm$ 6.009	171 $\pm$ 0.002
	29	31.27 $\pm$ 0.260	819 $\pm$ 1.763	153 $\pm$ 0.558
	34	31.22 $\pm$ 0.588	440 $\pm$ 0.577	175 $\pm$ 0.023
100.0	24	32.10 $\pm$ 0.115	366 $\pm$ 2.906	170 $\pm$ 0.002
	29	32.33 $\pm$ 0.273	847 $\pm$ 1.453	115 $\pm$ 0.303
	34	32.10 $\pm$ 0.306	458 $\pm$ 9.920	161 $\pm$ 0.004



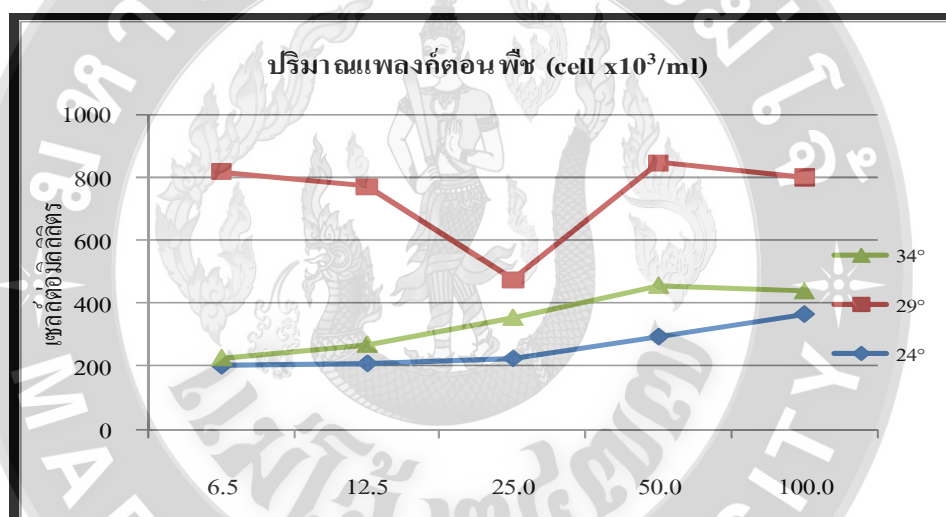
ภาพที่ 19 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษาอัตราการกรองแสงก่อดอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 32.10 ± 0.115 และ 31.07 ± 0.240 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ 24.23 ± 0.285 ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 และ 25.0 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 23.33 ± 0.285 และ 22.87 ± 0.448 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 14 และภาพที่ 19

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0, 50.0 และ 25.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 32.33 ± 0.273 , 31.27 ± 0.260 และ 30.43 ± 0.410 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ 27.83 ± 0.088 ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 27.53 ± 0.504 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 14 และภาพที่ 19

ที่ระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 32.10 ± 0.306 และ 31.22 ± 0.588 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 27.33 ± 0.561 ไมโครกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม โดยมีค่า 22.07 ± 0.639 ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 18.57 ± 0.731 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 14 และภาพที่ 19



ภาพที่ 20 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

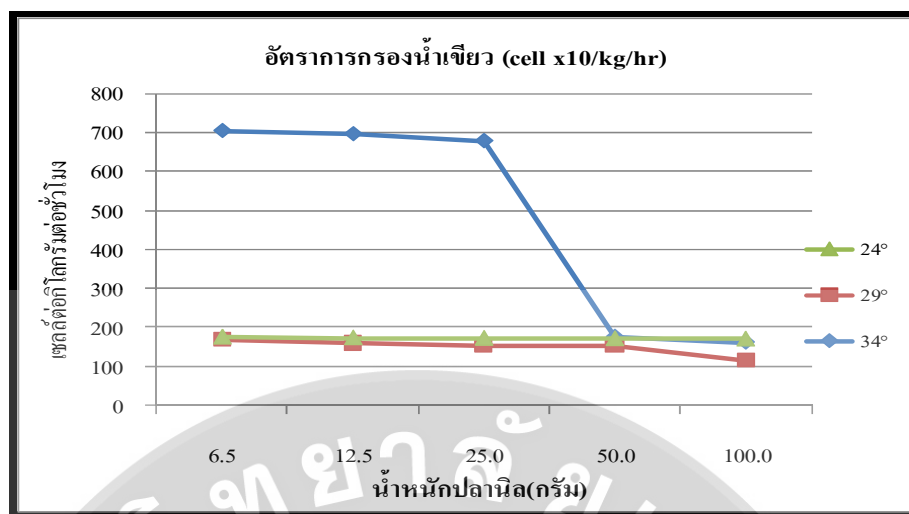
ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

จากการทดลองการศึกษ้อัตราการกรองแพลงก์ตอนของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococidiopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp.

พบว่า ที่ระดับอนุหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า $366 \pm 2.906 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $295 \pm 6.009 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 25.0, 12.5 และ 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า $226 \pm 4.910 \times 10^3$, $210 \pm 4.098 \times 10^3$ และ $202 \pm 7.234 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 14 และภาพที่ 20

ที่ระดับอนุหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 5 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด มีค่า $847 \pm 1.453 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $819 \pm 1.763 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 25.0 กรัม มีค่า $800 \pm 5.239 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ $771 \pm 1.856 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 5 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า $715 \pm 2.728 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 14 และภาพที่ 20

ที่ระดับอนุหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า $458 \pm 9.292 \times 10^3$ และ $440 \pm 0.577 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $355 \pm 3.180 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม มีค่า $269 \pm 1.155 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และกลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า $226 \pm 4.4371 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 14 และภาพที่ 20



ภาพที่ 21 อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

อัตราการกรองน้ำเขียว

การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า $175 \pm 0.355 \times 10$ เซลล์ต่อกิโกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0 และ 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $173 \pm 0.008 \times 10$, $172 \pm 0.123 \times 10$ และ $171 \pm 0.002 \times 10$ เซลล์ต่อกิโกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม ค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ $170 \pm 0.002 \times 10$ เซลล์ต่อกิโกรัมต่อชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างกับอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 25.0 และ 50.0 กรัม ดังตารางที่ 14 และภาพที่ 21

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า $168 \pm 0.302 \times 10$ เซลล์ต่อกิโกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0 และ 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $160 \pm 0.001 \times 10$, $153 \pm 0.889 \times 10$ และ $153 \pm 0.558 \times 10$ เซลล์ต่อกิโกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า $115 \pm 0.303 \times 10$ เซลล์ต่อกิโกรัมต่อชั่วโมง ดังตารางที่ 14 และภาพที่ 21

ที่ระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า $704 \pm 5.301 \times 10$ เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0, 50.0 และ 100.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $696 \pm 5.226 \times 10$, $678 \pm 5.101 \times 10$, $175 \pm 0.023 \times 10$ และ $161 \pm 0.004 \times 10$ เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 14 และภาพที่ 21

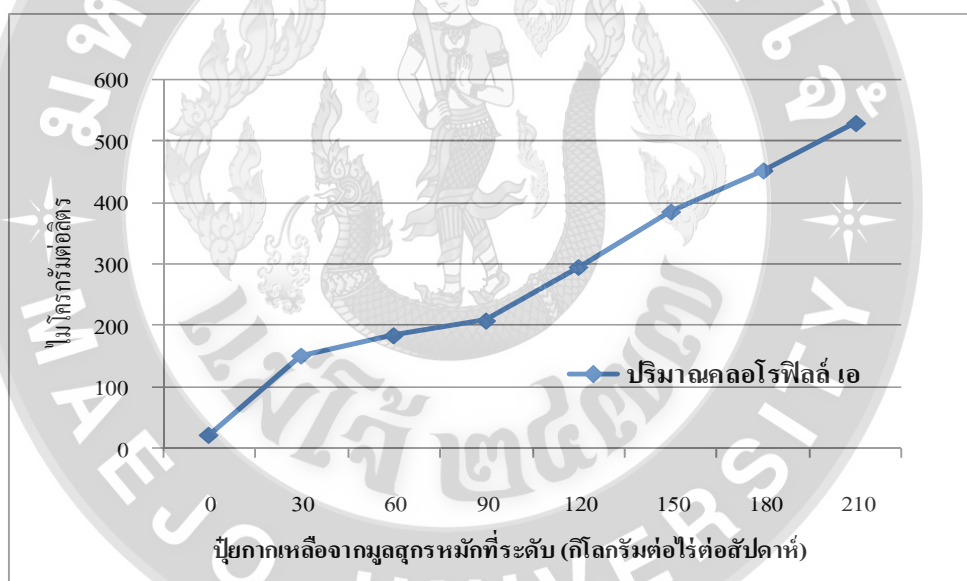
ผลการทดลองย่อยที่ 2: การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

ตารางที่ 15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์)	พารามิเตอร์	
	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g} / \text{L.}$)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ($\text{cell} \times 10^3 / \text{ml}$)
0	22 ± 12.7	102.3 ± 12.4
30	151 ± 41.3	578.9 ± 365.5
60	184 ± 13.5	598.5 ± 352.6
90	208 ± 16.4	620.5 ± 154.3
120	295 ± 12.3	710.4 ± 236.2
150	385 ± 22.5	825.5 ± 452.1
180	452 ± 65.8	856.8 ± 485.7
210	529 ± 58.2	$1,155.8 \pm 782.5$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรในอัตราส่วนแตกต่างกัน คือ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำ มีค่าดังนี้ คือ 22 ± 12.7 , 151 ± 41.3 , 184 ± 13.5 , 208 ± 16.4 , 295 ± 12.3 , 385 ± 22.5 , 452 ± 65.8 และ 529 ± 58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 529 ± 58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 150 และ 180 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ($p \geq 0.05$) ดังปรากฏตามตารางที่ 15 และภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta

จากการทดลองการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน ระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองปรากฏดังนี้

ชนิดและปริมาณ แพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชก่อนทำการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococcidiopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp.



ภาพที่ 23 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างกัน ระยะเวลา 60 วัน

พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1,155.8 \pm 782.5 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $102.3 \pm 12.4 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 30, 60, 90, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ($p \geq 0.05$) โดยมีปริมาณเท่ากับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 578.9 ± 365.5, 598.5 ± 352.6, 620.5 ± 154.3, 710.4 ± 236.2, 825.5 ± 452.1 และ 856.8 ± 485.7 เซลล์ต่อมิลลิตร ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 15 และภาพที่

คุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ความโปร่งแสงของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll –a) และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าดังนี้

ตารางที่ 16 คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

พารามิเตอร์	ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์)							
	0	30	60	90	120	150	180	210
อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	25.5	25.4	26.0	25.2	25.5	25.4	25.5	25.8
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	7.5	7.8	7.8	7.8	7.5	7.8	7.8	7.5
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	6.75	6.82	6.76	6.85	6.84	6.75	6.58	6.95
ความโปร่งแสงของน้ำ	55.4	52.2	48.3	45.6	41.2	38.6	36.7	33.2
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)	0.12	0.18	0.25	0.28	0.26	0.28	0.32	0.32
ฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate)	0.054	0.063	0.065	0.074	0.070	0.074	0.083	0.083
ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	102	102	104	105	105	106	106	106

เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลของคุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำ มีค่าเท่ากับ 25 – 26 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) มีค่าเท่ากับ 7 - 8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าเท่ากับ 6.5 – 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความโปร่งแสงของน้ำ มีค่าเท่ากับ 33.0 – 55.5 เซนติเมตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าเท่ากับ 0.12 - 0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) มีค่าเท่ากับ 0.050 - 0.085 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าเท่ากับ 102 - 106 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ดังปรากฏตามตารางที่ 16

ผลการทดลองย่อยที่ 3: การศึกษาผลผลิตปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน
ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาผลผลิตปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 90 วัน พบว่า มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวในบ่อซีเมนต์ที่มีคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 5,560, 5,320, 4,800, 4,540, 4,280 และ 4,140 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 3,550, 3,320, และ 3,060 กรัม ตามลำดับ และปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2,180 กรัม ดังตารางที่ 17

ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่า ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 6,700, 6,450 และ 6,200 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 6,050, 5,810, 5,640, 5,260, 4,920 และ 4,660 กรัม ตามลำดับ และปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2,840 กรัม ดังตารางที่ 17

ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่า ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 7,680, 7,300 และ 7,050 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 6,840, 6,520, 6,380, 6,000, 5,920 และ 5,780 กรัม ตามลำดับ และปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 3,450 กรัม ดังตารางที่ 17

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปาล์มน้ำมันที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเท่ากับ 1,180, 2,060, 2,320, 2,550, 3,140, 3,280, 3,540, 3,800, 4,320 และ 4,560 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

ปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเท่ากับ 1,840, 3,660, 3,920, 4,260, 4,640, 4,810, 5,050, 5,200, 5,450 และ 5,700 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

ปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเท่ากับ 2,450, 4,780, 4,920, 5,000, 5,380, 5,520, 5,840, 6,050, 6,300 และ 6,680 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 8.53 ± 0.01 , 8.48 ± 0.02 , 8.35 ± 0.01 , 8.28 ± 0.04 , 8.20 ± 0.06 และ 8.16 ± 0.02 กรัมต่อวัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่า เท่ากับ 7.95 ± 0.04 , 7.74 ± 0.02 , และ 7.18 ± 0.06 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 8.75 ± 0.02 , 8.71 ± 0.01 , 8.66 ± 0.02 , 8.63 ± 0.02 , 8.58 ± 0.06 , 8.55 ± 0.01 , 8.46 ± 0.02 , 8.38 ± 0.06 และ 8.31 ± 0.04 กรัมต่อวัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 7.62 ± 0.01 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 8.91 ± 0.02 , 8.85 ± 0.06 , 8.81 ± 0.01 , 8.78 ± 0.02 , 8.72 ± 0.01 , 8.70 ± 0.01 , 8.62 ± 0.02 , 8.61 ± 0.04 และ 8.58 ± 0.06 กรัมต่อวัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 7.91 ± 0.01 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 67.80 ± 0.14 กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 2, 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 38.83 ± 0.16 , 34.48 ± 0.08 และ 31.37 ± 0.06 ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 25.48 ± 0.08 , 24.39 ± 0.012 , 22.60 ± 0.10 , 21.05 ± 0.06 , 18.52 ± 0.04 และ 17.54 ± 0.08 ดังตารางที่ 17

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 39.13 ± 0.10 กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 2, 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 19.67 ± 0.08 , 18.37 ± 0.12 และ 16.90 ± 0.14 ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 15.52 ± 0.10 , 14.97 ± 0.06 , 14.26 ± 0.08 , 13.85 ± 0.12 , 13.21 ± 0.14 และ 12.63 ± 0.10 ดังตารางที่ 17

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 26.53 ± 0.14 และกลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 2, 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 13.60 ± 0.10 , 13.21 ± 0.08 , 13.00 ± 0.06 , 12.08 ± 0.14 , 11.78 ± 0.04 , 11.13 ± 0.08 , 10.74 ± 0.12 , 10.32 ± 0.10 และ 9.73 ± 0.12 ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

อัตราการรอดของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการรอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2 และ 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการรอด เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 17

ค่าพันธุ์ปลานิลที่ใช้ในการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร ก่อนทำการทดลองมีค่าพันธุ์ปลานิล 35 บาทต่อบ่อซีเมนต์ ดังตารางที่ 17

ค่าอาหารของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีค่าอาหารปลานิลเท่ากับ 36, 32.4 และ 29.25 บาทต่อบ่อซีเมนต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

ต้นทุนการผลิตของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีค่าต้นทุนการผลิตเท่ากับ 71, 67.4 และ 64.25 บาทต่อบ่อซีเมนต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

ต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 32.57, 23.20, 21.39, 20.00, 17.15, 16.59, 15.64, 14.79, 13.35 และ 12.77 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

ต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 23.73, 14.46, 13.70, 12.81, 11.95, 11.60, 11.14, 10.87, 10.45 และ 10.06 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

ต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 18.6, 11.1, 10.9, 10.7, 10.1, 9.9, 9.4, 9.1, 8.8 และ 8.4 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

รายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีรายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีรายได้จากการขายปลานิลเท่ากับ 152.6, 214.2, 232.4, 248.5, 289.8, 299.6, 317.8, 336.0, 372.4 และ 389.2 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

รายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีรายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีรายได้จากการขายปลานิลเท่ากับ 198.8, 326.2, 344.4, 368.2, 394.8, 406.7, 423.5, 434.0, 451.5 และ 469.0 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

รายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีรายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีรายได้จากการขายปลานิลเท่ากับ 241.5, 404.6, 414.4, 420.0, 446.6, 456.4, 478.8, 493.5, 511.0 และ 537.6 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 17

กำไรจากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรสูงสุดเท่ากับ 376.4 บาท รองลงมาคือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรเท่ากับ 359.1, 321.2, 302.2, 283.0, 272.7, 228.5, 211.0 และ 191.0 บาท ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรต่ำสุดเท่ากับ 120.0 บาท ดังตารางที่ 17

กำไรจากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรสูงสุดเท่ากับ 458.9 บาท รองลงมาคือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรเท่ากับ 441.1, 423.1, 412.4, 395.1, 382.8, 355.4, 330.7 และ 311.7 บาท ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรต่ำสุดเท่ากับ 175.1 บาท ดังตารางที่ 17

กำไรจากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรสูงสุดเท่ากับ 529.2 บาท รองลงมาคือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรเท่ากับ 502.2, 484.4, 469.4, 446.5, 436.5, 409.3, 403.5 และ 393.5 บาท ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรต่ำสุดเท่ากับ 222.9 บาท ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

พารามิเตอร์	ปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)									
		0	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	100	2180 ^c	3060 ^b	3320 ^b	3550 ^b	4140 ^a	4280 ^a	4540 ^a	4800 ^a	5320 ^a	5560 ^a
	200	2840 ^c	4660 ^b	4920 ^b	5260 ^b	5640 ^{ab}	5810 ^{ab}	6050 ^{ab}	6200 ^a	6450 ^a	6700 ^a
	300	3450 ^c	5780 ^b	5920 ^b	6000 ^b	6380 ^{ab}	6520 ^{ab}	6840 ^{ab}	7050 ^a	7300 ^a	7680 ^a
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	100	1180	2060	2320	2550	3140	3280	3540	3800	4320	4560
	200	1840	3660	3920	4260	4640	4810	5050	5200	5450	5700
	300	2450	4780	4920	5000	5380	5520	5840	6050	6300	6680
อัตราการเจริญเติบโต ต่อวัน (กรัมต่อวัน)	100	7.18±0.06 ^b	7.74±0.02 ^b	7.85±0.01 ^b	7.95±0.04 ^b	8.16±0.02 ^a	8.20±0.06 ^a	8.28±0.04 ^a	8.35±0.01 ^a	8.48±0.02 ^a	8.53±0.01 ^a
	200	7.62±0.01 ^b	8.31±0.04 ^a	8.38±0.06 ^a	8.46±0.02 ^a	8.55±0.01 ^a	8.58±0.06 ^a	8.63±0.02 ^a	8.66±0.02 ^a	8.71±0.01 ^a	8.75±0.02 ^a
	300	7.91±0.01 ^b	8.58±0.06 ^a	8.61±0.04 ^a	8.62±0.02 ^a	8.70±0.01 ^a	8.72±0.01 ^a	8.78±0.02 ^a	8.81±0.01 ^a	8.85±0.06 ^a	8.91±0.02 ^a
อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นเนื้อ	100	67.80±0.14 ^a	38.83±0.16 ^b	34.48±0.08 ^b	31.37±0.06 ^b	25.48±0.08 ^c	24.39±0.012 ^c	22.60±0.10 ^c	21.05±0.06 ^c	18.52±0.04 ^c	17.54±0.08 ^c
	200	39.13±0.10 ^a	19.67±0.08 ^b	18.37±0.12 ^b	16.90±0.14 ^b	15.52±0.10 ^c	14.97±0.06 ^c	14.26±0.08 ^c	13.85±0.12 ^c	13.21±0.14 ^c	12.63±0.10 ^c
	300	26.53±0.14 ^a	13.60±0.10 ^b	13.21±0.08 ^b	13.00±0.06 ^b	12.08±0.14 ^b	11.78±0.04 ^b	11.13±0.08 ^b	10.74±0.12 ^b	10.32±0.10 ^b	9.73±0.12 ^b
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	300	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 17 (ต่อ) ผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการ

พารามิเตอร์	ปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)									
		0	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
ค่าพันธุ์ปลานิล (บาทต่อบ่อซีเมนต์)	100	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	200	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	300	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
ค่าอาหาร(บาท)	100	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	200	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
	300	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อบ่อซีเมนต์)	100	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
	200	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4
	300	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25
ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท)	100	32.57	23.20	21.39	20.00	17.15	16.59	15.64	14.79	13.35	12.77
	200	23.73	14.46	13.70	12.81	11.95	11.60	11.14	10.87	10.45	10.06
	300	18.6	11.1	10.9	10.7	10.1	9.9	9.4	9.1	8.8	8.4
รายได้จากการขาย ปลานิล (บาท)	100	152.6	214.2	232.4	248.5	289.8	299.6	317.8	336.0	372.4	389.2
	200	198.8	326.2	344.4	368.2	394.8	406.7	423.5	434.0	451.5	469.0
	300	241.5	404.6	414.4	420.0	446.6	456.4	478.8	493.5	511.0	537.6
กำไร (บาท)	100	120.0	191.0	211.0	228.5	272.7	283.0	302.2	321.2	359.1	376.4
	200	175.1	311.7	330.7	355.4	382.8	395.1	412.4	423.1	441.1	458.9
	300	222.9	393.5	403.5	409.3	436.5	446.5	469.4	484.4	502.2	529.2

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05)

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta

จากการทดลองการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืช ก่อนทำการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococcidiopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน ผลการทดลองผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 18 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/L.}$)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (cell $\times 10^3/\text{ml.}$)
1	0	28 $\pm$ 45.5	845 $\pm$ 186
2	2	33 $\pm$ 25.3	1450 $\pm$ 173
3	2.5	38 $\pm$ 42.7	1681 $\pm$ 126
4	3	39 $\pm$ 12.8	1788 $\pm$ 193
5	3.5	40 $\pm$ 25.2	1842 $\pm$ 102
6	4	42 $\pm$ 56.4	1940 $\pm$ 142
7	4.5	47 $\pm$ 48.1	2105 $\pm$ 165
8	5	53 $\pm$ 21.9	2274 $\pm$ 147
9	5.5	57 $\pm$ 18.6	2344 $\pm$ 164
10	6	61 $\pm$ 28.9	2452 $\pm$ 124
11	0	108 $\pm$ 178	4174 $\pm$ 685
12	2	126 $\pm$ 182	5977 $\pm$ 256
13	2.5	129 $\pm$ 169	6393 $\pm$ 389
14	3	135 $\pm$ 144	6554 $\pm$ 341
15	3.5	137 $\pm$ 136	6702 $\pm$ 355
16	4	140 $\pm$ 195	6890 $\pm$ 321
17	4.5	144 $\pm$ 164	7174 $\pm$ 298

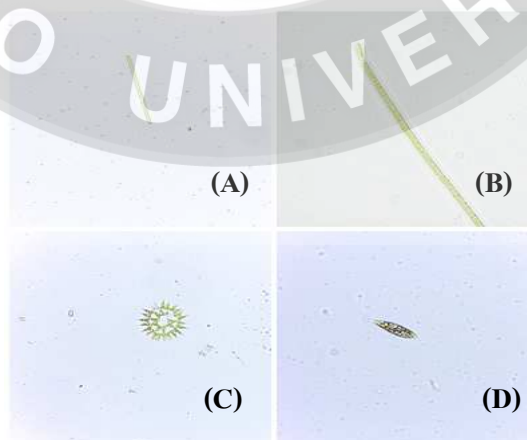
ตารางที่ 18 (ต่อ) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/L}$)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ($\text{cell} \times 10^3/\text{ml}$)
18	5	148 $\pm$ 148	7512 $\pm$ 246
19	5.5	152 $\pm$ 177	7796 $\pm$ 205
20	6	159 $\pm$ 102	7946 $\pm$ 178
21	0	122 $\pm$ 188	8784 $\pm$ 877
22	2	152 $\pm$ 147	1089 $\pm$ 585
23	2.5	159 $\pm$ 183	1135 $\pm$ 512
24	3	164 $\pm$ 162	1197 $\pm$ 477
25	3.5	175 $\pm$ 120	1241 $\pm$ 422
26	4	186 $\pm$ 134	1298 $\pm$ 341
27	4.5	191 $\pm$ 142	1334 $\pm$ 395
28	5	197 $\pm$ 168	1386 $\pm$ 286
29	5.5	200 $\pm$ 177	1416 $\pm$ 289
30	6	208 $\pm$ 105	1458 $\pm$ 156

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิลเท่ากับ 28 $\pm$ 45.5, 33 $\pm$ 25.3, 38 $\pm$ 42.7, 39 $\pm$ 12.8, 40 $\pm$ 25.2, 42 $\pm$ 56.4, 47 $\pm$ 48.1, 53 $\pm$ 21.9, 57 $\pm$ 18.6 และ 61 $\pm$ 28.9 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2452 $\pm$ 124 $\times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2, 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2344 $\pm$ 164 $\times 10^3$, 2274 $\pm$ 147 $\times 10^3$, 2105 $\pm$ 165 $\times 10^3$, 1940 $\pm$ 142 $\times 10^3$, 1842 $\pm$ 102 $\times 10^3$, 1788 $\pm$ 193 $\times 10^3$, 1681 $\pm$ 126 $\times 10^3$, 1450 $\pm$ 173 $\times 10^3$ และ 845 $\pm$ 186 $\times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 18

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิลเท่ากับ 108 ± 178 , 126 ± 182 , 129 ± 169 , 135 ± 144 , 137 ± 136 , 140 ± 195 , 144 ± 164 , 148 ± 148 , 152 ± 177 และ 159 ± 102 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $7946 \pm 178 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ชุดการทดลองปลานิลให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2, 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7796 \pm 205 \times 10^3$, $7512 \pm 246 \times 10^3$, $7174 \pm 298 \times 10^3$, $6890 \pm 321 \times 10^3$, $6702 \pm 355 \times 10^3$, $6554 \pm 341 \times 10^3$, $6393 \pm 389 \times 10^3$, $5977 \pm 256 \times 10^3$ และ $4174 \pm 685 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 18

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิลเท่ากับ 152 ± 147 , 159 ± 183 , 164 ± 162 , 175 ± 120 , 186 ± 134 , 191 ± 142 , 197 ± 168 , 200 ± 177 และ 208 ± 105 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $1458 \pm 156 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ชุดการทดลองปลานิลให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2, 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1416 \pm 289 \times 10^3$, $1386 \pm 286 \times 10^3$, $1334 \pm 395 \times 10^3$, $1298 \pm 341 \times 10^3$, $1241 \pm 422 \times 10^3$, $1197 \pm 477 \times 10^3$, $1135 \pm 512 \times 10^3$, $1089 \pm 585 \times 10^3$ และ $8784 \pm 877 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 18



ภาพที่ 24 (A-D) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ตรวจพบในบ่อซีเมนต์ (A) *Oscillatoria* sp., (B) *Cylandrospermopsis* sp., (C) *Scenedesmus* sp., และ (D) *Euglena* sp.

ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีภาพและชีวภาพ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิล เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่นใส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวมและค่าความเป็นด่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน ดังตารางที่ 19

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 27.0 ± 0.04 - 28.2 ± 0.12 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.4 ± 0.08 - 7.8 ± 0.08 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.8 ± 0.02 - 4.8 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความขุ่น (NTU) มีค่าอยู่ระหว่าง 96.4 ± 4.08 - 192.6 ± 2.60 ปริมาณของแอมโมเนีย (Ammonia) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 ± 0.01 - 0.08 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.08 ± 0.02 - 0.24 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.032 ± 0.02 - 0.076 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าอยู่ระหว่าง 80.20 ± 1.50 - 102.80 ± 2.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 19

คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมงและอยู่ในหลักเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4, 2537) ซึ่งมีข้อกำหนดไว้ว่า แหล่งน้ำจะต้องมี ค่า pH อยู่ในช่วง 5.0 - 8.5 มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) น้อยกว่า 6 ส่วนปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 19 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์							
	(°C)	(pH)	(DO) (mg/l)	(NTU)	(Ammonia) (mg/l)	(Nitrate) (mg/l)	(Orthophosphate) (mg/l)	(Alkalinity) (mg/l)
1	27.0±0.04 ^b	7.4±0.08 ^a	4.8±0.08 ^a	96.4±4.08 ^b	0.06±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.032±0.02 ^b	80.20±1.50 ^a
2	27.2±0.04 ^b	7.4±0.08 ^a	4.8±0.04 ^a	106.6±6.08 ^b	0.06±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.034±0.02 ^b	84.40±1.20 ^a
3	27.4±0.04 ^b	7.5±0.08 ^a	4.6±0.04 ^a	110.2±2.02 ^b	0.06±0.01 ^a	0.12±0.02 ^a	0.039±0.02 ^b	85.40±1.44 ^a
4	27.8±0.04 ^a	7.6±0.08 ^a	4.4±0.16 ^a	122.8±2.90 ^b	0.06±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.045±0.02 ^b	88.40±1.64 ^a
5	27.6±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.4±0.16 ^a	124.8±8.40 ^b	0.08±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.044±0.02 ^b	94.20±2.04 ^a
6	27.8±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	4.2±0.14 ^a	144.8±8.90 ^a	0.08±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a	0.042±0.02 ^b	97.20±2.06 ^a
7	28.0±0.12 ^a	7.4±0.08 ^a	4.2±0.08 ^a	158.4±7.20 ^a	0.08±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.048±0.02 ^b	98.20±4.02 ^a
8	28.2±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.0±0.08 ^a	162.2±7.10 ^a	0.08±0.01 ^a	0.22±0.01 ^a	0.070±0.02 ^a	98.80±4.06 ^a
9	28.1±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	3.8±0.02 ^a	170.4±4.20 ^a	0.08±0.02 ^a	0.24±0.02 ^a	0.070±0.02 ^a	102.40±2.06 ^a
10	28.2±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	3.8±0.02 ^a	186.6±5.60 ^a	0.08±0.02 ^a	0.24±0.02 ^a	0.072±0.02 ^a	102.80±2.08 ^a
11	27.0±0.04 ^b	7.2±0.08 ^a	4.8±0.08 ^a	101.2±4.08 ^b	0.06±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.038±0.02 ^b	80.20±1.50 ^a
12	27.2±0.04 ^b	7.4±0.08 ^a	4.8±0.04 ^a	114.6±6.08 ^b	0.06±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.034±0.02 ^b	84.40±1.20 ^a
13	27.4±0.04 ^b	7.5±0.08 ^a	4.6±0.04 ^a	118.2±2.02 ^b	0.06±0.01 ^a	0.12±0.02 ^a	0.039±0.02 ^b	85.40±1.44 ^a
14	27.8±0.04 ^a	7.6±0.08 ^a	4.4±0.16 ^a	124.8±2.90 ^b	0.06±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.045±0.02 ^b	88.40±1.64 ^a
15	27.6±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.4±0.16 ^a	126.8±8.40 ^b	0.08±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.045±0.02 ^b	94.20±2.04 ^a
16	27.8±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.2±0.14 ^a	147.8±8.20 ^a	0.08±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a	0.044±0.02 ^b	97.20±2.06 ^a
17	28.0±0.12 ^a	7.4±0.08 ^a	4.2±0.08 ^a	154.4±6.20 ^a	0.08±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.048±0.02 ^b	98.20±4.02 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 19 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์							
	(°C)	(pH)	(DO) (mg/l)	(NTU)	(Ammonia) (mg/l)	(Nitrate) (mg/l)	(Orthophosphate) (mg/l)	(Alkalinity) (mg/l)
18	28.2±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	4.0±0.08 ^a	168.2±4.20 ^a	0.08±0.01 ^a	0.22±0.01 ^a	0.070±0.02 ^a	98.80±4.06 ^a
19	28.1±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	3.8±0.02 ^a	172.4±5.40 ^a	0.08±0.02 ^a	0.24±0.02 ^a	0.074±0.02 ^a	102.40±2.06 ^a
20	28.2±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	3.8±0.02 ^a	186.6±5.60 ^a	0.08±0.02 ^a	0.24±0.02 ^a	0.077±0.02 ^a	102.80±2.08 ^a
21	27.0±0.04 ^b	7.4±0.08 ^a	4.8±0.08 ^a	102.2±6.08 ^b	0.06±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.039±0.02 ^b	80.20±1.50 ^a
22	27.2±0.04 ^b	7.4±0.08 ^a	4.8±0.04 ^a	118.6±2.08 ^b	0.06±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.036±0.02 ^b	84.40±1.20 ^a
23	27.4±0.04 ^b	7.5±0.08 ^a	4.6±0.04 ^a	124.2±7.02 ^b	0.06±0.01 ^a	0.12±0.02 ^a	0.039±0.02 ^b	85.40±1.44 ^a
24	27.8±0.04 ^a	7.6±0.08 ^a	4.4±0.16 ^a	127.8±4.70 ^b	0.06±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.042±0.02 ^b	88.40±1.64 ^a
25	27.6±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.4±0.16 ^a	129.8±2.40 ^b	0.08±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.045±0.02 ^b	94.20±2.04 ^a
26	27.8±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	4.2±0.14 ^a	152.8±7.20 ^a	0.08±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a	0.046±0.02 ^b	97.20±2.06 ^a
27	28.0±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.2±0.08 ^a	158.4±4.08 ^a	0.08±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.048±0.02 ^b	98.20±4.02 ^a
28	28.2±0.12 ^a	7.6±0.08 ^a	4.0±0.08 ^a	168.2±2.40 ^a	0.08±0.01 ^a	0.22±0.01 ^a	0.074±0.02 ^a	98.80±4.06 ^a
29	28.1±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	3.8±0.02 ^a	178.4±8.40 ^a	0.08±0.02 ^a	0.24±0.02 ^a	0.076±0.02 ^a	102.40±2.06 ^a
30	28.2±0.12 ^a	7.8±0.08 ^a	3.8±0.02 ^a	192.6±2.60 ^a	0.08±0.02 ^a	0.24±0.02 ^a	0.076±0.02 ^a	102.80±2.08 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

โครงการย่อยที่ 2 : ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต

ผลการวิจัย

ศึกษาความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล

1. จากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ปลานิล พบว่า ลักษณะโคโลนีส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน โดยพบโคโลนีที่มีสีเหลือง และสีขาว รูปร่างกลม มันวาว พื้นผิวเรียบ ขอบเรียบ เป็นส่วนใหญ่ และเมื่อนำมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์แตกต่างกัน เช่น แท่งสั้น แท่งยาว และกลม การจัดเรียงตัวของเซลล์จุลินทรีย์ที่ต่อกัน 2-3 เซลล์ แบบกลุ่มก้อน และแบบเดี่ยว ส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก สามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียได้จำนวน 110 ไอโซเลท

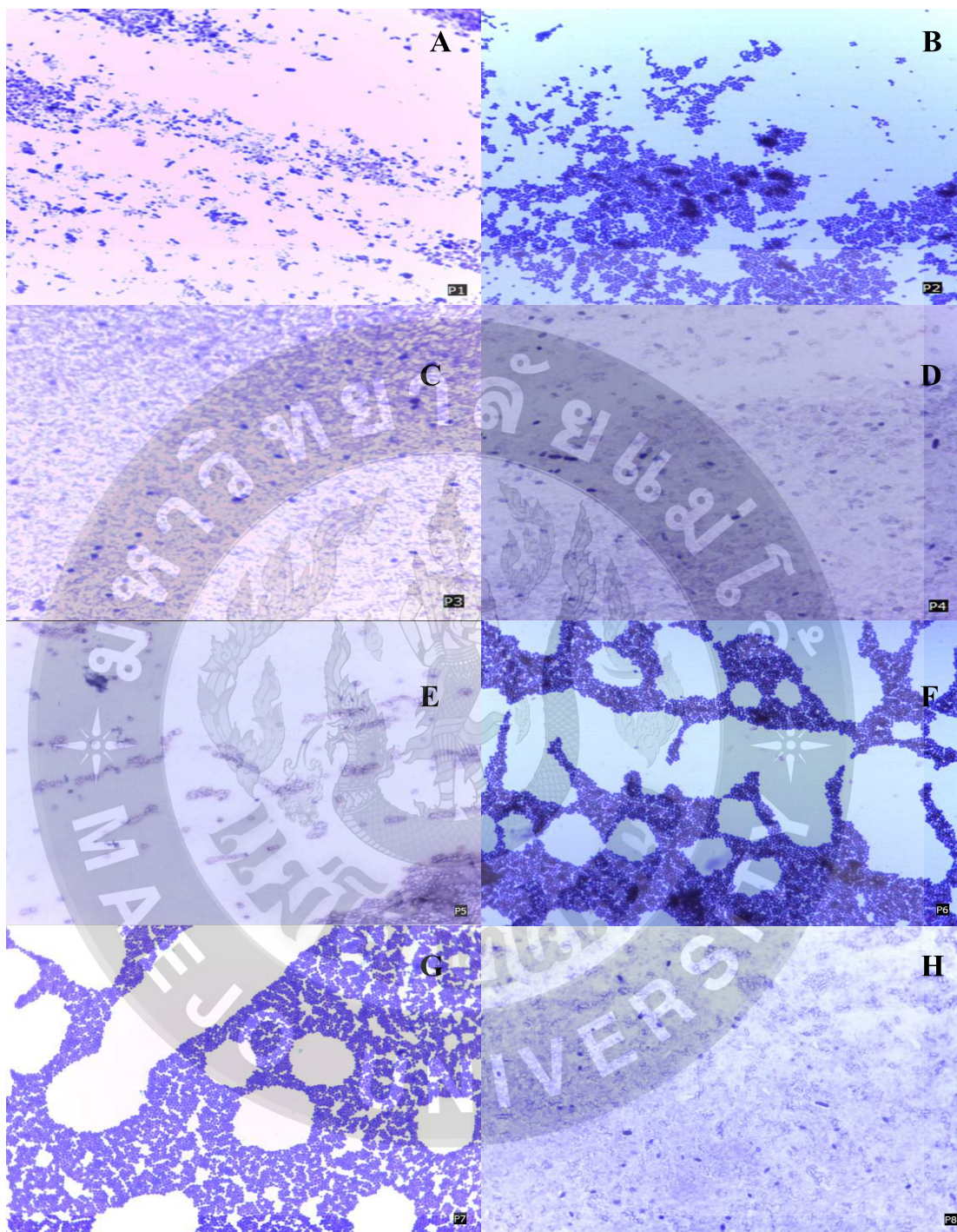
2. จากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิลเป็นจำนวนทั้งหมด 8 ไอโซเลท พบว่า ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียมีความคล้ายคลึงกัน เช่น สี รูปร่าง พื้นผิว เป็นต้น และเมื่อนำมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ส่วนใหญ่ติดสีแกรมบวก ลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์มีความแตกต่างกัน มีทั้งแท่งยาว แท่งสั้น และกลมอยู่กันเป็นกลุ่ม การจัดเรียงตัวของเซลล์มีทั้งอยู่แบบเดี่ยว และแบบกลุ่ม (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

2.1 ตรวจสอบความรุนแรงของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (*In vivo* test)

ทำการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ไอโซเลท P2, P3, P4, P6, และ P8 รวมทั้งเชื้อ *Aeromonas hydrophila* โดยการฉีดเชื้อเข้าไปบริเวณช่องท้องของปลานิล สังเกตการเกิดโรค และอัตราการตายของปลานิลเป็นระยะเวลา 5 วัน พบว่า P8 มีอัตราการตายสูงสุด 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วน P4 มีอัตราการตายต่ำสุด 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ฉีด) มีอัตราการรอดตายเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบอัตราการเกิดโรคของเชื้อ *A. hydrophila* พบว่า ปลานิลที่มีการฉีดเชื้อ *A. hydrophila* ที่เป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล (Positive control) มีอัตราการตายสูง 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

ตารางที่ 20 ลักษณะพื้นฐานวิทยาของแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล ที่คัดแยกได้จากปลานิลเป็นโรค

ชนิดแบคทีเรียก่อโรค	ลักษณะโคโลนี	ลักษณะพื้นฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์
P1	สีขาวใส รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว หรืออยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม
P2	สีขาว รูปร่างกลม ไม่มันวาว ผิวหยาบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม
P3	สีขาวใส รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว หรืออยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม
P4	สีขาวใส รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว
P5	สีขาวใส รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว
P6	สีขาวใส รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม
P7	สีขาวขุ่น รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม
P8	สีขาวใส รูปร่างกลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว หรืออยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม



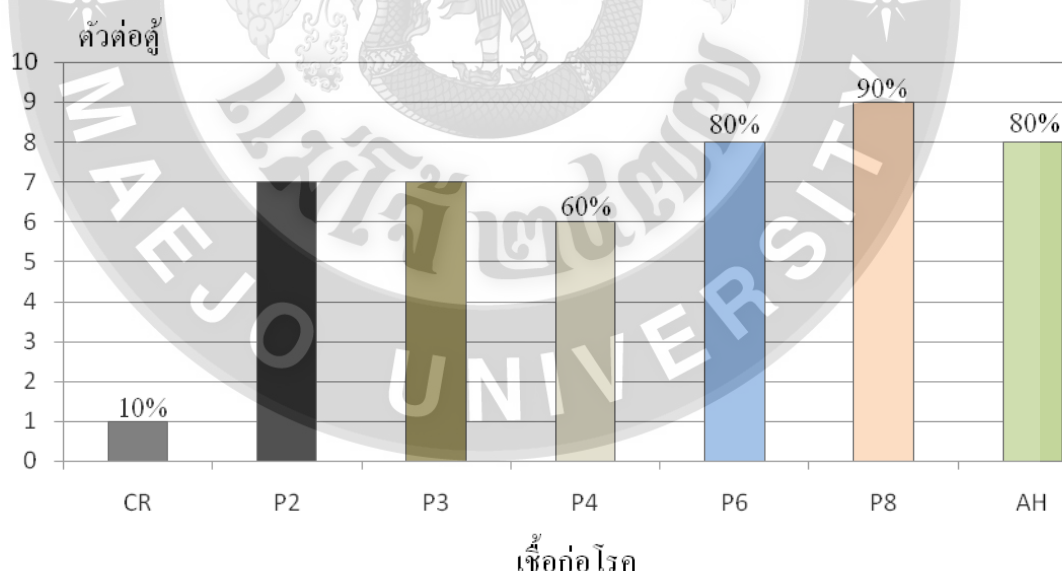
ภาพที่ 25 ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล 8 ไอโซเลต

(A) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P1	(E) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P5
(B) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P2	(F) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P6
(C) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P3	(G) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P7
(D) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P4	(H) เชื้อแบคทีเรียก่อโรค P8

ตารางที่ 21 ทดสอบเชื้อก่อโรคในปลานิลเพื่อดูอัตราการตายในระยะเวลา 5 วัน (*In vivo test*)

จำนวนวันทดลอง	เชื้อก่อโรค						
	Control	P2	P3	P4	P6	P8	AH
วันที่ 1	0	0	0	0	0	0	0
วันที่ 2	0	2	1	1	2	2	2
วันที่ 3	0	1	2	2	3	2	1
วันที่ 4	0	2	2	2	2	3	3
วันที่ 5	1	2	3	1	1	2	2
อัตราการตาย (%)	10	70	70	60	80	90	80

หมายเหตุ: Control = ไม่ได้ฉีดก่อโรคเข้าไปในตัวปลา



ภาพที่ 26 แสดงอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลเมื่อนำเชื้อโปรไบโอติกส์แต่ละไอโซเลต (*In vivo test*) จำนวนปลาเริ่มต้น 10 ตัวต่อตู้

การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล

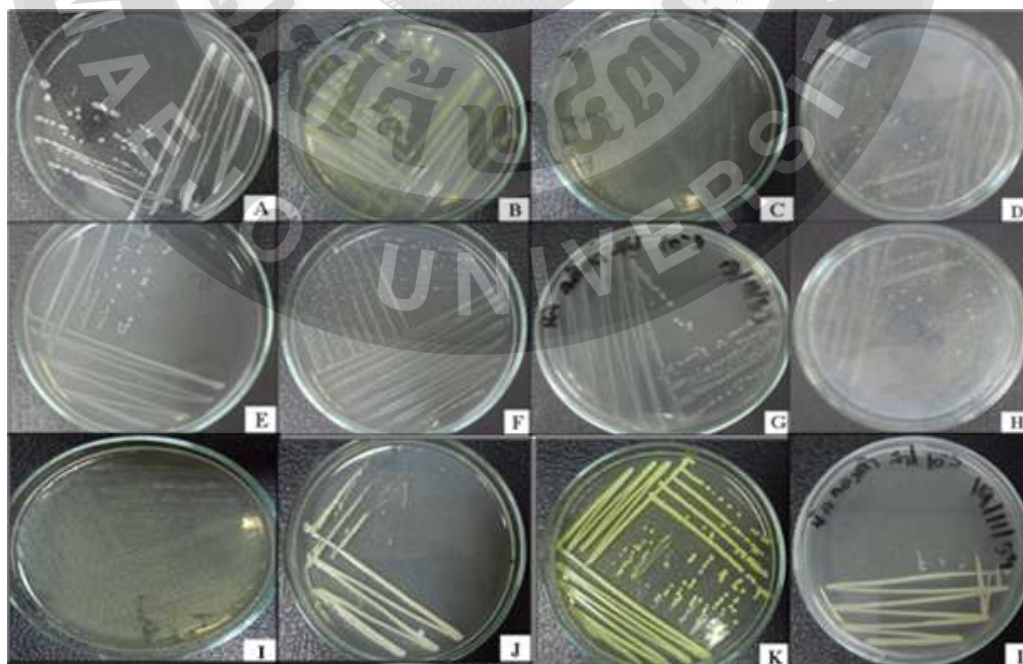
จากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 110 ไอโซเลท ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคปลานิลได้ โดยมีวิธีการ Agar well diffusion มีจำนวนทั้งสิ้น 15 ไอโซเลท หลังจากนั้นทำการ ทดสอบคุณสมบัติของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ที่มีคุณสมบัติในการเป็นจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์อันได้แก่วิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 22 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่คัดแยกจากปลานิล น้ำ และ ตะกอนดินในจังหวัดเชียงใหม่ และเขียนรายการที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้

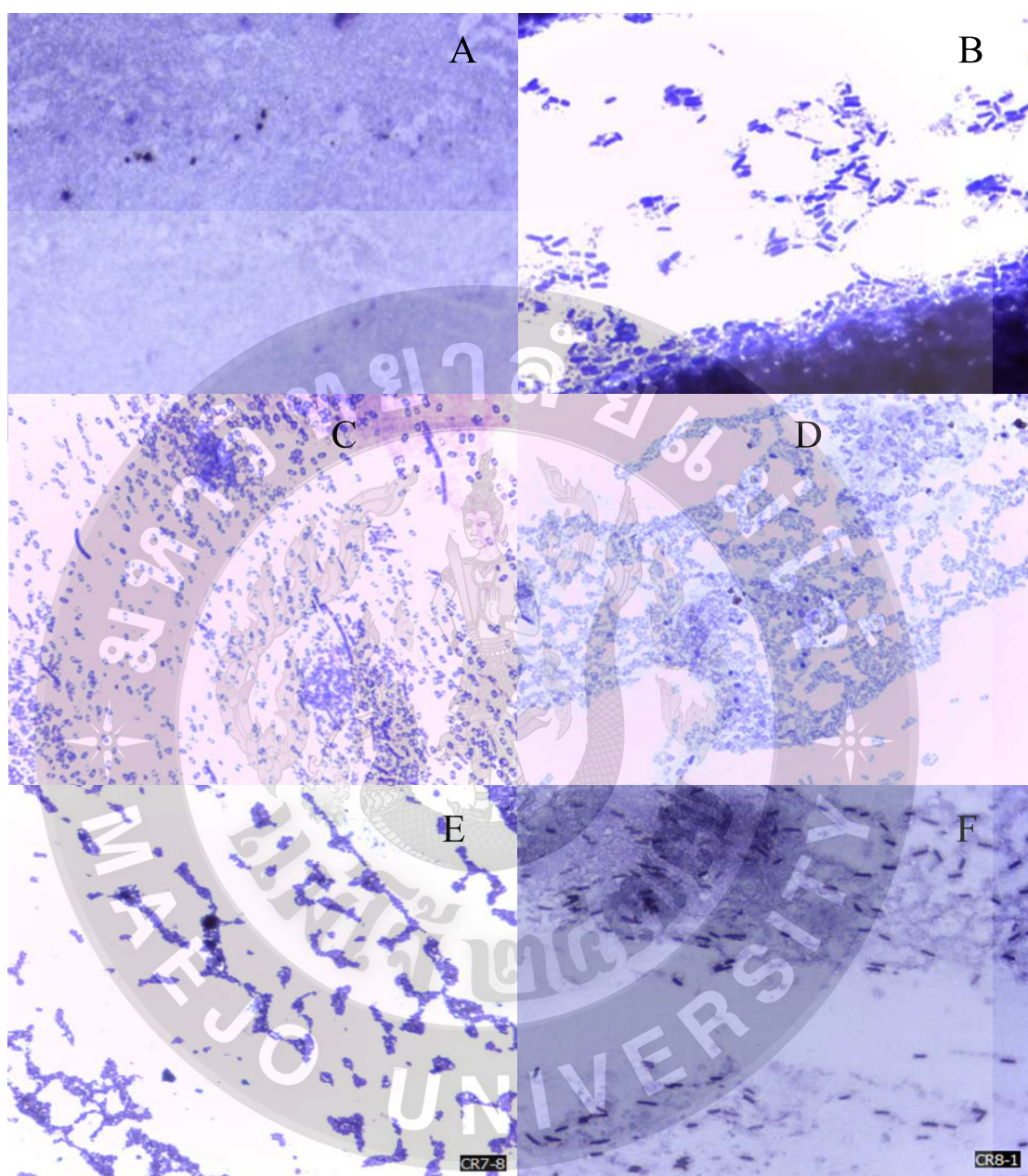
ลำดับที่	สถานที่	รหัส ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี	ลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้อง จุลทรรศน์
1	ลลิตา ฟาร์ม	CR1-2	สีขาวขุ่น กลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว
2		CR1-4	สีขาวใส กลม ไม่มันวาว ขอบ เรียบ ผิวเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
3	ศักดิ์ฟาร์ม ทองคำ	CR4-1	สีขาว กลม มันวาวขอบเรียบ ผิว เรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
4	ฟาร์ม	CR7-1	สีเหลืองเข้ม กลม มันวาวขอบ เรียบ ผิวเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว หรืออยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม
5	จำนงค์	CR7-8	สีขาวขุ่น กลม มันวาวขอบเรียบ ผิวเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
6	ฟาร์ม	CR8-1	สีขาวใส กลม มันวาวขอบเรียบ ผิวเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
7		CR8-3	สีขาว กลม มันวาวขอบเรียบ ผิว หยาบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
8		CR8-9	สีเหลืองเข้ม กลม มันวาวขอบ เรียบผิวเรียบ	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกันเป็น กลุ่ม
9		CR8-11	สีเหลืองอ่อน กลม ขอบเรียบ ผิว เรียบ มันวาว	

ตารางที่ 22 (ต่อ) ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่คัดแยกจาก ปลายินิล น้ำ และตะกอนดินในจังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย

ลำดับที่	สถานที่	รหัส ไอโซเลต	ลักษณะโคโลนี	ลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้อง จุลทรรศน์
10	นัยสิทธิ์ ฟาร์ม	CR10-5	สีขาวใส กลม ขอบเรียบ ผิว หยาบ ไม่มันวาว	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
11		CR10-7	สีขาว กลม ขอบเรียบ ผิวหยาบ มันวาว	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกัน เป็นกลุ่ม
12		CR10-8	สีขาว กลม ขอบเรียบ ผิวเรียบ มันวาว	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์
13	ศูนย์วิจัย และพัฒนา	CM4-3	สีขาวใส กลม ขอบเรียบ ผิว เรียบ มันวาว	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกัน เป็นกลุ่ม
14	ประมณน้ำ จิตเชียงใหม่	CM4-6	สีขาว กลม ขอบเรียบ ผิวเรียบ มันวาว	แกรมบวก รูปร่างกลม อยู่ร่วมกัน เป็นกลุ่ม
15	บุญธรรม ฟาร์ม	CM5-2	สีขาว กลม ขอบเรียบ ผิวเรียบ มันวาว	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว เซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์

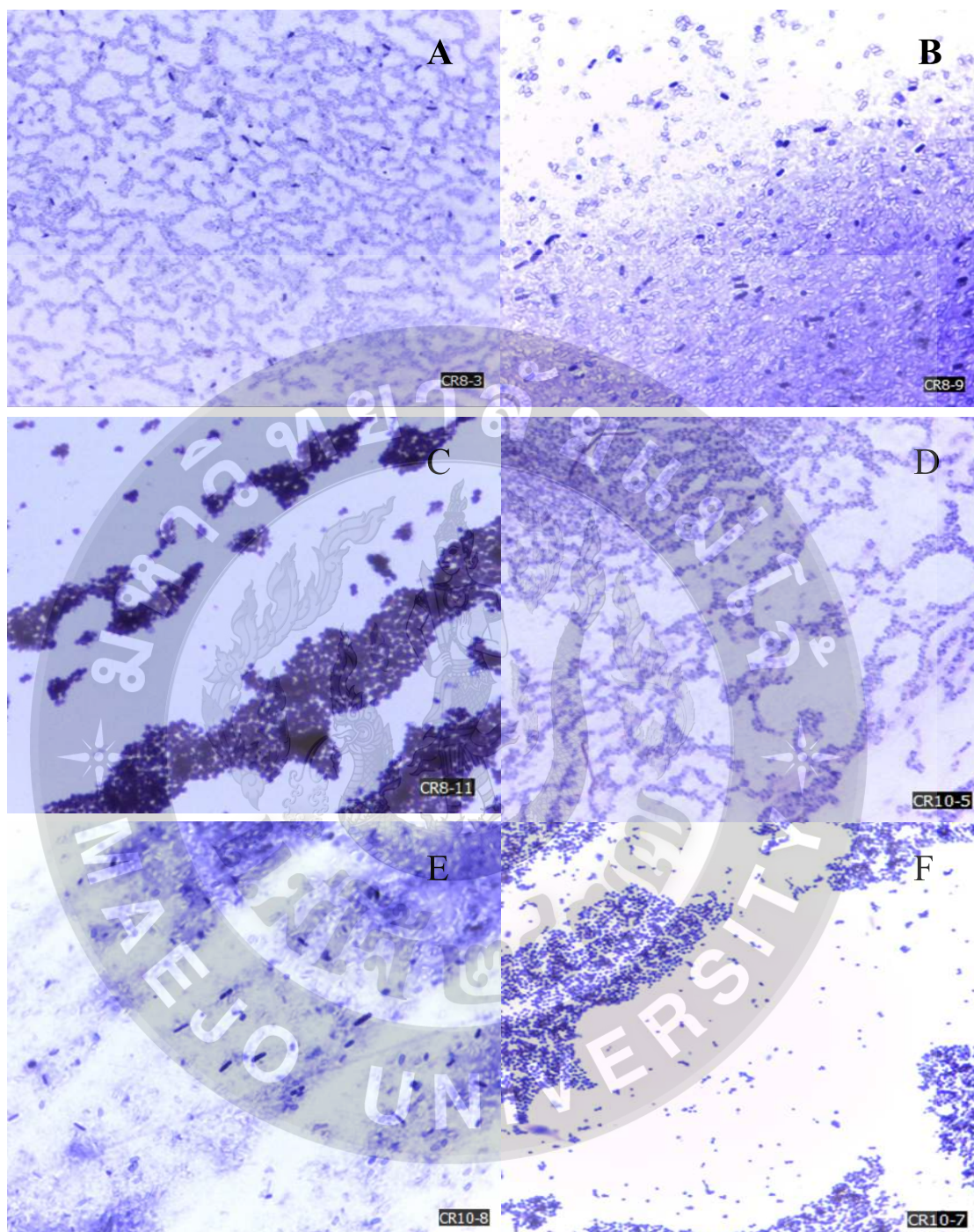


ภาพที่ 27 ลักษณะโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลายินิล



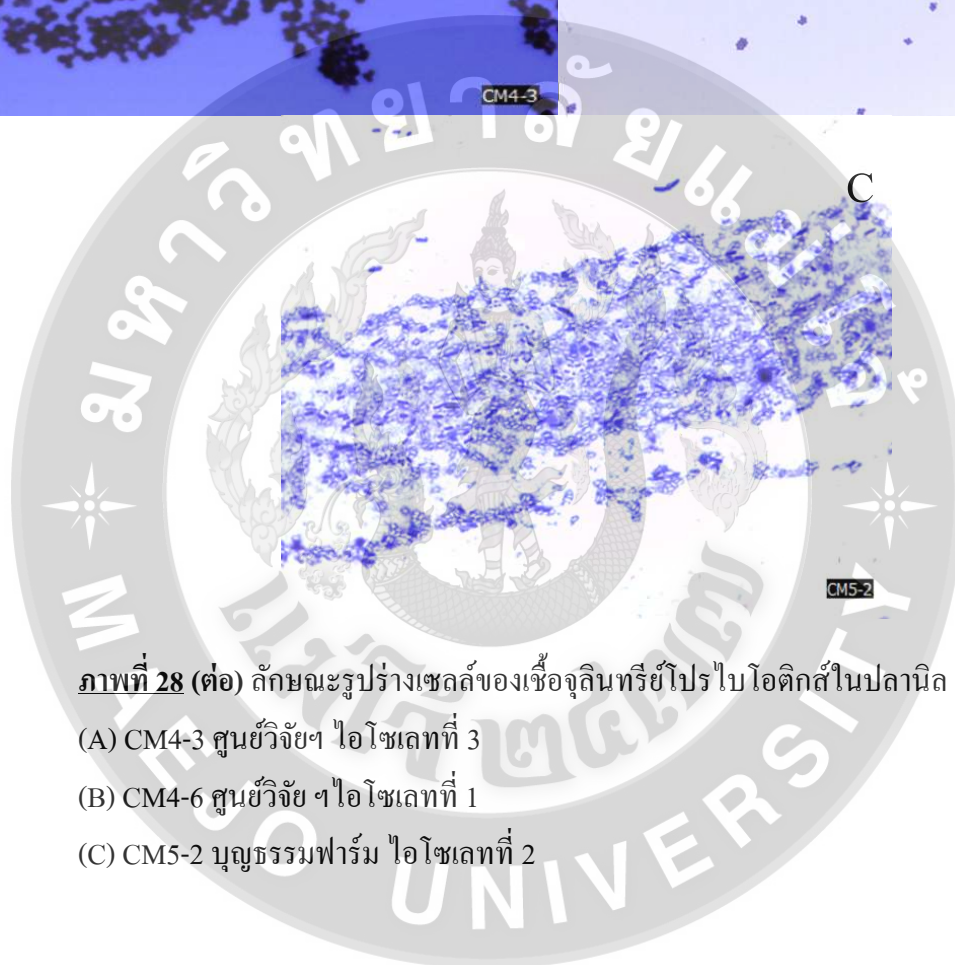
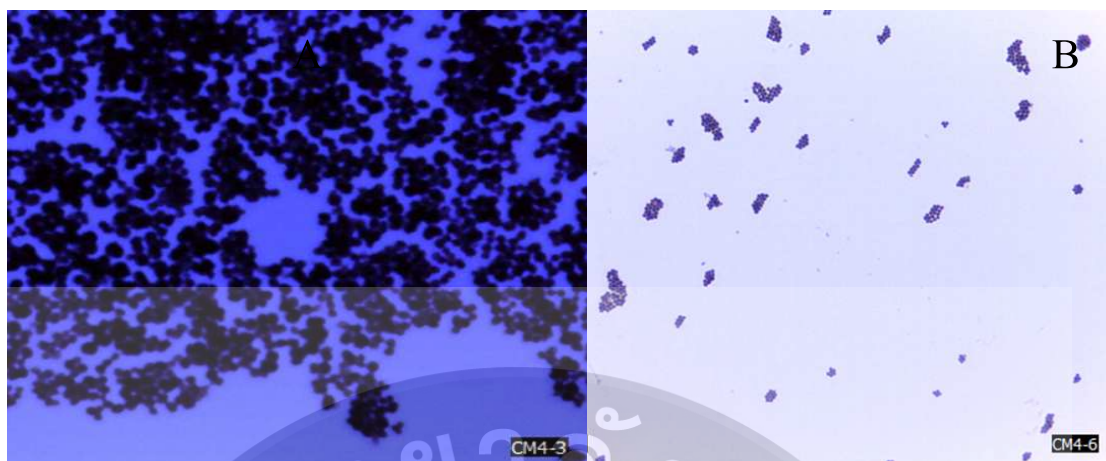
ภาพที่ 28 ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลานิล

(A) CR1-2 ลลิตาฟาร์ม ไอโซเลทที่ 2	(D) CR7-1 ทองคำฟาร์ม ไอโซเลทที่ 1
(B) CR1-4 ลลิตาฟาร์ม ไอโซเลทที่ 4	(E) CR7-8 ทองคำฟาร์ม ไอโซเลทที่ 8
(C) CR4-1 ศักดิ์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 1	(F) CR8-1 จำนงค์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 1



ภาพที่ 28 (ต่อ) ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในปลาไนล์

(A) CR8-3 จ้านงค์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 3	(D) CR10-5 นัยสิทธิ์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 5
(B) CR8-9 จ้านงค์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 9	(E) CR10-7 นัยสิทธิ์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 7
(C) CR8-11 จ้านงค์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 11	(F) CR10-8 นัยสิทธิ์ฟาร์ม ไอโซเลทที่ 8



ภาพที่ 28 (ต่อ) ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในพลาเนด

(A) CM4-3 ศูนย์วิจัยฯ ไอโซเลทที่ 3

(B) CM4-6 ศูนย์วิจัยฯ ไอโซเลทที่ 1

(C) CM5-2 บุญธรรมฟาร์ม ไอโซเลทที่ 2

ตารางที่ 23 ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล โดยวิธีการ agar well diffusion
(วัดความกว้าง Clear zone, เซนติเมตร)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์														
	CM4-3	CM4-6	CM5-2	CR1-2	CR1-4	CR4-1	CR7-1	CR7-8	CR8-1	CR8-3	CR8-9	CR8-11	CR10-5	CR10-7	CR10-8
P1	0.70	1.00	-	0.80	0.85	-	-	-	-	-	0.80	-	-	-	1.00
P2	1.00	0.70	-	1.40	1.25	0.90	1.15	0.70	1.05	-	0.90	1.00	1.00	0.80	1.30
P3	0.6	0.75	1.05	1.35	0.6	0.60	0.60	0.95	0.85	0.95	0.95	0.95	0.85	0.75	1.10
P4	0.65	1.10	0.95	0.90	1.10	0.85	0.6	0.95	1.05	0.95	1.00	1.05	0.8.0	0.90	1.15
P5	1.20	0.60	-	0.75	0.95	-	-	0.60	1.00	0.95	0.80	0.95	0.60	0.95	1.50
P6	0.70	0.60	0.75	1.20	1.10	1.30	0.80	0.80	0.80	0.85	0.95	0.70	0.70	0.60	1.25
P7	1.05	1.00	1.00	1.50	1.00	0.95	1.00	1.00	0.85	1.15	0.85	1.00	0.95	0.70	1.00
P8	0.60	0.65	1.15	1.50	0.60	0.95	0.75	0.90	0.70	0.85	0.90	1.00	1.00	0.60	1.15
AH	0.70	0.75	0.60	0.85	0.70	0.80	0.70	0.95	0.95	0.65	0.80	0.95	1.00	0.65	0.95

หมายเหตุ : (-) ไม่สามารถยับยั้งไม่ได้

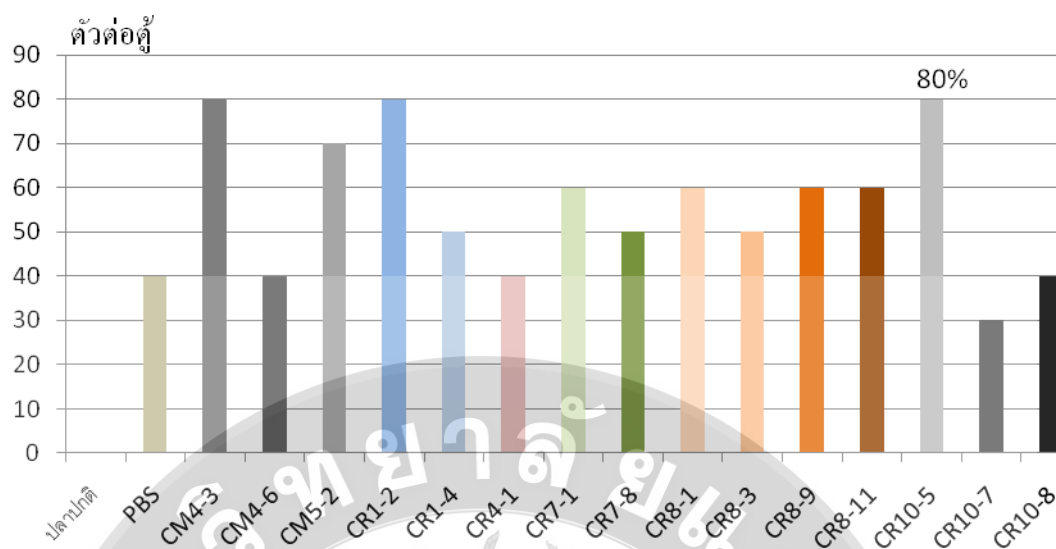
1. ตรวจสอบการเกิดโรคของเชื้อจุลินทรีย์ในสัตว์ทดลอง (*In vivo* test)

ตรวจสอบการเกิดโรคของเชื้อจุลินทรีย์ จำนวน 15 ไอโซเลทในปลานิล (*In vivo* test) เพื่อดูอัตราการรอดของปลานิล เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่า CR1-2, CR10-5 และ CM4-3 มีอัตราการรอดสูงสุดเท่ากัน 80 เปอร์เซ็นต์ และ CR10-7 มีอัตราการรอดต่ำสุด 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 24 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลเมื่อนิยเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้แต่ละไอโซเลท (*In vivo* test) จำนวนปลาเริ่มต้น 10 ตัวต่อตู้

โปรไบโอติกส์	อัตราการรอดตาย	
	(ตัว)	(เปอร์เซ็นต์)
ปลาปกติ	0	0
PBS	4	40
CM4-3	8	80
CM4-6	4	40
CM5-2	7	70
CR1-2	8	80
CR1-4	5	50
CR4-1	4	40
CR7-1	6	60
CR7-8	5	50
CR8-1	6	60
CR8-3	5	50
CR8-9	6	60
CR8-11	6	60
CR10-5	8	80
CR10-7	3	30
CR10-8	4	40

หมายเหตุ: ปลาปกติ = (ไม่มีการฉีดเชื้อโปรไบโอติกส์เข้าไป)



จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

ภาพที่ 29 แสดงอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลเมื่อนำเชื้อโปรไบโอติกส์แต่ละไอโซเลท (*In vivo* test) จำนวนปลาเริ่มต้น 10 ตัวต่อตู้

2. การศึกษาปฏิบัติการการแตกของเม็ดเลือดแดง (Blood agar hemolysis)

ทดสอบปฏิบัติการการแตกของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Hemolysis) จะทำการคัดเลือกเชื้อที่ไม่สามารถทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงแตกได้ ซึ่งจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ทั้ง 15 ไอโซเลท ไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงแตกตัว (Non hemolysis) (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 ปฏิบัติการการแตกของเม็ดเลือดแดง (Blood agar hemolysis) ของเชื้อจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์

3. การตรวจสอบสายพันธุ์แบคทีเรียกลุ่ม *Staphylococci*

จากการตรวจวินิจฉัยเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Staphylococci* ที่ทำการคัดแยกได้ 4 ไอโซเลท (ตรวจสอบโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา) ได้แก่ CM4-3, CM4-6, CR8-11 และ CR10-7 ได้ผลดังนี้ แบคทีเรียที่ทำการคัดแยกได้ทั้ง 4 ไอโซเลท สามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol Salt Agar และทำให้อาหารเปลี่ยนสีได้ จากอาหารสีชมพูเป็นสีเหลือง เนื่องจากแบคทีเรียมีการสร้างกรด ทำให้ pH ของอาหารเปลี่ยนไป สรุปได้ว่า ทั้ง 4 ไอโซเลท ที่ทำการทดสอบเป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ *Staphylococcus* ทั้งหมด (ภาพที่ 31)

แบคทีเรียในกลุ่ม *Staphylococci* ส่วนใหญ่มักจะเป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคในคน และสัตว์ หรือทำให้อาหารเน่าเสีย จึงไม่ควรใช้แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นโปรไบโอติกส์ (ถึงแม้ว่า *Staphylococcus* บางสายพันธุ์ จะใช้เป็นโปรไบโอติกส์ก็ตาม) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข 2554



ภาพที่ 31 การทดสอบปฏิกิริยาของสายพันธุ์แบคทีเรีย กลุ่ม *Staphylococci*

4. การศึกษาสภาวะพีเอชที่เหมาะสมในการเจริญ และยับยั้งเชื้อก่อโรค

จากการศึกษาสภาวะพีเอชที่เหมาะสม พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้ ทั้ง 15 ไอโซเลท ไม่สามารถเจริญได้ใน pH 4 มีเพียง 2 ไอโซเลท ที่ไม่สามารถเจริญที่ระดับ pH 5 โดยสภาวะ pH ที่เหมาะสม คือ pH 7 นำอาหารส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง ไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค P4 และ P7 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ CR1-2 และ CR4-1 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค P4 ได้ ที่ระดับ pH 5 มี Clear zone = 0.60 ซม. และที่ระดับ pH 7 มี Clear zone = 0.76 ซม. ที่ระดับ pH 8 มี Clear zone = 0.90 ซม. และที่ระดับ pH 9 มี Clear zone = 0.63 ซม. และเชื้อจุลินทรีย์

CM5-2, CR4-1, CR7-1 และ CR10-5 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่าโรค P7 ได้ ที่ระดับ pH 6 มี Clear zone = 0.92 ซม. ที่ระดับ pH 9 มี Clear zone = 1.00 ซม. ที่ระดับ pH 7 มี Clear zone = 1.12 ซม. pH 8 มี Clear zone = 0.93 ซม. ที่ระดับ pH 9 มี Clear zone = 1.00 ซม. และที่ระดับ pH 7 มี Clear zone = 1.00 ซม. ตามลำดับ เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์มีความสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคเมื่อในระดับ pH ที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 32)



ภาพที่ 32 การเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับพีเอชแตกต่างกัน

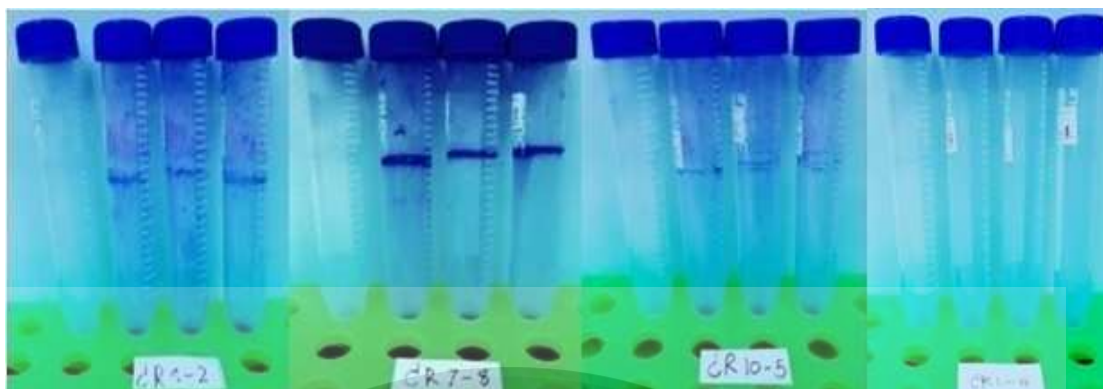
5. การทดสอบความสามารถในการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

สังเกตการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น 100 เปอร์เซ็นต์ ของการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในหลอดทดลอง พบว่า เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR8-1, CR1-2 และ CR7-8 มีการยึดเกาะกับผนังหลอดทดลองได้ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเชื้อโปรไบโอติกส์ที่มีการยึดเกาะได้น้อยที่สุด ได้แก่ CR1-4 โดยยึดเกาะได้เพียง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 25 และ ภาพที่ 33)

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์ในการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในหลอดพลาสติก

เชื้อโปรไบโอติกส์	CM	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR
	5-2	1-2	1-4	4-1	7-1	7-8	8-1	8-3	8-9	10-5	10-8
เปอร์เซ็นต์การเกาะติด	40	80	30	70	70	80	80	60	50	70	50

หมายเหตุ: ทำการทดลองเฉพาะเซลล์ที่มีลักษณะเป็นรูปแท่งสั้น และแท่งยาว



ภาพที่ 33 การทดสอบประสิทธิภาพการเกาะติดของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในหลอดทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลโดยใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่น

คัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถเจริญในอาหารที่ทนต่อกรดได้ดี (pH ต่ำ) หรือเป็นด่างได้ดี (pH สูง) สามารถเกาะติดที่ผนังหลอดทดลองได้ดีที่สุด และไม่ทำให้ปลาตาย โดยทำการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์จำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ CR1-2, CR7-8 และ CR10-5 ทำการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม และไม่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์แต่ละชนิด (ชุดควบคุม) แก่ปลานิลเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า

1 การเจริญเติบโตของปลานิลในกระชัง

1.1 น้ำหนักปลา เมื่อเริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยรวมของปลานิลอยู่ในช่วง 12.41 ± 0.05 ถึง 12.90 ± 0.09 กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่คัดเลือกไว้ ทั้ง 3 สายพันธุ์ และชุดควบคุม พบว่า ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่เสริมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ CR7-8 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 430.39 ± 8.30 กรัม โดยอัตราการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) (ตารางที่ 26)

1.2 ความยาวปลา เมื่อเริ่มต้นการทดลองความยาวเฉลี่ยของปลานิลอยู่ในช่วง 2.52 ± 0.01 ถึง 2.55 ± 0.07 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ค่าความยาวของปลานิลที่เสริมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ CR7-8 มีค่าความยาวเฉลี่ยสูงที่สุดโดยมีค่า 10.33 ± 0.14 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 น้ำหนักและความยาวของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์
โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean±SE)

โปรไบโอติกส์	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความยาวเริ่มต้น (เซนติเมตร)	ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร)
Control	12.86±0.10	292.83±10.17 ^d	2.55±0.07	6.60±0.10 ^d
CR1-2	12.41±0.05	367.58±5.64 ^c	2.52±0.02	8.20±0.05 ^c
CR7-8	12.90±0.09	430.39±8.30 ^a	2.47±0.07	10.33±0.14 ^a
CR10-5	12.68±0.05	399.85±8.69 ^b	2.52±0.01	9.36±0.06 ^b

หมายเหตุ: พญฺญชนะยกกำลัง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) พบว่า ในเดือนกันยายน ค่าSGR ของปลานิลที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 มีค่าสูงที่สุด 5.42±0.22 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตในช่วงแรกของปลาในทุกชุดการทดลอง มีค่า SGR สูง หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วย
อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการ
เลี้ยง 4 เดือน (Mean±SE)

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	2.14±0.21 ^{dB}	1.87±0.11 ^{cB}	2.85±0.13 ^{bA}	2.33±0.08 ^{dB}
CR1-2	5.42±0.22 ^{aA}	3.77±0.08 ^{aB}	2.96±0.15 ^{bC}	2.96±0.05 ^{cC}
CR7-8	3.81±0.05 ^{cA}	3.01±0.01 ^{bC}	3.84±0.09 ^{aA}	3.48±0.07 ^{aB}
CR10-5	4.51±0.08 ^{bA}	3.65±0.04 ^{aB}	3.31±0.18 ^{bBC}	3.23±0.07 ^{bC}

หมายเหตุ พญฺญชนะยกกำลังพิมพ์เล็ก แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในแต่ละ ชุด
การทดลอง (แนวตั้ง) พญฺญชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
(P<0.05) ในแต่ละเดือน (แนวนอน)

1.4 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Total biomass increase) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ทั้ง 3 สายพันธุ์ ในแต่ละชุดการทดลอง น้ำหนักปลาเพิ่มสูงขึ้นทุกๆ เดือน ตั้งแต่กันยายนถึงธันวาคม เมื่อพิจารณา พบว่า CR7-8 ทำให้ปลานิลมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 418.24 ± 8.22 กรัม พบว่า อาหารที่ผสมโปรไบโอติกส์ แต่ละชนิด ทำให้ปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าชนิดที่ไม่ผสมโปรไบโอติกส์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean $\pm$ SE)

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	64.21 ± 6.29^{dC}	112.23 ± 6.32^{cB}	256.93 ± 11.60^{bA}	280.34 ± 10.10^{dA}
CR1-2	162.63 ± 6.63^{aE}	226.53 ± 4.51^{aC}	266.48 ± 13.34^{bB}	355.31 ± 5.63^{cA}
CR7-8	114.3 ± 1.58^{cE}	180.90 ± 0.71^{bC}	345.91 ± 8.40^{aB}	418.24 ± 8.22^{aA}
CR10-5	135.5 ± 2.41^{bE}	219.11 ± 2.36^{aC}	298.05 ± 15.87^{bB}	387.70 ± 8.68^{bA}

หมายเหตุ: พญชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง (แนวตั้ง) พญชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในแต่ละเดือน (แนวนอน)

1.5 อัตราการรอดตาย (%Survival) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชัง ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8 และ CR10-5 และชุดควบคุม เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ค่าอัตราการรอดตายของปลานิลที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 และ CR7-8 มีค่าอัตราการรอดตายสูงสุดคือ 99.00 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ปลาที่ผสมด้วย CR10-5 และ ชุดควบคุม เท่ากับ 93.33 ± 1.33 และ 96.66 ± 1.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า อัตราการรอดในชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งจำนวนปลาที่ตายเกิดจากการบอบช้ำจากการชั่งน้ำหนักสังเกตได้จากปลาตายหลังจากชั่งน้ำหนัก 1 วัน (ตารางที่ 14)

1.6 อัตราการแลกเนื้อ (FCR) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชังด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8 และ CR10-5 และชุดควบคุม เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ค่าอัตราการแลกเนื้อของปลานิลที่ไม่ได้เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (ชุดควบคุม) มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูง 2.25 ± 0.04 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่เสริมด้วยจุลินทรีย์สายพันธุ์อื่นๆ โดยมีค่าอยู่

ในช่วง 1.65 ± 0.01 ถึง 1.80 ± 0.02 มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างภายในชุดการทดลอง (ตารางที่ 29)

1.7 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชัง ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ทั้ง 3 สายพันธุ์ และชุดควบคุม เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลานิลที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุด 0.61 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ CR7-8, CR10-5 และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.58 ± 0.00 , 0.54 ± 0.01 และ 0.49 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดย CR1-2 และ CR7-8 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่า CR10-5 และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

1.8 Productive Protein Value (PPV) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชัง พบว่าค่า PPV ของปลานิลที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 มีค่า PPV สูงที่สุด 10.11 ± 6.13 ไร่ไร่กรัม ตาม PPV ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 29)

1.9 Productive Fat Value (PFV) มีค่าคิดลบทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในการวิเคราะห์ไขมันของเนื้อปลานิลเริ่มต้นการทดลองได้นำตัวอย่างของปลานิลทั้งตัว มาทำการวิเคราะห์หาไขมันเพราะปลานิลในระยะเริ่มต้นมีขนาดเล็ก ไม่สามารถนำเนื้อปลานิลมาทำการวิเคราะห์หาไขมันได้ แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถนำเนื้อปลานิลมาวิเคราะห์ได้ ทำให้ค่าของไขมันเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าค่าสิ้นสุดการทดลอง จึงทำให้ไม่สามารถหาค่า (PFV) ได้ ค่า PFV จึงมีค่าติดลบ (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ค่าอัตราการรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน Productive Protein Value (PPV) Productive Fat Value (PFV) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน

โปรไบโอติกส์	Survival%	FCR	PER%	PPV%	PFV%
Control	96.66 ± 1.76	2.25 ± 0.04^a	0.49 ± 0.01^b	6.07 ± 2.80	-41.69 ± 3.18
CR1-2	99.00 ± 0.58	1.80 ± 0.02^b	0.61 ± 0.04^a	10.11 ± 6.13	-40.51 ± 1.23
CR7-8	99.00 ± 0.58	1.65 ± 0.01^c	0.58 ± 0.00^a	6.69 ± 3.41	-41.93 ± 1.46
CR10-5	93.33 ± 1.33	1.79 ± 0.03^b	0.54 ± 0.01^{ab}	6.06 ± 3.74	-41.69 ± 0.25

หมายเหตุ : พหุคูณชะยกำลัง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. การเจริญเติบโตของปลานิลในตู้กระจก

2.1 น้ำหนักปลาเฉลี่ย น้ำหนักของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8, CR10-5, PBS และชุดควบคุม และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ P4, P6 และ AH พบว่า น้ำหนักปลาเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 37.05 ± 0.48 ถึง 37.64 ± 0.48 กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองก็พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยก็ไม่มีความแตกต่างเช่นกัน (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ค่าน้ำหนักปลาเฉลี่ย (กรัม) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	37.50 ± 0.48	37.18 ± 0.13	37.54 ± 0.18	37.37 ± 0.21	37.30 ± 0.15
P6	37.50 ± 0.48	37.18 ± 0.13	37.64 ± 0.48	37.10 ± 0.02	37.24 ± 0.14
AH	37.50 ± 0.48	37.18 ± 0.13	37.05 ± 0.48	37.10 ± 0.02	37.56 ± 0.14
หลังการทดลอง					
P4	38.66 ± 0.47	38.48 ± 0.51	38.61 ± 0.13	37.47 ± 0.69	38.36 ± 0.20
P6	38.66 ± 0.47	38.48 ± 0.51	38.21 ± 0.70	38.66 ± 0.44	38.91 ± 0.51
AH	38.66 ± 0.47	38.48 ± 0.51	37.85 ± 0.28	38.62 ± 0.22	37.88 ± 0.87

2.2 ความยาวปลา ความยาวปลาเฉลี่ยต่อตัว ในขณะที่เริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 13.99 ± 0.05 ถึง 14.05 ± 0.10 เซนติเมตร พบว่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวปลาเฉลี่ยต่อตัวมีค่าอยู่ในช่วง 14.41 ± 0.49 ถึง 15.33 ± 0.18 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 ความยาวปลาเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	13.51±0.28	13.44±0.30	13.99±0.05	13.99±0.05	14.05±0.10
P6	13.51±0.28	13.44±0.30	13.80±0.01	13.87±0.03	13.71±0.14
AH	13.51±0.28	13.44±0.30	13.86±0.20	13.46±0.19	13.69±0.25
หลังการทดลอง					
P4	14.81±0.31	14.41±0.49	14.91±0.11	14.95±0.11	15.08±0.33
P6	14.81±0.31	14.41±0.49	15.33±0.18	15.13±0.10	14.99±0.21
AH	14.81±0.31	14.41±0.49	15.25±0.13	14.86±0.13	14.65±0.47

2.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อตัว (SGR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8, CR10-5, PBS และชุดควบคุม และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล 3 สายพันธุ์ ได้แก่ P4, P6 และ AH พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิล มีค่าอยู่ในช่วง 0.007±0.017 ถึง 0.036±0.007 กรัมต่อวัน ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 32 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (กรัมต่อวัน) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	0.026±0.003	0.030±0.010	0.023±0.007	0.003±0.012	0.023±0.009
P6	0.026±0.003	0.030±0.010	0.013±0.012	0.020±0.012	0.036±0.007
AH	0.026±0.003	0.030±0.010	0.018±0.009	0.026±0.001	0.007±0.017

2.4 อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์) พบว่า อัตราการรอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วย จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ทั้ง 3 สายพันธุ์มีอัตราการรอด ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการฉีดเชื้อก่อโรคเข้าไป (Control P) พบว่า อัตราการรอดมีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยชุด Control P ปลานิลหลังจากฉีดเชื้อก่อโรค ตายทั้งหมด หลังจากฉีดเชื้อเป็นระยะเวลา 4 วัน (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 33 อัตราการรอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean $\pm$ SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์		
	P4	P6	AH
Control	66.66 $\pm$ 8.33 ^a	66.66 $\pm$ 8.33 ^a	66.66 $\pm$ 8.33 ^a
Control P	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	0.00 $\pm$ 0.00 ^b
PBS	66.66 $\pm$ 8.33 ^a	66.66 $\pm$ 8.33 ^a	66.66 $\pm$ 8.33 ^a
CR1-2	75.00 $\pm$ 0.00 ^a	75.00 $\pm$ 0.00 ^a	75.00 $\pm$ 0.00 ^a
CR7-8	83.33 $\pm$ 8.33 ^a	75.00 $\pm$ 0.00 ^a	75.00 $\pm$ 0.00 ^a
Cr10-5	66.66 $\pm$ 8.33 ^a	75.00 $\pm$ 0.00 ^a	66.66 $\pm$ 8.33 ^a

หมายเหตุ : พืชระยะขก้าถึงตัวพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ใน (แนวตั้ง)

2.5 อัตราการแลกเนื้อ (FCR) อัตราการแลกเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วย จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR10-5 ที่ฉีดเชื้อก่อโรค P4 และ AH มีค่าอยู่ที่ 1.93 $\pm$ 0.03 กรัมต่อวัน มีความแตกต่างกับ PBS และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วน (P6) พบว่า ค่า FCR ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม PBS มีค่า FCR สูง 2.25 $\pm$ 0.075 มีความแตกต่างทางสถิติกับชุด การทดลอง ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ($P>0.05$) และ AH พบว่า ค่า FCR ของ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 และ CR10-5 มีค่า FCR ต่ำ 1.93 $\pm$ 0.029 มีความแตกต่างกับ PBS และชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 อัตราการแลกเนื้อ (FCR) กรัมต่อวัน ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	2.11±0.04 ^{abA}	2.25±0.08 ^{aA}	2.01±0.04 ^{bcA}	1.96±0.05 ^{bcA}	1.93±0.03 ^{cA}
P6	2.11±0.04 ^{abA}	2.25±0.08 ^{aA}	1.96±0.01 ^{bA}	1.94±0.03 ^{bA}	1.94±0.09 ^{bA}
AH	2.11±0.04 ^{abA}	2.25±0.08 ^{aA}	1.93±0.02 ^{cA}	1.98±0.06 ^{bcA}	1.93±0.03 ^{cA}

2.6 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) พบว่า ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 0.15±0.013 ถึง 0.20±0.025 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับชุดควบคุม (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 35 ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	0.18±0.032	0.19±0.044	0.16±0.003	0.16±0.003	0.16±0.003
P6	0.18±0.032	0.19±0.044	0.15±0.013	0.17±0.003	0.17±0.003
AH	0.18±0.032	0.19±0.044	0.20±0.025	0.17±0.006	0.20±0.025

2.7 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Total biomass increase) พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว มีค่าอยู่ในช่วง 0.50±0.30 ถึง 1.15±0.08 กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุม ($P>0.05$) (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์
โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	1.15±0.08	0.99±0.68	1.08±0.28	1.16±0.37	0.87±0.25
P6	1.15±0.08	0.99±0.68	0.65±0.15	0.50±0.30	1.05±0.16
AH	1.15±0.08	0.99±0.68	0.97±0.09	0.86±0.34	0.61±0.18

2.8 Productive Protein Value (PPV) พบว่าค่า PPV มีอยู่ในช่วง -5.07±3.31 ถึง 4.36±3.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 37)

2.9 Productive Fat Value (PFV) พบว่าค่า PFV มีค่าอยู่ในช่วง 12.50±3.57 ถึง 19.68±4.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุม ($P>0.05$) (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 37 Productive Protein Value (PPV) ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์
โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	0.65±3.17	-0.93±6.36	-5.07±3.31	-3.14±3.79	-4.60±3.64
P6	0.65±3.17	-0.93±6.36	-4.14±4.73	-0.40±3.63	4.36±3.73
AH	0.65±3.17	-0.93±6.36	0.28±3.13	-2.30±0.45	-5.44±1.24

ตารางที่ 38 Productive Fat Value (PFV) ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์
โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการ
เลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	17.65±4.51	13.60±1.08	13.00±1.80	18.90±2.03	17.23±1.14
P6	17.65±4.51	13.60±1.08	18.31±0.94	14.87±1.15	19.68±4.02
AH	17.65±4.51	13.60±1.08	12.08±0.60	14.07±0.57	12.50±3.57

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการ

1. คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลในกระชัง

1.1 อุณหภูมิ ในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8 และ CR10-5 และชุดควบคุม พบว่าค่าอุณหภูมิในระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม มีค่าอยู่ในช่วง 28.36 ± 0.08 ถึง 31.28 ± 0.08 อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นในเดือนตุลาคมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เพราะในช่วงเดือนตุลาคมเป็นช่วงปรับเปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูร้อน และหนาว และอุณหภูมิน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในเดือนพฤศจิกายนจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 39 ค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean $\pm$ SE)

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	29.24 ± 0.05^{bB}	31.00 ± 0.06^{bA}	28.68 ± 0.05^{aC}	28.66 ± 0.12^{aC}
CR1-2	29.22 ± 0.08^{bB}	31.28 ± 0.08^{aA}	28.83 ± 0.05^{aC}	28.67 ± 0.11^{aC}
CR7-8	29.71 ± 0.09^{aA}	30.55 ± 0.09^{cA}	28.87 ± 0.14^{aB}	28.39 ± 0.07^{aC}
CR10-5	29.89 ± 0.07^{aA}	29.93 ± 0.09^{dA}	28.59 ± 0.05^{aA}	26.26 ± 2.13^{aB}

1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล พบว่า ค่า pH เริ่มต้นในเดือนกันยายน และเดือนธันวาคม ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุม ค่า pH อยู่ในช่วง 7.48 ± 0.02 ถึง 7.55 ± 0.00 และ 7.45 ± 0.02 ถึง 7.52 ± 0.05 ส่วนในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน มีความแตกต่างกันกับชุดการทดลอง ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุม ($P > 0.05$)

ตารางที่ 40 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean $\pm$ SE)

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	7.55 ± 0.06^{aB}	7.96 ± 0.08^{aA}	7.65 ± 0.05^{bB}	7.46 ± 0.03^{aB}
CR1-2	7.48 ± 0.02^{aB}	7.73 ± 0.07^{abA}	7.60 ± 0.09^{bB}	7.51 ± 0.04^{aB}
CR7-8	7.48 ± 0.11^{aB}	7.65 ± 0.09^{bB}	8.09 ± 0.09^{aA}	7.52 ± 0.05^{aB}
CR10-5	7.51 ± 0.01^{aC}	7.71 ± 0.10^{abB}	7.86 ± 0.10^{abA}	7.45 ± 0.02^{aC}

1.3 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) mg/l ในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตลอดระยะเวลาการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 3.83 ± 0.03 ถึง 8.06 ± 0.18 อุณหภูมิในน้ำ เพิ่มขึ้น และลดลงตามสภาพอากาศในแต่ละวัน ในเดือนตุลาคมสภาพอากาศร้อน ในชุดควบคุม อยู่ใกล้กับทางน้ำเข้า กระแสน้ำที่ไหลเข้ามาทำให้น้ำบริเวณกระชัง ชุดควบคุม มีค่า DO สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ประกอบกับบริเวณกระชังมีการเจริญของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าชุดการทดลองอื่น ส่งผลให้ค่า DO สูงขึ้น (ตารางที่ 41)

ตารางที่ 41 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean $\pm$ SE)

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	4.90 ± 0.26^{aC}	8.06 ± 0.18^{aA}	6.46 ± 0.19^{aB}	6.86 ± 0.09^{aB}
CR1-2	3.83 ± 0.03^{bC}	5.43 ± 0.23^{bB}	6.16 ± 0.09^{aA}	6.33 ± 0.07^{bA}
CR7-8	4.73 ± 0.09^{aC}	5.40 ± 0.10^{bB}	4.60 ± 0.06^{bA}	6.16 ± 0.12^{bA}
CR10-5	4.96 ± 0.09^{aC}	5.63 ± 0.27^{bB}	6.20 ± 0.06^{aC}	6.50 ± 0.15^{bA}

1.4 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 22.16 ± 0.58 ถึง 56.54 ± 0.49 (mg/l) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าความเป็นด่างเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่สองเดือนแรกของการทดลอง และเริ่มมีค่าความเป็นด่างสูงขึ้นในเดือนพฤศจิกายนจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 42)

ตารางที่ 42 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) mg/l ในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	29.36 ± 0.11^{bD}	46.59 ± 0.52^{aC}	56.54 ± 0.49^{aA}	48.44 ± 0.51^{cB}
CR1-2	32.22 ± 0.07^{aD}	46.22 ± 0.55^{aC}	52.02 ± 1.02^{bB}	55.54 ± 0.21^{aA}
CR7-8	22.16 ± 0.58^{dD}	39.55 ± 0.26^{cC}	55.43 ± 1.06^{aA}	52.25 ± 0.88^{bB}
CR10-5	27.13 ± 0.22^{cC}	42.04 ± 0.22^{bB}	51.12 ± 0.17^{bA}	51.47 ± 0.31^{bA}

1.5 แอมโมเนีย (NH_3) ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.0294 ± 0.001 ถึง 0.0066 ± 0.000 mg/l ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ตั้งแต่สามเดือนแรกของการทดลอง และแอมโมเนียมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม และเริ่มลดลงในเดือนธันวาคม (ตารางที่ 43)

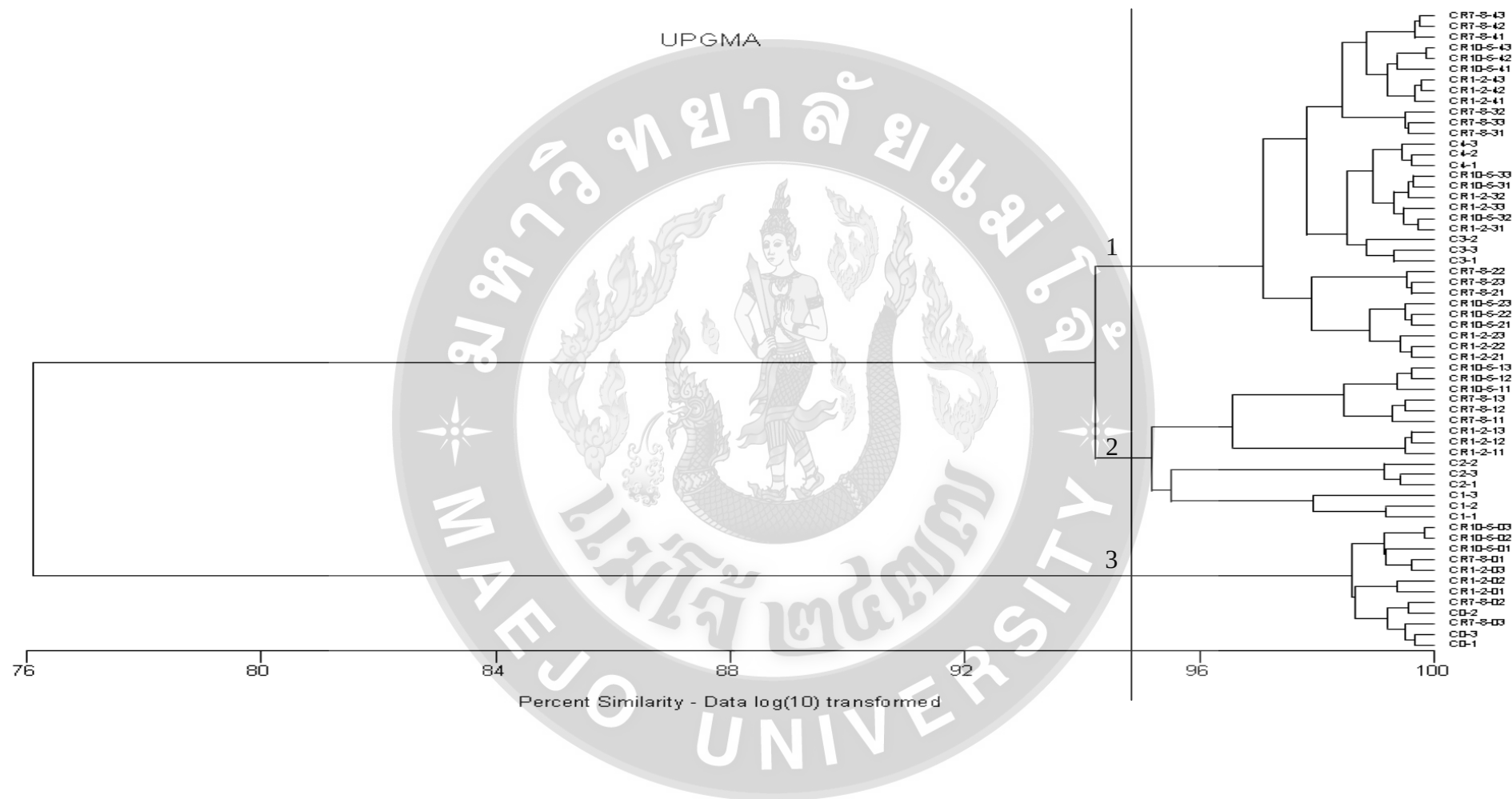
ตารางที่ 43 ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ในแต่ละหน่วยทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน (Mean $\pm$ SE)

โปรไบโอติกส์	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Control	0.013 ± 0.0005^{bB}	0.029 ± 0.0017^{aA}	0.014 ± 0.0000^{abB}	0.011 ± 0.0056^{aB}
CR1-2	0.013 ± 0.0018^{bA}	0.023 ± 0.0005^{bA}	0.015 ± 0.0001^{aA}	0.007 ± 0.0001^{aA}
CR7-8	0.013 ± 0.0005^{bB}	0.025 ± 0.0005^{bA}	0.009 ± 0.0030^{bBC}	0.006 ± 0.0002^{aC}
CR10-5	0.019 ± 0.0009^{aB}	0.023 ± 0.0004^{bA}	0.015 ± 0.0008^{aC}	0.007 ± 0.0000^{aD}

หมายเหตุ พืชชนะยกกำลังตัวพิมพ์เล็ก แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ใน (แนวตั้ง) พืชชนะยกกำลังตัวพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P < 0.05$) ใน (แนวนอน)

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลในกระชัง

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปลานิล และคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2555 โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์หลายตัวแปร (Multi variate analysis) โดยใช้โปรแกรม MVSP Version 3.1 สามารถสร้างกราฟการกระจาย (Scatter plot) (ภาพที่ 17) โดย Axis 1 (แกน x) และ Axis 2 (แกน y) โดยค่า Eigen value ของทั้งสองแกนมีค่าเท่ากับ 5.836 และ 1.663 โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ ความแปรปรวนรวมทั้งสองแกนเท่ากับ 68.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเราสามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของแต่ละชุดการทดลอง ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง ได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ SGR, FCR, Total Biomass increase, weight, Long, Alkalinity และ DO สมาชิกในกลุ่มที่ 2 มีความสัมพันธ์เชิงบวก กับ NH_3 , Temperature และ เปอร์เซ็นต์อัตราการรอด ในขณะที่กลุ่มที่ 3 มีความสัมพันธ์เชิงลบกับกลุ่มที่ 1 และ 2 จากข้อมูลดังกล่าว จัดกลุ่ม (Cluster analysis) โดยสร้างเป็น Dendrogram UPGMA ได้ดัง (ภาพที่ 34)



ภาพที่ 34 กราฟการกระจาย (Scatter plot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในกระชังระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2555

3. คุณภาพน้ำบางประการในตู้กระจก

3.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8, CR10-5, PBS และชุดควบคุม และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล P4, P6 และ AH พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 27.86 ± 0.035 ถึง 28.03 ± 0.03 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อุณหภูมิมีค่าสูงในชุดการทดลอง CR7-8 (ตารางที่ 44)

ตารางที่ 44 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	27.90 ± 0.57^{aA}	27.86 ± 0.08^{aA}	27.96 ± 0.03^{aA}	28.00 ± 0.11^{aA}	27.80 ± 0.05^{aA}
P6	27.90 ± 0.57^{aA}	27.86 ± 0.08^{aA}	27.96 ± 0.03^{aA}	27.86 ± 0.03^{aA}	27.93 ± 0.06^{aA}
AH	27.90 ± 0.57^{abA}	27.86 ± 0.08^{abA}	27.86 ± 0.06^{abA}	28.03 ± 0.03^{aA}	27.76 ± 0.03^{bA}

3.2 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) พบว่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 7.95 ± 0.10 ถึง 8.29 ± 0.07 ในชุดการทดลอง CR10-5 เชื้อก่อโรคทั้ง 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 45)

ตารางที่ 45 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	8.09 ± 0.02^{aA}	8.00 ± 0.01^{aA}	7.98 ± 0.03^{aA}	8.02 ± 0.01^{aA}	8.10 ± 0.08^{aA}
P6	8.09 ± 0.02^{abA}	8.00 ± 0.01^{bA}	8.11 ± 0.07^{abA}	8.10 ± 0.08^{abA}	8.29 ± 0.07^{aA}
AH	8.09 ± 0.02^{aA}	8.00 ± 0.01^{aA}	7.95 ± 0.10^{aA}	8.10 ± 0.07^{aA}	8.12 ± 0.05^{aA}

หมายเหตุ: พยัญชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (แนวนอน) พยัญชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (แนวตั้ง)

3.3 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ในน้ำตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8, CR10-5 PBS และชุดควบคุม และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล P4, P6 และ AH พบว่า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 8.29 ± 0.07 ถึง 8.61 ± 0.05 ในชุดการทดลอง PBS และ CR10-5 เชื้อก่อโรคทั้ง 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 46)

ตารางที่ 46 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	8.47 ± 0.02^{aA}	8.60 ± 0.03^{aA}	8.47 ± 0.09^{aA}	8.41 ± 0.06^{aA}	8.61 ± 0.05^{aA}
P6	8.47 ± 0.02^{abA}	8.60 ± 0.03^{aA}	8.37 ± 0.04^{bcA}	8.32 ± 0.05^{cA}	8.54 ± 0.02^{aA}
AH	8.47 ± 0.02^{abA}	8.60 ± 0.03^{aA}	8.48 ± 0.07^{abA}	8.51 ± 0.10^{abA}	8.29 ± 0.07^{aB}

หมายเหตุ พัยุณชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (แนวนอน)

พัยุณชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (แนวตั้ง)

3.4 Alkalinity (ความเป็นด่าง) พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำในตู้ทดลองมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 62.73 ± 0.71 ถึง 60.90 ± 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 47)

ตารางที่ 47 ค่าความเป็นด่างของน้ำในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิลในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
P4	61.86 ± 0.06^{aA}	62.06 ± 0.28^{aA}	62.73 ± 0.71^{aA}	62.16 ± 0.69^{aA}	61.25 ± 0.15^{aA}
P6	61.86 ± 0.06^{aA}	62.06 ± 0.28^{aA}	61.63 ± 0.27^{abA}	62.36 ± 0.14^{aA}	60.90 ± 0.60^{aA}
AH	61.86 ± 0.06^{abA}	62.06 ± 0.28^{abA}	61.73 ± 0.57^{abA}	62.80 ± 0.75^{aA}	61.10 ± 0.30^{bA}

หมายเหตุ พัยุณชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (แนวนอน)

พัยุณชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (แนวตั้ง)

3.5 แอมโมเนีย (NH_3) พบว่าปริมาณแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.006 ± 0.0002 ถึง 0.009 ± 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 48)

ตารางที่ 48 ค่าแอมโมเนียของน้ำในตู้ปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล ในแต่ละหน่วยทดลอง

โปรไบโอติกส์	เชื้อก่อโรค		
	P4	P6	AH
Control	0.006 ± 0.0002^{bA}	0.006 ± 0.0002^{bA}	0.006 ± 0.0002^{dA}
PBS	0.008 ± 0.0003^{aA}	0.008 ± 0.0003^{aA}	0.008 ± 0.0003^{bA}
CR1-2	0.007 ± 0.0000^{abB}	0.006 ± 0.0002^{bC}	0.009 ± 0.0001^{aA}
CR7-8	0.007 ± 0.0006^{abA}	0.007 ± 0.0005^{abA}	0.007 ± 0.0001^{dcA}
CR10-5	0.007 ± 0.0002^{abA}	0.007 ± 0.0003^{abA}	0.007 ± 0.0001^{bcA}

ส่วนประกอบทางโภชนาการ

1. เนื้อปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง

1.1 ความชื้น ค่าความชื้นเริ่มต้นการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับความชื้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 3.23 ± 0.02 ถึง 3.29 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 1.95 ± 0.11 ถึง 2.88 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) เนื่องจากใช้เฉพาะเนื้อปลามาใช้ในการวิเคราะห์และมีหนัง เกล็ด กระดูกชิ้นเล็กติดปะปนไปกับเนื้อปลา (ตารางที่ 49)

1.2 เถ้า ปริมาณเถ้าเริ่มต้นทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับเถ้าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าเถ้าเริ่มต้นอยู่ในช่วง 32.73 ± 0.29 ถึง 33.26 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเถ้าอยู่ในช่วง 40.96 ± 0.83 ถึง 37.48 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างกันภายในชุดการทดลอง ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) เนื่องจากใช้เฉพาะเนื้อปลามาใช้ในการวิเคราะห์และมีหนัง เกล็ด กระดูกชิ้นเล็กติดปะปนไปกับเนื้อปลา (ตารางที่ 49)

1.3 ไชมัน ปริมาณไชมันในตัวปลานิลทดลองทั้งตัวที่บดผง พบว่า ไชมันเริ่มต้นการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไชมันในเนื้อปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าไชมันเริ่มต้นอยู่ในช่วง 24.11 ± 0.60 ถึง 24.67 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าไชมันลดลงอยู่ในช่วง 14.02 ± 0.39 ถึง 14.54 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) เพราะใช้เฉพาะเนื้อปลามาใช้ในการวิเคราะห์และมีหนัง เกล็ด กระชี่นเล็กติดปะปนไปกับเนื้อปลา (ตารางที่ 49)

1.4 เยื่อใย เปอร์เซ็นต์เยื่อใยเริ่มต้นการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับเปอร์เซ็นต์เยื่อใยในเนื้อปลานิล เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าเยื่อใยเริ่มต้นสูงอยู่ในช่วง 49.24 ± 0.38 ถึง 51.38 ± 1.26 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเยื่อใยลดลงอยู่ในช่วง 23.74 ± 1.22 ถึง 25.71 ± 2.95 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) เนื่องจากใช้เฉพาะเนื้อปลามาใช้ในการวิเคราะห์และมีหนัง เกล็ด กระชี่นเล็กติดปะปนไปกับเนื้อปลา (ตารางที่ 49)

1.5 โปรตีน เปอร์เซ็นต์โปรตีนของปลานิลในขณะเริ่มต้นการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 28.00 ± 0.00 ถึง 29.40 ± 0.81 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าสูงขึ้น พบว่า ในชุดการทดลองที่เสริมด้วย CR1-2 และ CR10-5 มีค่าความแตกต่างกับชุดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 49)

2 เนื้อปลานิลที่เลี้ยงในตู้กระจก

2.1 ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ในเนื้อปลานิลทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ CR1-2, CR7-8, CR10-5, PBS และชุดควบคุม และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลานิล P4, P6 และ AH พบว่า ค่าความชื้นเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 7.08 ± 0.41 ถึง 4.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 5.90 ± 0.40 ถึง 3.10 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 50)

2.2 เถ้า (เปอร์เซ็นต์) พบว่า ปริมาณเถ้าในเนื้อปลานิลทดลองทั้งตัวที่บดผงในขณะเริ่มต้นการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 18.22 ± 0.80 ถึง 20.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 39.49 ± 1.50 ถึง 43.11 ± 1.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 51)

2.3 ไชมัน (เปอร์เซ็นต์) ในเนื้อปลานิลทดลองในขณะเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 14.83 ± 0.12 ถึง 15.44 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 16.88 ± 0.17 ถึง 18.23 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชุดการทดลอง ($P < 0.05$)

ตารางที่ 49 เปอร์เซ็นต์ความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใย โปรตีน ของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์แต่ละชนิดในแต่ละหน่วยทดลอง

โปรไบโอติกส์	คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลานิลทดลอง				
	ความชื้น%	เถ้า%	ไขมัน %	เยื่อใย%	โปรตีน %
ก่อนการทดลอง					
Control	3.23±0.02 ^a	32.73±0.29 ^c	24.11±0.60 ^a	51.38±1.26 ^a	28.00±0.00 ^b
CR1-2	3.24±0.01 ^a	33.26±0.06 ^c	24.30±0.26 ^a	49.24±0.38 ^a	28.00±0.81 ^b
CR7-8	3.29±0.01 ^a	33.20±0.11 ^c	24.42±0.12 ^a	49.51±0.33 ^a	28.46±0.93 ^{ab}
CR10-5	3.28±0.02 ^a	33.06±0.40 ^c	24.67±0.14 ^a	49.97±0.18 ^a	29.40±0.81 ^{ab}
หลังการทดลอง					
Control	2.88±0.09 ^b	40.32±0.25 ^a	14.02±0.39 ^b	24.54±1.85 ^b	29.82±0.84 ^{ab}
CR1-2	2.77±0.06 ^b	37.48±0.11 ^b	14.45±0.33 ^b	25.71±2.95 ^b	31.03±1.39 ^a
CR7-8	1.95±0.11 ^c	38.91±2.13 ^{ab}	14.18±0.29 ^b	23.74±1.22 ^b	30.47±0.81 ^{ab}
CR10-5	2.04±0.11 ^c	40.96±0.83 ^a	14.54±0.07 ^b	24.00±1.32 ^b	31.22±0.64 ^a

ตารางที่ 50 ค่าความชื้นในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	7.08±0.36 ^{aA}	7.08±0.41 ^{aA}	4.11±0.05 ^{cA}	4.00±0.00 ^{cA}	4.66±0.66 ^{bcA}
P6	7.08±0.36 ^{aA}	7.08±0.41 ^{aA}	4.22±0.22 ^{bcA}	4.00±0.00 ^{bcA}	4.00±0.00 ^{bcA}
AH	7.08±0.36 ^{aA}	7.08±0.41 ^{aA}	4.22±0.22 ^{bcA}	4.00±0.00 ^{bcA}	4.00±0.00 ^{bcA}
หลังการทดลอง					
P4	4.62±0.19 ^{bcA}	4.40±0.75 ^{cA}	5.22±0.32 ^{bcA}	4.86±0.15 ^{bcA}	5.90±0.40 ^{bcA}
P6	4.62±0.19 ^{bcA}	4.40±0.75 ^{bcA}	5.45±0.96 ^{ba}	4.98±0.51 ^{bcA}	3.66±0.08 ^{cB}
AH	4.62±0.19 ^{ba}	4.40±0.75 ^{bcA}	4.73±0.61 ^{ba}	5.38±0.70 ^{ba}	3.10±0.23 ^{bb}

ตารางที่ 51 เถ้าในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลองระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ (Mean±SE)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	18.88±1.45 ^{cA}	18.22±0.80 ^{cA}	20.22±0.97 ^{cA}	19.34±0.00 ^{cA}	20.00±0.00 ^{cA}
P6	18.88±1.45 ^{cA}	18.22±0.80 ^{cA}	19.56±0.22 ^{cA}	19.56±0.22 ^{cA}	18.44±0.44 ^{cB}
AH	18.88±1.45 ^{cA}	18.22±0.80 ^{cA}	19.11±0.58 ^{cA}	19.11±0.58 ^{cA}	19.11±0.58 ^{cAB}
หลังการทดลอง					
P4	41.44±0.50 ^{abA}	43.11±1.2 ^{aA}	39.49±1.50 ^{bA}	42.39±0.59 ^{abA}	41.23±0.54 ^{abA}
P6	41.44±0.50 ^{abA}	43.11±1.29 ^{aA}	40.55±0.10 ^{abA}	39.81±0.94 ^{bA}	41.25±1.13 ^{abA}
AH	41.44±0.50 ^{abA}	43.11±1.29 ^{aA}	38.50±3.050 ^{bA}	40.97±0.78 ^{abA}	41.90±0.87 ^{abA}

ตารางที่ 52 ปริมาณไขมัน เปอร์เซ็นต์ในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสม จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	14.90±0.3 ^{cA}	14.99±0.37 ^{cA}	15.44±0.16 ^{cA}	15.34±0.17 ^{cA}	15.35±0.05 ^{cA}
P6	14.90±0.3 ^{bA}	14.99±0.37 ^{bA}	15.07±0.26 ^{bA}	15.04±0.27 ^{bA}	14.83±0.12 ^{bA}
AH	14.90±0.31 ^{bA}	14.99±0.37 ^{bA}	15.06±0.19 ^{bA}	15.24±0.08 ^{bA}	15.11±0.35 ^{bA}
หลังการทดลอง					
P4	17.51±0.51 ^{abA}	17.04±0.58 ^{bA}	17.45±0.11 ^{abAB}	18.23±0.13 ^{aA}	18.00±0.20 ^{abA}
P6	17.51±0.51 ^{aA}	17.04±0.58 ^{aA}	17.83±0.31 ^{aA}	17.27±0.27 ^{abB}	17.76±0.69 ^{aA}
AH	17.51±0.51 ^{aA}	17.04±0.58 ^{aA}	16.88±0.17 ^{abB}	17.39±0.17 ^{abB}	16.98±0.32 ^{aA}

หมายเหตุ พืชระยะกล้าถึงพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (แนวนอน)

พืชระยะกล้าถึงพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (แนวตั้ง)

2.4 เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์) พบว่า เปอร์เซ็นต์เยื่อใย เริ่มต้นการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 2.29 ± 0.09 ถึง 3.46 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 2.97 ± 0.06 ถึง 3.60 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชุดการทดลอง ($P<0.05$) (ตารางที่ 53)

ตารางที่ 53 เปอร์เซ็นต์เยื่อใยในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	3.39 ± 0.29^{abA}	2.63 ± 0.24^{cdA}	3.59 ± 0.08^{aA}	2.51 ± 0.04^{cdA}	2.39 ± 0.12^{dB}
P6	3.39 ± 0.29^{abA}	2.63 ± 0.24^{cdA}	3.00 ± 0.16^{bcB}	2.29 ± 0.09^{dB}	3.46 ± 0.08^{abA}
AH	3.39 ± 0.29^{abA}	2.63 ± 0.24^{dA}	3.24 ± 0.09^{bcAB}	2.82 ± 0.06^{cdB}	3.32 ± 0.14^{bcA}
หลังการทดลอง					
P4	2.97 ± 0.06^{bcA}	3.45 ± 0.08^{abA}	3.44 ± 0.24^{abAB}	3.37 ± 0.12^{abA}	3.56 ± 0.17^{aA}
P6	2.97 ± 0.06^{bcA}	3.45 ± 0.08^{abA}	3.16 ± 0.05^{abB}	3.60 ± 0.06^{aA}	3.40 ± 0.22^{abA}
AH	2.97 ± 0.06^{bcdA}	3.45 ± 0.08^{abA}	3.72 ± 0.05^{aA}	3.45 ± 0.13^{abA}	3.17 ± 0.19^{bcA}

หมายเหตุ พืชระยะกล้าถึงพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (แนวนอน)

พืชระยะกล้าถึงพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (แนวตั้ง)

2.5 โปรตีน (เปอร์เซ็นต์) พบว่า ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 26.92 ± 0.04 ถึง 28.94 ± 1.13 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 26.46 ± 0.66 ถึง 28.51 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 54)

2.6 คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์) พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 27.98 ± 2.05 ถึง 32.32 ± 0.54 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 3.13 ± 0.44 ถึง 8.57 ± 3.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 55)

ตารางที่ 54 ค่าโปรตีนในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	27.75±0.64 ^{aA}	28.70±1.21 ^{aA}	28.38±0.96 ^{aA}	28.94±1.13 ^{aA}	28.42±1.28 ^{aA}
P6	27.75±0.64 ^{aA}	28.70±1.21 ^{aA}	28.35±0.55 ^{aA}	28.63±1.25 ^{aA}	26.92±0.04 ^{aA}
AH	27.75±0.64 ^{aA}	28.70±1.21 ^{aA}	27.49±0.99 ^{aA}	27.99±0.60 ^{aA}	28.09±0.68 ^{aA}
หลังการทดลอง					
P4	27.95±0.57 ^{aA}	28.42±0.71 ^{aA}	26.86±0.37 ^{aA}	28.00±0.24 ^{aB}	27.03±0.52 ^{aA}
P6	27.95±0.57 ^{aA}	28.42±0.71 ^{aA}	27.11±1.01 ^{aA}	28.51±0.16 ^{aA}	28.23±1.15 ^{aA}
AH	27.95±0.57 ^{aA}	28.42±0.71 ^{aA}	27.58±0.21 ^{aA}	27.30±0.48 ^{aB}	26.46±0.66 ^{aA}

ตารางที่ 55 คาร์โบไฮเดรตในเนื้อปลานิลทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์ โปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในแต่ละหน่วยทดลอง

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์				
	Control	PBS	CR1-2	CR7-8	CR10-5
ก่อนการทดลอง					
P4	27.98±2.05 ^{aA}	28.36±1.58 ^{aA}	28.24±1.87 ^{aA}	29.86±1.06 ^{aA}	29.16±0.81 ^{aB}
P6	27.98±2.05 ^{aB}	28.36±1.58 ^{bA}	29.78±0.46 ^{abA}	30.47±1.35 ^{abA}	32.32±0.54 ^{aA}
AH	27.98±2.05 ^{aA}	28.36±1.58 ^{aA}	30.86±1.58 ^{aA}	30.83±0.98 ^{aA}	30.36±1.02 ^{aAB}
หลังการทดลอง					
P4	5.49±0.38 ^{bcA}	3.56±1.29 ^{bcA}	7.52±1.48 ^{bA}	3.13±0.44 ^{cA}	4.27±1.15 ^{bcA}
P6	5.49±0.38 ^{cA}	3.56±1.29 ^{cA}	5.88±1.18 ^{cA}	5.81±1.14 ^{cA}	5.69±0.94 ^{cA}
AH	5.49±0.38 ^{bA}	3.56±1.29 ^{bA}	8.57±3.84 ^{bA}	5.50±0.58 ^{bA}	8.38±1.33 ^{bA}

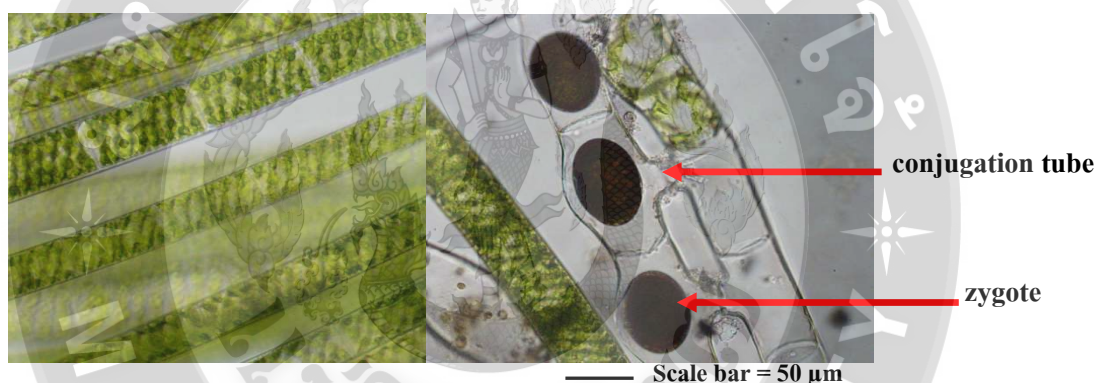
หมายเหตุ พยัญชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (แนวนอน)
 พยัญชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (แนวตั้ง)

โครงการย่อยที่ 3 : ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล

ผลการวิจัย

1. การพิสูจน์เอกลักษณ์ชนิดของสาหร่ายเตา

สาหร่ายที่นำมาทดลองคือ *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing โดยได้ทำการพิสูจน์เอกลักษณ์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พิรพรพิศาล หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ภาพที่ 35 ภาพถ่ายของสาหร่ายเตาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

สาหร่ายเตาชนิด *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีลักษณะเป็นเส้นสายไม่แตกแขนง มีสีเขียวสด ขนาดของเซลล์คือ กว้าง 50-67 μm ยาว 100-300 μm ผนังระหว่างเซลล์เป็นแบบระนาบ (end wall plane) มีคลอโรพลาสต์ 3-4 เส้น จำนวนของรอบหมุนเป็นเกลียวของคลอโรพลาสต์เท่ากับ 1.5-3.5 รอบต่อเซลล์ ลักษณะของการคอนจูเกชันเป็นแบบ ladder-like ท่อคอนจูเกชันสร้างมาจากเส้นสายทั้งสองมาเชื่อมกัน ลักษณะของไซโกสปอร์มีขนาดความกว้าง ประมาณ 54-64 μm ความยาวประมาณ 75-100 μm รูปร่างเป็นรูปไข่ ผนังชั้นนอกบางและเรียบ มีสีน้ำตาลเข้ม ภาพที่ 7 เป็นภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่แสดงลักษณะเฉพาะของสาหร่ายเตาชนิดนี้

2. การตรวจคัดกรองทางพฤกษเคมี (phytochemical screening)

สำหรับเห็ดถูกเก็บมา 3 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเก็บเห็ดในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเมษายน ฤดูฝนเก็บในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม และฤดูหนาวเก็บในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ในปี พ.ศ.2554 จากนั้นนำมาศึกษาหาปริมาณผลผลิตของสารสกัด ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ซึ่งเป็นกลุ่มสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนี้

2.1 ปริมาณสารสกัดน้ำสำหรับเห็ด 3 ชนิด

สำหรับเห็ดทั้ง 3 ชนิด ถูกนำมาสกัดได้เป็นสารสกัดน้ำมีปริมาณผลผลิตแสดงในตารางที่ 6 โดยพบว่าสำหรับเห็ดแห้งที่เก็บในช่วงฤดูร้อนและหนาวให้ปริมาณผลผลิตของสารสกัดน้ำจากเห็ดมีค่าสูงใกล้เคียงกัน ส่วนสารสกัดน้ำในฤดูฝนมีผลผลิตน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ 3 ชนิด เห็ด อย่างไรก็ตามสารสกัดที่ได้ให้ปริมาณผลผลิตอยู่ในเกณฑ์สูงทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 56 ปริมาณสารสกัดจากเห็ด

ฤดูการเก็บเกี่ยว	ปริมาณสารสกัด (% yield)
ร้อน	33.30
ฝน	28.02
หนาว	32.33

หมายเหตุ: % yield หมายถึง ปริมาณสารสกัดน้ำจากเห็ดต่อเห็ดแห้ง 100 กรัม

2.2 ปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกของเห็ด 3 ชนิด

สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารที่มีบทบาทสำคัญในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะมีความสัมพันธ์กับการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดน้ำของเห็ด 3 ชนิด เปรียบเทียบกัน จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในฤดูหนาวมีค่าสูงที่สุดซึ่งมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แสดงจากค่า TEAC และ GAE ที่มีค่ามากที่สุดด้วย ดังนั้นกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในเห็ดจึงเป็นกลุ่มสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามค่าสูงสุดในการขจัดอนุมูลอิสระของเห็ดทั้ง 3 ชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สารสกัดน้ำของเห็ดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (IC_{50}) ในฤดูหนาวดีที่สุด รองลงมาคือ ฤดูฝนและฤดูร้อน ตามลำดับ โดยค่า IC_{50} ที่มีค่าน้อยหมายถึง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งอนุมูล

อิสระของสารสกัดน้ำจากสาหร่ายเตาปริมาณ 1 กรัม กับสารมาตรฐานคือ trolox ที่มีหน่วยเป็น mM หรือเรียกว่าค่า TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) ที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากัน ผลการทดลองพบว่า สารสกัดน้ำจากสาหร่ายเตาในฤดูหนาวมีค่า TEAC สูงที่สุด รองลงมาคือ ฤดูฝน และฤดูร้อน ผลแสดงในตารางที่ 57

ตารางที่ 57 เปรียบเทียบการต้านอนุมูลอิสระที่ 50% ของสาหร่ายเตา 3 ฤดูเทียบกับ Trolox และ Gallic Acid

ฤดู	IC ₅₀ (mg/ml)	TEAC (mM)	GAE (mg)
ร้อน	0.117 ± 0.0022	3,108.27 ± 110.13	77.66 ± 3.56
ฝน	0.073 ± 0.0006	4,968.88 ± 124.55	84.41 ± 0.42
หนาว	0.053 ± 0.0002	6,915.74 ± 157.87	92.95 ± 0.10

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) วัดจำนวน 3 ซ้ำ

IC₅₀ = Inhibitory Concentration at 50%, TEAC = Trolox Equivalent Antioxidant Capacity,

GAE = Gallic Acid Equivalents

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก คาร์โบไฮเดรต และซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์

แสดงปริมาณ % yield โพลีฟีนอล (phenolic compound) carbohydrate และ sulfate content จากการสกัดลำดับส่วนของสาหร่ายเตาที่เก็บมาในช่วงฤดูหนาว

ตารางที่ 58 ปริมาณ Carbohydrate และ sulfate content จากการสกัดลำดับส่วนของสาหร่ายเตา

Fraction	% yield	phenolic compound (mgGAE/g extract)	% carbohydrate	% sulfate content
Hexane: F1	2.26	168.92 ± 19.66	-	-
Acetone: F2	2.41	224.15 ± 27.25	-	-
MeOH: F3	21.11	56.34 ± 1.66	-	-
CW (25°C): F4	4.03	27.51 ± 0.85	30.84 ± 1.40	14.70 ± 0.64
HW (100°C): F5	11.62	115.06 ± 1.77	38.86 ± 4.66	0.94 ± 0.02

ค่าที่แสดงเป็นค่า Mean ± SE (n=3)

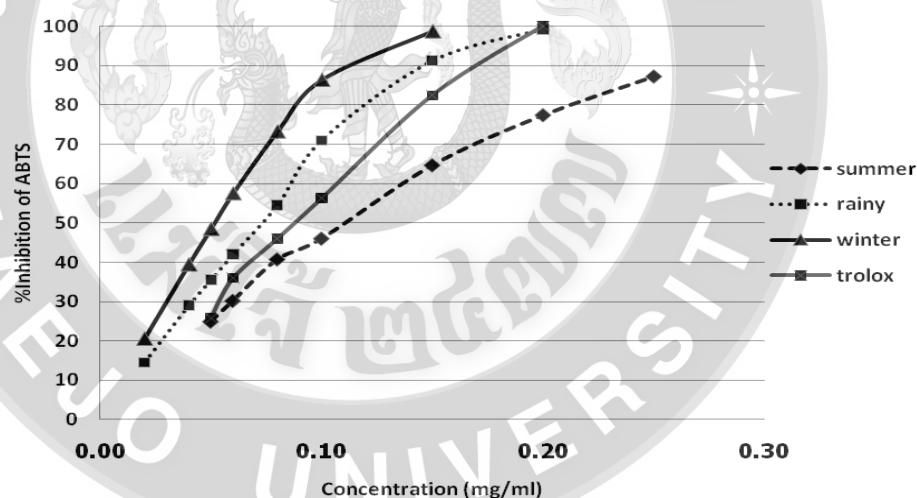
ปริมาณ Carbohydrate และ sulfate content วิเคราะห์เฉพาะ CW และ HW

mgGAE/g extract หมายถึง สารสกัดสาหร่ายเตา 1 กรัม มีปริมาณโพลีฟีนอลเมื่อเทียบกับปริมาณ gallic acid 1 mm

พบว่า Fraction 3 (F3) ส่วนสกัดเมทานอล มีปริมาณ yield มากที่สุด รองลงมาคือ fraction 5 (F5) สารที่พบในสาหร่ายเตาส่วนใหญ่เป็น carbohydrate โดยพบในส่วนสกัดน้ำร้อน (F5) และน้ำเย็น (F4) มีปริมาณ 31-39% ส่วนปริมาณ sulfate content ใน F5 มีปริมาณ 15% ส่วน F4 พบน้อยมาก (0.94%)

3.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตา 3 ฤดู

ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS (% Inhibition of ABTS) ของสารสกัดน้ำสาหร่ายเตาในฤดูร้อนในช่วงความเข้มข้น 0.05 – 0.50 mg/ml ให้ % Inhibition ระหว่าง 25 – 97 % สารสกัดน้ำสาหร่ายเตาฤดูฝนในช่วงความเข้มข้น 0.02 – 0.20 mg/ml ให้ % Inhibition ระหว่าง 15 – 99 % และสารสกัดน้ำสาหร่ายเตาฤดูหนาวในช่วงความเข้มข้น 0.02 – 0.15 mg/ml ให้ % Inhibition ระหว่าง 20 – 99 % ส่วน trolox (อนุพันธ์ของวิตามินอี) ที่ใช้เป็นสารมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 0.05 – 0.20 mg/ml ให้ % Inhibition ระหว่าง 26 – 100 % ผลแสดงในภาพที่ 36



ภาพที่ 36 ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสาหร่ายเตา 3 ฤดูเมื่อเทียบกับ trolox

ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตาทั้ง 3 ฤดูเมื่อเทียบกับ trolox พบว่า สารสกัดของสาหร่ายเตาฤดูหนาวและฤดูฝนในขนาดความเข้มข้นน้อยกว่ามีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ได้ดีกว่า trolox ส่วนสารสกัดสาหร่ายเตาฤดูร้อนต้องใช้ขนาดความเข้มข้นสูงจึงจะมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีเท่า trolox และสารสกัดสาหร่ายเตาฤดูฝนและหนาว อย่างไรก็ตามหากเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายเตาทั้ง 3 ฤดูมากขึ้น สามารถให้ผลการยับยั้งอนุมูลอิสระมากขึ้นได้ใกล้เคียงกับ trolox (97-99%)

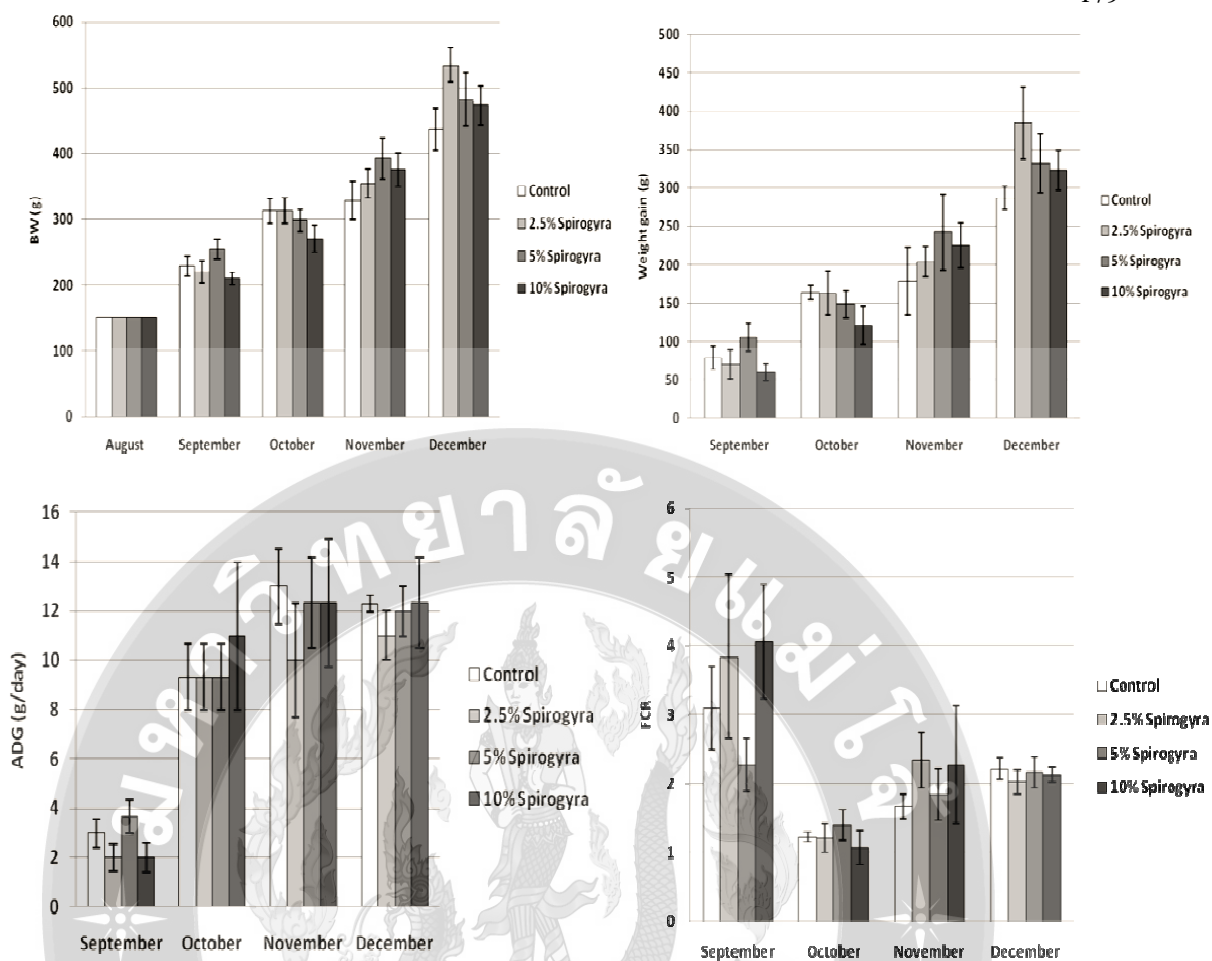
4. ผลการเสริมสาหร่ายเตาต่อการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชัง

เตรียมอาหารเม็ดผสมสาหร่ายเตา 3 ขนาดคือ 2.5, 5 และ 10% ซึ่งประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว รำข้าว และสาหร่ายเตา โดยมีปริมาณโปรตีน 30% จากภาพที่ 37 แสดงลักษณะของอาหารเม็ดผสมสาหร่ายเตาในระดับต่างกัน



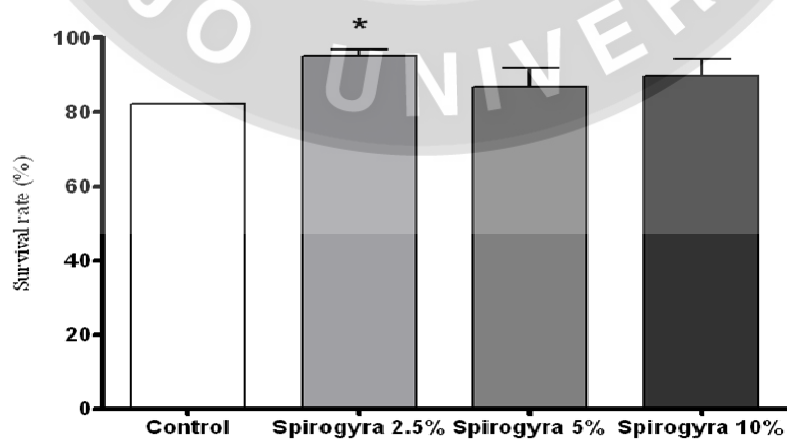
ภาพที่ 37 อาหารเม็ดผสมสาหร่ายเตา 4 สูตร

การเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเม็ดเสริมสาหร่ายเตาระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% ในกระชังเป็นเวลา 4 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนตุลาคม ของปี พ.ศ.2554 ผลการทดลองพบว่า ปลานิลในหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายเตาขนาด 5 และ 10% มีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติที่ไม่เสริมด้วยสาหร่ายเตาในเดือนที่ 3 และ 4 ของการทดลอง ส่วนหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายเตาขนาด 2.5% มีแนวโน้มของน้ำหนักเพิ่มมากที่สุดในเดือนสุดท้ายของการทดลองซึ่งปลานิลมีน้ำหนักประมาณ 500 กรัม และยังพบว่ามียัตราการรอดสูงกว่าหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อีกด้วย ส่วนค่า WG, ADG และ FCR ของทุกหน่วยการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลแสดงในภาพที่ 38 และ 39



Note: WG= weight gain, ADG= average daily gain, FCR = feed conversion rate

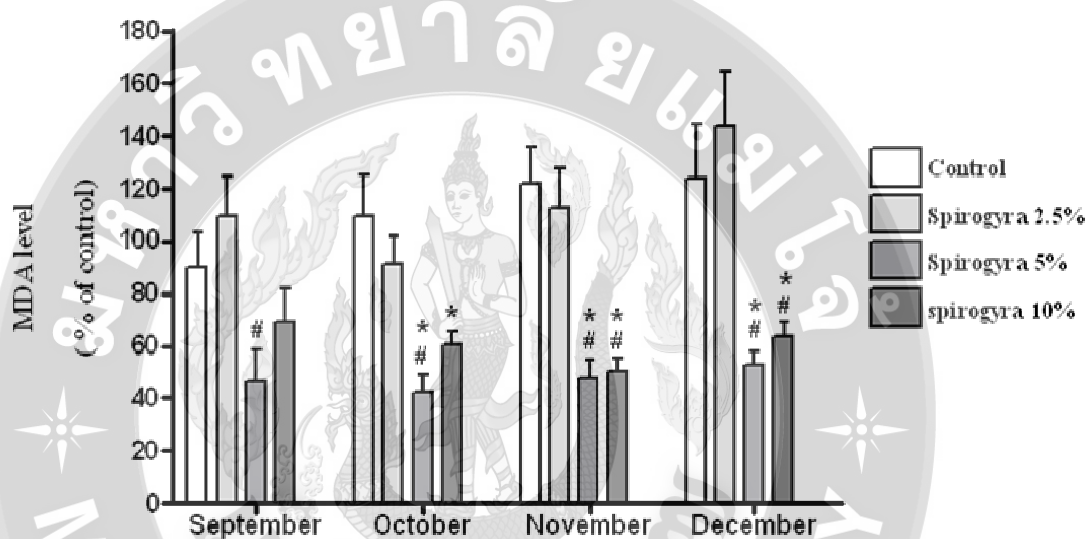
ภาพที่ 38 ผลของการเสริมสาหร่ายเตาต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิลในช่วงเวลา 4 เดือน



ภาพที่ 39 ผลของการเสริมสาหร่ายเตาต่ออัตราการรอดในช่วงเวลา 4 เดือน

5. ผลการเสริมสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระในปลานิล

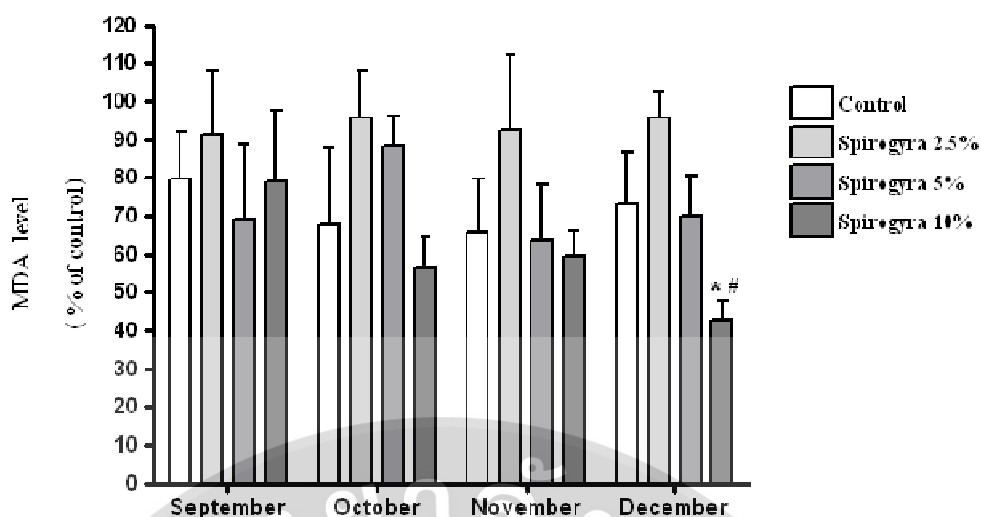
ทำการประเมินภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) ในปลานิล โดยการตรวจวัดผลผลิตของการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ที่แสดงในรูปแบบของระดับ malondialdehyde (MDA level) ผลแสดงในภาพที่ 40 พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงเสริมด้วยสาหร่ายเตาที่ระดับ 5 และ 10% ให้ผลลดระดับ MDA ในไตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 2-4 ของการเลี้ยง (เดือนตุลาคม-ธันวาคม)



ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n=9) * $p < 0.05$; มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม, # $p < 0.05$; มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ให้สาหร่ายเตา 2.5%

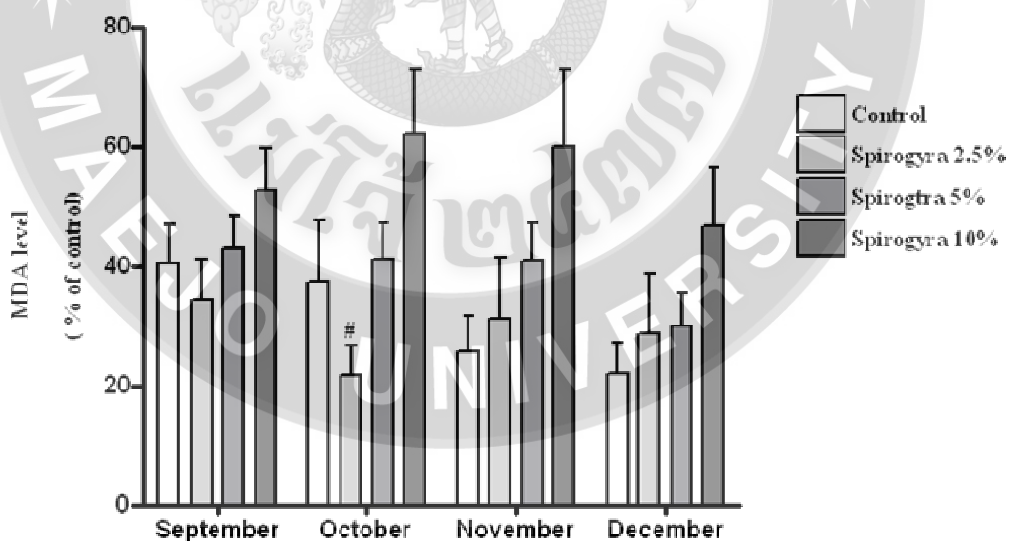
ภาพที่ 40 ผลของสาหร่ายเตาต่อลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อเยื่อไตปลานิล

จากภาพที่ 41 พบว่า มีเพียงปลานิลที่เลี้ยงเสริมด้วยสาหร่ายเตาที่ระดับ 10% ที่ให้ผลลดระดับ MDA ในไตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนสุดท้ายของการเลี้ยง (เดือนธันวาคม) ส่วนระดับ MDA ในพลาสมาของปลานิลที่เลี้ยงเสริมด้วยสาหร่ายเตาที่ระดับ 2.5% ให้ผลลดระดับ MDA ในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 2 ของการเลี้ยง (ตุลาคม) ผลแสดงในภาพที่



ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n=9) * p <0.05; มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม, # p <0.05; มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ให้สาหร่ายเตา 2.5 และ 5 %

ภาพที่ 41 ผลของสาหร่ายเตาต่อลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในระดับปลาณิล



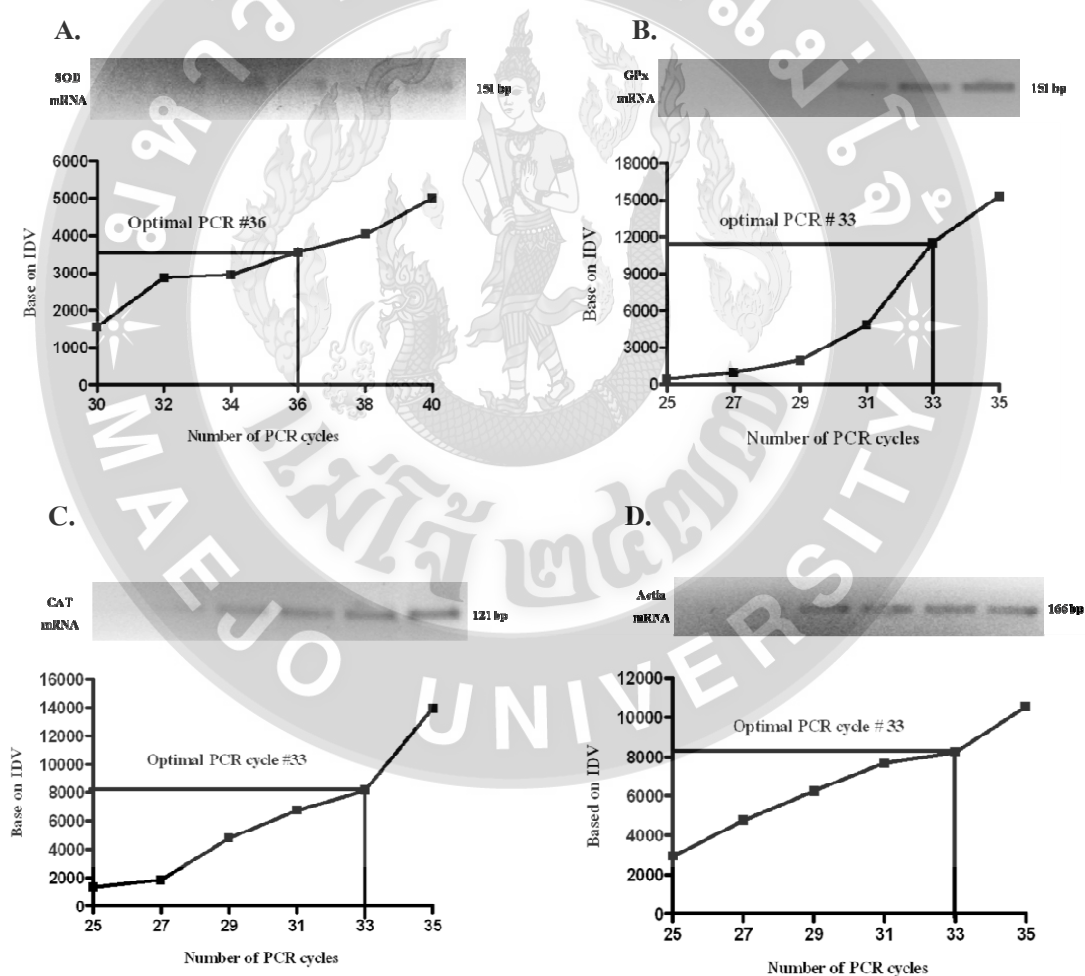
ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n=9)

p <0.05; มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ให้สาหร่ายเตา 5 และ 10%

ภาพที่ 42 กราฟผลของสาหร่ายเตาต่อลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในพลาสมาของปลาณิล

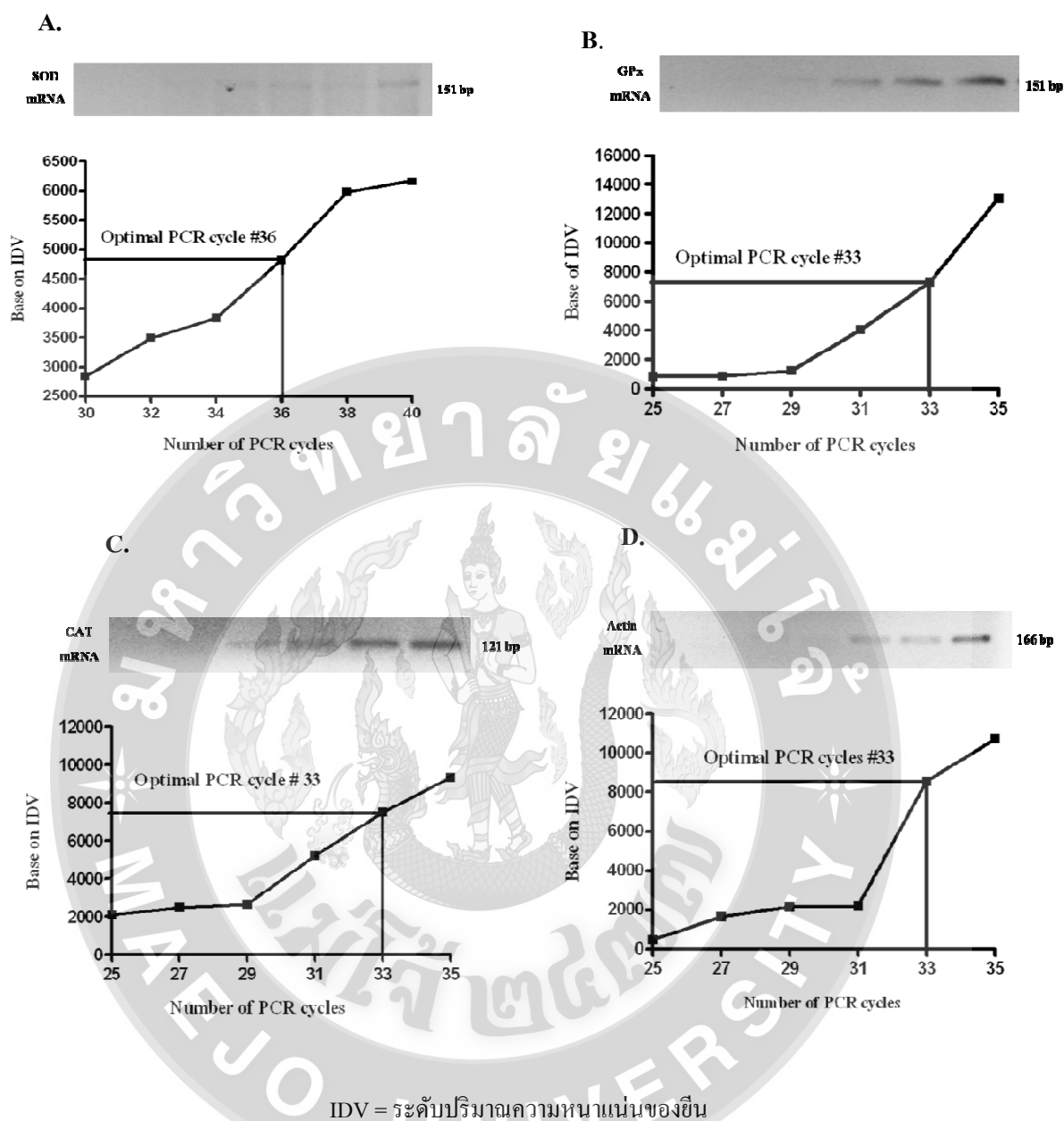
จำนวนรอบที่เหมาะสมของ PCR ต่อ การวัดปริมาณการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนซ์ เอนไซม์

ปริมาณของ mRNA ที่แสดงออกมานั้นขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของ PCR ที่เหมาะสมต่อยีนแอนติออกซิแดนซ์เอนไซม์ที่ใช้เป็น maker โดยในภาพที่ 15 แสดงกราฟของ PCR amplification จากเนื้อเยื่อไตในปลานิลกลุ่มที่ไม่ให้สาหร่ายเตาสำหรับพบว่า จำนวนรอบที่เหมาะสมของปริมาณการแสดงออกของยีน Superoxide dismutase (SOD) แสดงที่ 36 รอบ (ภาพที่ 43 A) ส่วน glutathione peroxidase (GPx), Catalase (CAT) และ β -actin อยู่ที่ 33 รอบ (ภาพที่ 43 B, C และ D ตามลำดับ) โดยที่จะใช้จำนวนรอบดังกล่าวเท่ากับการวิเคราะห์ปริมาณของยีนแอนติออกซิแดนซ์เอนไซม์ทุกยีนในเนื้อเยื่อไต (ภาพที่ 43)



IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

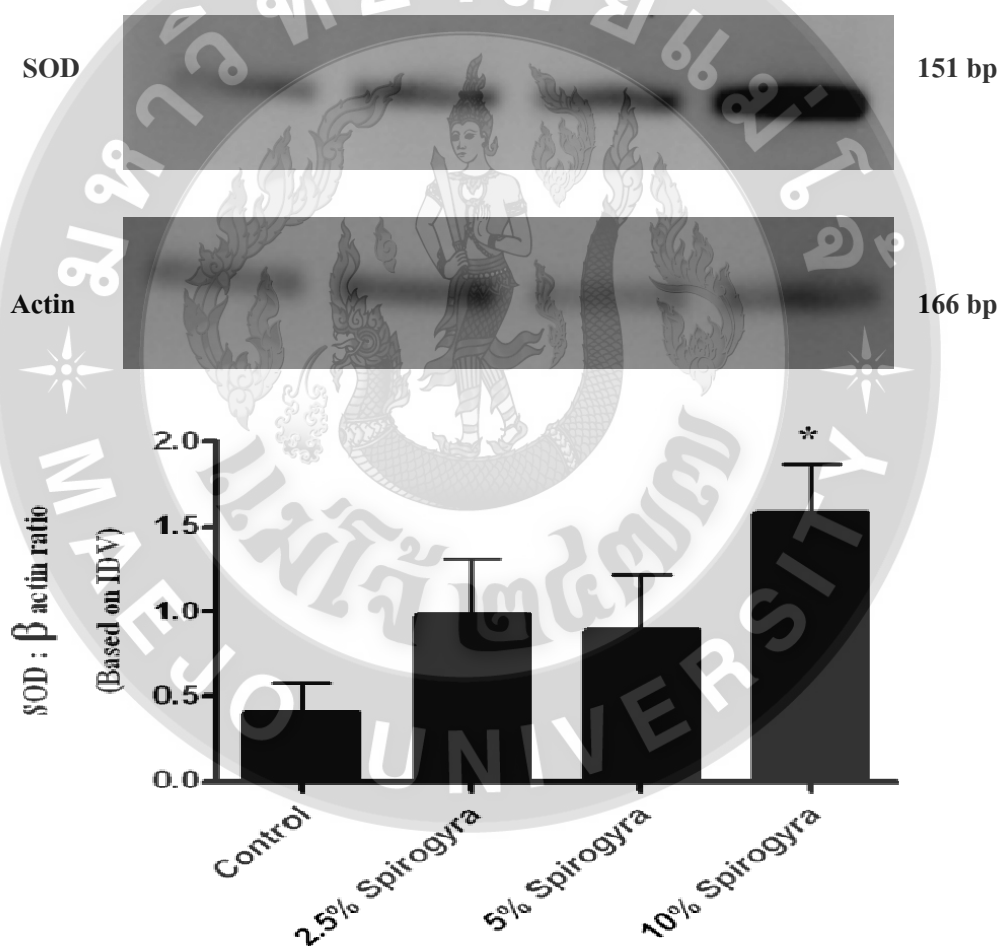
ภาพที่ 43 จำนวนรอบที่เหมาะสมต่อปริมาณการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนซ์เอนไซม์ ในเนื้อเยื่อไตของปลานิล



ภาพที่ 44 จำนวนรอบที่เหมาะสมต่อปริมาณการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนซ์เอนไซม์
ในเนื้อเยื่อตับของปลานิล

ผลของสาหร่ายเตาต่อการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนซ์เอนไซม์ในเนื้อเยื่อไตปลานิล

ผลของ RT-PCR ของเอนไซม์ Mn-SOD, glutathione peroxidase และ catalase ในเนื้อเยื่อไตของปลานิลที่ให้อาหารเสริมด้วยสาหร่ายเตาที่ระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% เป็นเวลา 4 เดือน แสดงในภาพที่ 17-19 ตามลำดับ โดยพบว่า การให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาทุกระดับมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ Mn-SOD โดยในปลานิลกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายเตาที่ระดับ 10 % มีการเพิ่มของเอนไซม์ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.576 ± 0.288) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ให้สาหร่ายเตา (ภาพที่ 45)



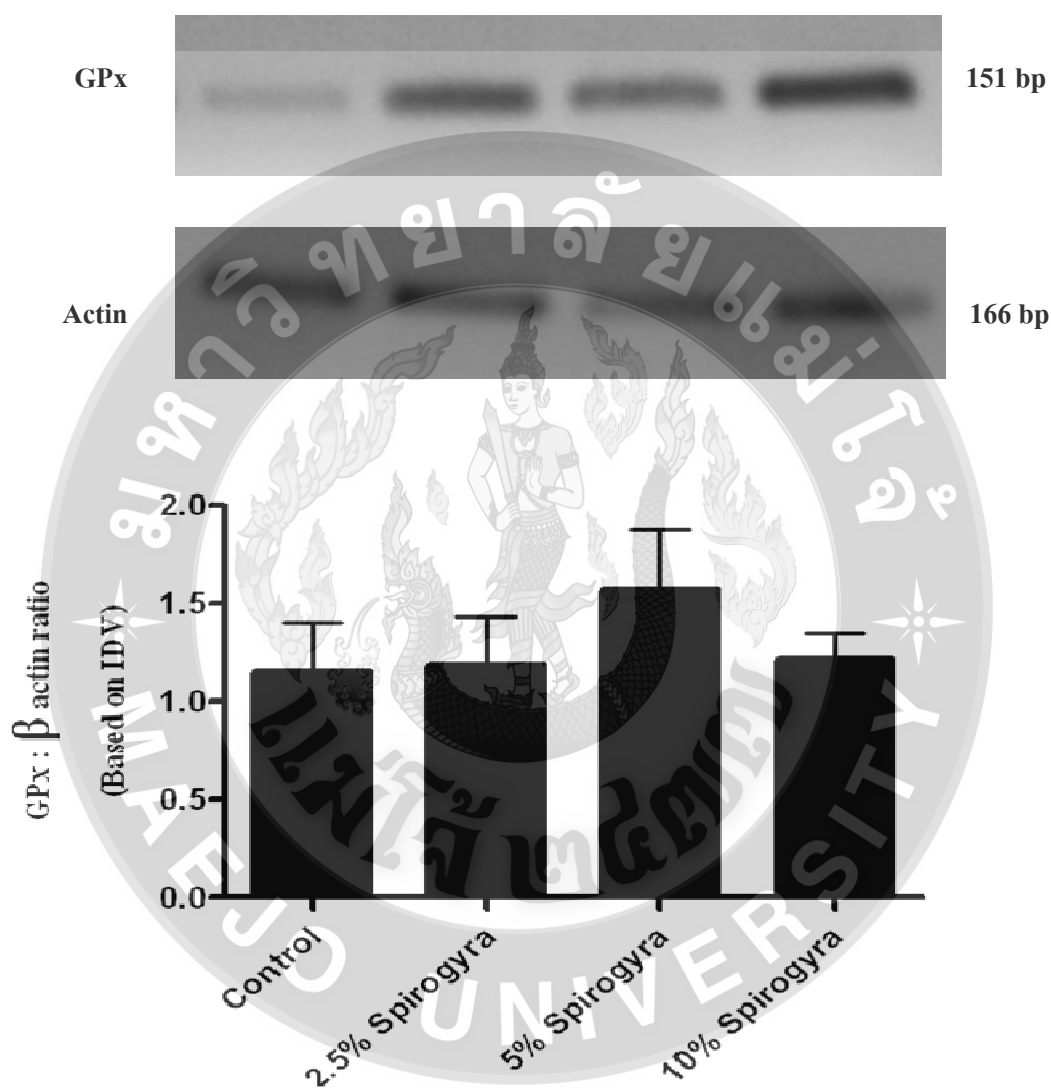
ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n = 5), IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

* $p < 0.05$ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ให้สาหร่ายเตา (control)

ภาพที่ 45 ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD)

ในเนื้อเยื่อไตปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน

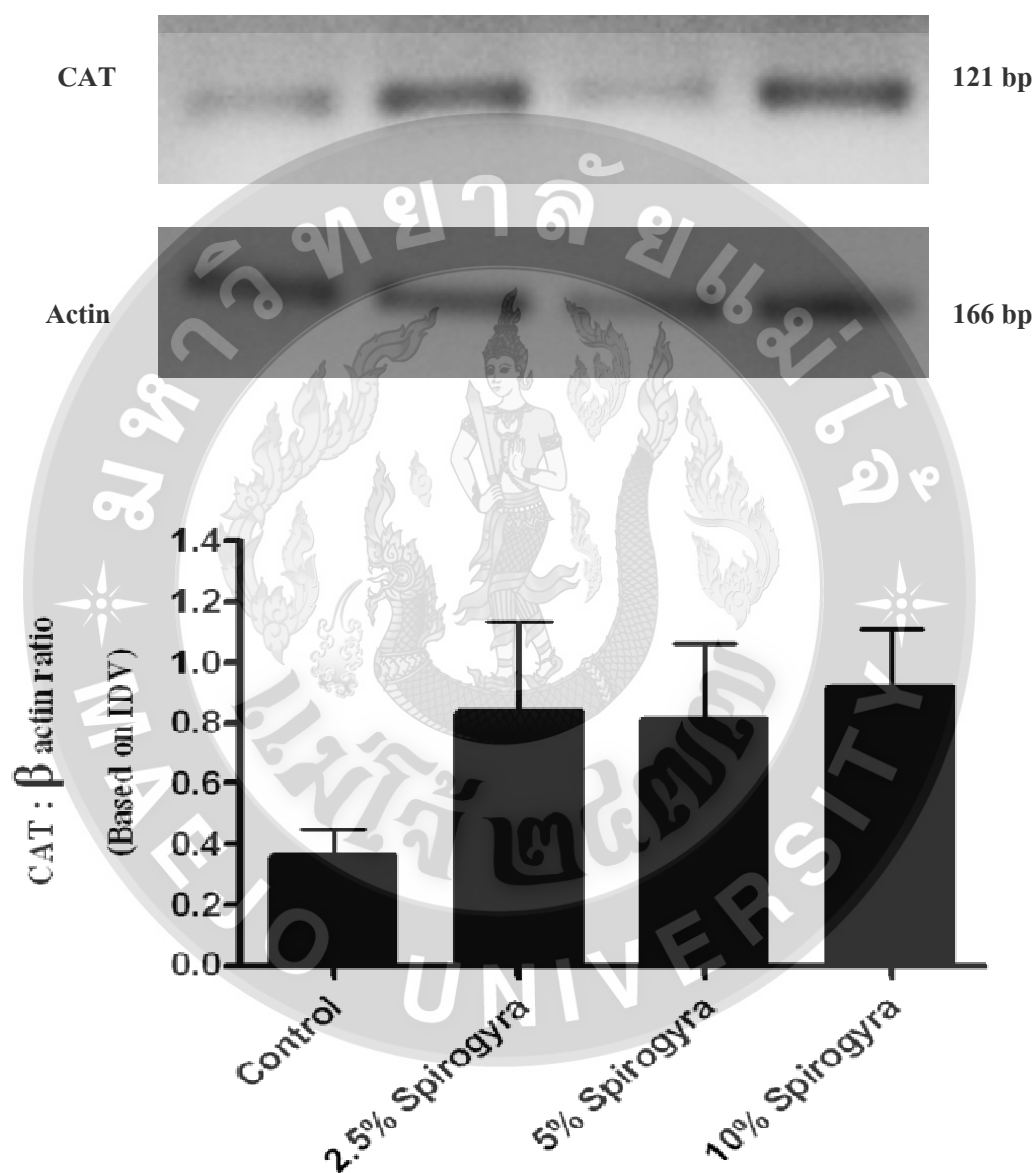
การให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับ 5 % มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ glutathione peroxidase ในเนื้อเยื่อไตของปลานิล อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม ($p>0.05$) ผลแสดงในภาพที่ 46



ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n = 5), IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

ภาพที่ 46 ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) ในเนื้อเยื่อไตปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน

การให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับ 2.5, 5 และ 10% ในปลานิล มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ catalase ในเนื้อเยื่อไต อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) ผลแสดงในภาพที่ 47

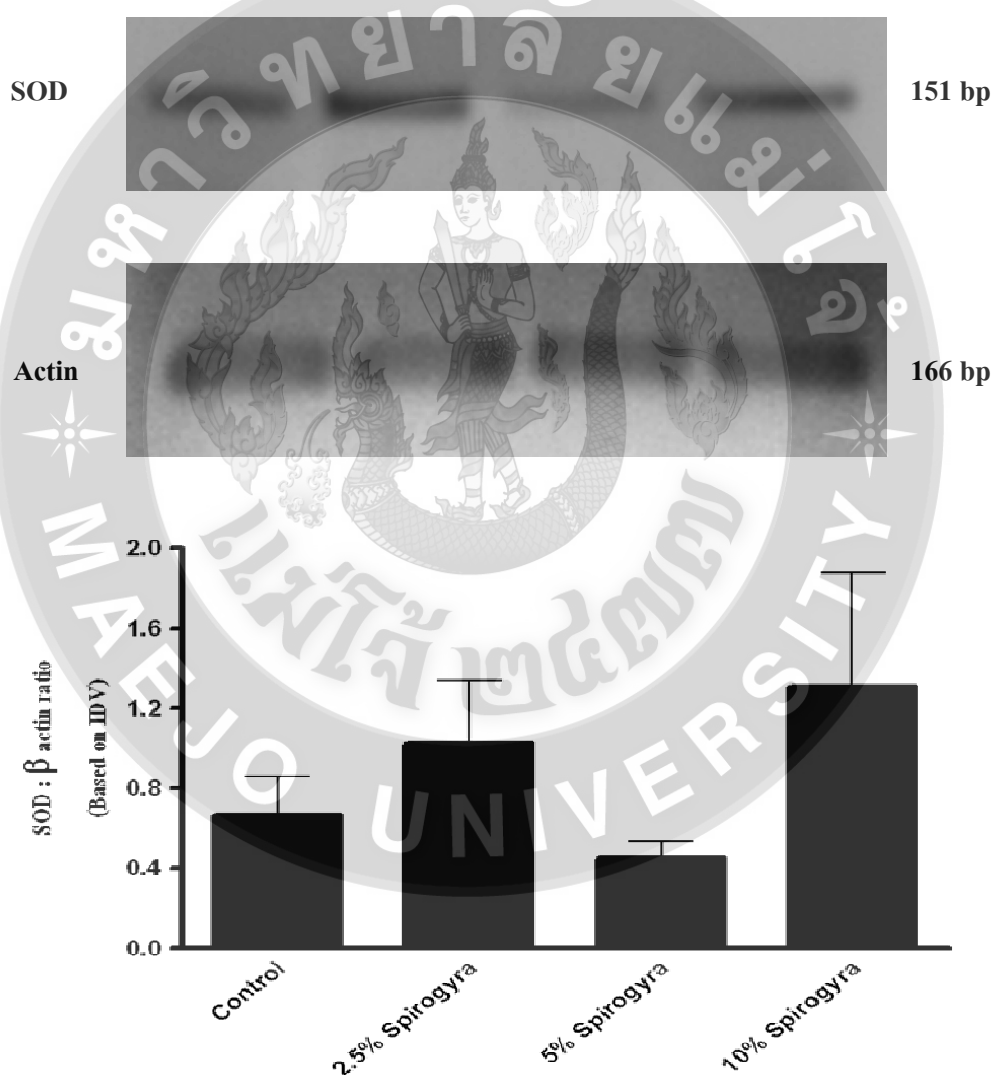


ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n = 5), IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

ภาพที่ 47 ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ catalase (CAT) ในเนื้อเยื่อไตปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน

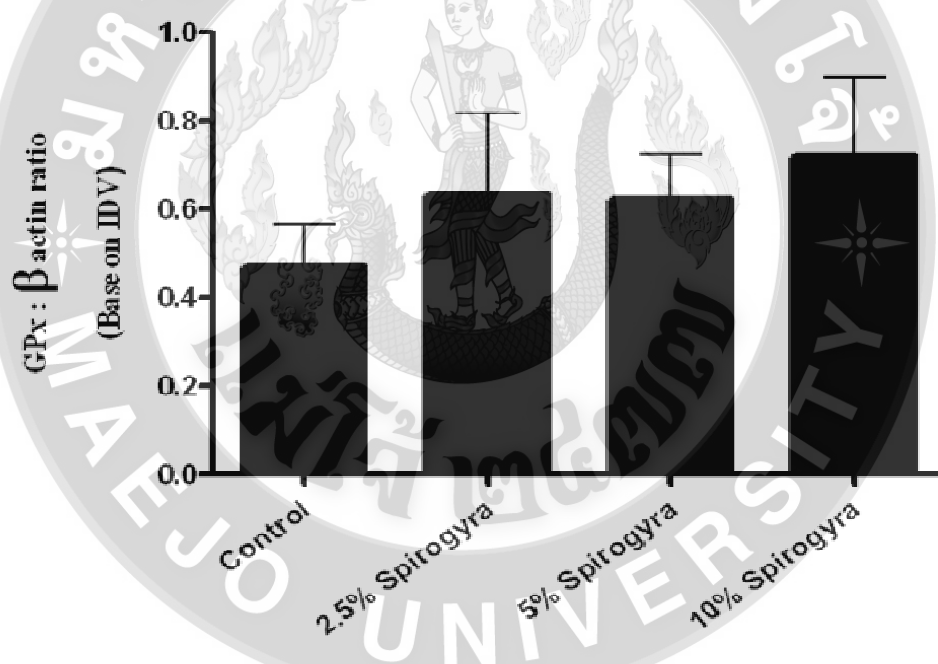
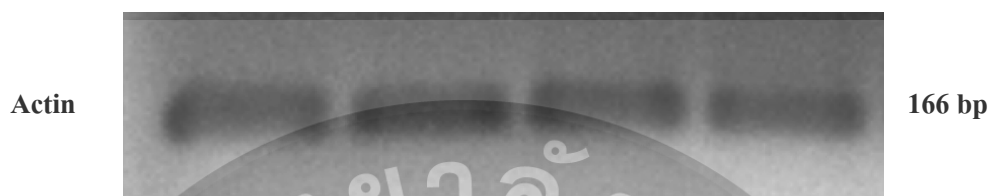
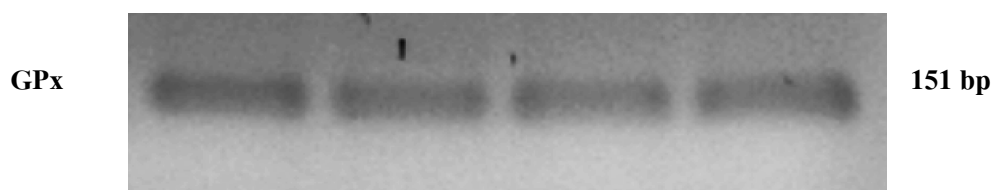
ผลของสาหร่ายเตาต่อการแสดงออกของยีนแอนติออกซิแดนซ์ในเนื้อเยื่อตับปลานิล

ผลของ RT-PCR ของเอนไซม์ Mn-SOD, glutathione peroxidase และ catalase ในเนื้อเยื่อตับของปลานิลที่ให้อาหารเสริมด้วยสาหร่ายเตาที่ระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% เป็นเวลา 4 เดือน แสดงในภาพที่ 20-22 ตามลำดับ โดยพบว่า การให้อาหารเสริมสาหร่ายเตามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกหน่วยการทดลอง



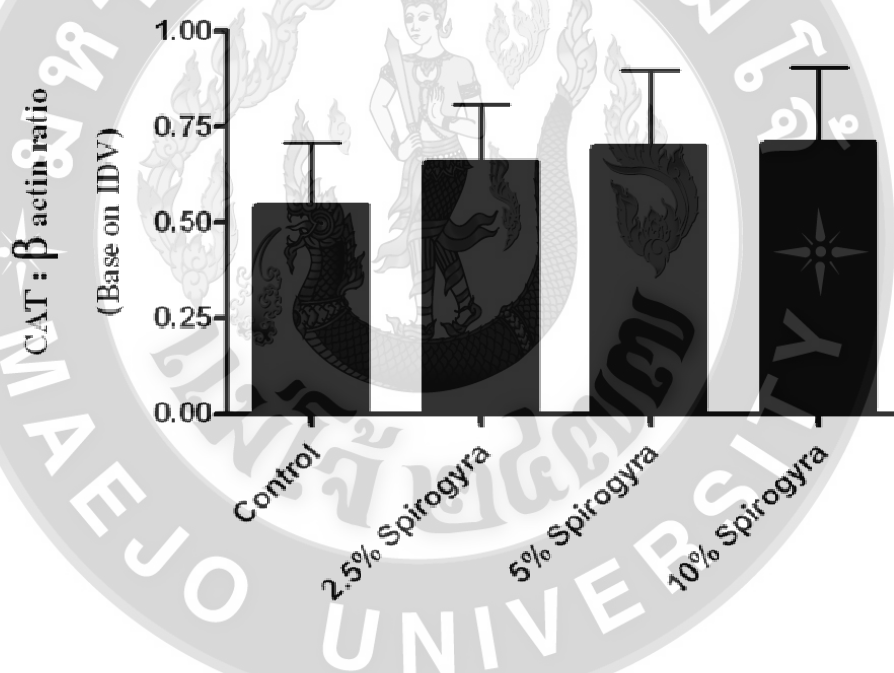
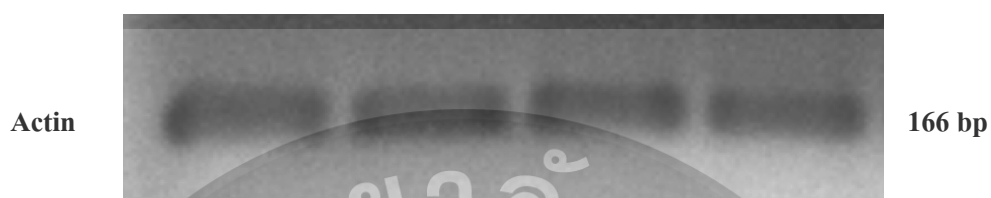
ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n = 5), IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

ภาพที่ 48 ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) ในเนื้อเยื่อตับปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน



ข้อมูลแสดง Mean $\pm$ SE, (n = 5), IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

ภาพที่ 49 ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) ในเนื้อเยื่อตับปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน



ข้อมูลแสดง Mean± SE, (n = 5), IDV = ระดับปริมาณความหนาแน่นของยีน

ภาพที่ 50 ระดับแสดงออกของ mRNA ของเอนไซม์ catalase (CAT) ในเนื้อเยื่อตับปลานิล ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาระดับต่างกัน

ผลของการเสริมสาหร่ายเตาต่อระดับกลูตาไทโอน (GSH) ในปลานิล

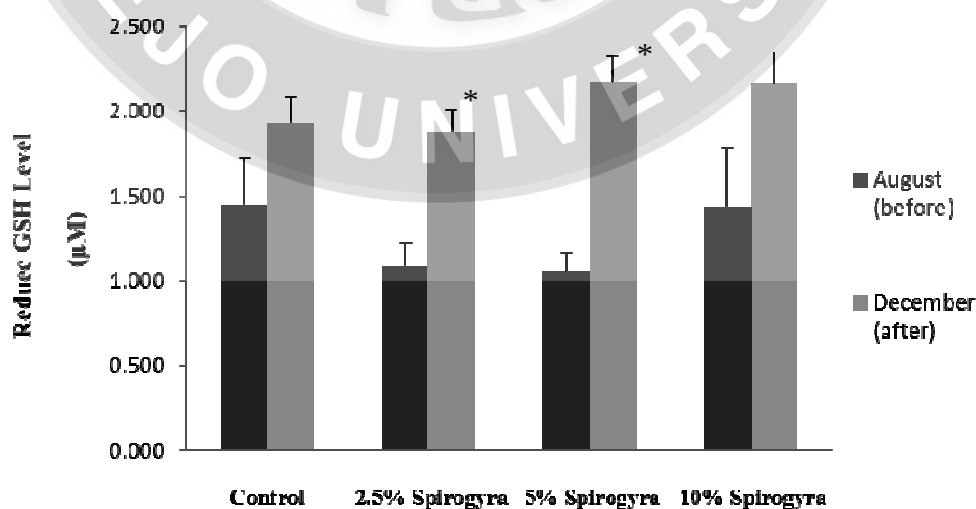
จากการเลี้ยงปลานิลในกระชังด้วยอาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% พบว่า ปลานิลที่ให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาในระดับ 2.5 และ 5 % เป็นเวลา 4 เดือน มีระดับกลูตาไทโอนรวม (total GSH) และรีดิวซ์กลูตาไทโอน (reduce GSH) เพิ่มขึ้น และมีการลดลงของระดับออกซิไดส์กลูตาไทโอน (GSSG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่างจากระดับก่อนการให้สาหร่ายเตา ผลแสดงในตารางที่ 59 และภาพที่ 51

ตารางที่ 59 ผลของระดับกลูตาไทโอนรวม ออกซิไดส์กลูตาไทโอน และรีดิวซ์กลูตาไทโอน

		<i>Spirogyra</i> sp.			
		0%	2.5%	5%	10%
Total GSH	ก่อนให้	14.60±1.21	15.80±1.82	15.60±0.93	18.40±2.15
	หลังให้	21.80±0.89*	21.60±1.16*	20.40±0.67*	22.20±0.96
GSSG	ก่อนให้	11.12±1.49	14.76±0.79	15.94±0.77	14.06±1.32
	หลังให้	11.59±1.04	11.59±0.50*	9.59±0.75*	10.65±1.15
Reduce GSH	ก่อนให้	1.450±0.26	1.087±0.13	1.051±0.11	1.438±0.34
	หลังให้	1.934±0.15	1.879±0.12*	2.171±0.15*	2.159±0.18

ค่าที่แสดงคือ mean±S.E. (n=5)

* $p < 0.05$ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบก่อนให้และหลังให้ในกลุ่มเดียวกัน



ภาพที่ 51 ระดับของรีดิวซ์กลูตาไทโอนในปลานิลที่ให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาเป็นเวลา 4 เดือน

โครงการย่อยที่ 4 : การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก

ผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกันที่ 50, 50, 75 และ 100 ตัวต่อตารางเมตรร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินโดยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ขนาด 1x1x1.5 เมตร ระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้ผลดังนี้

1. อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิลที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

1.1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 1 ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่สูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 105.08 ± 13.40 กรัม ส่วนชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 103.14 ± 16.81 , 99.33 ± 17.61 และ 96.95 ± 13.99 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีความเฉลี่ยเท่ากับ 198.94 ± 5.06 , 167.91 ± 5.06 , 174.34 ± 4.84 และ 174.28 ± 5.42 กรัม (ตารางที่ 60)

1.2 ความยาวที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total Length, TL)

ความยาวที่เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยของชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 ที่มีอัตราความหนาแน่น 50, 50, 75 และ 100 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ 12.57 ± 0.62 , 11.88 ± 0.72 , 12.08 ± 0.27 และ 11.97 ± 0.62 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 43.94 ± 2.91 , 37.58 ± 4.16 , 41.07 ± 1.25 และ 38.40 ± 1.70 เซนติเมตร ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 60)

1.3 อัตราการเจริญเติบโต (ADG)

อัตราการเจริญเติบโตของชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 ที่มีอัตราความหนาแน่น 50, 50, 75 และ 100 ตัวต่อบ่อมีค่าเฉลี่ย 1.00 ± 0.07 , 0.74 ± 0.09 , 0.82 ± 0.06 และ 0.81 ± 0.07 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 60)

1.4 อัตราการรอดตาย (Survival Rate)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 120 วัน พบว่าชุดควบคุม ให้อัตราการรอดตายสูงสุดคือ 97.05% รองลงมาคือชุดการที่ 2, 3 และ 1 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 94.84%, 94.00% และ 84.45% ตามลำดับ

1.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

จากการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 3 ให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดคือ 1.04 ± 0.02 ไม่มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 แต่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.6 ผลผลิต

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาทดลอง พบว่าของชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 ที่มีอัตราความหนาแน่น 50, 50, 75 และ 100 ตัวต่อบ่อให้น้ำหนักปลารวมเท่ากับ 11.68, 7.41, 9.31, 9.19 กิโลกรัม ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 60)

ตารางที่ 60 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล

รายละเอียดข้อมูล	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อบ่อ)			
	50 (ชุดควบคุม)	50	75	100
น้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)	78.51 $\pm$ 7.15 ^a	79.66 $\pm$ 7.88 ^a	76.30 $\pm$ 8.74 ^a	76.50 $\pm$ 6.90 ^a
น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)	198.94 $\pm$ 5.06 ^b	167.91 $\pm$ 5.06 ^a	174.34 $\pm$ 4.84 ^a	174.28 $\pm$ 5.42 ^a
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	103.14 $\pm$ 16.81 ^a	105.08 $\pm$ 13.40 ^a	99.33 $\pm$ 17.61 ^a	96.95 $\pm$ 13.99 ^a
ความยาวเริ่มต้นการทดลอง (เซนติเมตร)	12.57 $\pm$ 0.62 ^a	11.88 $\pm$ 0.72 ^a	12.08 $\pm$ 0.27 ^a	11.97 $\pm$ 0.62 ^a
ความยาวสิ้นสุดการทดลอง (เซนติเมตร)	43.94 $\pm$ 2.91 ^b	37.58 $\pm$ 4.16 ^a	41.07 $\pm$ 1.25 ^{ab}	38.40 $\pm$ 1.70 ^a
ความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	31.37 $\pm$ 2.51 ^b	25.70 $\pm$ 3.57 ^a	28.98 $\pm$ 1.43 ^{ab}	26.42 $\pm$ 1.91 ^a
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	1.00 $\pm$ 0.07 ^b	0.74 $\pm$ 0.09 ^a	0.82 $\pm$ 0.06 ^a	0.81 $\pm$ 0.07 ^a
อัตราการรอดตาย	97.05% ^a	84.45% ^b	94.84% ^a	94.00% ^a
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.10 $\pm$ 0.2 ^a	1.18 $\pm$ 0.1 ^a	1.06 $\pm$ 0.2 ^b	1.04 $\pm$ 0.02 ^b
ผลผลิต (กิโลกรัม)	11.68	7.41	9.31	9.19

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างในทางสถิติ ($p < 0.05$) ($n=10$)



ภาพที่ 52 การเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปลานิล

2. ประสิทธิภาพการผลิตของผักกาดหอม

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ (ชุดควบคุม) มีความสูงมากที่สุด (22.83 ± 0.34 เซนติเมตร) รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 1 (22.04 ± 0.46 เซนติเมตร), ชุดการทดลองที่ 3 (22.00 ± 0.31 เซนติเมตร) และชุดการทดลองที่ 2 (21.65 ± 0.11 เซนติเมตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 61)

ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกาดหอมในชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.16 ± 0.64 , 18.84 ± 0.19 , 18.00 ± 1.41 และ 18.84 ± 0.53 เซนติเมตร (ตามลำดับ)

ตารางที่ 61 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ประสิทธิภาพการผลิต	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อบ่อ)			
	50	50	75	100
	(ชุดควบคุม)			
ความสูงเริ่มต้นการทดลอง (เซนติเมตร)	3.08 ± 0.57	3.20 ± 0.22	3.01 ± 1.21	3.16 ± 0.28
ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (เซนติเมตร)	22.83 ± 0.34^a	22.04 ± 0.46^b	21.65 ± 0.11^a	22.00 ± 0.31^{ab}
ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	15.16 ± 0.64	18.84 ± 0.19	18.64 ± 2.41	18.84 ± 0.53

หมายเหตุ : 1. เป็นข้อมูลเฉลี่ยต่อการผลิตที่ 30 วัน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างในทางสถิติ ($p < 0.05$) ($n=10$)



ภาพที่ 53 ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบการเลี้ยงปลาแบบปิด

3. คุณภาพน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในบ่อทดลองมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 4.03 - 4.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแอมโมเนียมีค่าระหว่าง 0.085 - 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.952 - 1.084 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรทมีค่าระหว่าง 0.217 - 0.457 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 0.716 - 0.827 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าปริมาณของไนเตรทและฟอสฟอรัส ของแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าค่าไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงตารางที่ 62

ตารางที่ 62 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิล

	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อบ่อ)			
	50 (ชุดควบคุม)	50	75	100
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	25.16±0.03	25.16±0.03	25.16±0.03	25.13±0.03
ความเป็นกรด-ด่าง	7.16±0.15	7.20±0.17	7.17±0.17	7.19±0.15
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.03±0.12 ^a	4.30±0.15 ^b	4.90±0.13 ^a	4.87±0.08 ^a
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.093±0.046 ^a	0.100±0.055 ^a	0.085±0.034 ^a	0.087±0.005 ^a
ไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.952±0.156 ^a	1.084±0.154 ^c	1.015±0.147 ^{bc}	1.025±0.165 ^{ab}
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.457±0.018 ^a	0.217±0.158 ^a	0.281±0.076 ^a	0.263±0.082 ^a
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.803±0.162 ^a	0.716±0.187 ^a	0.827±0.274 ^a	0.794±0.204 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างในทางสถิติ ($p<0.05$) ($n=10$)

โครงการย่อยที่ 5 : ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่างต่อผลผลิต

และคุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็ง

ผลการวิจัย

จากงานวิจัยระยะแรกสามารถหาชนิดของฟอสเฟต และสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ในผลิตภัณฑ์ปลานิลแช่แข็งแล้วนั้น สามารถสรุปได้คือ ใช้สารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP ระดับความเข้มข้น 1.4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ผสมกับเกลือ 2.7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และแช่เนื้อปลานิลแช่ในสารละลายนาน 115 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยเพิ่มคุณภาพด้านปริมาณผลได้ และด้านประสาทสัมผัส โดยปริมาณสารฟอสเฟตที่ตรวจพบในเนื้อปลาหลังการแช่แข็งแล้วยังอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐานคือ ไม่เกิน 5000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

งานวิจัยต่อเนื่องนี้จะป็นระยะการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เพื่อติดตามถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยมีการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาผลของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็งระหว่างเก็บรักษา

โดยใช้สารประกอบฟอสเฟตในรูปสารละลาย ความเข้มข้น 1.4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ร่วมกับเกลือ 2.7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เปรียบเทียบกับหน่วยทดลองเปรียบเทียบ (control) ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ ดำเนินการโดย แช่ปลานิลแช่แบบไม่ติดหนังและก้างขนาดชิ้นน้ำหนัก 100-150 กรัม/ชิ้น ในสารละลายฟอสเฟตเย็น 4 องศาเซลเซียส 115 นาที และนำขึ้นจากสารละลาย ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 1 นาที ใส่ถุงพลาสติก แช่ในน้ำแข็ง ระหว่างรอการแช่แข็ง การแช่แข็งจะเรียงชั้นปลาบนตะแกรงสำหรับเข้าเครื่องแช่แข็ง แช่แข็งชั้นปลาแบบ air blast freezing อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา ประมาณ 20 นาที จนอุณหภูมิจุดกลางชิ้นปลาเป็น -30 องศาเซลเซียส และเคลือบ (glazing) ด้วยน้ำเย็น 1 องศาเซลเซียส 10 วินาที บรรจุถุงซิปล็อก (Ziploc) ถุงละ 1 ชิ้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณภาพของเนื้อปลานิลแช่แข็ง ดังนี้

-คุณภาพทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น) ค่า pH ปริมาณ TVB-N ค่าความหืน (TBA) ปริมาณฟอสเฟต ความชื้น

-คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ Gain weight, Drip loss, Cooking loss, Cooking yield และวัดค่าเนื้อสัมผัสเนื้อปลาสดด้วย texture analyzer

-คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน ประเมินคุณลักษณะของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการทำละลายแล้ว โดยประเมินทั้งเนื้อปลาดิบและเนื้อปลาสุก

-คุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ total aerobic psychrophilic และ total aerobic mesophilic



ภาพที่ 54 (A-B) เนื้อปลานิลแล่ที่ขนส่งมาจากแหล่งรับจ้างแล่ปลา นำมาแยกขนาดของชิ้นปลาตามน้ำหนัก และแช่ในสารละลายฟอสเฟตต่อไป



ภาพที่ 55 (A-B) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลานิลแล่ไม่แช่และแช่สารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ

1. คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลแช่แข็ง

1.1 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้ามีปริมาณ 17.33 2.54 75.73 และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื้อปลานิลมีองค์ประกอบของโปรตีนสูง และไขมันต่ำ

1.2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

จาก ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในทั้งสองชุดตัวอย่างมีค่าที่ไม่แน่นอนเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น และตัวอย่างที่แช่สารละลายฟอสเฟตจะมี pH เพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นคุณสมบัติของสารฟอสเฟต (Kilinc, 2007)

ตารางที่ 63 ค่า pH ของปลานิลแช่แข็งแยกแยะระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน

เดือนที่	pH	
	Control	STPP+NaCl
0	6.14±0.08 ^{Bf}	6.72±0.06 ^{Ab}
1	6.74±0.04 ^{Aa}	6.68±0.04 ^{Abc}
2	6.67±0.02 ^{Aab}	6.65±0.04 ^{Ac}
3	6.65±0.03 ^{Bb}	6.94±0.04 ^{Aa}
4	6.39±0.06 ^{Ac}	6.42±0.06 ^{Ad}
5	6.34±0.01 ^{Acd}	6.40±0.02 ^{Bde}
6	6.30±0.02 ^{Ade}	6.36±0.04 ^{Ade}
7	6.26±0.03 ^{Ac}	6.33±0.01 ^{Ac}
8	6.12±0.03 ^{Af}	6.15±0.03 ^{Af}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ

STPP+NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ

ตัวอักษร abcdef กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

1.3 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นระหว่างการรักษาเนื้อปลานิลแล้แซ่แซ่แข็ง ชนิดที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟต แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าค่าความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันในทุกเดือน ระหว่างการรักษา ซึ่งในทุกหน่วยการทดลองที่ใช้สารผสมฟอสเฟตผสมเกลือมีค่าอยู่ระหว่าง 78 – 90 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กลุ่มทดลองที่ไม่แช่สารฟอสเฟต มีค่าอยู่ระหว่าง 73 – 78 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ในแต่ละเดือนปริมาณความชื้นในเนื้อปลานิลแล้ที่ผ่านการแช่ด้วยโซเดียมไตรฟอสเฟตผสมเกลือจะมีค่าความชื้นสูงกว่าเนื้อปลานิลที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) การที่เนื้อปลา ยังคงมีความชื้นสูงเป็นผลมาจากการทำงานของสารฟอสเฟตที่ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลานิล ระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 64 ความชื้นของเนื้อปลานิลแล้แซ่แซ่แข็งระหว่างการรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน

เดือนที่	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	Control	STPP+NaCl
0	75.73±0.58 ^{Bbcd}	77.82±0.29 ^{Aab}
1	78.16±0.94 ^{Aab}	78.46±3.26 ^{Aab}
2	74.75±3.71 ^{Acd}	77.77±0.30 ^{Bab}
3	80.05±1.28 ^{Aa}	79.89±0.80 ^{Aa}
4	71.21±1.96 ^{Bc}	77.01±0.64 ^{Ab}
5	74.79±0.38 ^{Bcd}	78.20±0.63 ^{Aab}
6	73.10±0.39 ^{Bde}	77.69±0.40 ^{Aab}
7	76.72±0.26 ^{Bbc}	78.73±1.08 ^{Aab}
8	73.97±0.58 ^{Bcde}	78.08±0.89 ^{Aab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ

STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ

ตัวอักษร abcde กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

1.4 ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Basic Nitrogen; TVB-N)

การสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) จัดเป็นดัชนีคุณภาพทางเคมีค่าหนึ่งที่ใช้วัดความสดของปลา สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจน (เนตรนรินทร์, 2546) จากตารางที่ 65 แสดงปริมาณ TVB-N ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาเดือนที่ 0 ถึง 8 พบว่ามีค่าอยู่ในระดับ 4-10 มิลลิกรัม TVB-N/100 กรัมตัวอย่างโดยปริมาณ TVB-N ที่กำหนดให้มีได้สูงสุดในปลา คือ 25-30 มิลลิกรัม TVB-N/100 กรัมตัวอย่าง และปริมาณ TVB-N ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณลักษณะปรากฏของเนื้อปลา รวมทั้งการเจริญและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (Ashie et al., 1996) ผู้บริโภคจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีค่า TVB-N มากกว่า 30-40 มิลลิกรัม TVB-N/100 กรัมตัวอย่าง (Benjakul et al., 2003)

จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า TVB-N ในชุดตัวอย่างควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) การเพิ่มขึ้นของค่า TVB-N ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำ หรือจากจุลินทรีย์ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น (Benjakul et al., 2003; Chomnawang et al., 2007) ขณะที่ค่า TVB-N ในชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลายฟอสเฟตผสมกับเกลือมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ($P > 0.05$) การที่ค่า TVB-N มีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบพื้นฐานที่ระเหยได้ เช่น แอมโมเนีย ไตรเมทิลามีน และสารอื่นๆ จากการย่อยสลายตัวของเอนไซม์ภายในเนื้อปลา และการเน่าเสียจากแบคทีเรีย โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายเนื้อปลาได้ (Hwang, 2012)

1.5 ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)

ตารางที่ 6 ปริมาณ TBA ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ TBA ช่วง 0.01- 0.02 มิลลิกรัม มาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตัวอย่าง (mg malondialdehyde/kg sample) สำหรับชุดตัวอย่างเนื้อปลานิลที่แช่สารละลายโซเดียมไตรฟอสเฟต ร่วมกับเกลือมีปริมาณ TBA ช่วง 0.01- 0.02 mg malondialdehyde/kg sample จะเห็นได้ว่า เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นในตัวอย่างทั้ง 2 ชุด ปริมาณ TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทีละน้อย ($P \leq 0.05$) จากการรายงานของ Masniyom และคณะ (2005) รายงานว่าปริมาณ TBA ในเนื้อปลากระพงแล่ที่เก็บรักษาในสภาพแช่เย็นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันในปลาจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่มีการจับปลา หรือหลังจากที่ปลาตาย

ตารางที่ 66 ค่า Thiobarbituric acid ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเวลา 8 เดือน

เดือนที่	Thiobarbituric acid (mg malondialdehyde/kg sample)	
	Control	STPP+NaCl
0	0.012±0.003 ^{Aab}	0.010±0.001 ^{Ab}
1	0.010±0.001 ^{Aab}	0.014±0.008 ^{Ab}
2	0.015±0.006 ^{Aab}	0.019±0.003 ^{Aab}
3	0.020±0.001 ^{Aab}	0.018±0.006 ^{Aab}
4	0.022±0.001 ^{Aa}	0.021±0.008 ^{Aab}
5	0.011±0.001 ^{Aab}	0.016±0.001 ^{Aab}
6	0.014±0.001 ^{Aab}	0.029±0.001 ^{Aa}
7	0.015±0.001 ^{Aab}	0.012±0.001 ^{Ab}
8	0.008±0.001 ^{Bb}	0.015±0.001 ^{Aab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ ตัวอักษร abcde กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

1.6 ปริมาณฟอสเฟต

ปริมาณฟอสเฟตในเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟตและไม่ผ่านการแช่ (Control) วิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในรูปของ P_2O_5 ในหน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 67 เนื้อปลานิลที่แช่ด้วยสารประกอบฟอสเฟตชนิดโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตก่อนนำไปแช่แข็งสามารถตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในเนื้อปลาสูงที่สุดในเดือนที่ 0 1 3 และ 4 ($P \leq 0.05$) แต่พบว่าปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ฟอสเฟตมีค่าแตกต่างกับตัวอย่างเนื้อปลานิลแล่ที่แช่ฟอสเฟตเล็กน้อย ($P \leq 0.05$) นั้นอาจเป็นเพราะมีการสะสมปริมาณฟอสเฟตในระหว่างกระบวนการเพาะเลี้ยง หรือการขนส่งปลานิลเข้าสู่โรงงานแปรรูป แต่ในทุกตัวอย่างมีปริมาณฟอสเฟตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อปลาแล่แช่แข็ง ที่กำหนดโดย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (มกอช. 7014-2548) และ European Parliament and Council (2006) ซึ่งกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 5000 mg/kg กำหนดเป็น P_2O_5 (รวมถึงฟอสเฟตในธรรมชาติ)

ตารางที่ 67 ปริมาณฟอสเฟตในเนื้อปลานิลแล้แซ่แข็งที่แช่ในสารประกอบฟอสเฟตชนิดต่างๆ

ตัวอย่าง/เดือนที่	Phosphate (mg/kg)
Control/ เดือนที่ 0	3450±71 ^d
STPP+NaCl/เดือนที่ 0	3750±71 ^a
STPP+NaCl/เดือนที่ 1	3900±00 ^a
STPP+NaCl/เดือนที่ 2	3650±71 ^{bc}
STPP+NaCl/เดือนที่ 3	3850±71 ^a
STPP+NaCl/เดือนที่ 4	3750±71 ^{ab}
STPP+NaCl/เดือนที่ 5	3500±00 ^{cd}
STPP+NaCl/เดือนที่ 6	3500±141 ^{cd}
STPP+NaCl/เดือนที่ 7	3650±71 ^{bc}
STPP+NaCl/เดือนที่ 8	3350±71 ^d

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ
ตัวอักษร abcd กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลแล้แซ่แข็ง

2.1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Gain weight) หลังการแช่สารละลายไตรโพลิฟอสเฟตผสมกับเกลือ

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อปลานิลแล้หลังจากแช่เนื้อปลานิลแล้ในสารละลายของชุดตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 3.67 ± 2.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตัวอย่างที่แช่ในสารละลายโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟตผสมเกลือมีค่าเท่ากับ 5.36 ± 0.60 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างที่แช่สารละลายโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต ร่วมกับเกลือมีการเพิ่มน้ำหนักมากกว่าชุดตัวอย่างควบคุม เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Chang and Regenstein, 1997; Turan et al., 2003) และเมื่อใช้ร่วมกับเกลือจะช่วยทำให้โปรตีนอุ้มน้ำได้ดียิ่งขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Thorarindottir และคณะที่พบว่าฟอสเฟตมีผลต่อการเพิ่มของน้ำหนัก คุณภาพ และการอุ้มน้ำของเนื้อปลาคอดท่าเค็ม ซึ่งการที่เนื้อปลา มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความสามารถของสารฟอสเฟตที่จะไปช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำขององค์ประกอบโปรตีนในกล้ามเนื้อของปลา (Ellinger, 1972; Van Wazer, 1971)

2.2 น้ำหนักที่สูญเสียหลังการละลาย (Drip loss)

ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการละลายปลานิลแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน ของตัวอย่างเนื้อปลานิลแช่ทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) แสดงดังตารางที่ 68 อาจเป็นสาเหตุมาจากระบวนการแช่เยือกแข็งเนื้อปลานิลมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากใช้ระบบการแช่แข็งแบบรวดเร็ว (quick freezing) จึงทำให้มีผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ ประกอบกับการเก็บรักษาในสภาพที่เหมาะสมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดการเก็บรักษา ทำให้มีค่าการสูญเสียน้ำหนักในตัวอย่างที่ไม่ใช้ฟอสเฟตมีค่าไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม

แต่เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุด ตัวอย่าง อีกประการหนึ่งคือเมื่อตรวจสอบปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 67) แสดงว่าเนื้อปลานิลตามธรรมชาติอาจมีการดูดซับสารฟอสเฟตมาจากธรรมชาติ ตั้งแต่กระบวนการเลี้ยงในบ่อ หรืออาจมีการเติมระหว่างกระบวนการจับ การจัดการหลังการจับ หรือการขนส่งเข้าสู่โรงงาน ก่อนการแปรรูป

ตารางที่ 68 ค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการละลาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลานิลแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

เดือนที่	การสูญเสียน้ำหนักจากการละลาย (%)	
	control	STPP+NaCl
0	8.59±0.92 ^{Aab}	8.32±5.69 ^{Aa}
1	7.65±6.18 ^{Aab}	10.43±3.97 ^{Aa}
2	10.85±3.32 ^{Aa}	8.97±4.96 ^{Aa}
3	5.66±1.47 ^{Ab}	6.74±1.24 ^{Aa}
4	9.46±1.86 ^{Aab}	9.69±0.25 ^{Aa}
6	8.45±0.53 ^{Aab}	9.79±1.60 ^{Aa}
5	nd	nd
7	8.55±2.45 ^{Aab}	10.73±6.04 ^{Aa}
8	8.58±1.24 ^{Aab}	10.67±2.23 ^{Aa}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ nd คือไม่ได้ศึกษา ตัวอักษร ab กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

2.3 น้ำหนักที่สูญเสียจากการหุงต้ม (Cooking loss)

น้ำหนักที่สูญเสียหลังการหุงต้ม แสดงในตารางที่ 69 โดยระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือนเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ใช้และไม่ใช้ฟอสเฟตมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยตัวอย่างที่ไม่มีการใช้สารฟอสเฟต จะมีค่าการสูญเสียหลังการหุงต้มสูงกว่าตัวอย่างที่มีการใช้ฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า STPP ส่งผลต่อน้ำหนักที่สูญเสียหลังการหุงต้มมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Woyewoda and Bligh (1986) ที่รายงานว่า การแช่ชิ้นปลาคอดในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 12 เปอร์เซ็นต์ ก่อนกระบวนการแช่เยือกแข็ง สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลาย และการสูญเสียน้ำหนักหลังการหุงต้ม อีกทั้งสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของชิ้นปลาคอดสด

Rattanasatheirn et al. (2008) อธิบายว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตชนิด SAPP ร่วมกับ STPP หรือ TSPP จะทำให้ได้ค่าผลได้จากการหุงต้มต่ำกว่าเล็กน้อยแต่จะมีค่าการสูญเสียจากการหุงต้มที่มากกว่า การใช้สารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP หรือ TSPP แบบเดี่ยวๆ ในผลิตภัณฑ์กุ้งแกะเปลือกและเอาไส้ออก

2.4 ปริมาณผลได้หลังการหุงต้ม (Cook yield)

ปริมาณผลได้หลังจากการหุงต้มของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่ด้วยสารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างปลานิลที่ไม่ได้ใช้สารฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) แต่การเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้นไม่มีผลต่อค่าปริมาณผลได้หลังการหุงต้มโดยจะมีค่าเพิ่มไม่แตกต่างกันในแต่ละเดือน ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 69 ซึ่ง Woyewoda and Bligh (1986) รายงานว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตในเนื้อปลาคอดแล่แช่แข็งจะช่วยเพิ่มค่าปริมาณผลได้จากการหุงต้ม โดยจะไปช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง

2.5 ค่าสีของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง

ค่าสีของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งดิบ ระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน แสดงดังตารางที่ 10 ซึ่งระบบสี $L^* a^* b^*$ นี้ ค่า L^* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) ค่า a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง และค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว) b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง และค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน) ค่าความเข้มของสีแสดงในรูปของค่าฮิว (h^* ; hue) คำนวณได้จาก $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ และค่าโครมา (C^* ; chroma) คำนวณได้จาก $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Hernández et al., 2009) จากงานนี้วิจัยพบว่า ชุดตัวอย่างควบคุม และชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP ผสมเกลือ มีค่าความสว่าง (L^*) ที่แตกต่างกันในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น และความสว่างของชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP ผสมเกลือจะมีค่ามากกว่าชุดตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการแช่ในสารละลายดังกล่าวได้กำจัด heme ไขมัน สีและ

องค์ประกอบอื่นๆ ออกไปบางส่วน และการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับเกลือยังทำให้เกิดการเปิดโครงสร้างกล้ามเนื้อ ช่วยให้การกักเก็บน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Thorarinsdottir, 2001) และในชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ผสมเกลือ มีค่า a^* และ b^* ที่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ในตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน ($P>0.05$)

ขณะที่ C^* ของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ฟอสเฟตจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่มีการแช่ฟอสเฟต ผสมเกลือ ทั้งสองตัวอย่างเมื่อเก็บรักษาเนื้อปลานิลแช่แข็งเป็นเวลานานขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C^* ส่วนค่า h^* พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของตัวอย่างเนื้อปลานิลแช่ที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่สารฟอสเฟตก่อนการแช่แข็ง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน

ตารางที่ 69 น้ำหนักที่สูญเสียหลังจากการหุงต้ม (cooking loss) และปริมาณผลได้หลังจากการหุงต้ม (cook yield) ของปลานิลแช่แข็งเยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

เดือนที่	Cooking loss (%)		Cook yield (%)	
	control	STPP+NaCl	control	STPP+NaCl
0	6.83±5.39 ^{Ab}	4.88±1.66 ^{Ad}	85.18±5.26 ^{Aa}	87.42±6.22 ^{Aa}
1	15.53±6.22 ^{Aa}	8.14±1.71 ^{Abc}	78.15±9.57 ^{Ab}	82.30±4.44 ^{Aab}
2	14.62±2.37 ^{Aa}	9.41±1.85 ^{Babc}	76.13±3.71 ^{Bb}	82.46±4.49 ^{Aab}
3	17.02±1.01 ^{Aa}	10.98±2.01 ^{Ba}	78.30±1.95 ^{Bb}	83.01±1.53 ^{Aab}
4	15.99±1.42 ^{Aa}	9.90±1.12 ^{Bab}	76.06±2.48 ^{Bb}	81.36±1.07 ^{Ab}
5	nd	nd	nd	nd
6	13.20±3.61 ^{Aa}	10.54±1.71 ^{Aab}	79.47±3.46 ^{Aab}	80.68±1.42 ^{Ab}
7	12.52±2.35 ^{Aa}	7.21±1.88 ^{Bcd}	80.04±4.19 ^{Aab}	82.87±6.47 ^{Aab}
8	12.63±1.35 ^{Aa}	9.47±2.62 ^{Babc}	79.87±1.56 ^{Aab}	80.91±4.17 ^{Ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ nd คือ ไม่ได้ศึกษา

ตัวอักษร ab กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

ลักษณะเนื้อสัมผัสตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 11 ซึ่งวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) ใช้แรงกดที่ทำให้เปลี่ยนรูป 25 เปอร์เซ็นต์ ค่า hardness คือค่าแรงที่สามารถทำให้โครงสร้างของอาหารเปลี่ยนรูปไป หรือแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่างครั้งแรก ค่า cohesiveness คือ อัตราส่วนของแรงระหว่างการกดครั้งที่ 2 จากจุดเดิมที่กดครั้งแรก ค่า adhesiveness คือ พื้นที่แรงที่ด้านการกดของแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดครั้งแรก ค่า springiness คือ ส่วนสูงที่ตัวอย่างสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ระหว่างเวลาที่สิ้นสุดจากการกดครั้งแรกและเริ่มการกดครั้งใหม่ ค่า gumminess คือ ค่า hardness คูณด้วย cohesiveness และ ค่า chewiness คือค่า gumminess คูณด้วย springiness หรือ hardness คูณด้วย cohesiveness คูณด้วย springiness (Bourne, 1978; Yang, 2007; Barroso, 1998) จากการศึกษาพบว่า ค่า hardness ของปลานิลแช่แข็งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่ค่า hardness ของตัวอย่างในชุดตัวอย่างควบคุมจะไม่มี ความแตกต่างกับตัวอย่างที่แช่ใน STPP ร่วมกับเกลือ ($P>0.05$) ค่า adhesiveness และ cohesiveness ในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา ของทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่า gumminess ของตัวอย่างทั้ง 2 ชุดมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ในชุดตัวอย่างควบคุมจะมีการลดลงของค่า Gumminess มากกว่าในตัวอย่างที่แช่ใน STPP ร่วมกับเกลือมีการลดลงของค่า gumminess เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น โดยที่ค่า gumminess ของตัวอย่างที่แช่ใน STPP ผสมกับเกลือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้เป็นไปทิศทางเดียวกับที่ Etemadian และคณะ (2011) ได้ศึกษาผลของการใช้สารป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีนของสารประกอบโพลิฟอสเฟตในปลา *Rutilus frisii kutum* แต่ตลอดระยะเวลาการเก็บโดยการแช่น้ำแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้ามเนื้อปลาขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชีววิทยาของกล้ามเนื้อปลา ซึ่งก็คือความหนาแน่นของเส้นใยกล้ามเนื้อ รวมทั้งองค์ประกอบของไขมัน และคอลลาเจนในกล้ามเนื้อด้วย หลังจากปลาตายนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่าการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการนุ่มลงและสูญเสียความยืดหยุ่นได้ (Hernandez et al., 2009; Olafsdottir et al., 2004) ดังรายงานของ Hernandez et al. (2009) ที่เก็บรักษาเนื้อปลา meager แช่ไว้ที่น้ำแข็งอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าค่า hardness ลดลงจาก 27 นิวตัน เหลือ ค่าระหว่าง 23-25 นิวตัน

ตารางที่ 70 ค่าสีแสดงเป็นระยะพิกัด CIE Lab ของตัวอย่างเนื้อปลานิลแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน

เดือนที่	L^*		a^*		b^*	
	Control	STPP+NaCl	Control	STPP+NaCl	Control	STPP+NaCl
0	41.31±1.07 ^{Bd}	45.29±0.88 ^{Abcd}	-3.13±0.33 ^{Bb}	-2.02±1.01 ^{Aa}	3.61±2.06 ^{Aa}	1.89±1.83 ^{Aa}
1	39.79±0.76 ^{Be}	45.23±2.11 ^{Abcd}	-2.88±0.69 ^{Ab}	-3.41±0.23 ^{Ab}	2.70±2.28 ^{Aa}	1.85±2.11 ^{Aa}
2	41.96±1.41 ^{Bcd}	46.62±1.14 ^{Abc}	-3.22±0.43 ^{Ab}	-3.42±0.41 ^{Ab}	2.29±2.38 ^{Aa}	0.44±1.13 ^{Aa}
3	41.52±1.11 ^{Ad}	44.19±3.08 ^{Ad}	-3.13±0.11 ^{Ab}	-3.23±0.09 ^{Ab}	2.69±0.91 ^{Aa}	0.75±1.93 ^{Ba}
4	43.04±1.85 ^{Bcb}	46.25±1.64 ^{Abcd}	-3.24±0.25 ^{Ab}	-3.28±0.14 ^{Ab}	2.48±1.35 ^{Aa}	2.22±1.29 ^{Aa}
5	37.51±0.78 ^{Bf}	46.64±0.30 ^{Abc}	-1.84±1.23 ^{Aa}	-3.17±0.27 ^{Bb}	4.01±2.71 ^{Aa}	1.62±1.88 ^{Aa}
6	44.19±0.59 ^{Ab}	44.94±1.42 ^{Accl}	-3.46±0.15 ^{Ab}	-2.77±1.25 ^{Ab}	2.06±0.69 ^{Aa}	2.44±2.65 ^{Aa}
7	44.25±1.32 ^{Bb}	47.20±0.84 ^{Aab}	-3.29±0.22 ^{Ab}	-3.16±0.12 ^{Ab}	3.06±2.15 ^{Aa}	1.11±0.88 ^{Aa}
8	47.43±0.23 ^{Ba}	48.99±1.17 ^{Aa}	-3.54±0.22 ^{Ab}	-3.48±0.37 ^{Ab}	3.56±0.48 ^{Aa}	2.46±0.30 ^{Ba}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ

ตัวอักษร abcdef กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 70 (ต่อ) ค่าสีแสดงเป็นระยะพิกัด CIE Lab ของตัวอย่างเนื้อมปลานิลแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน

เดือนที่	C*		h*	
	Control	STPP+NaCl	Control	STPP+NaCl
0	4.91±1.67 ^{Aa}	3.41±1.24 ^{Aa}	134.49±13.79 ^{Abc}	149.47±23.42 ^{Ab}
1	4.28±1.53 ^{Aa}	4.30±1.18 ^{Aa}	142.82±22.04 ^{Abc}	161.31±30.16 ^{Aab}
2	4.32±1.51 ^{Aa}	3.60±0.43 ^{Aa}	150.36±22.74 ^{Aab}	170.77±16.97 ^{Aab}
3	4.31±0.57 ^{Aa}	3.69±0.77 ^{Aa}	141.91±9.31 ^{Bc}	170.56±26.56 ^{Aab}
4	4.23±0.68 ^{Aa}	4.10±0.68 ^{Aa}	144.80±17.42 ^{Abc}	147.82±15.78 ^{Ab}
5	4.84±2.04 ^{Aa}	3.89±0.82 ^{Aa}	124.05±26.37 ^{Ac}	156.50±24.66 ^{Aab}
6	4.05±0.27 ^{Aa}	4.43±1.18 ^{Aa}	149.17±9.85 ^{Aab}	146.13±35.27 ^{Ab}
7	4.75±1.37 ^{Aa}	3.43±0.35 ^{Ba}	141.99±20.42 ^{Abc}	161.90±13.89 ^{Aab}
8	4.28±0.14 ^{Aa}	3.70±0.32 ^{Ba}	167.66±8.49 ^{Ba}	180.34±0.97 ^{Aa}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ
 ตัวอักษร abcdef กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
 ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 71 ค่าเนื้อสัมผัสโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของเนื้อปลานิลแช่แข็งที่ผ่านการทำละลายดิบระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน

เดือนที่	Hardness		Adhesiveness		Springiness	
	control	STPP+NaCl	control	STPP+NaCl	control	STPP+NaCl
0	1436.752±122.809 ^{Aa}	1657.954±14.794 ^{Aa}	-17.546±9.465 ^{Aab}	-33.110±7.898 ^{Aab}	0.706±0.035 ^{Abcd}	0.693±0.033 ^{Abc}
1	823.679±315.994 ^{Abc}	1006.485±186.906 ^{Abc}	-14.405±11.151 ^{Aab}	-9.865±13.744 ^{Aa}	0.634±0.017 ^{Ad}	0.641±0.048 ^{Abc}
2	1030.465±123.771 ^{Ab}	1107.805±204.865 ^{Ab}	-2.481±8.045 ^{Aa}	-43.198±25.526 ^{Aabc}	0.643±0.011 ^{Ad}	0.668±0.158 ^{Abc}
3	857.949±89.555 ^{Abc}	1049.134±57.665 ^{Abc}	-15.182±10.915 ^{Aab}	-119.869±16.587 ^{Bd}	0.841±0.035 ^{Aa}	0.843±0.051 ^{Aa}
4	903.181±76.469 ^{Abc}	829.344±137.878 ^{Ac}	-8.398±2.591 ^{Aab}	-16.416±7.066 ^{Aa}	0.651±0.019 ^{Bcd}	0.696±0.007 ^{Abc}
5	919.296±170.275 ^{Abc}	1049.402±114.508 ^{Abc}	-22.157±11.147 ^{Aab}	-106.998±39.306 ^{Bd}	0.549±0.030 ^{Aa}	0.602±0.107 ^{Ac}
6	1476.795±203.238 ^{Aa}	1589.711±77.420 ^{Aa}	-27.873±20.501 ^{Ab}	-88.458±34.208 ^{Abcd}	0.748±0.086 ^{Ab}	0.864±0.035 ^{Aa}
7	853.136±24.131 ^{Abc}	529.117±67.946 ^{Bd}	-13.457±3.179 ^{Aab}	-97.191±64.180 ^{Ac}	0.693±0.011 ^{Abcd}	0.767±0.042 ^{Bab}
8	697.219±50.116 ^{Ac}	862.511±112.470 ^{Abc}	-31.458±20.169 ^{Ab}	-80.145±11.400 ^{Bbcd}	0.734±0.081 ^{Abc}	0.753±0.056 ^{Aab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ

ตัวอักษร abc กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 71 (ต่อ) ค่าเนื้อสัมผัสโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของเนือปลานิลแช่แข็งที่ผ่านการทำละลายดิบระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน

เดือนที่	Cohesiveness		Gumminess		Chewiness	
	control	STPP+NaCl	control	STPP+NaCl	control	STPP+NaCl
0	0.557±0.007 ^{Aa}	0.565±0.014 ^{Aabc}	800.828±78.182 ^{Aa}	935.136±40.468 ^{Aa}	564.547±50.327 ^{Aa}	647.668±34.358 ^{Ab}
1	0.587±0.008 ^{Aa}	0.548±0.026 ^{Abc}	482.451±181.724 ^{Abc}	549.185±82.503 ^{Abc}	307.378±120.255 ^{Abc}	290.080±136.298 ^{Aef}
2	0.551±0.012 ^{Aa}	0.581±0.026 ^{Aab}	567.096±56.508 ^{Ab}	640.209±92.528 ^{Ab}	364.387±32.694 ^{Abc}	421.108±69.170 ^{Ac}
3	0.567±0.005 ^{Aa}	0.575±0.007 ^{Aab}	486.773±54.363 ^{Bbc}	603.689±39.011 ^{Abc}	409.118±44.100 ^{Ab}	508.984±44.464 ^{Ac}
4	0.576±0.010 ^{Aa}	0.592±0.003 ^{Aa}	520.079±43.349 ^{Abc}	490.953±80.680 ^{Ac}	338.193±25.899 ^{Abc}	342.403±59.375 ^{Adef}
5	0.550±0.019 ^{Aa}	0.535±0.009 ^{Ac}	506.312±99.763 ^{Abc}	560.994±58.330 ^{Abc}	276.294±41.372 ^{Abc}	335.317±47.688 ^{Adef}
6	0.552±0.035 ^{Aa}	0.579±0.026 ^{Aab}	810.195±59.893 ^{Aa}	920.644±70.356 ^{Aa}	609.911±114.515 ^{Aa}	795.314±65.964 ^{Aa}
7	0.573±0.029 ^{Aa}	0.591±0.027 ^{Aa}	489.393±38.021 ^{Abc}	311.664±27.122 ^{Bd}	338.981±21.176 ^{Ac}	238.453±10.902 ^{Bf}
8	0.563±0.039 ^{Aa}	0.575±0.011 ^{Aab}	392.113±36.931 ^{Ac}	496.190±64.300 ^{Ac}	287.442±40.943 ^{Abc}	372.022±40.168 ^{Ade}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ

ตัวอักษร abc กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลแช่แข็ง

3.1 คะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลดิบ

ตารางที่ 72 แสดงค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของชิ้นปลานิลแล่ดิบระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน ค่าคะแนนที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนของการเปลี่ยนแปลงนี้ เนื่องจากระดับคะแนนความชอบที่ได้รับไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องมาจากความแปรปรวนจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จึงทำให้ไม่สามารถเห็นความแตกต่างในตัวของผลิตภัณฑ์ปลานิลแล่ดิบทั้งสองชนิดได้ สังเกตได้จากค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกันระหว่างสองตัวอย่างในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา ($P > 0.05$)

ตารางที่ 72 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างปลานิลแล่แช่แข็งแบบดิบโดยใช้สเกลคะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale

เดือนที่	ลักษณะปรากฏ		เนื้อสัมผัส	
	Control	STPP+NaCl	Control	STPP+NaCl
0	6.80±1.02 ^{Abc}	7.20±1.04 ^{Aa}	6.88±1.04 ^{Aab}	7.08±0.97 ^{Aa}
1	6.33±1.53 ^{Acd}	6.85±1.63 ^{Aa}	6.30±1.64 ^{Ab}	6.73±1.36 ^{Aa}
2	5.95±1.54 ^{Ad}	6.08±1.56 ^{Ab}	5.50±1.57 ^{Ac}	5.98±1.51 ^{Ab}
3	6.75±1.37 ^{Abc}	6.70±1.64 ^{Aa}	6.58±1.36 ^{Ab}	6.73±1.95 ^{Aa}
4	7.08±0.97 ^{Ab}	7.15±1.17 ^{Aa}	6.25±1.13 ^{Ab}	6.78±1.37 ^{Aa}
5	nd	nd	nd	nd
6	5.30±1.44 ^{Be}	7.28±1.13 ^{Aa}	5.43±1.39 ^{Bc}	6.90±1.34 ^{Aa}
7	7.68±1.05 ^{Aa}	6.88±1.26 ^{Ba}	7.30±1.44 ^{Aa}	7.05±1.24 ^{Aa}
8	6.43±1.53 ^{Bcd}	7.08±1.35 ^{Aa}	6.70±1.34 ^{Aab}	6.93±1.49 ^{Aa}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ nd คือไม่ได้ศึกษา

ตัวอักษร abc กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.2 คะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลสุก

การทดสอบโดยนำเนื้อปลานิลแช่แข็งที่ผ่านการทำละลายแล้วไปทำให้สุก โดยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำจนสุก แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อปลานิลที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ฟอสเฟต ตลอดการเก็บรักษา 8 เดือน ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น และรสชาติของตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละเดือนมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกัน โดยที่ค่าคะแนนความชอบของตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารฟอสเฟตผสมเกลือจะมีค่าคะแนนความชอบมากกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย ($P \leq 0.05$) แต่พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่าคะแนนความชอบในทุกด้านมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

สารประกอบฟอสเฟตสามารถช่วยเพิ่มคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ ดังรายงานของ Goncalves and Riberio (2009) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุ้งที่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP กับกุ้งชนิดที่ไม่แช่ พบว่ากุ้งที่แช่ด้วยสารประกอบฟอสเฟตมีคะแนนความชอบสูงกว่า 6 (จากระดับ 0-9) ขณะที่กุ้งที่ไม่แช่สารประกอบฟอสเฟตมีคะแนนความชอบที่ต่ำกว่า 6 การที่ตัวอย่างที่แช่สารประกอบฟอสเฟตได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าเนื่องจากว่าฟอสเฟตจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ดีขึ้น และช่วยเพิ่มคุณลักษณะต่างๆ ด้านประสาทสัมผัสด้วย นอกจากสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาแล้ว กุ้ง และหอยจะช่วยเก็บรักษาความชื้นแล้ว ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกจึงสามารถช่วยเพิ่มระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งทดสอบโดยผู้บริโภครได้ (Goncalves et al., 2008)

4. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ระหว่างการเก็บรักษามีการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตตามมาตรฐานอาหารแช่แข็ง 2 กลุ่ม คือ total aerobic psychrophilic และ total aerobic mesophilic ผลแสดงดังตารางที่ 73

ตารางที่ 73 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิต Psychrophile และ Mesophile ของตัวอย่าง
ปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษา 8 เดือน

เดือนที่	Psychrophile		Mesophile	
	Control	STPP+NaCl	Control	STPP+NaCl
0	$2.56 \pm 1.50 \times 10^4$ _{Abc}	$2.02 \pm 0.54 \times 10^4$ _{Abc}	$5.40 \pm 2.39 \times 10^4$ _{AcD}	$2.91 \pm 0.82 \times 10^4$ _{Ab}
1	$9.60 \pm 3.42 \times 10^4$ _{Aa}	$4.73 \pm 1.74 \times 10^4$ _{Ba}	$2.51 \pm 1.31 \times 10^4$ _{Bd}	$1.35 \pm 0.75 \times 10^5$ _{Aa}
2	$1.01 \pm 0.19 \times 10^4$ _{Aac}	$3.36 \pm 3.55 \times 10^4$ _{Aab}	$6.21 \pm 2.11 \times 10^4$ _{Abc}	$8.29 \pm 8.68 \times 10^4$ _{Aab}
3	$2.88 \pm 1.12 \times 10^4$ _{Abc}	$0.63 \pm 0.57 \times 10^4$ _{Bc}	$4.43 \pm 1.23 \times 10^4$ _{AcD}	$1.52 \pm 0.74 \times 10^4$ _{Bb}
4	$0.88 \pm 0.55 \times 10^4$ _{Aac}	$0.98 \pm 0.76 \times 10^4$ _{Abc}	$2.82 \pm 1.43 \times 10^4$ _{Ad}	$1.69 \pm 0.36 \times 10^4$ _{Ab}
5	$3.91 \pm 0.95 \times 10^4$ _{Ab}	$1.14 \pm 0.49 \times 10^4$ _{Bbc}	$6.63 \pm 1.18 \times 10^4$ _{Abc}	$4.33 \pm 0.40 \times 10^4$ _{Bb}
6	$4.56 \pm 0.95 \times 10^4$ _{Aa}	$0.38 \pm 0.16 \times 10^4$ _{Bc}	$1.00 \pm 0.40 \times 10^5$ _{Aa}	$2.10 \pm 0.92 \times 10^4$ _{Bb}
7	$4.25 \pm 0.65 \times 10^4$ _{Aab}	$2.50 \pm 0.74 \times 10^4$ _{Babc}	$8.91 \pm 3.46 \times 10^4$ _{Aab}	$2.99 \pm 0.97 \times 10^4$ _{Bb}
8	$2.88 \pm 0.46 \times 10^4$ _{Abc}	$1.31 \pm 0.55 \times 10^4$ _{Bbc}	$6.31 \pm 2.34 \times 10^4$ _{Abc}	$2.54 \pm 0.38 \times 10^4$ _{Bb}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD; Control คือตัวอย่างที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต และ STPP + NaCl คือตัวอย่างที่แช่ด้วย
สารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ nd คือไม่ได้ศึกษา

ตัวอักษร abc กำกับในค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร A B กำกับในค่าเฉลี่ยแต่ละแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการศึกษาพบว่าในตัวอย่างปลานิลแล่ทั้งสองตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 4 log cfu/g โดยที่ปริมาณ total aerobic psychrophilic และ total aerobic mesophilic ในตัวอย่างปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่ด้วยสารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตผสมเกลือจะมีจำนวนต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่สภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์โดยมีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การที่ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตก่อนการแช่แข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใช้ฟอสเฟตนั้น เป็นผลมาจากคุณสมบัติการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ของฟอสเฟต เนื่องจากฟอสเฟตสามารถจับกับแคลเซียมแมกนีเซียมและเหล็ก ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นฟอสเฟตจึงมีผลยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียได้ (สุทรวัดน์, 2548)

โครงการย่อยที่ 6 : การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

ผลการวิจัย

การทดลองย่อยที่ 1: การติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใส่ปุ๋ย และชนิดของ
แพลงก์ตอน ต่อปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิลที่
เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน

การตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล น้ำ และดินพื้นบ่อ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลา น้ำ และดินพื้นบ่อ จากบ่อ
เลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 8 บ่อ ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ
1 ครั้ง เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า บ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสานมีปริมาณจีโอสมิน
และเอ็มไอบีเฉลี่ยทั้งในเนื้อปลา น้ำและดินพื้นบ่อ โดยมีความเข้มข้นจีโอสมินเฉลี่ยจากตัวอย่างน้ำ
ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลา คือ 11.14 ± 4.23 ไมโครกรัมต่อลิตร, 3.12 ± 1.17 และ 2.14 ± 1.02 ไมโครกรัม
ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีความเข้มข้นเอ็มไอบีเฉลี่ยจากตัวอย่างน้ำ ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลา คือ
 23.34 ± 9.07 ไมโครกรัมต่อลิตร, 19.22 ± 5.15 และ 2.21 ± 1.90 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ
(ตารางที่ 74)

ตารางที่ 74 ความเข้มข้นของสารจีโอสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE) ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อ
ปลานิลจากบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน

ตัวอย่าง	บ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน	
	Geosmin	MIB
น้ำ ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	11.14 ± 4.23	23.34 ± 9.07
ดินพื้นบ่อ ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	3.12 ± 1.17	19.22 ± 5.15
เนื้อปลา ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	2.14 ± 1.02	2.21 ± 1.90

ปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลานิล

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ บ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 8 บ่อ เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ดังแสดงในตารางที่ 75

ตารางที่ 75 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ (mean±SE) ของบ่อปลานิลระบบผสมผสาน

Parameters	ค่า คุณภาพน้ำ
	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม
1. อุณหภูมิ (C°)	28.1±1.9
2. pH	7.8±0.9
3. ความขุ่น (NTU)	87.2±7.0
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	7.7±1.9
5. คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	652.5±193.2
6. ฟอสเฟต ฟอสฟอรัส (mg/l)	0.18±0.04
7. แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.71±0.10
8. ไนโตรที่-ไนโตรเจน (mg/l)	0.11±0.04
9. ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.05±0.02

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

จากการตรวจปริมาณความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 8 บ่อ เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 เดือน สำหรับสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ 4 สปีชีส์ คือ *Anabaena* spp., *Oscillatoria* spp., *Phormidium* spp. และ *Pseudanabaena* spp. โดยพบว่า *Oscillatoria* spp. เป็น สปีชีส์เด่น รองลงมา คือ *Anabaena* spp., *Phormidium* spp. และ *Pseudanabaena* ตามลำดับ (ตารางที่ 76, ภาพที่ 56)

ตารางที่ 76 ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิล

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน ($\times 10^3$ cells.mL ⁻¹)
<i>Anabaena</i> spp.	67.43
<i>Oscillatoria</i> spp.	81.74
<i>Phormidium</i> spp.	31.17
<i>Pseudanabaena</i> spp.	18.09



ภาพที่ 56 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในปลานิล

(A) *Anabaena* sp.

(C) *Phormidium* sp.

(B) *Oscillatoria* sp.

(D) *Pseudanabaena* sp.

การทดลองที่ 2: ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แทนการเลี้ยงสัตว์บกบนคันบ่อ ทั้งนี้เพื่อลดกลิ่น และเพิ่มคุณค่าของผลผลิต

การตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล น้ำและดินพื้นบ่อ

จากศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แทนการเลี้ยงสัตว์บกบนคันบ่อในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลที่ใช้ปุ๋ยต่างกัน โดย การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกร ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง ทำการทดลอง 8 เดือน พบว่า การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยงมีกลิ่นโคลนสะสมน้อยกว่าที่สุด โดยมีค่าจืออสมินในตัวอย่างน้ำ ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิลเฉลี่ย คือ 4.0 ± 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร, 7.2 ± 6.5 และ 3.1 ± 2.3 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าเอ็มไอปีในตัวอย่างน้ำ ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิลเฉลี่ย คือ 16.5 ± 10.0 ไมโครกรัมต่อลิตร, 18.2 ± 9.5 และ 8.3 ± 3.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่า

การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยงมีค่าความเข้มข้นของจีโอสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่า การทดลองอื่นๆ ทั้งตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล (ตารางที่ 77)

ตารางที่ 77 ความเข้มข้นของสารจีโอสมินและเอ็มไอบี (mean±SE) ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล จากบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน

ตัวอย่าง	Geosmin (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)			MIB (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
น้ำ ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	4.0±1.0 ^a	9.9±8.3 ^b	11.8±3.0 ^b	16.5±10.0 ^c	17.9±8.3 ^a	18.9±23.1 ^a
ดินพื้นบ่อ ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	7.2±6.5 ^a	8.2±5.5 ^a	14.9±5.1 ^b	18.2±9.5 ^a	21.6±55.5 ^a	22.5±35.1 ^a
เนื้อปลา ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	3.1±2.3 ^a	5.9±0.9 ^a	6.9±0.7 ^a	8.3±3.5 ^a	8.8±2.4 ^a	9.7±3.4 ^a

หมายเหตุ: อักษร a,b และ c คือ ค่าเฉลี่ยที่มีภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น FCR และ อัตราการรอด ของปลานิล

ผลของการใส่ปุ๋ยต่อน้ำหนักสุดท้าย

จากการศึกษาการให้อาหารต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดย การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง ทำการทดลอง 8 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 307.7 ± 27.7 , 510.2 ± 44.0 และ 482.9 ± 33.5 กรัมต่อตัวตามลำดับ (ภาพ 9, ตาราง 6) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าปลานิลได้รับสารอาหารทั้งอาหารธรรมชาติในบ่อและอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ให้

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน

จากการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิล การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อัตราเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลเท่ากับ 0.80 ± 0.01 , 1.6 ± 0.13 และ 1.17 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ตาราง 78) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลานิลที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) และใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหาร (T3) ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในปลานิลที่ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหาร (T1) (ภาพ 10, ตาราง 78) แสดงให้เห็นว่าปลานิลได้รับสารอาหารทั้งอาหารธรรมชาติในบ่อและอาหารเม็ดสำเร็จรูปส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่ดี

ตารางที่ 78 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้น ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน

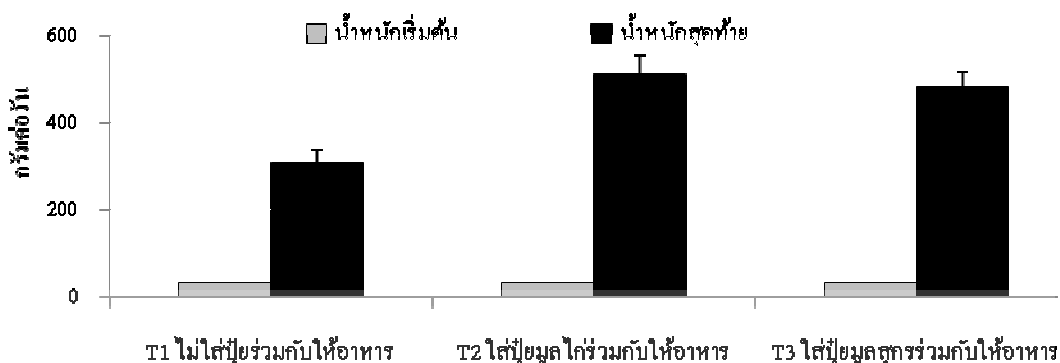
อัตราการให้อาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	SGR (%/วัน)
T1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับให้อาหาร	31.5 ± 0.2^a	307.7 ± 27.7^b	0.80 ± 0.01^c
T2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับให้อาหาร	31.5 ± 0.2^a	510.2 ± 44.0^a	1.65 ± 0.13^a
T3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับให้อาหาร	31.5 ± 0.2^a	482.9 ± 33.5^a	1.17 ± 0.13^{bc}

หมายเหตุ: อักษร a,b และ c คือ ค่าเฉลี่ยที่มีภาษาอังกฤษในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

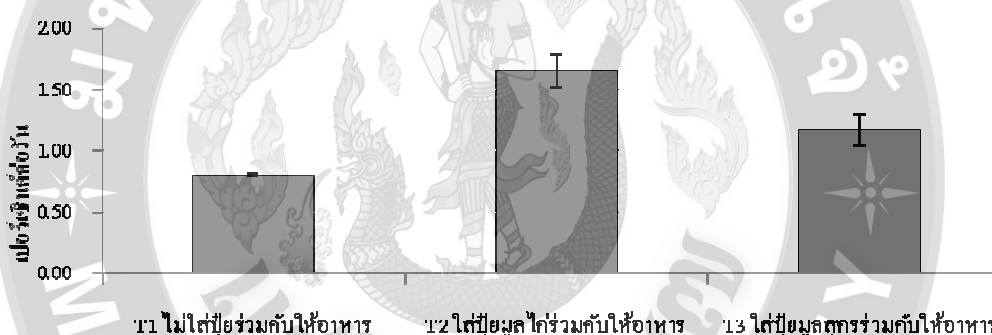
T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับให้อาหารตลอดการเลี้ยง



ภาพที่ 57 น้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน โดย T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง



ภาพที่ 58 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน โดย T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล โดย การทดลอง ที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลอง ที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลอง ที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง ตามลำดับ ทำการทดลอง 8 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 266.2 ± 7.7 , 476.3 ± 15.3 และ 464.7 ± 2.2 กรัม ตามลำดับ (ภาพ 59, ตาราง 79) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลานิลใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) และ ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T3) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

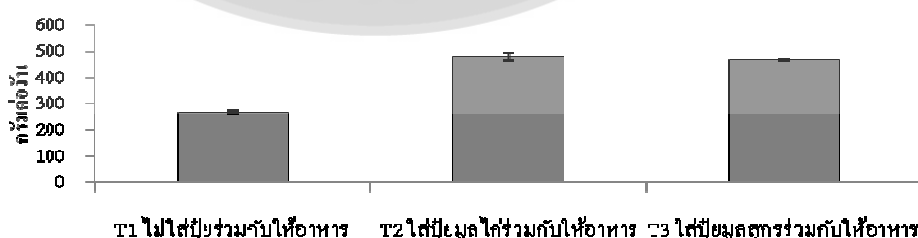
($p \geq 0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในปลานิลที่ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T1) แสดงว่าการเลี้ยงปลาในระบบน้ำเขียวร่วมกับการให้อาหารทำให้ปลามีการเจริญเติบโต

อัตราการแลกเนื้อของปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน

อัตราการแลกเนื้อของปลานิล โดย การทดลอง ที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลอง ที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลอง ที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง ตามลำดับ ทำการทดลอง 8 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 2.1 ± 0.3 , 3.4 ± 0.3 และ 3.2 ± 0.2 ตามลำดับ (ภาพ 60, ตาราง 79) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลานิลใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) และ ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T3) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในปลาที่ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T1)

อัตราการรอดของปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน

อัตราการรอดของปลานิล โดย การทดลอง ที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลอง ที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลอง ที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีอัตราการรอดเท่ากับ 80.6 ± 3.1 , 91.2 ± 0.3 และ $78.9.4 \pm 1.1$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพ 61, ตาราง 79) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลานิลใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T2) และ ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T3) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในปลานิลที่ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง (T1) แสดงว่าการใส่ปุ๋ยทำให้มีอัตราการรอดที่ดี



ภาพที่ 59 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน โดย T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

ตารางที่ 79 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และ อัตราการรอด ของบ่อเลี้ยงปลานิล

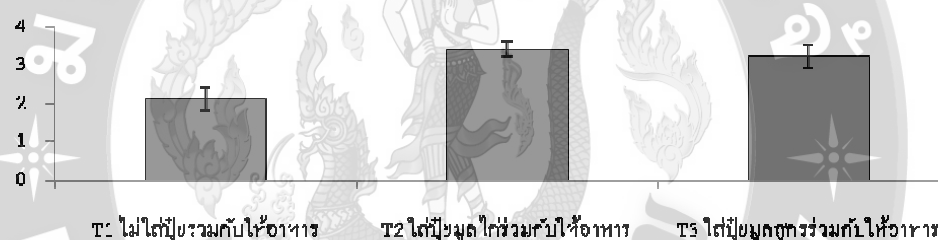
อัตราการให้อาหาร	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	อัตราการรอด (%)
T1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับให้อาหาร	266.2±7.7 ^b	2.1± 0.3 ^a	80.6±3.7 ^b
T2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับให้อาหาร	476.3±15.3 ^a	3.4±0.2 ^b	91.2±0.3 ^a
T3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกร่วมกับให้อาหาร	464.7±2.2 ^a	3.2±0.3 ^b	89.4±1.1 ^a

หมายเหตุ: อักษร a,b และ c คือ ค่าเฉลี่ยที่มีภาษาอังกฤษในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

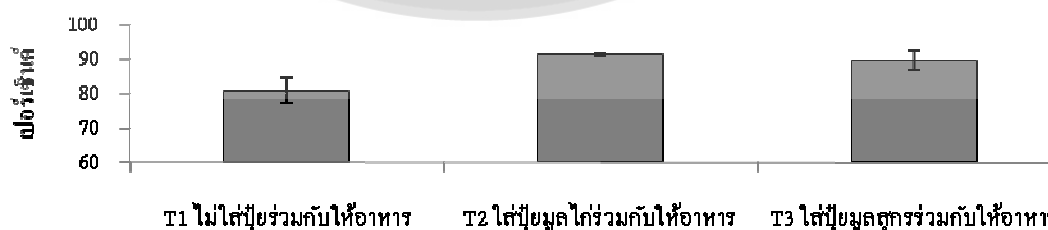
T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง



ภาพที่ 60 อัตราการแลกเนื้อของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน โดย T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง



ภาพที่ 61 อัตราการรอดของปลานิลในบ่อเลี้ยงที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน โดย T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

ปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลานิล ดังแสดงในตารางที่ 80

จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใช้ปุ๋ยต่างกัน โดยการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อาร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง ทำการทดลอง 8 เดือน พบว่า คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

ตารางที่ 80 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ (mean±SE) ของบ่อปลานิลที่ใช้ปุ๋ยต่างกัน

Parameters	ค่า คุณภาพน้ำ		
	T1	T2	T3
1. อุณหภูมิ (C°)	30.3±1.2	30.90±.52	30.93±0.50
2. pH	7.2±0.2	7.08±.20	6.98±0.10
3. ความขุ่น (NTU)	89.0±37.8	96.21±17.22	83.19±13.47
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	5.7±1.3	5.53±0.65	5.5±0.65
5. คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	279±50.0	522.5±133.0	530.7±284.6
6. ฟอสเฟต ฟอสฟอรัส (mg/l)	1.37±0.11	1.86±0.92	1.8±1.15
7. แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.13±0.07	0.13±0.04	0.17±0.04
8. ไนโตรที่-ไนโตรเจน (mg/l)	0.004±0.01	0.002±0.00	0.003±0.00
9. ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.008±0.02	0.007±0.00	0.005±0.00

หมายเหตุ: T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อาร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

จากการตรวจปริมาณความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใช้ปุ๋ยต่างกัน โดยการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อาร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง ทำการทดลอง เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 เดือน พบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ 6 สปีชีส์ คือ *Oscillatoria* spp., *Microcystis* spp., *Cylindrospermopsis* spp., *Anabaena* spp. และ *Merismopedia* spp. โดยพบว่า *Anabaena* spp. เป็นสปีชีส์เด่น รองลงมา คือ *Oscillatoria* spp., *Microcystis* spp., *Cylindrospermopsis* spp. และ *Merismopedia* spp. ตามลำดับ (ตารางที่ 81, ภาพที่ 62)

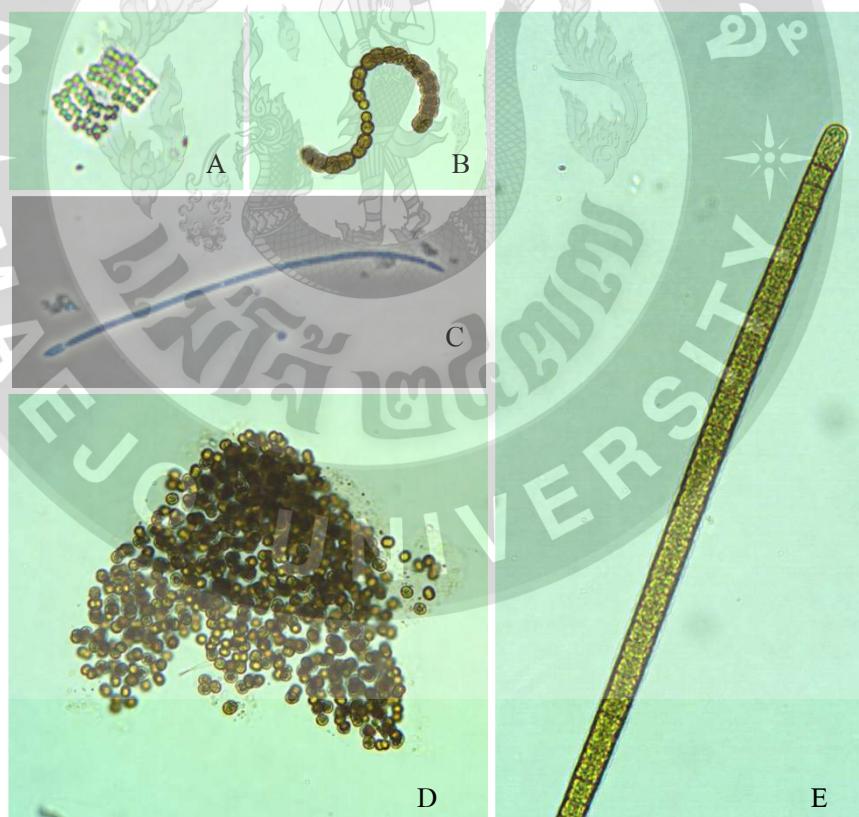
ตารางที่ 81 ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ป่วยต่างกัน

ตัวอย่าง	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ($\times 10^3$ cells.mL ⁻¹)				
	<i>Anabaena</i> spp.	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Microcystis</i> spp.	<i>Cylindrospermopsis</i> spp.	<i>Merismopedia</i> spp.
T1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง	58.9 $\pm$ 7.3	43.1 $\pm$ 2.5	31.5 $\pm$ 1.7	28.8 $\pm$ 8.2	-
T2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง	102.6 $\pm$ 7.7	98.4 $\pm$ 11.8	46.0 $\pm$ 9.9	40.2 $\pm$ 7.3	29.3 $\pm$ 17.8
T3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง	98.7 $\pm$ 5.9	85.3 $\pm$ 10.8	89.2 $\pm$ 11.8	37.9 $\pm$ 9.6	47.5 $\pm$ 8.9

หมายเหตุ: T1 การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T2 การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง

T3 การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยง



ภาพที่ 62 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน (A) *Merismopedia* spp., (B) *Anabaena* spp., (C) *Cylindrospermopsis* spp., (D) *Microcystis* spp. และ (E) *Oscillatoria* spp.

การถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

จัดฝึกอบรมเกษตรกรเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง ผลของการให้อาหารต่อการลดสารพิษ และกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลที่เลี้ยงระบบผสมผสาน ให้แก่เกษตรกรผู้สนใจจำนวน 50 คน ที่ทำการผู้นำชุมชน ตำบลบุญเกิด อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ในวันศุกร์ที่ 1 กุมภาพันธ์ 2556



ภาพที่ 63 (ก) การฝึกอบรมการทำอาหารปลาเพื่อลดกลิ่น (ข) มอบของที่ระลึกแก่ผู้นำชุมชน



ภาพที่ 64 ถ่ายภาพร่วมกันหลังสิ้นสุดการฝึกอบรม

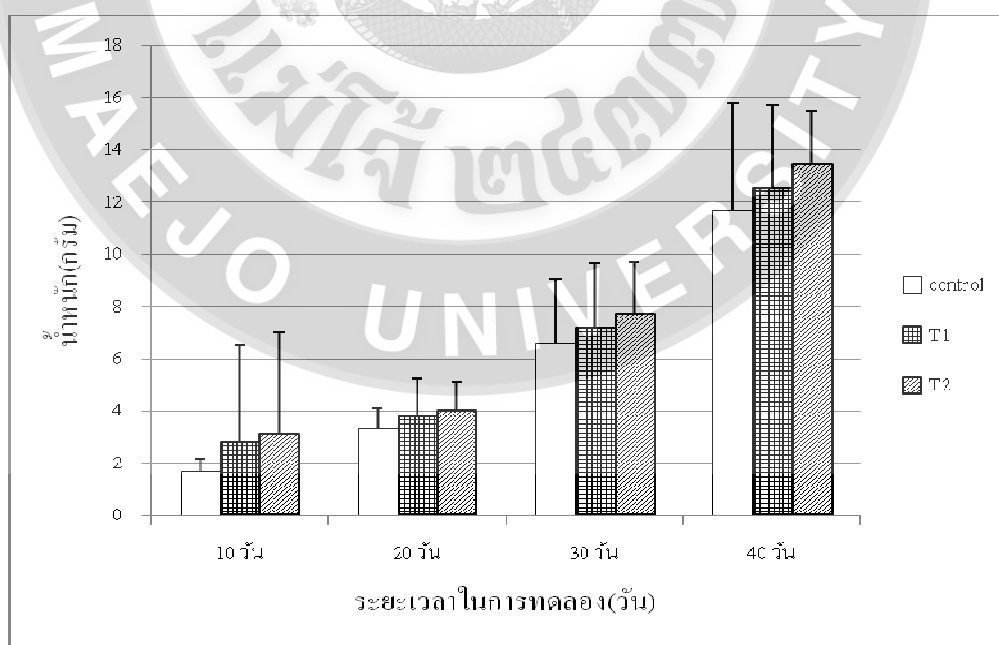
โครงการย่อยที่ 7 : การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

ผลการวิจัย

การทดลองย่อยที่ 1: การอนุบาลลูกปลานิลด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกในตู้กระจก

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาน้ำหนักของปลานิลหลังการทดลอง โดยให้อาหารผสมแบคทีเรียที่ระดับต่างกัน คือ ระดับ 0 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ชุดควบคุม) อาหารผสมแบคทีเรีย (1 มิลลิลิตรต่ออาหาร 10 กรัม) และอาหารผสมแบคทีเรีย (2 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม) ตลอดการทดลอง หลังการทดลอง 40 วัน พบว่าปลาที่ให้อาหารผสมแบคทีเรีย 2 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด 11.99 กรัม รองลงมาเป็นปลาที่ให้อาหารผสมแบคทีเรีย 1 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 11.03 กรัม ในขณะที่ปลาที่ให้อาหารไม่ผสมแบคทีเรียมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นต่ำสุด 10.25 กรัม (ภาพที่ 65)

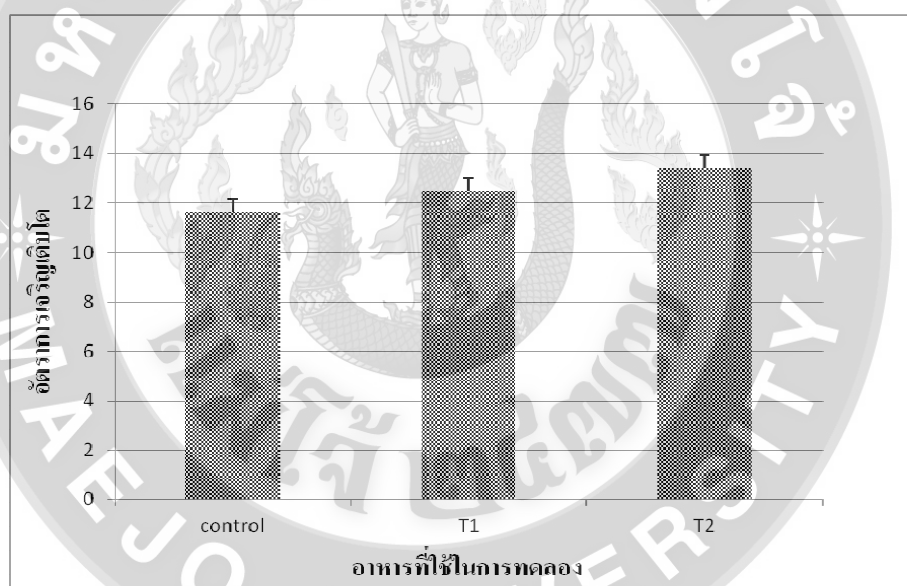


ภาพที่ 65 น้ำหนักของลูกปลานิลที่อนุบาล โดยการให้อาหารผสมแบคทีเรีย เป็นเวลา 10 – 40 วัน

ตารางที่ 82 น้ำหนักก่อนการทดลอง น้ำหนักหลังการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และอัตราการรอด (%)

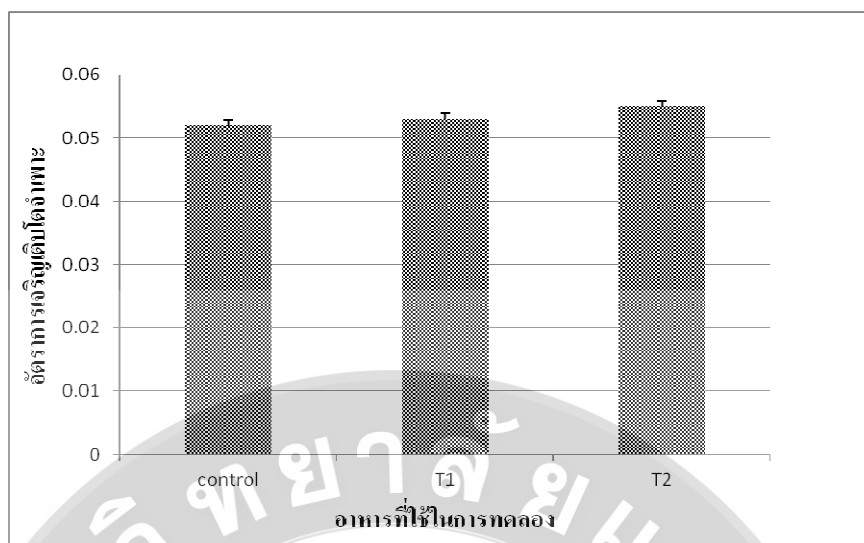
การทดลอง	น้ำหนักก่อนการทดลอง (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดลอง (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เปอร์เซ็นต์/วัน	อัตราการรอด (%)
control	1.42	11.67±4.09 ^a	11.6345±0.08 ^a	10.25	0.052±0.01 ^a	94±1.33 ^a
T1	1.5	12.53±3.18 ^a	12.4925±0.02 ^b	11.03	0.053±0.01 ^a	98±2.67 ^b
T2	1.46	13.45±2.03 ^b	13.4135±0.90 ^a	11.99	0.055±0.02 ^a	94±1.33 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 66 อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADC: กรัมต่อวัน)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADC :กรัมต่อวัน) โดยให้อาหารผสมแบคทีเรียที่ระดับต่างกัน คือ ระดับ 0 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ชุดควบคุม) อาหารผสม 1 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม และอาหารผสมแบคทีเรีย 2 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม ตลอดการทดลอง พบว่า อัตราการเจริญเติบโต ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสม 2 มิลลิลิตรต่ออาหาร 10 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับ ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสม 1 มิลลิลิตรต่ออาหาร 10 กรัม และชุดการทดลองที่ 1 อาหารควบคุม ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 13.4135±0.90, 11.6345±0.08 และ 12.4925±0.02 กรัมต่อวันตามลำดับ



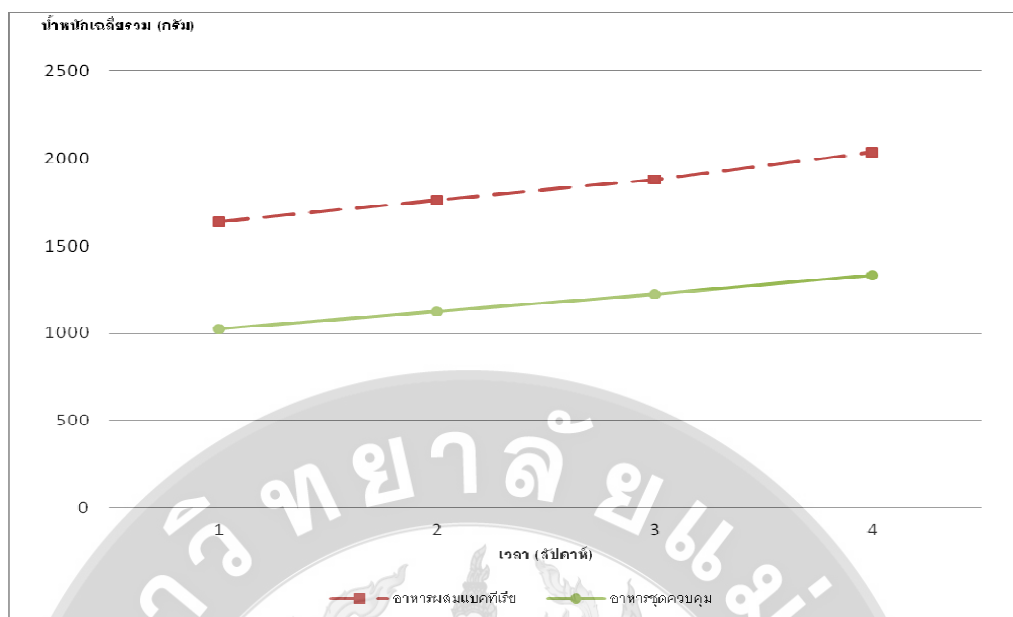
ภาพที่ 67 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR: เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR: เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) โดยให้อาหารผสมแบคทีเรียที่ระดับต่างกัน คือ ระดับ 0 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ชุดควบคุม) อาหารผสมแบคทีเรีย 1 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม และอาหารผสมแบคทีเรีย 2 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 10 กรัม ผลการทดลอง พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารควบคุม ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมแบคทีเรีย 1 มิลลิลิตรต่ออาหาร 10 กรัม และชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมแบคทีเรีย 2 มิลลิลิตรต่ออาหาร 10 กรัม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 0.052 ± 0.01 , 0.053 ± 0.01 และ 0.055 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ต่อวันตามลำดับ

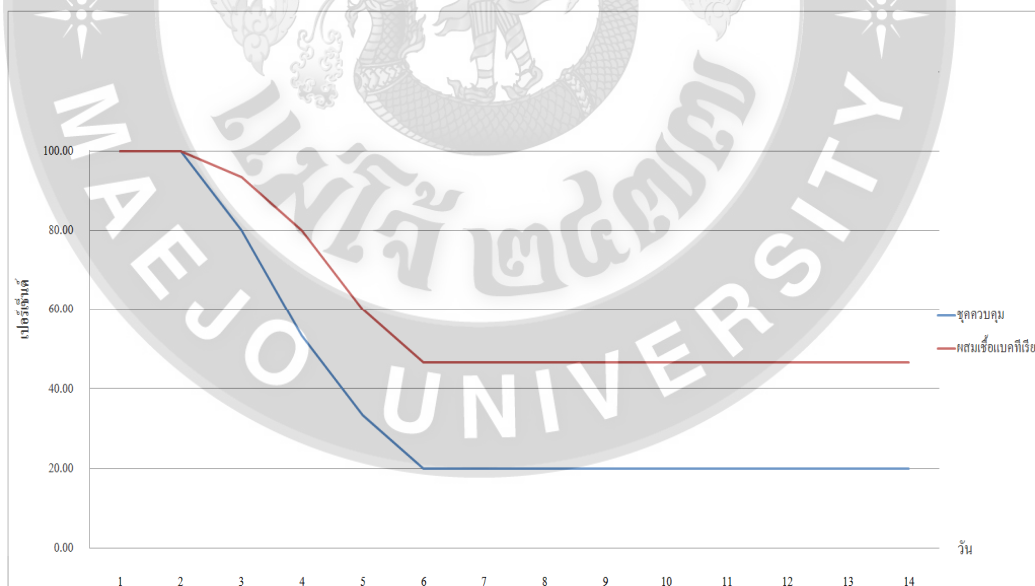
การทดลองย่อยที่ 2 : การทดลองอนุบาลลูกปลานิลด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกในกระชังในบ่อดิน พร้อมทดสอบความต้านทานโรค

ในส่วนที่สองของงานวิจัย เป็นการทดลองอนุบาลลูกปลาในกระชัง เพื่อนำผลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกร จึงได้ทดลองในบ่อดิน ผลที่ได้ชี้เห็นว่า น้ำหนักเฉลี่ยรวมของลูกปลานิลที่อนุบาลในกระชังซึ่งวางไว้ในบ่อดินมากกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมซึ่งไม่ได้มีการผสมโปรไบโอติก (ภาพที่ 68)

หลังจากได้อนุบาลลูกปลานิลด้วยอาหารผสมเชื้อแบคทีเรีย ครบ 45 วัน ได้นำปลาขึ้นมาพักในถังน้ำ 1 สัปดาห์ ก่อนฉีดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเข้าช่องท้อง พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมเชื้อแบคทีเรียมีอัตราการรอดสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีการผสมเชื้อแบคทีเรีย (ภาพที่ 69)



ภาพที่ 68 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate, FCR)



ภาพที่ 69 อัตรารอดของลูกปลานิลที่อนุบาลในกระชังซึ่งวางไว้ในบ่อดิน

แล้วนำมาทดสอบความทนต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย

โดยการฉีดเชื้อที่แยกจากปลานิลแดงที่เป็นโรคในฟาร์มเอกชน อ.ปง จ.พะเยา

วิจารณ์ผลการวิจัย

โครงการย่อยที่ 1 : ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด มีค่า $847 \pm 1.453 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า $715 \pm 2.728 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าอัตราการกรองน้ำเขียวในปลานิลสูงที่สุด โดยมีค่า $704 \pm 5.301 \times 10$ เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าเท่ากับ $161 \pm 0.004 \times 10$ เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง

โดย Hakan Turker *et al.* (2003) กล่าวว่าปลานิลเป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงและอัตราการกินอาหารจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ปลานิลแดงลูกผสม เช่น *O. mossambicus*, *O. niloticus* และ *O. aureus* อัตราการกินอาหารสูงขึ้นจาก 3.7 เปอร์เซ็นต์ เป็น 4.97 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 20 องศาเซลเซียส เป็น 32 องศาเซลเซียส (Bhikajee & Gobin, 1997) สอดคล้องกับการทดลองของ Chervinski *et al.* (1982) ที่พบว่า ปลานิล *O. mossambicus* กินอาหารลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mironova (1975) พบว่า *O. mossambicus* มีอัตราการกินอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และต่อเนื่องเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 22 องศาเซลเซียส เป็น 31 องศาเซลเซียส และ Caulton (1982) พบว่าในปลานิลวัยอ่อน *tilapia rendalli* มีอัตราการกินอาหารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิระดับ 18 องศาเซลเซียส ถึง 34 องศาเซลเซียส แต่หากเกิน 34 องศาเซลเซียส กิจกรรมการกินอาหารจะลดลง สอดคล้องกับการศึกษา Lovell (1998) ที่ว่าปลาในเขตร้อนอุณหภูมิที่ทำให้การกินอาหารเหมาะสมคือ 28 องศาเซลเซียส ส่วน Turker *et al.* (2003) พบว่าในปลานิล อัตราการกรองในพวก cyan bacteria มากกว่า green algae และจากผลการทดลองของ Brett (1979) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมทางชีวเคมีโมเลกุลและกระบวนการเผาผลาญอาหารในสัตว์น้ำ เพราะว่ามีผลต่อระบบการหายใจ การกินอาหาร การย่อย

และการดูดซึมและการเจริญเติบโต HakanTurker *et al.* (2003) รายงานว่า จำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชในน้ำกรองที่เลี้ยงปลานิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย อัตราการกรองในปลานิลมีประสิทธิภาพมากขึ้นหากอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น

การทดลองย่อยที่ 2 การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6

ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างกัน

จากการทดลองผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 529 ± 58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร ($p \geq 0.05$) สรุปได้ว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเพิ่มขึ้นตามการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ Schroeder *et al.* (1990) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเพิ่มผลผลิตของแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำ ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตของปลาจากบ่อที่มีการใส่ปุ๋ยมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการกินแพลงก์ตอน ส่วน Wohlfarth and Hulata (1987) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะกระตุ้นให้เกิดผลผลิตของทั้งแบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์น้ำดิน ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ วิรัช (2544) กล่าวว่า บทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารโดยตรงหรือถูกย่อยสลายแล้วปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน

คุณภาพน้ำจากการศึกษาด้านทางกายภาพมีค่าสอดคล้องกับการศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ธารง, 2542 และพรศิริ, 2544) ซึ่งค่าที่ได้จัดอยู่ในเกณฑ์ของแหล่งน้ำปกติ (เปี่ยมศักดิ์, 2509) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์พบว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าเท่ากับ 0.12-0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) มีค่าเท่ากับ 0.050-0.085 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าเท่ากับ 102-106 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยภาพรวมคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

โดยปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta จะเพิ่มสูงขึ้นตามการใส่กากเหลือจากมูลสุกรหมักในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1155.8 \pm 782.5 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การทดลองย่อยที่ 3: การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน
ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน

การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 90 วัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Albadhrami (1994) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอามูลอุฐ และมูลวัว มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิล เลี้ยงปลา 90 วัน โดยใช้อาหารระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มูลอุฐและมูลวัวเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง พบว่า การใช้มูลอุฐและมูลวัวทดแทนโปรตีนจากปลาป่น มีอัตราการเจริญเติบโตของปลาดี มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลต่ำที่สุด ในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาที่ 30 เปอร์เซ็นต์

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน พบว่า คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมงและอยู่ในหลักเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4, 2537) ซึ่งมีข้อกำหนดไว้ว่า แหล่งน้ำจะต้องมี ค่า pH อยู่ในช่วง 5.0 - 8.5 มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) น้อยกว่า 6 ส่วนปริมาณในเตตระไฮโดรเจน มีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

Yamamoto และ Yamazaki (1966) กล่าวว่า ขบวนการเมตาโบลิซึมจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของ พืชน้ำ แพลงก์ตอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ เช่น สาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินที่อุณหภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เป็นประโยชน์บางครั้งทำให้เกิดเน่าเสียเป็นพิษแก่สัตว์น้ำได้ อุณหภูมิ น้ำ (°C) ควรอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส น้ำจะต้องไม่ร้อนหรือเย็นจนเกินไป ถ้าน้ำเย็นมากปลา

กินอาหารน้อยลง ควรลดปริมาณน้ำในบ่อและลดปริมาณอาหารลง ปริมาณออกซิเจน (DO) โดยเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนในรอบวันไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าต่ำกว่านี้อาจทำให้ปลา เจริญเติบโตไม่ดีหรือตายได้ เมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำให้ใช้เครื่องตีน้ำหรือสูบน้ำไปในอากาศก็ได้ เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณในน้ำ โดยเฉพาะเวลากลางคืนและเช้ามืด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ควรอยู่ระหว่าง 6.5-9 การเปลี่ยนแปลงของ pH ที่เกิดขึ้นจะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไป และมีผลต่อความเป็นพิษของสารบางชนิดได้ เช่น ความเป็นพิษของแอมโมเนียมากขึ้นหรือลดลงได้ แอมโมเนียรวมไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง เป็นตัวที่คอยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำ มีการเปลี่ยนแปลง pH ควรวัดค่าอยู่ในระหว่าง 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในน้ำที่เลี้ยง ด้วยระบบน้ำเขียว มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า อัตราการให้อาหารมี ผลต่อผลผลิตปลานิลจะแปรผันตามปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Schroeder *et al.* (1990) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเพิ่มผลผลิตของแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นแหล่ง อาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำ ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตของปลาจากบ่อที่มีการ ใส่ปุ๋ยมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการกินแพลงก์ตอน ในบทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ในบ่อเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำจึงมีมากกว่า ปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารโดยตรงหรือถูกย่อยสลายแล้วปล่อยธาตุ อาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน (วิรัช, 2544)

ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายแพลงก์ตอนพืช พบชนิดของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งหมด 26 สปีชีส์ ได้แก่ *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp., *Spirulina* sp., *Phormidium* sp., *Merismopedia* sp., *Chroococcus* sp., *Microcystis* sp., *Scenedesmus* spp., *Euglena* sp., *Phacus* sp.,

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อ น้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณ แพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $2452 \pm 124 \times 10^3$, $7946 \pm 178 \times 10^3$ และ $1458 \pm 156 \times 10^3$ เซลล์ต่อ ลิตร ดังตารางที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน Tabachek และ Yurkowski (1976); Lovell และ Broce, (1985); ชลอ (2536) กล่าวว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ประกอบด้วยสกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. ส่วน Van Der Ploeg and Boyd (1991) กล่าวว่า ทั้งการสะสมของสารสร้างกลิ่นไม่ พึงประสงค์ยังมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยเฉพาะสกุล *Anabena* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp. ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของ จีออสมินหรือเอ็มไอบีในน้ำก็จะมีความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน

โครงการย่อยที่ 2 : ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต

ระบบการย่อยอาหาร และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่น

การเก็บตัวอย่าง และคุณภาพน้ำบางประการในฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล

จากการเก็บตัวอย่างปลานิล ดิน และน้ำ จากฟาร์มเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงรายรวม 16 แห่ง ฟาร์มโดยส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบผสมผสาน มีการเลี้ยงไก่บนบ่อปลา สีของน้ำเป็นสีเขียวเข้ม จนถึงสีน้ำตาล คุณภาพน้ำโดยทั่วไป พบว่า pH มีค่าเป็นกลาง หรือด่างเล็กน้อย และค่า DO มีค่าในช่วง 5.00 ± 0.11 ถึง 12.60 ± 0.15 mg/l พบว่า ปริมาณ DO มีค่าสูงในบางฟาร์ม เนื่องจากปริมาณแพลงก์ตอนพืชในฟาร์มมีปริมาณมาก เกิดการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชมากในตอนกลางวัน ส่งผลให้ DO ในการวิเคราะห์มีค่าสูง

การคัดแยก และทดสอบแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล

แยกเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิลที่ป่วย ทั้งอวัยวะ ภายนอก และอวัยวะใน ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียมีขนาดเล็ก สีขาวครีม ขอบเรียบจำนวนมาก เมื่อทำการข้อมสีแกรมแล้วพบว่าแบคทีเรียที่แยกได้มีลักษณะเป็นแท่งยาว แท่งสั้น และกลม อาจอยู่เป็นเชลล์เดี่ยวๆ หรือต่อเป็นสายยาว เชื้อส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีบางไอโซเลทเชื้อเป็นแกรมลบ ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพการก่อโรค แบคทีเรียทั้งสองกลุ่มก็สามารถทำให้ก่อโรคได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณเชื้อ และสภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่ ซึ่งทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้เชื้อบางชนิดสามารถผลิต Enterotoxin ที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในลำไส้ การติดเชื้อแบคทีเรียนี้เป็นการติดเชื้อในระบบภายในลำตัวปลา โดยที่เชื้อจะเข้าทางปาก ทางผิวหนังหรือเหงือกที่เป็นแผลอยู่แล้ว เชื้อก็จะเพิ่มจำนวนในร่างกายของปลา และบริเวณที่เข้าไปต่อจากนั้นเชื้อก็แพร่เข้าสู่กระแสเลือด ถ้าเป็นอาการรุนแรงแบบเฉียบพลันปลาจะป่วยและตายอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าเป็นแผลเรื้อรังตามตัวปลาที่รอดตาย ส่วนมากจะมีแผลเป็นสีดำ (ประพันธ์ศักดิ์ และ นนทวิทย์, 2555)

น้ำเชื้อที่คัดแยกจากปลาป่วย ทั้งหมด 8 ไอโซเลท มาตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ดูอัตราการตายในปลานิลเป็นระยะเวลา 5 วัน P8 มีอัตราการตายสูงสุด เมื่อตรวจดูบริเวณภายนอก ข้างลำตัวชำเลือด บริเวณปาก และลำตัวมีแผล ตาขุ่นขาว ลำตัวซีด วายน้ำชำเริ่มมีการตายในวันที่ 2 และ P4 มีอัตราการตายต่ำสุด บริเวณลำตัวจะมีแผลหลุม บริเวณข้างลำตัวจะชำเลือด ตาขุ่นขาว วายน้ำชำ เริ่มมีการตายในวันที่ 2 ส่วน *Aeromonas hydrophila* มีอัตราการตายสูง ซึ่งตรงกับรายงานของนุรฮาซิกิน, (2547) พบว่า *A. hydrophila* ก่อให้เกิดโรคที่เรียกว่า Motile Aeromonas disease เป็นเชื้อที่อยู่ใน Family Vibrionaceae ก่อให้เกิดโรคในสัตว์น้ำจืดชนิดต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะปลา ซึ่งเชื่อนี้ทำให้เกิดโรคต่างๆในปลา เช่น เกิดการตกเลือดในปลา มีการตกเลือดรอบปากโดยที่อาการของโรคแบ่งออกเป็น อาการรุนแรงแบบเฉียบพลันที่มีลักษณะท้องมาน บวมน้ำ และแผลคื่นแบบเป็นแผลเรื้อรังตามตัว และแบบไม่แสดงอาการของโรค

การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยโปรไบโอติกส์ ได้ทั้งหมด 15 ไอโซเลท ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปแท่ง และบางส่วนเป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปร่างกลม ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาโปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นในปลานิล ซึ่งเชื้อที่พบอาจมีความแตกต่างกับเชื้อโปรไบโอติกส์ในพื้นที่อื่นๆ ส่งผลให้มีประสิทธิภาพแตกต่างหรือใกล้เคียงกันกับโปรไบโอติกส์ในปลานิลจากพื้นที่อื่นๆ โดยประสิทธิภาพของเชื้อโปรไบโอติกส์จะขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเริ่มต้น (หรือในขณะนั้น) ชนิดปลา ระบบการเลี้ยง และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ

ในการคัดเลือก และทดสอบสมบัติของเชื้อในการนำมาใช้เป็นโปรไบโอติกส์นั้น จะทำการศึกษาไอโซเลทที่มีความปลอดภัยโดยไม่ทำให้เม็ดเลือดแดงแตก (Non hemolysis) เชื้อส่วนใหญ่ที่ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกจะเป็นกลุ่มเชื้อก่อโรค เช่น *Streptococcus* บางสายพันธุ์ซึ่งนิลบล และคณะ, (2545) ทำการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อ *Streptococcus* ส่วนใหญ่พบว่า กลุ่มที่ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกแบบ Beta และ Alpha - hemolysis เป็นสาเหตุการตายของปลานิล มีรายงานดังเช่น การตายของปลาลูกผสมระหว่าง *O.niloticus* และ *O.aureus* ที่เลี้ยงในประเทศซาอุดีอาระเบีย และอิสราเอล สำหรับในประเทศไทยมีรายงานการระบาดของโรค *Streptococcosis* ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Streptococcus* ที่ทำให้เกิด Beta-haemolysis จากรายงานของปวเรศวร์, (2547) ทดสอบความสามารถในการย่อยเม็ดเลือดแดงของแบคทีเรียแลคติกทั้ง 54 สายพันธุ์ พบว่า มีแบคทีเรียแลคติก 13 สายพันธุ์ ที่ไม่ทำให้เม็ดเลือดแดงแตก ได้แก่ *L. plantarum* อีก 41 สายพันธุ์ ทำให้เม็ดแดงแตก และจากการศึกษาของ นิลบล และคณะ, (2545) กล่าวว่าเชื้อสกุล *Streptococcus* นั้นเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรค *Streptococcosis* ระบาดมากในปลานิล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *S.iniae*

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ทั้ง 15 ไอโซเลท โดยให้มีปริมาณเชื้อตั้งต้นประมาณ 1×10^8 CFU/ml สภาวะ pH ที่เหมาะสมคือ pH 7 จากการทดลองเชื้อไม่สามารถเจริญได้ใน pH ต่ำ (<5) เนื่องจากการเจริญของเชื้อในระยะเริ่มแรก การผลิตกรดออกมามากขึ้น ในอาหารทำให้ระดับ pH ต่ำลง เชื้อจึงไม่สามารถเจริญได้อีก สังเกตได้จากอาหารจะใสขึ้น และเชื้อที่สร้างสปอร์คือ *Bacillus* จะเจริญได้อีกในสภาวะ pH ที่เหมาะสม นอกจากนั้นทดสอบการเกาะติดของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในหลอดทดลองพลาสติกพบว่าเชื้อ CR8-1, CR1-2 และ CR7-8 มีการยึดเกาะกับผนังหลอดทดลองได้ดีที่สุด 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ พุทรา, (2549) ทดสอบการยึดเกาะของจุลินทรีย์ในหลอดทดลองโดยใช้ *Bacillus* (BFK 702) พบว่า เมื่อหยดสี Methylene Blue ลงในหลอดทดลองแล้วสีมีการเกาะติดกับผนังหลอดทดลอง โดยมีการยึดเกาะไม่หนาแน่นเท่าที่ควรซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองนี้กับงานของพุทรา, (2549) เชื้อที่ทำการคัดแยกได้มีประสิทธิภาพการเกาะติดดีกว่า ในขั้นตอนสุดท้าย ทำการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (*In vivo* test) อัตรารอดในปลานิล พบว่า CR1-2, CR10-5 และ CM4-3 มีอัตราการรอดสูงสุด 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการฉีดเชื้อที่ความเข้มข้น 3×10^6 CFU/ml

จากนั้นจึงทำการคัดเลือกสามสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ CR1-2, CR7-8 และ CR10-5 มาศึกษาต่อโดยทำการศึกษาล้างปลานิลโดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสม โปรไบโอติกส์ พบว่า CR7-8 มีน้ำหนักสูงสุด และความยาว ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของยุทธพล และนนุช, (2555) โดยใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* เป็นโปรไบโอติกส์พบว่า น้ำหนักกุ้งที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกส์มีค่าเฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุม ($P < 0.05$) ซึ่งกุ้งที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกส์ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักเท่ากับ 0.46 ± 0.004 กรัม จากการทดลองอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ในเดือนกันยายนที่ CR1-2 มีค่าสูงสุด 5.42 ± 0.22 กรัมต่อวัน เป็นช่วงเดือนแรกของการทดลองโดยใช้ลูกปลานิลขนาดเล็กจะมีความต้องการอาหารและสะสมพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต CR1-2 มีผลในการกระตุ้นการดูดซึมสารอาหารในลำไส้ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นมีค่าใกล้เคียง 1 มีรายงานวิลาวัณย์ และคณะ, (2554) ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิล พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ของปลาที่ได้รับคิ.พี.โปรไบโอติกส์ผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุดคือ 2.01 ± 0.116 กรัมต่อวัน อัตราการรอดตาย ในชุดการทดลอง CR1-2 และ CR7-8 มีอัตราการรอดสูงสุด 99.00 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดดีกว่า ยุทธพล และนนุช, (2555) ที่ศึกษาการใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* เป็น โปรไบโอติกส์ มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 82.3 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ในชุดการทดลอง CR7-8 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด 1.65 ± 0.01 กรัมต่อวัน แต่มีค่า

มากกว่า รายงานธีรศักดิ์, (2551) ที่ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่อนุบาลในกระชัง โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง อาหารปลาคูเล็ก อาหารผสมวิตามินซี อาหารผสมโปรไบโอติกส์ พบว่า ในชุดการทดลอง 1, 2 และ 3 มีอัตราการแลกเนื้อเฉลี่ย 1.36 ± 0.03 , 1.41 ± 0.01 และ 1.31 ± 0.02 กรัมต่อวัน ในชุดการทดลองที่ 3 ที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์จะมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ในชุดการทดลอง CR1-2 มีสูงสุด 0.61 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่เพิ่ม ขึ้นในเดือนธันวาคมที่ CR7-8 มีค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดที่สุด 418.24 ± 8.22 กรัม ซึ่งมีค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ารายงานวิจัยของ วิลาวรรณ์ และคณะ, (2554) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลสูงสุด คือ 86.52 ± 6.217 กรัม รองมา คือปลานิลที่ได้รับคิว.พี.โปรไบโอติกส์ผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปความเข้มข้น 0.5 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 75.20 ± 4.04 และ 61.32 ± 3.28 กรัม ในรายงานธีรศักดิ์, (2551) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่อนุบาลในกระชัง โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง อาหารปลาคูเล็ก อาหารผสมวิตามินซี อาหารผสมโปรไบโอติกส์ พบว่า ในชุดการทดลอง 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 283.33 ± 15.28 , 286.67 ± 11.55 และ 240.00 ± 10.00 กรัม ตามลำดับ และมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยดีกว่า วิลาวรรณ์ และคณะ, (2554) ส่วนค่า Productive Protein value (PPV) ในชุดการทดลอง CR1-2 มีค่าสูงสุด 10.11 ± 6.13 เปอร์เซ็นต์ มีค่า PPV น้อยกว่างานวิจัยของ Ahmad et al., (2000) ศึกษาผลของระดับโปรตีน (25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์) องค์ประกอบของเนื้อปลานิล พบว่า PPV ในปลาเริ่มต้นการทดลอง และในปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในชุดการทดลองที่ระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่า PPV ต่ำสุด 25.18 และ 19.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Productive Fat value (PFV) ไม่สามารถหาค่าได้ เพราะปริมาณไขมันเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าน้อยการปริมาณไขมันเริ่มต้นการทดลอง

คุณสมบัติของน้ำในบ่อทดลองที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ตลอดการทดลอง อุณหภูมิ น้ำมีค่าระหว่าง 28.36 ± 0.08 ถึง 31.28 ± 0.08 องศาเซลเซียส มีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ และฤดูกาลในแต่ละช่วง ปลานิลสามารถทนต่อระดับอุณหภูมิได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 21.1 ถึง 42.0 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 42 องศาเซลเซียส ปลาไม่สามารถทนได้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตมีค่าอยู่ระหว่าง 19-28 องศาเซลเซียส ระดับ pH อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 7.45 ± 0.02 ถึง 8.09 ± 0.09 ในน้ำที่เป็นด่างมากปลาจะตาย และถ้าเป็นกรดปลาจะไม่อยากกินอาหาร โดยทั่วไป ปลานิลสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่ระดับ pH ตั้งแต่ 7.2 ถึง 8.3 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำจะมีผลต่อความเป็นพิษของสารพิษชนิดอื่นๆ ด้วยเช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มีระหว่าง 3.83 ± 0.03 ถึง 8.06 ± 0.18

มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลามีค่าตั้งแต่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป (วัดในตอนเช้ามีด) หากในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำเกินไป ปลา ก็จะลอยหัวขึ้นมาใช้ออกซิเจนจากผิวหนัง และอากาศ ซึ่งส่งผลให้ปลาเกิดอาการเครียด และการเจริญเติบโตลดลง ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าระหว่าง 22.16 ± 0.58 ถึง 56.54 ± 0.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับค่าความเป็นด่าง ที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลาอยู่ระหว่าง 20-300 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าต่ำกว่านี้ทำให้เพิ่มได้โดยใช้ปูนขาว โดยทั่วไปบ่อเลี้ยงปลาที่มีน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตควรมีค่าความเป็นด่างสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียมีค่าระหว่าง 0.006 ± 0.0002 ถึง 0.029 ± 0.0017 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ 0.10 ถึง 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตช้า และที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 ถึง 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์น้ำมีอาการเครียด หายใจเร็ว อ่อนแอ เกิดการติดเชื้อแบคทีเรีย และเริ่มตาย วิธีการควบคุมปริมาณแอมโมเนียเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถทำได้ดังนี้

1. ควบคุมปริมาณอาหารการให้อาหาร หรืออาจลดปริมาณอาหารที่ให้อาหารครั้งหนึ่ง
2. ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำให้อยู่ระหว่าง 7.5 ถึง 8.0
3. เปลี่ยนถ่ายน้ำ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำการเช็คระดับแอมโมเนียภายหลังการเติมน้ำ 12-24 ชม.
4. เพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำให้เต็มที่และ การดูดซับตะกอนภายในบ่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล พบว่า กลุ่ม 1 DO และ Alkalinity มีความสัมพันธ์เชิงบวก กับค่า SGR, FCR, มวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น น้ำหนัก ความยาวของปลา ในบ่อปลาที่มีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมาก จะมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมากในตอนกลางวัน ค่า DO และค่า Alkalinity จะมีค่าเพิ่ม เมื่อทำการจัดกลุ่มตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ PCA และ Cluster analysis พบว่า โปรไบโอติกส์ทั้งสามสายพันธุ์ให้ผลลัพธ์ในประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การต้านทานโรค รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ ที่ดีกว่าชุดควบคุม

การตรวจสอบคุณภาพเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ พบว่า ปริมาณความชื้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นเริ่มต้น ปริมาณเถ้าเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมัน และปริมาณเยื่อใย เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าลดลง การผสมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในอาหารไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนในปลานิล และคาร์โบไฮเดรตไม่สามารถหาค่าได้มีค่าติดลบอันเนื่องมาจากการวิเคราะห์ได้นำเอาตัวอย่างปลานิลทั้งตัว ซึ่งประกอบไปด้วย เกล็ด กระดูก หนังติดปะปนกับตัวอย่างเนื้อปลานิล บดจึงทำให้ค่า ปริมาณเถ้า และปริมาณเยื่อใยมีค่าสูง เมื่อนำเอาค่าทั้งหมดมาทำการคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตค่าที่ได้ออกมาติดลบ เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ, (2556) ในเนื้อสัตว์มีน้ำเป็น

ส่วนประกอบอยู่ถึงประมาณร้อยละ 70 จุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์เจริญเติบโตได้ และเอ็นไซม์ในเนื้อ จะทำงานได้ดีเมื่อมีน้ำเพียงพอ ดังนั้น การลดความชื้น หรือการทำให้อาหารแห้งก็จะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือชะลอการทำงานของเอ็นไซม์ การทำแห้งเป็นการดึงเอาน้ำอิสระ (Free water) ในอาหาร ส่วนน้ำที่เหลือจากการทำแห้งเป็นน้ำที่ถูกยึดไว้กับองค์ประกอบของอาหาร (Bound water) ซึ่งเป็นน้ำที่อยู่ในโครงสร้าง หรือในเซลล์ที่ประกอบเป็นกล้ามเนื้อสัตว์ ซึ่งจุลินทรีย์ ไม่สามารถดึงออกมาใช้ประโยชน์ หรือเพื่อการดำรงชีพได้การทำแห้งด้วยความร้อน (Hot air drying) ให้มีความชื้นสม่ำเสมอ ทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบใช้อุณหภูมิประมาณ 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส ไขมันเมื่อได้รับความร้อนจะหลอม และหยดออกจากเนื้อเยื่อ ปริมาณไขมัน ที่จะสูญเสียจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อน และระยะเวลาที่ทำให้เนื้อสุก โปรตีน ความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ความร้อนขึ้นต่ำจะช่วยให้โปรตีนย่อยง่ายขึ้น แต่ถ้าใช้ความร้อนสูง และเวลานานเกินไป จะทำให้โปรตีนย่อยยากขึ้น ทำให้ร่างกายไม่ได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่

จากการศึกษาเลี้ยงปลาชนิดด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมโปรไบโอติกส์ และมีการฉีดเชื้อก่อโรคในปลาชนิด พบว่า น้ำหนักสุดท้ายสูงสุด CR10-5 ที่ฉีดเชื้อ P6 (38.91 ± 0.51) ความยาวมากที่สุด CR1-2 ที่ฉีดเชื้อ P6 (15.33 ± 0.18) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด CR10-5 ที่ฉีดเชื้อ P6 (0.036 ± 0.007) อัตราการแลกเนื้อดีที่สุด CR1-2 ที่ฉีดเชื้อ AH (1.93 ± 0.02) และ CR10-5 ที่ฉีดเชื้อ P4 และ P6 (1.93 ± 0.03) ในชุด Control P มีอัตราการรอดเท่ากับศูนย์ โดยที่ชุด Control P จะมีการฉีดเชื้อก่อโรคเข้าไปอย่างเดียว ไม่มีการเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และชุด Control จะไม่มีการฉีดเชื้อก่อโรคจึงทำให้ในชุดการทดลอง Control P มีเปอร์เซ็นต์รอดแตกต่างกันชุดการทดลองที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงสุด CR1-2 และ CR10-5 ที่ฉีดเชื้อ AH (0.20 ± 0.025) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ในชุด Control (1.15 ± 0.08) ค่า Productive Protein value ในชุดควบคุมมีค่าสูงสุด (0.65 ± 3.17) และค่า Productive fat value CR10-5 ที่ฉีดเชื้อ P6 (19.68 ± 4.02) ซึ่งแตกต่างจากรายงานทศพร, (2547) เลี้ยงปลากะพงขาวในตู้กระจก ผสมอาหารกับจุลินทรีย์แต่ละชนิด ที่คัดแยกได้ ใช้ความเข้มข้น 10^7 เซลล์ต่อกรัมอาหาร พบว่า มีเพียง LAB-4 เท่านั้น ที่มีส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลา และด้านเชื้อ *A. hydrophila* ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานรัชนิวรรณ, (2556) ทดสอบเชื้อโรคในปลาชนิด *Oreochromis nilotica* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมแบคทีเรียแลคติกแอซิด พบว่า ปลาชนิดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมโปรไบโอติกส์ และหุบเชื้อโรคปลา (นำปลาไปจุ่มในอ่างเลี้ยงเชื้อ) มีอัตราการตายต่ำกว่า (ชุดควบคุม) มีอัตราการตายเพียง 75 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปลาชนิดที่กินอาหารเสริมโปรไบโอติกส์ F10, E7 และ E26 มีอัตราการตาย 5, 15 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารเสริมโปรไบโอติกส์ E26

สามารถเพิ่มน้ำหนักปลาได้ดีที่สุดถึง 46.28 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าอาหารเสริมโปรไบโอติกส์สามารถเพิ่มความต้านทานโรคของปลา และทำให้ปลาเจริญเติบโตดีมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

การตรวจสอบคุณภาพเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และฉีดเชื้อก่อโรค และนำมาเปรียบเทียบกับปลานิลที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์อย่างเดียว พบว่า ปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกัน 3.02 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้ามีความแตกต่างกัน 1.43 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันมีความแตกต่างกัน 3.69 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยมีความแตกต่างกัน 22.11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกัน 2.8 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 8.57 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ และการนำไปประยุกต์ใช้ของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา

การทดลองวิจัยผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในอนาคต ควรศึกษาระดับที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ และไม่จำเพาะ โดยคำนึงระยะเวลาการในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันที่ดีที่สุด และระยะเวลาที่มีตอบสนอง หลังจากการหุุดให้อาหารผสมสารภูมิคุ้มกัน ชนิดโปรไบโอติกส์

การนำไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกร ในการทดลองในครั้งนี้ได้ทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชัง ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันกับการเลี้ยงของเกษตรกรในเชิงพาณิชย์ จึงเป็นเรื่องง่ายของเกษตรกรที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงปลานิล และปลาชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นวิธีการง่ายที่สุดคือ

1. การนำไปคลุกกับอาหารเม็ดลอยน้ำโดยแนะนำให้ใช้ร่วมกับโคโตซาน หรือยีสต์เสริมในอาหาร เพราะมีประสิทธิภาพการทำงานที่ไม่แตกต่างกันกับการเสริมยีสต์ได้โดยนำยีสต์ผงไปกระตุ้นด้วยน้ำอุ่น 5 นาที แล้วนำไปเคลือบด้วยอาหารเม็ด แต่อย่าให้อาหารและกิน นำไปฝังในร่มให้แห้งก่อนนำไปใช้

2. การใช้โคโตซานแบบผงละเอียดผสมน้ำนำไปเคลือบอาหารเม็ด ฝังให้แห้งก่อนนำไปใช้

3. การเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในอาหารนั้นอาจเสริมในช่วงที่ปลาขนาดเล็ก และปลาที่อ่อนแอ เพื่อช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และเพิ่มอัตราการรอดตาย เนื่องจากปลาเล็ก และปลาที่อ่อนแอจะมีระบบภูมิคุ้มกันต่ำ และการพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันยังไม่สมบูรณ์เท่ากับปลาขนาดใหญ่ และปลาที่แข็งแรง เมื่อปลาขนาดใหญ่ขึ้น หรือมีการเสริมเป็นช่วงๆ เพราะปลามีระบบภูมิคุ้มกันที่พัฒนาดีแล้ว และการเสริมในอาหารเป็นช่วงๆ เป็นการประหยัดต้นทุนค่าอาหารมากกว่า การเสริมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

โครงการย่อยที่ 3 : ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลาไน

วิจารณ์ผลการวิจัย

สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารที่มีบทบาทสำคัญในการออกฤทธิ์ชีวภาพ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ด้านเชื้อแบคทีเรียและไวรัส เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกสามารถตรวจพบได้ในพืชผัก ผลไม้ ชา สาหร่าย เป็นต้น โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น สามารถละลายน้ำได้ สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพอลิฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญชนิดหนึ่งที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน ทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจน (Halliwell *et al.*, 1992; Vajraguta *et al.*, 2007)

รายงานการวิจัยการตรวจพบกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่พบว่า ส่วนสกัดน้ำของสาหร่ายเตา (*Spirogyra neglecta*) มีปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกมากกว่าสาหร่ายไก่อ (*Cladophora glomerata*) และสาหร่ายลอน (*Nostochopsis lobatus*) เมื่อเทียบกับสาร gallic acid ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสาหร่ายเตามีค่า IC₅₀ ต่ำกว่าสาหร่ายไก่อ และสาหร่ายลอน ซึ่งค่า IC₅₀ ต่ำแสดงว่ามีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงนั่นเอง (Peerapornpisal *et al.*, 2009; Peerapornpisal *et al.*, 2010) สารสกัดน้ำของสาหร่ายเตามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อนำมาทดสอบในการทดลองฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH ฤทธิ์กำจัดอนุมูล superoxide และฤทธิ์ยับยั้งการเกิด lipid peroxidation และมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดการอักเสบเมื่อทดสอบในหนูขาว ที่กระตุ้นให้เกิดการบวมบริเวณใบหูหนูด้วยสาร ethyl phenyl propiolate (ยวดีและคณะ, 2555)

รายงานการวิจัยของ Wu *et al.* (2005) พบว่า สารสกัดน้ำของสาหร่าย *Spirulina* sp. มีสารประกอบฟีนอลิกเป็นส่วนประกอบและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ด้วย และมีการนำ *Spirulina* sp. มาเสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่า ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของปลาบึก ปลาแพะ และปลาสวายได้ (Mengumphan and Saengkrachag, 2008; Mengumphan *et al.*, 2011)

ส่วนรายงานเกี่ยวกับสาหร่ายทะเลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า สาหร่าย *Padina minor* Yamada มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบในการกำจัดอนุมูล superoxide, hydroxyl, ABTS และฤทธิ์ยับยั้งการเกิด lipid peroxidation (Amornlerdpison *et al.*, 2007; Peerapornpisal *et al.*, 2010) โดยตรวจพบกลุ่มสารสำคัญเป็นสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์ (sulfate polysaccharide) ส่วนสาหร่าย *Sargassum polysystem* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, ABTS และยับยั้งการเกิด lipid peroxidation (Amornlerdpison *et al.*, 2008) ในปัจจุบันได้มีการนำสาหร่ายทะเลเหล่านี้มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ

จากการศึกษาในหลอดทดลอง (*in vitro*) ในครั้งนี้พบว่า สารสกัดน้ำสาหร่ายเตามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแบบจำลองการขจัดอนุมูล ABTS โดยตรวจพบว่ามีกลุ่มสาระสำคัญ คือ สารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีค่ามากที่สุดในทุกหน่วยโดยมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามค่าสูงสุดในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตาทั้ง 3 ฤดูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการเก็บสาหร่ายเตามาใช้ประโยชน์สามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้ง 3 ฤดูกาลหรือตลอดปี ซึ่งไม่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อีกทั้งผลจากการวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้ปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญชนิดหนึ่งที่พบในสาหร่ายเตามาเป็นตัวกำหนดมาตรฐาน (standardization) เพื่อบ่งบอกความสามารถในการออกฤทธิ์ชีวภาพในแต่ละครั้ง (batch) ของการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำสาหร่ายเตามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพของคนและสัตว์ต่อไป

อนุมูลอิสระมีบทบาทในการเกิดการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ มีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ ทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดโรค (Lee *et al.*, 2004) อนุมูลอิสระที่มีความสำคัญทางชีวภาพได้แก่ Superoxide radicals ($O_2^{\bullet-}$) และ Hydroxyl radicals ($OH^{\bullet}$) เป็นต้น ส่วน lipid peroxidation (LPO) เป็นกระบวนการที่อนุมูลอิสระเข้าทำลายไขมันชนิดต่างๆ เช่น triglyceride, diglyceride และ phospholipid รวมถึงกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้ได้ lipid peroxides ที่เป็นผลิตภัณฑ์อันดับต้น แล้วสามารถเปลี่ยนเป็น 4-hydroxyalkenals และ malondialdehyde ซึ่งเป็นสารที่มีพิษต่อเซลล์ โดย LPO สามารถบ่งชี้บอกถึงปริมาณของอนุมูลอิสระในเซลล์ได้ (Yusong *et al.*, 2003) จากการที่สาหร่ายเตามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและตรวจพบสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงนำสาหร่ายเตามาใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพของสัตว์น้ำโดยการเสริม

สาหร่ายเตาระดับ 2.5, 5 และ 10% ในอาหารเลี้ยงปลานิล ผลการศึกษาพบว่า สาหร่ายเตาระดับ 2.5% มีผลเพิ่มน้ำหนักและอัตราการรอดได้ดีกว่าทุกกลุ่ม ถึงแม้ว่าจะเพิ่มระดับของสาหร่ายเตาเป็น 5 และ 10% ก็ตาม แสดงว่าการเสริมสาหร่ายเตาระดับ 2.5% ในอาหารปลาเป็นระดับที่ให้ผลสูงสุด (maximum response) ในการศึกษาครั้งนี้

การเกิดอนุมูลอิสระในปลาเกิดขึ้นได้จากขบวนการเมตาบอลิซึมจากการใช้ออกซิเจนหรือเกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ ภาวะขาดออกซิเจน ความเครียด ยาและสารเคมีบางชนิดเป็นต้น อนุมูลอิสระมีบทบาทในการก่อให้เกิดการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ มีผลต่อความเสื่อมของเซลล์ ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ โดยอนุมูลอิสระจัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมากไม่สมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) จากสาเหตุดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการถูกทำลายของดีเอ็นเอ โปรตีนและไขมันจากอนุมูลอิสระ มีการทำลายเนื้อเยื่อส่งผลให้เซลล์ได้รับความเสียหาย ทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดโรค (Halliwell *et al.*, 1992; Vajraguta *et al.*, 2007)

ภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่มีคุณค่าหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) มีผลต่อ membrane phospholipids ที่มีหัวตัวปลา เกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของไขมัน โปรตีนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในเซลล์และที่อยู่พื้นของเซลล์ได้ ทำให้เกิดผลเสียต่อตัวปลาโดยทำให้ปลามีอาการเจริญเติบโตช้าและภูมิคุ้มกันลดลงทำให้เป็นโรคได้ง่าย ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมีมากไม่สมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ปลาเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และ/หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ glutathione (GSH) เป็นต้น (Van der Oost *et al.*, 2003)

วิธีการป้องกันการเกิดภาวะ oxidative stress โดยกลูตาไทโอนและสารต้านอนุมูลอิสระเริ่มจากปฏิกิริยาที่เอนไซม์ SOD เปลี่ยนซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ($O_2^{\bullet-}$) เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จากนั้น H_2O_2 ถูกสลายเป็นน้ำและออกซิเจนได้ 2 ปฏิกิริยา ด้วยเอนไซม์ CAT และ

Glutathione peroxidase (GPx) โดยมีกลูตาไทโอน (GSH) เป็นตัวให้อิเล็กตรอนที่มีผลทำให้กลูตาไทโอนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปออกซิไดส์หรือไดซัลไฟด์ (GSSG) จากนั้น GSSG ถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูตาไทโอนโดยเอนไซม์กลูตาไทโอนรีดักเตส (GR) ดังนั้นเมื่อเกิดภาวะ oxidative stress ระดับของ GSSG (oxidised glutathione) จะมีเพิ่มมากขึ้น และระดับ reduced GSH (reduced glutathione) จะลดลง ส่วนอนุมูลลิพิดเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลลิพิดเปอร์ออกไซด์ (LOO) ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์แต่สามารถถูกขจัดได้โดยเอนไซม์ (GPx) และกลูตาไทโอน (โอภาและคณะ, 2549; Van der Oost *et al*, 2003)

มีรายงานการวิจัยพบว่า หนูกุ้งที่ได้รับสาร polysaccharide ที่สกัดจากสาหร่ายทะเล *Porphyra haitanesis* ทำให้ระดับของเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถตรวจพบได้จากเนื้อเยื่อปอด ตับ หัวใจ และสมอง (Quanbin Zhang, 2003) และมีรายงานว่าสาร polysaccharide ที่สกัดจากสาหร่าย *Coriolus versicolor* ทำให้สภาวะออกซิเดชันลดลงโดยการเพิ่มขึ้นของระดับการแสดงออกใน mRNA ของเอนไซม์ Mn-SOD และ GSH-Px (Pang Z. J., 2000) ส่วน Mazman (2010) ได้รายงานว่า ผลของสารสกัดจาก *Pseudo-nitzschia* ซึ่งเป็นไดอะตอมชนิดหนึ่ง ช่วยเพิ่มระดับของเอนไซม์ SOD ในตับและเหงือกของปลานิลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามปริมาณของเอนไซม์ที่วิเคราะห์ได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ การออกแบบการทดลอง อายุของสัตว์ทดลอง ความรุนแรงของพยาธิสภาพ การเก็บอวัยวะที่เกี่ยวข้อง และเทคนิคในการวัด (Limaye *et al*, 2003; Maritim *et al*, 2003)

กลูตาไทโอน (GSH) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายสามารถผลิตได้เอง และพบได้ในอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ เป็นต้น มีหน้าที่ช่วยสร้างและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเพื่อให้ร่างกายต่อต้านสิ่งแปลกปลอมและกำจัดพิษออกจากร่างกาย รวมถึงเชื้อแบคทีเรียและไวรัสด้วย ช่วยให้อินซูลินและฮีโมโกลบินทำงานได้เต็มที่ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันในร่างกาย นอกจากนี้ยังช่วยสร้างและซ่อมแซม DNA สร้างโปรตีน และ prostaglandin สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและบ่งบอกระดับการกำจัดอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิต (โอภาและคณะ, 2549; Cheung *et al*, 2001; Van der Oost, *et al*, 2003) มีรายงานการศึกษาในปลาทอง พบว่าระดับของกลูตาไทโอนเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลาทองปนเปื้อนสารพิษ 2,4-dichlorophenol เป็นเวลา 40 นาที (Yonar and Sakin, 2011) และพบว่าการลดลงของกลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (GPx) ในตับ

ของปลา bluegill sunfish ที่สัมผัสสารพิษ atrazine (Oropesa *et al*, 2009) นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า กลูตาไทโอนยังเป็นตัวช่วยในการสร้างกลูตาไทโอนรีดักเตส (GR) ที่เป็นเอนไซม์ในการกำจัดสารพิษอีกด้วย (Jamall and Sporwis, 1987) การมีกลูตาไทโอนในปริมาณมากจะช่วยเสริมให้ปลาที่มีสถานะที่ทนต่อโรคหรือช่วยให้ปลาที่มีการเจริญเติบโตดีขึ้น (Elia *et al*, 2006) อย่างไรก็ตามสถานะความเครียดในปลาและการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับชนิด ที่อยู่อาศัย และพฤติกรรมการกินอาหารของปลา โดยที่การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระจะถูกชักนำจากภาวะออกซิเดชัน หากเกิดภาวะออกซิเดชันระดับรุนแรง อาจไปมีผลการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระและสูญเสียการควบคุมของระบบต้านอนุมูลอิสระได้ (Zhang *et al*, 2004)

จากการทดลองครั้งนี้ได้ให้สาหร่ายเตาเสริมในอาหารปลานิลโดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า มีการลดลงของระดับลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อเยื่อไตและตับของปลานิล โดยที่ระดับ MDA หรือการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อเยื่อไตของปลานิลที่ให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ 5 และ 10% พบการลดลงของระดับ MDA ได้ตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการทดลอง ส่วนในเนื้อเยื่อตับจะพบการลดลงในเดือนที่ 4 เท่านั้น และในพลาสมาให้ผลระดับ MDA จากการเลี้ยงอาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 2.5% ในเดือนที่ 2 ของการเลี้ยงเท่านั้น อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับระดับเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อเยื่อไตและตับของปลานิล พบว่ามีระดับของเอนไซม์ SOD, CAT และ GPx ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะระดับ SOD ในไตของปลานิลมีระดับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 10% นอกจากนี้ยังพบว่ามีเพิ่มขึ้นของระดับกลูตาไทโอนรวม (total GSH) และรีดิวซ์กลูตาไทโอน (reduced GSH) เพิ่มขึ้น ร่วมกับการลดลงของระดับออกซิไดส์กลูตาไทโอน (GSSG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 2.5 และ 5% อีกด้วย ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมสาหร่ายเตาในอาหารปลาช่วยให้มีการลดลงของอนุมูลอิสระจากการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันและเพิ่มการสร้างสารกลูตาไทโอนและเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ SOD ในตัวปลา ส่งผลให้ลดหรือป้องกันภาวะ oxidative stress ได้ ช่วยทำให้ปลาที่มีอัตราการผลิตสูง ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้

ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า สาหร่ายเตามีศักยภาพในการเป็นอาหารเสริมในปลา สามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

โครงการย่อยที่ 4 : การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน ในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด การทดลองละ 3 ซ้ำ คือ ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 ที่มี อัตราความหนาแน่น 50, 50, 75 และ 100 ตัวต่อบ่อ และปลูกผักกาดหอมห่อ จำนวน 30 ต้นต่อบ่อ ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลของแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ปลานิลมีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยระหว่าง 174.28 ± 5.42 - 198.94 ± 5.06 กรัม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 96.95 ± 13.99 - 105.08 ± 13.40 กรัม ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 38.40 ± 1.70 - 43.94 ± 2.91 เซนติเมตร ความยาวที่เพิ่มขึ้น 11.97 ± 0.62 - 12.57 ± 0.62 เซนติเมตร และอัตราการเจริญเติบโต 0.81 ± 0.07 - 1.00 ± 0.07 กรัมต่อวัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ทุกปัจจัยเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล

ผลการทดลองประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรสว่าง (2538) และ Tarnchalanukit *et al.* (1982) ที่รายงานว่าความหนาแน่นในการเพาะเลี้ยงลูกปลาดุกจะไม่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลา แต่จะมีผลต่อผลผลิตรวม แต่เมื่อพิจารณาผลการทดลองซึ่งพบว่า การเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ มีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าการเลี้ยงที่มีความหนาแน่นของปลาที่น้อยกว่า ซึ่งเห็นว่าการปล่อยปลาในอัตราความหนาแน่นสูงมีแนวโน้มที่จะทำให้ปลาเจริญเติบโตได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมประมง (2548) ที่กล่าวว่า การเลี้ยงปลานิลที่เหมาะสมควรมีความหนาแน่น 2,000-5,000 ตัวต่อไร่ ถ้าปล่อยอัตราความหนาแน่นกว่านี้ จะทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลลดลง

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ คำรง และคณะ (2555) กล่าวว่าในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique นั้น พบว่าการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลง เนื่องจากส่งผลทำให้ค่าไนโตรเจนและแอมโมเนียสูงขึ้น ซึ่งอาจจะมีผลกระทบในด้านการเจริญเติบโตของปลาโดยตรง เพราะค่าดังกล่าวอาจจะมีผลต่อการกินอาหารของปลา และระบบการหายใจ การรับออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้น้อยลง

ประสิทธิภาพการผลิตของผักกาดหอมห่อ

ประสิทธิภาพการผลิตของผักกาดหอมห่อ พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกาดหอมใน ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.84 ± 0.19 , 18.00 ± 1.41 และ 18.84 ± 0.53 เซนติเมตร (ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ ซึ่งถ้าพิจารณาจากคุณภาพน้ำที่พบว่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนของชุดการทดลองที่ 1 ก็มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยสารละลายธาตุอาหารที่ไหลออกจากถังเลี้ยงปลาจะมีปริมาณไนโตรเจน และฟอสเฟตจากของเสียของปลาเพิ่มขึ้น ซึ่งของเสียดังกล่าวเป็นปุ๋ยของพืช (Quillert, *et al.* 1993) จึงอาจคาดเดาได้ว่าความสูงของผักกาดหอมห่อที่สูงสุดในชุดการทดลองที่ 1 น่าจะมีผลมาจากปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (1.084 ± 0.154) ที่สูงกว่าชุดการทดลอง

คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองมีค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง ดังนี้ อุณหภูมิของน้ำ เท่ากับ 25.13 ± 0.03 - 25.16 ± 0.03 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 7.16 ± 0.15 - 7.20 ± 0.17 โดยอุณหภูมิของน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งปลานิลจะมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่กว้างมาก ระหว่าง 11 - 42 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.0 - 11.0 แต่พบว่าช่วงอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตนั้นอยู่ระหว่าง 28 - 35 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่างที่ 7 - 10 (เกรียงศักดิ์, 2539: (ชาติชาย, 2543)

ฟอสฟอรัส 0.716 ± 0.187 - 0.827 ± 0.274 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และไนโตรเจน-ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยทั้ง 2 ปัจจัยมีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ 2 ที่มีความหนาแน่นของปลา 75 ตัวต่อบ่อ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 และ 3

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.085 ± 0.034 - 0.100 ± 0.055 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.952 ± 0.156 - 1.084 ± 0.154 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0.217 ± 0.158 - 0.457 ± 0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าค่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ 1 (1.084 ± 0.154) ซึ่งมีความหนาแน่นของปลา 50 ตัวต่อบ่อ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (0.952 ± 0.156) ซึ่งมีความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในการเพาะเลี้ยงปลานิลครั้งนี้มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งธรรมชาติ (2541) รายงานว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนมากกว่า 0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลเป็นพิษต่อปลาน้ำจืด โดยสาเหตุการเพิ่มระดับไนไตรท์ อาจเกิดจากการเพิ่มจำนวนปลาเข้ามาเลี้ยงในบ่อจำนวนมาก ขณะที่แบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายไปเป็นไนเตรทได้ทัน ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโต โดยค่าที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะต้องน้อยกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 4.03 ± 0.12 - 4.90 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 75 ตัวต่อบ่อ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุด (4.90 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยปกติค่าออกซิเจนในน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร (ธรรมชาติ, 2541) ซึ่งปริมาณออกซิเจนในน้ำในชุดการทดลองมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม ทั้งนี้อาจเกิดจากขบวนการหายใจ การนำสลายของอินทรีย์วัตถุต่างๆ ภายในบ่อเลี้ยง ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตในปลานิลได้

ถาวร (2530) ได้รายงานว่าการเลี้ยงปลาอุกแบบหนาแน่นในบ่อคอนกรีต พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.685-19.45 มิลลิกรัมไนโตรเจน จันทร์สว่าง (2538) ได้ทดลองเลี้ยงปลาอุกในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดพบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.010-16.395 มิลลิกรัมไนโตรเจน ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงของการทดลองเลี้ยงปลานิลครั้งนี้ นอกจากนี้ประเทือง (2538) ยังรายงานว่า เมื่อปลากินอาหารจะขับถ่ายของเสียออกมาซึ่งจะเป็นสารประกอบไนโตรเจนจะส่งผลต่อปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณฟอสฟอรัส 0.716 ± 0.187 - 0.827 ± 0.274 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำสำหรับสัตว์น้ำที่ควรมีปริมาณฟอสฟอรัสไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประเทือง, 2538) ทั้งนี้อาจเกิดจากการให้อาหาร เนื่องจากฟอสฟอรัสในอาหารส่วนที่ปลากินจะถูกเปลี่ยนเป็นอินทรีย์ฟอสฟอรัสในตัวปลา ส่วนที่ปลาไม่กินจะละลายน้ำ บางส่วนถูกนำไปใช้ บางส่วนตกตะกอนเช่นเดียวกันกับ ปุ๋ย (โกสินทร์, 2544)

จากการทดลองสรุปได้ว่า ปลานิลเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 50-100 ตัวต่อบ่อ มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน และการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นดังกล่าวร่วมกับการปลูกผักกาดหอมในระบบน้ำหมุนเวียนให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ด้วยระบบปิดร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินทำให้ของเสียจากการเลี้ยงปลาซึ่งอยู่ในรูปของไนโตรเจนประมาณ 70-75 เปอร์เซ็นต์ จะถูกกำจัดภายในระบบ โดยถูกนำไปใช้เป็นสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของผักกาดหอม แทนการถ่ายเทน้ำจากการเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไป แต่จากการวิจัยยังพบการตกค้างของตะกอนจากอาหารเหลือและของเสียจากปลาที่ค้างในระบบท่อพักซึ่งควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบบำบัดที่สามารถแยกตะกอนดังกล่าวออกไปใช้ประโยชน์ การจัดการเลี้ยงปลานิลในระบบปิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และเน้นระบบการเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมโดยคำนึงถึงต้นทุนการผลิตมาประกอบ จึงอาจเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกรที่มีอาชีพเพาะเลี้ยงปลานิลเพื่อให้การผลิตปลานิลมีมาตรฐานและมีคุณภาพต่อไป

โครงการย่อยที่ 5 : ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่างต่อผลผลิต

และคุณภาพของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งระหว่างเก็บรักษา

ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Basic Nitrogen; TVB-N)

การสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) จัดเป็นดัชนีคุณภาพทางเคมีค่าหนึ่งที่ใช้วัดความสดของปลา สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจน (เนตรนรินทร์, 2546) ปริมาณ TVB-N ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาเดือนที่ 0 ถึง 8 พบว่ามีค่าอยู่ในระดับ 4-10 มิลลิกรัม TVB-N/100 กรัมตัวอย่าง โดยปริมาณ TVB-N ที่กำหนดให้มีได้สูงสุดในปลาคือ 25-30 มิลลิกรัม TVB-N/100 กรัมตัวอย่าง และปริมาณ TVB-N ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะปรากฏของเนื้อปลา รวมทั้งการเจริญและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (Ashie *et al.*, 1996) ผู้บริโภคจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีค่า TVB-N มากกว่า 30-40 มิลลิกรัม TVB-N/100 กรัมตัวอย่าง (Benjakul *et al.*, 2003)

จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า TVB-N ในชุดตัวอย่างควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) การเพิ่มขึ้นของค่า TVB-N ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำ หรือจากจุลินทรีย์ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น (Benjakul *et al.*, 2003; Chomnawang *et al.*, 2007) ขณะที่ค่า TVB-N ในชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลายฟอสเฟตผสมกับเกลือมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ($P > 0.05$) การที่ค่า TVB-N มีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบพื้นฐานที่ระเหยได้ เช่น แอมโมเนีย ไตรเมทิลามีน และสารอื่นๆ จากการย่อยสลายตัวของเอนไซม์ภายในเนื้อปลา และการเน่าเสียจากแบคทีเรีย โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณไฮเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายเนื้อปลาได้ (Hwang, 2012)

ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA)

ปริมาณ TBA ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ TBA ช่วง 0.01- 0.02 มิลลิกรัม มาโลนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง สำหรับชุดตัวอย่างเนื้อปลานิลที่แช่สารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต ร่วมกับเกลือมีปริมาณ TBA ช่วง 0.01- 0.02 mg malondialdehyde/kg sample จะเห็นได้ว่า เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นในตัวอย่างทั้ง 2 ชุด ปริมาณ TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทีละน้อย ($P \leq 0.05$) จากการรายงานของ Masniyom และคณะ (2005) รายงานว่าปริมาณ TBA ในเนื้อปลากระพงแล่ที่เก็บรักษาในสภาพแช่เย็นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันในปลาจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่มีการจับปลา หรือหลังจากที่ปลาตาย ตลอดจนในระหว่างกระบวนการแปรรูป ดังนั้นจึงทำให้เราสามารถรับรู้กลิ่นหืนที่เกิดขึ้นได้ ดังเช่นในเนื้อปลาแล่จะมีค่า TBA ที่สูงกว่าเนื้อปลาสดที่ผ่านการล้างเอาส่วนประกอบของไขมันออกไปแล้ว เป็นต้น (Eymard et al., 2005) ค่า TBA นิยมใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของไขมันในอาหาร โดยที่ในปลาสดควรมีค่า TBA ไม่เกิน 1.0 mg malondialdehyde/kg sample (Sweet, 1973)

จากงานวิจัยนี้ค่า TBA ในชุดตัวอย่างควบคุมมีการเพิ่มขึ้นที่มีแนวโน้มมากกว่าชุดตัวอย่างที่มีการแช่สารละลายฟอสเฟตเล็กน้อย อาจเป็นไปได้ว่าไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อปลาเกิดการออกซิเดชันมากขึ้น จึงทำให้ชุดตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มที่จะมีค่าปริมาณ TBA มากกว่าตัวอย่างที่แช่ในสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต ร่วมกับเกลือมีการเพิ่มของปริมาณ TBA น้อยที่สุด อาจเป็นเพราะสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต จะช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการไปจับกับไอออนโลหะ ที่เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาออกซิเดชันไว้ (Masniyom et al., 2005)

ปริมาณฟอสเฟต

ปริมาณฟอสเฟตในเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟตและไม่ผ่านการแช่ (Control) วิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในรูปของ P_2O_5 ในหน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อปลานิลที่แช่ด้วยสารประกอบฟอสเฟตชนิดโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตก่อนนำไปแช่แข็งสามารถตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในเนื้อปลาสูงที่สุดในเดือนที่ 0 1 3 และ 4 ($P \leq 0.05$) แต่พบว่าปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ฟอสเฟตมีค่าแตกต่างกับตัวอย่างเนื้อปลานิลแล่ที่แช่ฟอสเฟตเล็กน้อย ($P \leq 0.05$) นั่นอาจเป็นเพราะมีการสะสมปริมาณฟอสเฟตในระหว่างกระบวนการเพาะเลี้ยง หรือการขนส่งปลานิลเข้าสู่โรงงานแปรรูป แต่ในทุกตัวอย่างมีปริมาณฟอสเฟตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อปลาแล่แช่แข็ง ที่กำหนดโดย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (มกอช. 7014-2548) และ European Parliament and Council (2006) ซึ่งกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 5000 mg/kg คำนวณเป็น P_2O_5 (รวมถึงฟอสเฟตในธรรมชาติ)

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลแช่แข็ง

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Gain weight) หลังการแช่สารละลายไตรโพลิฟอสเฟตผสมกับเกลือ

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเนื้อปลานิลแช่หลังจากแช่เนื้อปลานิลแช่ในสารละลายของชุดตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 3.67 ± 2.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตัวอย่างที่แช่ในสารละลายโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟตผสมเกลือมีค่าเท่ากับ 5.36 ± 0.60 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างที่แช่สารละลายโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต ร่วมกับเกลือมีการเพิ่มน้ำหนักมากกว่าชุดตัวอย่างควบคุม เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Chang and Regenstein, 1997; Turan *et al.*, 2003) และเมื่อใช้ร่วมกับเกลือจะช่วยทำให้โปรตีนอุ้มน้ำได้ดียิ่งขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Thorarindottir และคณะที่พบว่าฟอสเฟตมีผลต่อการเพิ่มของน้ำหนัก คุณภาพ และการอุ้มน้ำ ของเนื้อปลาคอดทำเค็ม ซึ่งการที่เนื้อปลา มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความสามารถของสารฟอสเฟตที่จะไปช่วยเพิ่มค่าความสามารถในการจับกับน้ำขององค์ประกอบโปรตีนในกล้ามเนื้อของปลา (Ellinger, 1972; Van Wazer, 1971)

น้ำหนักที่สูญเสียจากการหุงต้ม (Cooking loss)

น้ำหนักที่สูญเสียหลังการหุงต้ม โดยระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือนเนื้อปลานิลแช่แข็งที่ใช้และไม่ใช้ฟอสเฟตมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยตัวอย่างที่ไม่มีการใช้สารฟอสเฟต จะมีค่าการสูญเสียหลังการหุงต้มสูงกว่าตัวอย่างที่มีการใช้ฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า STPP ส่งผลต่อน้ำหนักที่สูญเสียหลังการหุงต้มมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Woyewoda and Bligh (1986) ที่รายงานว่า การแช่ชิ้นปลาคอดในสารละลายโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต 12 เปอร์เซ็นต์ ก่อนกระบวนการแช่เยือกแข็ง สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลาย และการสูญเสียน้ำหนักหลังการหุงต้ม อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของชิ้นปลาคอดสด และชิ้นปลาคอดปรุงสุก

Rattanasatheirn (2008) อธิบายว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตชนิด SAPP ร่วมกับ STPP หรือ TSPP จะทำให้ได้ค่าผลได้จากการหุงต้มต่ำกว่าเล็กน้อยแต่จะมีค่าการสูญเสียจากการหุงต้มที่มากกว่า การใช้สารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP หรือ TSPP แบบเดี่ยวๆ ในผลิตภัณฑ์กุ้งแกะเปลือกและเอาไส้ออก

ปริมาณผลได้หลังการหุงต้ม (Cook yield)

ปริมาณผลได้หลังการหุงต้มของเนื้อปลานิลแช่แข็งที่ผ่านการแช่ด้วยสารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างปลานิลที่ไม่ได้ใช้สารฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) แต่การเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้นไม่มีผลต่อค่าปริมาณผลได้หลังการหุงต้ม โดยจะมีค่าเพิ่มไม่แตกต่างกันใน

แต่ละเดือน ($P>0.05$) ซึ่ง Woyewoda and Bligh (1986) รายงานว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตในเนื้อปลาทอดแล้วแช่แข็งจะช่วยเพิ่มค่าปริมาณผลได้จากการหุงต้ม โดยจะไปช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง

ค่าสีของเนื้อปลานิลแช่แข็ง

ค่าสีของเนื้อปลานิลแช่แข็งดิบ ระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน ซึ่งระบบสี $L^*a^*b^*$ นี้ ค่า L^* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) ค่า a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง และค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว) b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง และค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน) ค่าความเข้มของสีแสดงในรูปของค่าฮิว (h^* ; hue) คำนวณได้จาก $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ และค่าโครมา (C^* ; chroma) คำนวณได้จาก $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Hernández et al., 2009) จากงานวิจัยพบว่า ชุดตัวอย่างควบคุม และชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP ผสมเกลือ มีค่าความสว่าง (L^*) ที่แตกต่างกันในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา ($P\leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น และความสว่างของชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP ผสมเกลือจะมีค่ามากกว่าชุดตัวอย่างควบคุม ($P\leq 0.05$) เนื่องจากการแช่ในสารละลายดังกล่าวได้กำจัด heme ไขมัน สีและองค์ประกอบอื่นๆ ออกไปบางส่วน และการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับเกลียยังทำให้เกิดการเปิดโครงสร้างกล้ามเนื้อช่วยให้การกักเก็บน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Thorarinsdottir, 2001) และในชุดตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ผสมเกลือ มีค่า a^* และ b^* ที่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ในตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน ($P>0.05$)

ขณะที่ C^* ของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ฟอสเฟตจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่มีการแช่ฟอสเฟต ผสมเกลือ ทั้งสองตัวอย่างเมื่อเก็บรักษาเนื้อปลานิลแช่แข็งเป็นระยะเวลานานขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C^* ส่วนค่า h^* พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของตัวอย่างเนื้อปลานิลแช่ที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่สารฟอสเฟตก่อนการแช่แข็ง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน

ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

ลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) ใช้แรงกดที่ทำให้เปลี่ยนรูป 25 เปอร์เซ็นต์ ค่า hardness คือค่าแรงที่สามารถทำให้โครงสร้างของอาหารเปลี่ยนรูปไป หรือแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่างครั้งแรก ค่า cohesiveness คือ อัตราส่วนของแรงระหว่างการกดครั้งที่ 2 จากจุดเดิมที่กดครั้งแรก ค่าadhesiveness คือ พื้นที่แรงที่ด้านการกดของแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดครั้งแรก ค่าspringiness คือ ส่วนสูงที่ตัวอย่างสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ระหว่าง

เวลาที่สิ้นสุดจากการกดครั้งแรกและเริ่มการกดครั้งใหม่ ค่าgumminess คือ ค่า hardness คุณด้วย cohesiveness และ ค่า chewiness คือค่า gumminess คุณด้วย springiness หรือ hardness คุณด้วย cohesiveness คุณด้วย springiness (Bourne, 1978; Yang, 2007; Barroso, 1998) จากการศึกษาพบว่า ค่า hardness ของปลานิลแล่แช่เยือกแข็งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่ค่า hardness ของตัวอย่างในชุดตัวอย่างควบคุมจะไม่มี ความแตกต่างกับตัวอย่างที่แช่ใน STPP ร่วมกับเกลือ ($P>0.05$) ค่า adhesiveness และ cohesiveness ในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา ของทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่า gumminess ของตัวอย่างทั้ง 2 ชุดมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ในชุดตัวอย่างควบคุมจะมีการลดลงของค่า Gumminess มากกว่าในตัวอย่างที่แช่ใน STPP ร่วมกับเกลือมีการลดลงของค่า gumminess เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น โดยที่ค่า gumminess ของตัวอย่างที่แช่ใน STPP ผสมกับเกลือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการศึกษานี้ได้เป็นไปทิศทางเดียวกับที่ Etemadian และคณะ (2011) ได้ศึกษาผลของการใช้สารป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีนของสารประกอบโพลิฟอสเฟตในปลา *Rutilus frisii kutum* แล่ ตลอดระยะเวลาการเก็บโดยการแช่น้ำแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้ามเนื้อปลาขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชีววิทยาของกล้ามเนื้อปลา ซึ่งก็คือ ความหนาแน่นของเส้นใยกล้ามเนื้อ รวมทั้งองค์ประกอบของไขมัน และคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ ด้วย หลังจากปลาตายนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่าการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา ซึ่งจะก่อให้เกิดการเน่าเหม็นและสูญเสียความยืดหยุ่นได้ (Hernandez et al., 2009; Olafsdottir et al., 2004) ดังรายงานของ Hernandez (2009) ที่เก็บรักษาเนื้อปลา meager แล่ ไว้ที่น้ำแข็งอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าค่า hardness ลดลงจาก 27 นิวตัน เหลือ ค่าระหว่าง 23-25 นิวตัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลแล่แช่แข็ง

คะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิลสุก

การทดสอบโดยนำเนื้อปลานิลแล่แช่แข็งที่ผ่านการทำละลายแล้วไปทำให้สุก โดยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำจนสุก แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อปลานิลที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายฟอสเฟตผสมเกลือจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ฟอสเฟต ตลอดการเก็บรักษา 8 เดือน ($P\leq 0.05$) ส่วนค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น และรสชาติของตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละเดือนมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกัน โดยที่ค่าคะแนน

ความชอบของตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารฟอสเฟตผสมเกลือจะมีค่าคะแนนความชอบมากกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย ($P \leq 0.05$) แต่พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่าคะแนนความชอบในทุกด้านมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

สารประกอบฟอสเฟตสามารถช่วยเพิ่มคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ ดังรายงานของ Goncalves and Riberio (2009) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุ้งที่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟตชนิด STPP กับกุ้งชนิดที่ไม่แช่ พบว่ากุ้งที่แช่ด้วยสารประกอบฟอสเฟตมีคะแนนความชอบสูงกว่า 6 (จากระดับ 0-9) ขณะที่กุ้งที่ไม่แช่สารประกอบฟอสเฟตมีคะแนนความชอบที่ต่ำกว่า 6 การที่ตัวอย่างที่แช่สารประกอบฟอสเฟตได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าเนื่องจากว่าฟอสเฟตจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ดีขึ้น และช่วยเพิ่มคุณลักษณะต่างๆ ด้านประสาทสัมผัสด้วย นอกจากสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาแล่ กุ้ง และหอยจะช่วยเก็บรักษาความชื้นแล้ว ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกจึงสามารถช่วยเพิ่มระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งทดสอบโดยผู้บริโภคได้ (Goncalves *et al.*, 2008)

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

จากการศึกษาพบว่าในตัวอย่างปลาแล่ทั้งสองตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 4 log cfu/g โดยที่ปริมาณ total aerobic psychrophilic และ total aerobic mesophilic ในตัวอย่างปลาแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่ด้วยสาร โซเดียมไตรฟอสเฟตผสมเกลือจะมีจำนวนต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ฟอสเฟต ($P \leq 0.05$) ภายใตสภาวะการเก็บรักษาที่สภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์โดยมีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การที่ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อปลาแล่แช่แข็งที่ผ่านการแช่โซเดียมไตรฟอสเฟตก่อนการแช่แข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใช้ฟอสเฟตนั้น เป็นผลมาจากคุณสมบัติการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ของฟอสเฟต เนื่องจากฟอสเฟตสามารถจับกับแคลเซียมแมกนีเซียมและเหล็ก ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นฟอสเฟตจึงมีผลยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียได้ (สุทธวัฒน์, 2548)

โครงการย่อยที่ 6 : การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองย่อยที่ 1: การติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใส่ปุ๋ย

และชนิดของแพลงก์ตอน ต่อปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน

จากการตรวจสอบติดตามกลิ่นไม่พึงประสงค์ในตัวอย่างปลาที่ได้จากการเลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน พบว่า ปลาที่ได้จากระบบการเลี้ยงแบบผสมผสานมีการสะสมของกลิ่นไม่พึงประสงค์สะสมอยู่ในปริมาณสูงกว่าที่ยอมรับได้ ซึ่งปัจจุบันระดับที่ยอมรับได้ (Threshold level) ของปริมาณสารจืออสมิน คือ 0.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Robertson *et al.*, 2006) และสารเอ็มไอบี คือ 0.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Persson, 1980)

➔ กลิ่นโคลนที่สะสมในตัวอย่างปลาเป็นเป็นเรื่องที่เกษตรกรให้ความสำคัญ โดยเฉพาะปลาที่ส่งออก เช่น ปลานิล ปลาเพาะลูกผสม และปลาดุก โดยมีงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาในปลาหลายชนิด เช่น กลิ่นที่สะสมในปลานิลที่เลี้ยงต่างกัน 4 รูปแบบคือ ปลานิลในบ่อดิน ในกระชัง ปลานิลในบ่อดินร่วมกับปลาดุกในกระชัง และ การเลี้ยงปลานิลในกระชังร่วมกับปลาดุกในบ่อดิน พบว่าการสะสมของจืออสมินในปลานิลที่เลี้ยงในกระชังร่วมกับปลาดุกในบ่อดิน (T4) มีค่าต่ำที่สุด แต่สูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ (Threshold level) ที่กำหนดไว้ที่ 0.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ของจืออสมิน และ 0.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ของเอ็มไอบี ปลานิลที่เลี้ยงบ่อดิน (ทั้งในกระชังหรือในบ่อดินโดยตรง) มีโอกาสรับจืออสมินและเอ็มไอบีได้ทั้งการกินและการดูดซึมผ่านเหงือกได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารทั้งสองในน้ำหรือขึ้นกับแหล่งผลิต (filamentous cyanobacteria บางตัวและ Actinomycetes บางตัว) (นิวุฒิ, 2555)

ปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินได้รับสารจืออสมินและเอ็มไอบีทั้งการกินสาหร่าย แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรียที่สร้างกลิ่น หรือการซึมผ่านเหงือกแล้วสะสมในร่างกายของปลา ในธรรมชาติปลาอาศัยอยู่ในน้ำที่มีการละลายของกลิ่นไม่พึงประสงค์ เมื่อดูดซึมเข้าสู่ร่างกายปลาสามารถกำจัดออกได้ด้วยการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครม พี 450 ไมโนออกซิเจเนส รูปแบบ CYP 1A ในเซลล์ตับ โดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารไม่มีชีวิตให้อยู่ในรูปของสารมีชีวิตและสามารถกำจัดออกจากร่างกายได้ (Schlenk, 1994)

Yamprayoon and Noomhorm (2000) รายงานว่า กลิ่นไม่พึงประสงค์สามารถเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำได้ง่ายในช่วงสั้น แต่การลดหรือกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ออกอาจต้องใช้เวลาเป็นสัปดาห์

จากการตรวจสอบชนิดของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ตลอดการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน พบ *Oscillatoria* spp. เป็นสปีชีส์เด่น และรองลงมาคือ *Anabaena* spp. ซึ่งสอดคล้องกับ Smith (2008) พบว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ ได้แก่ *Anabaena* sp. *Oscillatoria* sp. *Aphanizomenon* sp. *Phormidium* sp. และ *Pseudanabaena* sp. และยังสอดคล้องกับรายงานของ Juttner and Watson (2007) พบว่า *Oscillatoria splendida*, *Oscillatoria brevis*, *Oscillatoria tenuis*, *Lyngbia subtilis* และ *Oscillatoria allogei* เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่สามารถเจริญเติบโตเกาะอยู่กับผิววนและพื้นกระชังได้ดี

การทดลองย่อยที่ 2: ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แทนการเลี้ยงสัตว์บกบนคันบ่อ ทั้งนี้เพื่อลดกลิ่นและเพิ่มคุณค่าของผลผลิต

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แทนการเลี้ยงสัตว์บกบนคันบ่อ พบว่า ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล น้ำและดินพื้นบ่อ ในการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยงมีค่าความเข้มข้นของจีโอสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่า การทดลองอื่นๆ ทั้งตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล ซึ่งสอดคล้องกับ กรทิพย์ (2550) ที่ได้ศึกษาการสะสมปริมาณจีโอสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลา พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์เพิ่มมากขึ้นด้วย

นอกจากนี้ Lovell (1976) กล่าวว่า การควบคุมปริมาณอาหารที่ให้เหมาะสมและให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ทำให้เกิดกลิ่น

โดย Schlenk (1994) กล่าวว่า ในธรรมชาติปลาอาศัยอยู่ในน้ำที่มีการละลายเอ็มไอบี เมื่อดูดซึมเข้าสู่ร่างกายปลาสามารถกำจัดออกได้ด้วยการทำงานของเอนไซม์ ไซโตโครม พี 450 โมโนออกซิเจเนส รูปแบบ CYP 1A ในเซลล์ตับ โดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารไม่มีขั้วให้อยู่ในรูปของสารมีขั้ว และกำจัดออกจากร่างกาย เกษตรกรจึงต้องอาศัยการจัดการภายในบ่อร่วมด้วย เช่น ควรพิจารณาอัตราส่วนในการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์ การเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อควบคู่กันไปก็จะทำให้สัตว์น้ำลดความเสี่ยงต่อการสะสมสารจีโอสมินและเอ็มไอบีได้

ปลานิลในการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อ่วมกับให้อาหารตลอดการเลี้ยงมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Whangchai (2008) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยสามารถเพิ่ม ADG ของปลานิล ทั้งนี้ ปุ๋ยมีส่วนสร้างอาหารธรรมชาติ (Boyd, 1982) และ Lovell (1985) กล่าวว่า เมื่อปลากินอาหารจนอิ่ม ปลาสามารถได้รับพลังงานและสารอาหารครบถ้วน ปัจจัยที่มีผลต่อการรับอาหารในรอบวัน ได้แก่ อุณหภูมิ และขนาดปลา รวมทั้งคุณภาพน้ำอื่นๆ

การศึกษาคุณภาพน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ใส่ปุ๋ยต่างกันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับชนด์ (2539) กล่าวว่า คลอโรฟิลล์-เอ หรือแพลงก์ตอนพืช สามารถเจริญเติบโตได้ดี หรือมีปริมาณสูงในน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปก็จะมีทำให้เกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในน้ำ ในช่วงกลางคืนหรือเช้ามืด ม่นสิน และไพพรรณ (2536) กล่าวว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในน้ำของบ่อเลี้ยงปลา ควรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไมตรี และจารุวรรณ (2538) กล่าวว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเป็นค่าที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรง แต่เป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชและสาหร่าย

จากการตรวจสอบชนิดของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ตลอดการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน พบ *Anabaena* spp. เป็นสปีชีส์เด่น และรองลงมาคือ *Oscillatoria* spp. ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน Tabachek and Yurkowski (1976); Lovell and Broce, (1985); ชลอ (2536) กล่าวว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ประกอบด้วยสกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. ส่วน Van Der Ploeg and Boyd (1991) กล่าวว่า ทั้งการสะสมของสารสร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ยังมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยเฉพาะสกุล *Anabena* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp. ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจิออสมินหรือเอ็มไอบีในน้ำก็จะมีค่าความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน

โครงการย่อยที่ 7 : การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกชนิดต่าง ๆ ผสมอาหารเลี้ยงปลาเพื่อเป็นทางเลือกในการลดการใช้สารเคมีหรือยาปฏิชีวนะป้องกันรักษาโรค พบว่า มีการใช้เชื้อ *Lactobacillus rhamnosus* ป้องกันการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* และ *Flavobacterium psychrophilum* ในปลาเรนโบว์เทราต์ (Nikoskelainen *et al.*, 2001) นอกจากนี้มีการใช้ *Enterococcus faecium* เพื่อควบคุมการติดเชื้อแบคทีเรีย *E. tarda* ในปลาไหล (Gatesoupe, 1999) มีการใช้โปรไบโอติกที่ได้จากมนุษย์ (*L. rhamnosus*) 10^{10} CFU ต่ออาหาร 1 กรัมให้ปลานิล ทำให้ปลานิลเจริญได้ดีขึ้นเช่นกัน (Pirarat *et al.*, 2011) ส่วนงานวิจัยนี้ได้ทดลองแยกเชื้อแบคทีเรียจากทางเดินอาหารของลูกปลานิลที่แข็งแรงเพื่อผสมอาหาร แล้วนำไปอนุบาลลูกปลานิลนาน 40 วัน พบว่า อาหารที่ผสมแบคทีเรีย 2 มิลลิกรัมต่ออาหาร 10 กรัม ได้ผลดีที่สุดในด้าน การเจริญเติบโต โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 11.99 กรัมต่อตัว การเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.055 ± 0.02 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่าเท่ากับ 13.4135 ± 0.90 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่ในส่วนของอัตราการรอด พบว่า มีค่าน้อยกว่าชุดการทดลองที่ผสมแบคทีเรีย 1 ml ต่อ อาหาร 10 กรัม โดยมีค่าเท่ากับ 94 ± 1.33 เมื่อสิ้นสุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การให้โปรไบโอติกแก่สัตว์น้ำมีส่วนช่วยให้สัตว์น้ำใช้อาหารได้ดีขึ้นเป็นผลให้การเจริญเติบโตสูงขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยในการสร้างสมดุลของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ ช่วยให้มีการผลิตไบโอตินและวิตามิน B 12 (Suzer *et al.*, 2008; Balcázar *et al.*, 2006)

Growth performance	Control	Probiotic
Initial mean body weight	22.77	22.35
Mean body weight (14 days)	26.79	26.85
Mean body weight (30 days)	30.03	30.52
Weight gain (%) 14 days	15.95	18.65
Weight gain (%) 30 days	23.55	24.60
Specific growth rate (14 days)	1.04	1.13
Specific growth rate (30 days)	0.89	1.01
Feed conversion ratio	1.46	1.24

ภาพที่ 70 การใช้โปรไบโอติก *L. rhamnosus*) 10^{10} CFUต่ออาหาร 1 กรัมให้ปลานิล

ทำให้ปลานิลเจริญดีขึ้น ในขณะที่ FCR ลดต่ำลง (Pirarat *et al.*, 2011)

Pirarat *et al.* (2011) กล่าวว่า ปลาที่ได้รับโปรไบโอติกจะมี วิลลัส (villus) หรือส่วนยื่นเล็กๆ เป็นตุ่มบริเวณลำไส้สูงขึ้น ซึ่งวิลลัสที่สูงขึ้นจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมสารอาหาร (Caspary, 1992) มีการพิสูจน์ให้เห็นว่า โปรไบโอติกช่วยเพิ่มการสร้างเซลล์ผิวในกระเพาะอาหารของหนู (Ichikawa *et al.*, 1999) กลไกการทำงานของโปรไบโอติกที่อาจจะเกิดขึ้นหลังจากเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่ร่างกาย มันจะไปเพิ่มจำนวนในลำไส้และใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโตเพื่อสร้างกรดไขมันสายสั้นที่ช่วยในการเพิ่มความสูงของวิลลัส (Pelicano *et al.*, 2005) กรดไขมันสายสั้น โดยเฉพาะกรดบิวทิริก (butyric acid) เป็นแหล่งพลังงานสำคัญสำหรับเซลล์ผิวลำไส้และสามารถกระตุ้นการสร้างเซลล์ (Blottiere *et al.*, 2007)

Abd El-Rhman *et al.* (2009) ได้ทดลองให้อาหารผสมเชื้อ *Pseudomonas* sp. มาทำโปรไบโอติกให้ปลานิล พบว่า ปลาเจริญซำลงและให้อัตรารอดไม่ดี จึงแนะนำว่าแบคทีเรียนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นโปรไบโอติกในปลานิล อย่างไรก็ตามมีการใช้แบคทีเรีย *P. fluorescens* strain เพื่อใช้เป็นโปรไบโอติกในการป้องกันโรค *Vibrio anguillarum* ในปลาเทราต์ ดังนั้นปฏิกิริยาระหว่างแต่ละเชื้อแบคทีเรียอาจจะมีความแตกต่างกัน จึงควรนำมาเป็นตัวพิจารณาในการคัดเลือกโปรไบโอติก

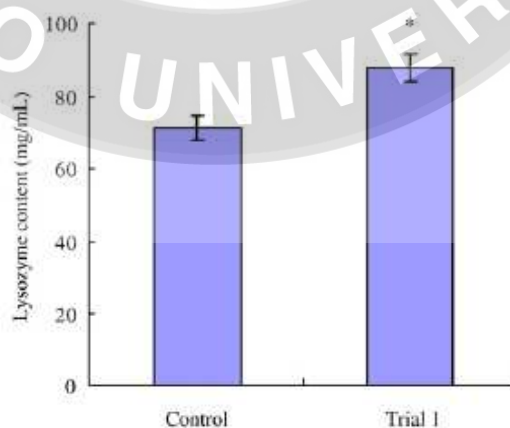
Lara-Flores *et al.* (2003) ทดลองให้อาหารผสมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* นาน 9 สัปดาห์ทำให้ลูกปลาโตดีขึ้น ซึ่ง Oliva-Teles *et al.* (2001) รายงานว่า ยีสต์น่าจะเป็นแหล่งโปรตีนที่ใช้ทดแทนปลาป่นได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม Liu *et al.* (2013) ได้ใช้ *Lactobacillus brevis* JCM 1170 (HALB) และ *Lactobacillus acidophilus* JCM 1132 (LALB) ซึ่งมีความสามารถในการยัดเกาะติดผนังลำไส้แตกต่างกัน มาผสมอาหาร 0 - 10⁹ เซลล์ต่ออาหาร 1 กรัม ทดลองให้ปลานิลกินนาน 5 สัปดาห์ พบว่า ปลาทั้งสองกลุ่มที่ได้รับโปรไบโอติกไม่ทำให้เกิดความแตกต่างทั้งในแง่ของการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อแต่อย่างใด ทีมนักวิจัยได้ตั้งข้อสังเกตว่า ปลาอาจจะใช้พลังงานบางส่วนจากปลานิลไปช่วยในการตอบสนองด้านความเครียด

ปลากระัง (*Epinephelus coioides*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Bacillus* 1.0 × 10⁸ CFUต่ออาหาร 1 กรัม นาน 60 วัน ช่วยทำให้มีอัตราแลกเนื้อ (FCR) ดีขึ้น (Sun *et al.*, 2010) ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารผสม *B. subtilis* 10⁴, 10⁶, และ 10⁸ CFU/อาหาร 1 กรัมจะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Liu *et al.*, 2012) ส่วนปลา yellow croaker (*Larimichthys crocea*) ที่ให้อาหารผสม *B. subtilis* 1.35 × 10⁷ CFU ต่ออาหาร 1 กรัมมีส่วนให้อัตรารอดสูงขึ้น (Ai *et al.*, 2011); ในขณะที่ปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio*) ที่ได้รับอาหารผสม *B. subtilis* 10⁷ CFUต่ออาหาร 1 กรัม ทำให้ปลาโตดีขึ้นได้เช่นกัน (He *et al.*, 2011) จะเห็นว่า ประสิทธิภาพของโปรไบโอติกแตกต่างกันตามชนิดของปลา และปริมาณของแบคทีเรียที่ใช้

Wang *et al.* (2008) ได้ใส่เชื้อ *Enterococcus faecium* ZJ4 ลงในน้ำ 1×10^7 cfu/ ml ทุก 4 วัน หลังจากทดลอง 40 วัน พบว่า ปลาที่ได้รับเชื้อแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตดีขึ้นกว่าปลาที่ไม่ได้รับเชื้อแบคทีเรีย ผลของเชื้อโปรไบโอติกชนิดอื่นที่ช่วยเพิ่มการเจริญของปลาคาร์พ คือ *Streptococcus faecium* (Noh *et al.*, 1994) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของประพันธ์ศักดิ์ และคณะ (2555) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus pumilus* AQBS01 ต่อการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกันและการยับยั้งแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae* ที่ก่อโรคในปลานิล ซึ่งพบว่า แบคทีเรีย *B. pumilus* ในอัตรา 1.0 – 5.0 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สามารถเพิ่มการจับกิน สิ่งแปลกปลอมและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การให้อาหารผสมโปรไบโอติกในสัตว์น้ำจะมีผลกระทบกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ เช่น การกระตุ้นคอมพลีเมนต์ (Complement) ซึ่งเป็นสารน้ำช่วยในการย่อยสลายจุลินทรีย์ (Ellis, 1999) ปลานิลที่ได้รับเชื้อ *E. faecium* ZJ4 ระหว่างการเลี้ยงมีปริมาณคอมพลีเมนต์สูงขึ้น (Wang *et al.*, 2008) เซลล์จับกินสิ่งแปลกปลอมมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรีย และสามารถสร้างอนุมูลอิสระ ซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (superoxide anion) ซึ่งช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Ellis, 1999)

ไลโซไซม์ (Lysozyme) พบในเมือกปลา ชีรุ่มและเนื้อเยื่อที่มีเม็ดเลือดขาว (Ellis, 1999) มีรายงานการเพิ่มขึ้นของไลโซไซม์ในปลาที่ได้รับโปรไบโอติก (Panigrahi *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตามปลาที่ได้รับ *E. faecium* ZJ4 ไม่มีผลต่อไลโซไซม์ ($P > 0.05$) ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการใส่เชื้อแบคทีเรียลงในน้ำ ซึ่งอาจจะชี้ให้เห็นว่า วิธีการให้โปรไบโอติกที่ต่างกันอาจจะมีผลต่อภูมิคุ้มกันต่างกันด้วย (Wang *et al.*, 2008)



ภาพที่ 71 ปลาที่ได้อาหารผสมแบคทีเรีย *E. faecium* นาน 40 วัน ทำให้ไลโซไซม์สูงขึ้น ($P > 0.05$) (Wang *et al.*, 2008)

ไซโตไคน์ (Cytokines) คือสารที่หลั่งจากเซลล์ต่าง ๆ ในระบบภูมิคุ้มกันในภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วยแอนติเจนหรือตอบสนองต่อภาวะการอักเสบ เช่น IL-1 β เป็นสารน้ำที่ถูกสร้างขึ้นก่อนการอักเสบ TNF- α เป็นอินเตอร์เฟอรอนที่ช่วยทำลายเซลล์ที่ติดเชื้อ ส่วน TGF- β ช่วยเพิ่มจำนวนและการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว Liu *et al.* (2013) รายงานปลาชนิดที่ได้รับโปรไบโอติก *Lactobacillus* spp. มีการทำงานของไซโตไคน์ IL-1 β , TGF β และ TNF α เพิ่มขึ้น

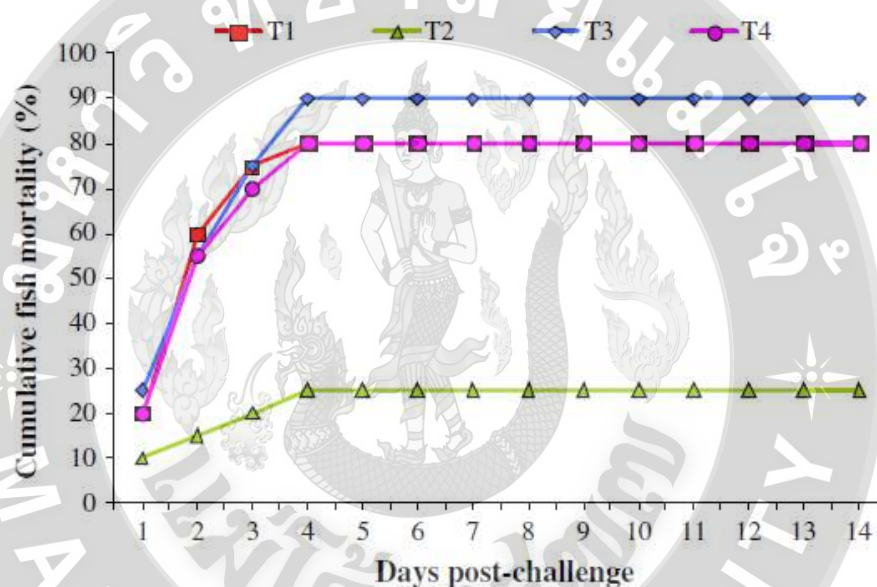
TGF- β การทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นกลไกการควบคุมอุณหภูมิร่างกายในขณะที่อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพทางสรีรวิทยาและภายในเซลล์ร่างกายของสัตว์ ในระดับโมเลกุลเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเมื่อเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนจะตอบสนองโดยการสร้างโปรตีนจำเพาะชื่อ heat shock protein (HSP) ซึ่งโปรตีนที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษามากคือ กลุ่ม HSP70 เนื่องจากเป็นโปรตีนกลุ่มที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Kregel, 2002) จากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับ HSP70 พบว่าหากพบโปรตีน HSP70 ในปริมาณมากแสดงถึงความสามารถทนต่อความร้อนได้ดี (สุรางคนา, 2551) HSP70 ยังสามารถพบในปลาที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นสูง คุณภาพไม่ดีหรือได้รับอาหารไม่เหมาะสม (Rollo *et al.*, 2006) โดยทั่วไปการแสดงออกของ HSP70 จะลดลงในปลาที่ได้รับโปรไบโอติก (Avella *et al.*, 2010)

ส่วนการวิจัยในด้านของการใช้แบคทีเรียที่ผสมเชื้อที่ได้จากปลานิลดำที่แข็งแรงที่ใช้เลี้ยงปลานิลนั้น โดยใช้วิธีผสมเชื้อแบคทีเรียตามเปอร์เซ็นต์ลงในอาหาร แล้วทดลองให้ปลานิลกิน หลังจากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายตามแผนการวิจัยที่กำหนดไว้ ผลการวิจัยพบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลทั่วไปประมาณ 1 ไม่เกิน 2 เพราะฉะนั้นอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าปกติ อาจเกิดจากการให้อาหารมากเกินไปเกินความต้องการของปลานิล

Aly *et al.* (2008) กล่าวว่า *B. pumilus* อาจจะใช้เป็นโปรไบโอติกสำหรับควบคุมการติดเชื้อ *A. hydrophila* ในปลานิล สำหรับงานทดลองนี้ปลานิลที่ได้รับการฉีดเชื้อแบคทีเรีย จะมีอัตราการรอดสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีการผสมเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญาและอุบลรักษ์ (2552) ที่ได้แยกเชื้อแบคทีเรียจากระบบทางเดินอาหารของปลานิลจากฟาร์มปลากระชังในแม่น้ำมูล และคัดเลือกโปรไบโอติก *Bacillus* sp. ที่ไม่ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกและต่อต้านเชื้อ *Aeromonas hydrophila* เมื่อจัดจำแนกสายพันธุ์ด้วยวิธีทางชีวเคมี พบว่า เชื้อดังกล่าวมีลักษณะเป็น *B. brevis* จึงได้นำไปเสริมในอาหารปลานิล 3 ชุดการทดลองชุดการทดลองละ 3 ชั่วโมงถึงขนาด 150 ลิตร เปรียบเทียบกับกลุ่มให้อาหารปกติ กลุ่มเสริม Oxytetracyclin ร้อยละ 0.05 ในอาหาร และกลุ่มเสริม *Bacillus* sp. UBRU 4.1X10¹² เซลล์ ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม หลังจากเลี้ยง

ปลาเป็นเวลา 60 วัน จึงเลือกปลาที่แข็งแรงจำนวน 15 ตัว จากแต่ละกลุ่มมาทดลองศึกษาความต้านทานต่อ *Aeromonas hydrophila* ด้วยวิธี Challenge test เป็นเวลา 14 วัน ตรวจวัดอัตราการรอดพบว่า อัตราการรอดของปลากลุ่มทดลองที่ 1 – 3 คือ ร้อยละ 30, 50 และ 60 ตามลำดับ

อัตราการตายของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก *M. luteus* 10^7 เซลล์ต่ออาหาร 1 กรัม ลดลงหลังได้รับเชื้อ *A. hydrophila* นิดเข้าสู่ช่องท้อง (Abd El-Rhman *et al.*, 2009) (ภาพที่ 72) ปลานิลที่ได้รับอาหารผสม *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus acidophilus* จะมีการตายลดลงเมื่อได้รับเชื้อ *A. hydrophila* หรือ *P. fluorescens* (Aly *et al.*, 2008)



ภาพที่ 72 อัตราการตายของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก นาน 90 วัน

แล้วทดสอบความสามารถในการต้านทานเชื้อโรค *A. hydrophila*

(T1 = อาหารชุดควบคุม, T2 = อาหารผสม *M. luteus*, T3 = อาหารผสม

Pseudomonas sp., T4 = อาหารผสมแบคทีเรีย *M. luteus* และ *Pseudomonas* sp.)

จะเห็นได้ว่า การใช้โปรไบโอติกมีประโยชน์ต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ควรศึกษาถึงปริมาณที่ใช้ที่เหมาะสม รวมทั้งหาเทคนิคในการเก็บรักษาโปรไบโอติกให้อยู่ในสภาพที่มีชีวิตในสภาวะที่แห้ง

สรุปผลการวิจัย

โครงการย่อยที่ 1 : ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อดิน

1. ขนาดของปลานิลมีผลต่ออัตราการกรองน้ำเขียว โดยปลานิลขนาดเล็กจะมีอัตราการกรองน้ำเขียวมากกว่าปลานิลขนาดใหญ่ อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลจะเพิ่มสูงขึ้น ตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)
2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ใส่ในบ่อการทดลอง ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ในบ่อทดลองที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด ($p < 0.05$)
3. ผลผลิตปลานิลที่ให้อาหารในอัตรา 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีผลผลิตของปลานิลสูงสุด ($p \leq 0.05$)

โครงการย่อยที่ 2 : ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโต

ระบบการย่อยอาหาร และการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล (Nile tilapia: *Oreochromis niloticus*)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล จากการทดลองทั้ง 2 ส่วน คือ ในส่วนของการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง และการทดลองในตู้กระจก พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่เสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 CR7-8 และ CR10-5 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชัง พบว่าชุดที่เสริม CR7-8 ปลานิลมีขนาด และน้ำหนักสุดท้ายมากที่สุด อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) น้ำหนักที่เพิ่ม มีค่าสูงขึ้นเช่นกัน อัตราการรอดตาย (Survival%) ในชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) จำนวนปลาที่ตายเกิดจากการบอบช้ำจากการชั่งน้ำหนักสังเกตได้จากหลังชั่งน้ำหนักเป็นเวลา 1 วัน จะมีปลาดายลอยขึ้นมา ในชุดการทดลองที่เสริมด้วย CR1-2 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) และค่า Productive Protein value (PPV) สูงสุด ค่า Productive Fat value (PFV) ก่อนการทดลองมีค่าสูงกว่าหลังการทดลอง ในระหว่างการ

ทดลองทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ด้านคุณภาพเจริญเติบโต และคุณสมบัติของน้ำบางประการ ในบ่อเลี้ยงปลานิล (Multivariate analysis) พบว่า คุณภาพน้ำบางประการ แอมโมเนีย อุณหภูมิ ความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยการเจริญเติบโตของปลานิลในทุกชุดการทดลองที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ปลานิลทดลองที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และอัตราการรอดสูง เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 3-4 เดือน มีการศึกษาทางด้านโภชนาศาสตร์ของเนื้อปลานิลทดลองพบว่า ปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น 6 เปอร์เซ็นต์ ในเนื้อปลานิลที่เสริมด้วยโปรไบโอติกส์มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย

การศึกษาอัตราการต้านทานเชื้อก่อโรค P4, P6 และ AH ในตู้กระจกพบว่า ปลานิลที่เสริมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ CR1-2 มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด รองลงมาคือ CR10-5 ส่วนอัตราการรอด CR7-8 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ CR1-2 และ CR10-5 แต่มีค่าอัตราการรอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คุณภาพน้ำพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และคุณภาพทางด้านโภชนาศาสตร์ของเนื้อปลาในแต่ละชุดการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่าง จากการศึกษาทดลองวิจัยผลของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ทั้งส่วนที่เลี้ยงในกระชัง และในส่วนตู้กระจก พบว่า CR7-8 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้ปลานิลทดลองมีอัตราการเจริญ และอัตราการรอดจากเชื้อก่อโรคได้ดี และมีศักยภาพที่เหมาะสมในการจะนำจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์มาใช้ในระบบการเลี้ยงปลานิลต่อไป และมีการนำจุลินทรีย์เฉพาะถิ่นในปลานิลไปประยุกต์ใช้ในสัตว์น้ำชนิดอื่นได้ในอนาคตข้างหน้า

โครงการย่อยที่ 3 : ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบด้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษปลานิล

สรุปผลการวิจัย

สาหร่ายเตามีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระและตรวจพบสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงนำสาหร่ายเตามาใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพของสัตว์น้ำโดยการเสริมสาหร่ายเตาระดับ 2.5, 5 และ 10% ในอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่า สาหร่ายเตาระดับ 2.5% มีผลเพิ่มน้ำหนักและอัตราการรอดได้ดีกว่าทุกกลุ่ม ถึงแม้ว่าจะเพิ่มระดับของสาหร่ายเตาเป็น 5 และ 10% ก็ตาม แสดงว่าการเสริมสาหร่ายเตาระดับ 2.5% ในอาหารปลาเป็นระดับที่ให้ผลสูงสุด

ในสาหร่ายเตาเสริมในอาหารปลานิลโดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า มีการลดลงของระดับลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อเยื่อไตและตับของปลานิล โดยที่ระดับ MDA หรือการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อเยื่อไตของปลานิลที่ให้อาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ 5 และ 10% พบการลดลงของระดับ MDA ได้ตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการทดลอง ส่วนในเนื้อเยื่อตับจะพบการลดลงในเดือนที่ 4 เท่านั้น และในพลาสมาให้ผลระดับ MDA จากการเลี้ยงอาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 2.5% ในเดือนที่ 2 ของการเลี้ยงเท่านั้น อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับระดับเอนไซม์ด้านอนุมูลอิสระในเนื้อเยื่อไตและตับของปลานิล พบว่ามีระดับของเอนไซม์ SOD, CAT และ GPx ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะระดับ SOD ในไตของปลานิลมีระดับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 10% นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับกลูตาไทโอนรวม (total GSH) และรีดิวซ์กลูตาไทโอน (reduced GSH) เพิ่มขึ้น ร่วมกับการลดลงของระดับออกซิไดส์กลูตาไทโอน (GSSG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเสริมสาหร่ายเตาที่ระดับ 2.5 และ 5% อีกด้วย ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมสาหร่ายเตาในอาหารปลาช่วยให้มีการลดลงของอนุมูลอิสระจากการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันและเพิ่มการสร้างสารกลูตาไทโอนและเอนไซม์ด้านอนุมูลอิสระ SOD ในตัวปลา ส่งผลให้ลดหรือป้องกันภาวะ oxidative stress ได้ ช่วยทำให้ปลาอัตราการรอดสูง ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ดังนั้นสาหร่ายเตามีศักยภาพในการเป็นอาหารเสริมในปลา สามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

โครงการย่อยที่ 4 : การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก

สรุปผลการวิจัย

การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก พบว่า ปลานิลมีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยระหว่าง 174.28 ± 5.42 - 198.94 ± 5.06 กรัม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 96.95 ± 13.99 - 105.08 ± 13.40 กรัม ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 38.40 ± 1.70 - 43.94 ± 2.91 เซนติเมตร ความยาวที่เพิ่มขึ้น 11.97 ± 0.62 - 12.57 ± 0.62 เซนติเมตร และอัตราการเจริญเติบโต 0.81 ± 0.07 - 1.00 ± 0.07 กรัมต่อวัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ทุกปัจจัยเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ประสิทธิภาพการผลิตของผักกาดหอม พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกาดหอม ใน ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.84 ± 0.19 , 18.00 ± 1.41 และ 18.84 ± 0.53 เซนติเมตร (ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ ซึ่งถ้าพิจารณาจากคุณภาพน้ำที่พบว่าปริมาณไนโตรเจนในไนโตรเจนของชุดการทดลองที่ 1 ก็มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยสารละลายธาตุอาหารที่ไหลออกจากถังเลี้ยงปลาจะมีปริมาณไนโตรเจน และฟอสเฟตจากของเสียของปลาเพิ่มขึ้น จึงอาจคาดได้ว่าความสูงของผักกาดหอมที่สูงสุดในชุดการทดลองที่ 1 น่าจะมีผลมาจากปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (1.084 ± 0.154) ที่สูงกว่าชุดการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ปลานิลเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 50-100 ตัวต่อบ่อ มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน และการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นดังกล่าวร่วมกับการปลูกผักกาดหอมในระบบน้ำหมุนเวียนให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ด้วยระบบปิดร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่

ใช้ดินทำให้ของเสียจากการเลี้ยงปลาซึ่งอยู่ในรูปของไนโตรเจนประมาณ 70-75 เปอร์เซ็นต์ จะถูกกำจัดภายในระบบ โดยถูกนำไปใช้เป็นสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของผักกาดหอม แทนการถ่ายเทน้ำจากการเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไป แต่จากการวิจัยยังพบการตกค้างของตะกอนจากอาหารเหลือและของเสียจากปลาที่ค้างในระบบท่อพักซึ่งควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบบำบัดที่สามารถแยกตะกอนดังกล่าวออกไปใช้ประโยชน์ การจัดการเลี้ยงปลานิลในระบบปิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และเน้นระบบการเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสมโดยคำนึงถึงต้นทุนการผลิตมาประกอบ จึงอาจเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกรที่มีอาชีพเพาะเลี้ยงปลานิลเพื่อให้การผลิตปลานิลมีมาตรฐานและมีคุณภาพต่อไป

โครงการย่อยที่ 5 : ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดต่างต่อผลผลิต และคุณภาพของเนื้อปลานิลแฉะแช่แข็ง

สรุปผลการวิจัย

1. การผลิตปลานิลแฉะแช่แข็งโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ประกอบด้วย สารประกอบฟอสเฟตในรูปสารละลาย ความเข้มข้น 1.4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ผสมกับเกลือ 2.7 เปอร์เซ็นต์ (w/v) แช่ตัวอย่างเนื้อปลานิลแฉะแบบไม่คืดหนังและก้างขนาดชิ้น น้ำหนัก 100-150 กรัมต่อชิ้น นาน 115 นาที โดยที่อุณหภูมิสารละลายฟอสเฟตเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส การแช่แข็งแบบ air blast freezing อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา ประมาณ 20 นาที จนอุณหภูมิจุดกลางชิ้นปลาเป็น -30 องศาเซลเซียส และเคลือบด้วยน้ำเย็น บรรจุชิ้นปลาในถุงซิปล็อก (Ziploc) ถุงละ 1 ชิ้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 เดือน และสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อปลานิลแฉะแช่แข็ง เปรียบเทียบกับหน่วยทดลองเปรียบเทียบ (control) ที่ไม่ใช้สารฟอสเฟต
2. คุณภาพทางเคมี ได้แก่ เนื้อปลานิลที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบทางเคมีของ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า เท่ากับ 17.33 2.54 75.73 และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่า pH ลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลานิลแฉะแช่แข็งชนิดที่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟตผสมเกลือ (STPP+NaCl) และไม่ผ่านการแช่ (Control) มีค่าใกล้เคียงกันในทุกเดือนระหว่างการเก็บรักษา โดยที่ตัวอย่าง STPP+NaCl

มีค่าสูงกว่า Control เล็กน้อย ค่า TVB-N ในตัวอย่าง Control มีค่าสูงกว่ากลุ่มตัวอย่าง STPP+NaCl และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณ TBA ของ Control และ STPP+NaCl มีปริมาณ 0.01- 0.02 mg malondialdehyde/kg sample และปริมาณฟอสเฟตในกลุ่ม STPP+NaCl และ Control มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ในทุกตัวอย่างมีปริมาณฟอสเฟตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อปลาแช่แข็ง คือไม่ให้เกิน 5000 mg/kg

3. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากแช่เนื้อปลานิลแช่ในสารละลายของชุดตัวอย่าง Control และ STPP+NaCl มีค่าเท่ากับ 3.67 ± 2.43 และ 5.36 ± 0.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการละลาย ระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 ตัวอย่าง น้ำหนักที่สูญเสียหลังการหุงต้มตัวอย่าง Control จะมีค่าการสูญเสียหลังการหุงต้มสูงกว่าตัวอย่าง STPP+NaCl ปริมาณผลได้หลังการหุงต้มของกลุ่ม STPP+NaCl มีค่าสูงกว่า Control แต่พบว่าการเก็บรักษาที่ระยะ 8 เดือนไม่มีผลต่อค่าปริมาณผลได้หลังการหุงต้ม ค่าสีของเนื้อปลานิลแช่แข็ง มีค่า L^* ที่แตกต่างกันในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น และความสว่างของ STPP+NaCl จะมีค่ามากกว่า Control ส่วนค่า a^* b^* C^* และ h^* มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ระหว่าง Control กับ STPP+NaCl แต่เมื่อเก็บรักษาเนื้อปลานิลแช่แข็งเป็นระยะเวลานานขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C^* ลักษณะเนื้อสัมผัสของปลานิลแช่แข็งมีการเปลี่ยนแปลงโดยค่า hardness และ gumminess ของปลานิลแช่แข็งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่วนค่า adhesiveness และ cohesiveness ในแต่ละเดือนของการเก็บรักษาของทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน
4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน ประเมินคุณลักษณะของเนื้อปลานิลแช่แข็งที่ผ่านการทำละลายแล้ว โดยประเมินทั้งเนื้อปลาดิบ และเนื้อปลาสุก พบว่าค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของปลานิลแช่ดิบระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือน ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ส่วนค่าคะแนนความชอบของเนื้อปลานิลสุก ด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัส ในกลุ่ม STPP+NaCl มีค่าสูงกว่าตัวอย่าง Control ค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น และรสชาติของตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละเดือนมีค่าไม่แตกต่างกัน
5. คุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ total aerobic psychrophilic และ total aerobic mesophilic พบว่าในตัวอย่างปลานิลแช่ทั้งสองตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง $4 \log \text{cfu/g}$ โดยที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดในตัวอย่างปลานิลแช่แข็งที่ผ่านการแช่ด้วยสารโซเดียมไตรฟอสเฟตผสมเกลือจะมีจำนวนต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ฟอสเฟต

โครงการย่อยที่ 6 : การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย:

การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

สรุปผลการวิจัย

1. จากการติดตามตรวจสอบระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB) ในน้ำ ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน โดยทำการศึกษาในบ่อดิน อำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 6 บ่อ เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ในตัวอย่างน้ำ ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลา มีปริมาณ จีออสมินเฉลี่ย 11.14 ± 4.23 ไมโครกรัมต่อลิตร, 3.12 ± 1.17 และ 2.14 ± 1.02 ไมโครกรัมต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณเอ็มไอบีเฉลี่ย 23.34 ± 9.07 ไมโครกรัมต่อลิตร, 19.22 ± 5.15 และ 2.21 ± 1.90 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าระดับของกลิ่นไม่พึง ประสงค์ที่พบในเนื้อปลานิลสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ (Threshold level) ส่วนชนิดของแพลงก์ ตอนพืชที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ พบ *Oscillatoria* spp. เป็นสปีชีส์เด่น รองลงมาคือ *Anabaena* spp.
2. จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แทนการเลี้ยงสัตว์กับบ่อน้ำบ่อ ทั้งนี้เพื่อลดกลิ่นและ เพิ่มคุณค่าของผลผลิตในบ่อเลี้ยงปลา โดยทำการเลี้ยงที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 9 บ่อ เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า บ่อที่ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยงมี ค่าความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่าบ่ออื่นๆ ทั้งตัวอย่างน้ำ ดิน และเนื้อปลา นิล และในบ่อที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อร่วมกับการให้อาหารตลอดการเลี้ยงมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วน ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ พบ *Anabaena* spp. เป็นสปีชีส์เด่น รองลงมา คือ *Oscillatoria* spp.

โครงการย่อยที่ 7 : การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล

สรุปผลการวิจัย

ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมแบคทีเรียที่ได้จากปลานิลที่แข็งแรงโตเร็ว จะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มอัตราการรอดจากการติดเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงต้นทุน ปริมาณและระยะเวลาที่ให้ควบคู่ไปด้วย รวมทั้งต้องมีการศึกษาถึงผลของปัจจัยแวดล้อมในบ่อต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก

เอกสารอ้างอิง

- กรทิพย์ กันนิการ์, คุณฤดี ปานพรหมมินทร์, นิวุติ หวังชัย และชนกันต์ จิตมนัส. 2552. **ผลของการใช้บริเวอรี่สตีในอาหารปลานิลต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4904048.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล: 16 กุมภาพันธ์ 2555).
- กรมควบคุมมลพิษ. 2542. **รายงานสถานการณ์ และการจัดปัญหามลพิษทางน้ำ.** กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.
- กรมประมง. 2540. **ผลของความหนาแน่นและความขุ่นของน้ำต่อการผลิตกุ้งฝอยในบ่อซีเมนต์.** กรมประมง. 3-39 หน้า.
- กรมประมง. 2551. **การเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน.** เข้าถึงที่ http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp?ArticleID=198 สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2556.
- กรมปศุสัตว์. 2533. **พระราชบัญญัติสถานพยาบาลสัตว์ พ.ศ. 2533.** แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/region5/images/stories/region5/law/act_clinic2533.pdf, สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2555.
- กรมปศุสัตว์. 2551. **ความหลากหลายทางชีวภาพกับการผลิตปศุสัตว์ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง.** แหล่งที่มา www.dld.go.th/biodiversity/chm/research/document/biodiversity/7.pdf, สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2555.
- กรมวิชาการเกษตร. 2540. **การจัดการฟาร์มสุกร.** กรุงเทพมหานคร.
- กรมศุลกากร. 2556. **สถิติการนำเข้า-ส่งออกสินค้าของไทย.** <http://internet1.customs.go.th/ext/Statistic/StatisticIndex2550.jsp> <6/10/2556>
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2525. **เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์.** คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร.
- กาญจนาภรณ์ ลิ้มโนมนต์. 2527. **สาหร่าย.** คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กิตติ บุญเลิศนิรันดร์. 2547. **เทคโนโลยีการปลูกพืชไม่ใช้ดิน.** ศูนย์คลินิกเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา. 81 น.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2539. **เอกสารประกอบการสอน วิชา พล.301 หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 212 น.

- โกมุท อุ๋นศรี และปรีชา เชียรเจริญ. 2536. การเลี้ยงปลานิลอเมริกันในคอก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 27/2536 กองประมงน้ำจืด. กรมประมง. 24 หน้า.
- โกสินทร์ พัฒนมน. 2544. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 112 หน้า.
- ขจรเกียรติ ศรีนวลสม, บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจกมล พรหมยะ. 2551. ความหลากหลาย ปริมาณ แพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน.
แหล่งที่มา: <http://www.fishtech.mju.ac.th/fishnew1/LearnCenter/journalPDF/rEXKDI1Fri105920.pdf>, สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2555.
- ศิริ กอนันตกุล. 2549. การเลี้ยงปลานิลในกระชัง. ศูนย์ประสานงานสารสนเทศ สาขาเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ หน้า 27-58.
- จกมล พรหมยะ. 2552. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- จรวาย ไฟทอง. 2548. ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดเบส ต่อผลผลิต และคุณภาพของกุ้งขาวแวนนาไมดัดแปรเยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาผลิตภัณฑ์ประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- จรัญ จันทลักษณ์. 2544. ปศุสัตว์กับชีวิตและสิ่งแวดล้อม. สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. หน้า 52-66.
- จตุพงษ์ มณีมัย, วิศณุ บุญญาวิวัฒน์ และพิกุล จิรวาณิชไพศาล. 2546. ผลของ Probiotic bacteria ในการป้องกันการก่อโรคของเชื้อ *Vibrio harveyi* D1526 ในลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาва. กรุงเทพฯ: การวิจัยของนิสิตสัตวแพทยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 23 น.
- จิตติวัฒนา เหลืองบำรุง เต็มดวง สมศิริ และสุดา ตันทวนิช. 2550. การเกิดโรค *Aeromonas hydrophila* ในกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii*. วารสารการประมง มีนาคม – เมษายน, 60: 147-151 น.
- จันทร์สว่าง งามผ่องใส. 2538. คุณภาพน้ำและการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการเลี้ยงปลาอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 115 น.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาโรคปลา. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 156 น.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2556. โรคปลานิล. เชียงใหม่สัตวแพทยสาร. 11(1): 75 – 86.
- ชนกันต์ จิตมนัส และคณะ. 2550. แบบที่เรียที่แยกจากปลานิลซึ่งเลี้ยงในระบบต่างกันบริเวณหมู่บ้านแม่แก้ว จ.เชียงใหม่. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

- ชนกันต์ จิตมนัส, ภาสรินทร์ สารมาศ และน้ำเพชร ประกอบศิลป์. 2556. **แบคทีเรียที่แยกจากปลา
นิลซึ่งเลี้ยงในระบบต่างกัน บริเวณหมู่บ้านแม่แก้ว จ.เชียงใหม่**. เชียงใหม่: ภาควิชา
เทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่. 8 น.
- ชาติชาย คงประเสริฐ. 2536. **การเลี้ยงปลา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์เกษตรบุ๊ค, นนทบุรี. 233 หน้า.
- ชะลอ ลิ่มสุวรรณ. **แนวทางการเลี้ยงกุ้งหน้าฝน**. วารสารอะควาฟาร์มมิ่ง 5: 30-36.
- ชุติมา ตันตีกิตติ และ กิจการ สุขมาตย์. 2552. **ผลของแร่ธาตุสังกะสีต่อการเจริญเติบโต ระบบ
ภูมิคุ้มกัน ความต้านทานโรค และพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในปลานิลแดงแปลงเพศ**
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวชิรศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชัชวิน เพชรเลิศ. 2549. **ฟรีไบโอติกส์คืออะไร**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
http://www.uniservbuu.ac.th: /forum2/topic.asp?TOPIC_ID=1375
(วันที่ค้นข้อมูล: 15 กุมภาพันธ์ 2555).
- ชัยวุฒิ สุตทองคง. 2551. **การใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งขาว
(Penaeus vannamei) แบบพัฒนา**. ใน **สัมมนาวิชาการด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
ประจำปี 2551 ณ โรงแรมเวียงอินน์ จังหวัดเชียงราย 15-19 มิถุนายน 2551**. กรุงเทพฯ:
สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง.
- จิตกานต์ ปัญญาใหญ่. 2551. **กิจกรรมด้านออกซิเดชันของสาหร่ายเตา**. การค้นคว้าแบบอิสระ วิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยาวิทยา ภาควิชาชีววิทยาวิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ดวงกมล แสนสวาท นิอุบล กิจอันเจริญ ชุติมา หาญจวนิช และพรทิพย์ วงศ์แก้ว. 2552. **การทดสอบ
ผลของไคโตซานต่อการทำงานของเซลล์จับกินในปลานิล**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :
<http://intranet.gs.kku.ac.th/ejournal/index.php/gs/article/view/155>.
(วันที่ค้นข้อมูล: 29 กุมภาพันธ์ 2555).
- ดวงพร อมรเลิศพิศาล กฤษณา ดวงจันทร์ ดวงดา กาญจนโพธิ์ ธวัช แต่โสติกุล และยูวดี พิรพรพิ
ศาล. 2555. **ฤทธิ์ปกป้องแผลกระเพาะอาหารของสาหร่ายเตา**. **ว.วิทยาศาสตร์ มข.** 236-241.
- ดำรงค์ โลหะถึกษณาเดช; กฤษณา พรหมณัฐอม; วิกิจ ผินรับ; ณิชมา มาชู. 2555. **การเลี้ยงปลานิล
ร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique**. **รายงานการ
ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50**: กรุงเทพฯ. 447 - 454.
- ถาวร จิระโสภณรักษ์. 2530. **การเลี้ยงปลาคุกด่านในบ่อคอนกรีตแบบน้ำไหลผ่าน**. **เอกสารวิชาการ
ฉบับที่ 1**. ระยอง: สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดระยอง กรมประมง. 16. น.

ทวิทรัพย์ ศรีนาถ. 2542. การกำจัดกลิ่นโคลนในปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ทศพร เรื่องรักย์ลิขิต. 2547. แยกแกลตติกแอซิดแบคทีเรียจากทางเดินอาหารของปลากะพงขาว.

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://cuir.car.chula.ac.th>. (14 กันยายน 2554).

ทศพร เรื่องรักย์ลิขิต. 2547. แกลตติกแอซิดแบคทีเรียที่ใช้เป็นโพรไบโอติกสำหรับปลากะพงขาว *Lates calcarifer*. วิทยานิพนธ์. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 165 หน้า.

เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ. 2556. การถนอมรักษาเนื้อสัตว์. [ระบบออนไลน์ได้]. แหล่งที่มา <http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning46/ft470/chapter06.doc> (22 เมษายน 2556).

เทพรัตน์ อังเศรษฐพันธ์ สุเทพ ปันธิวงศ์ สมบูรณ์ ใจปิ่นตา ประจวบ ฉายบุญ สุดปรางค์ มณีสรี และรุ่งกานต์ อำไพพงศ์. 2545. แนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่. รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย PDG45N0008.85 น.

ธารรัตน์ ศุภศิริ. 2542. “PROBIOTIC: แบคทีเรียเพื่อสุขภาพ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://jimmysiri.blogspot.com/2011_09_01_archive.html (วันที่ค้นข้อมูล: 26 กุมภาพันธ์ 2555).

ธรรมรักษ์ ละอองนวล. 2541. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. อุบลราชธานี: คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี. 212 น.

ธำรงค์ อมรสกุล. 2528. คุณสมบัติของน้ำในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียนที่เลี้ยงปลาตู้ด้านในระบบการปล่อยที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 90 น.

ธีระศักดิ์ เกษม. 2551. ผลของการเสริมวิตามินซี และโพรไบโอติกส์ในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลากุ้ย. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 56 น.

ธำรงค์ ประเสริฐ. 2542. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จิดสมบูรณ์ชล; วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นงนุช เลหาะวิสุทธิ. 2544. ระบบการเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้น้ำใน ระบบปิด. วารสารเคหะการเกษตร 25 (7): 205-215

นงเยาว์ มุนจันทา. 2550. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://nongyao1201.wordpress.com>. (วันที่ค้นข้อมูล: 14 เมษายน 2556).

นิตยสารการเกษตร. 2550. การเลี้ยงปลานิลในกระชัง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://www.farmkaset.org/contents/?content=00225> (10 สิงหาคม 2556).

นิลบล ชูอาส, ชุตินา หาญจวนิช และนางนุช สุวรรณเพ็ง. 2545. การพัฒนาวิธีการในการป้องกัน

รักษาโรคที่เกิดกับปลาที่เลี้ยงในกระชังในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น:

มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 27 น.

นันทนา คชเสนี. 2536. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

177 น.

นันทิมา สุทธิวรรณกุล. 2546. ผลการปลูกพันธุ์ไม้น้ำร่วมกับระบบเลี้ยงปลาในระบบต่าง ๆ ที่มีต่อ

ผลผลิตและคุณภาพน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า

คุณทหารลาดกระบัง. 71 น.

นรสิงห์ เพ็ญประไพ, มาโนช ขำเจริญ และชุตินุช สุจริต. 2549. การศึกษาชนิดและปริมาณแบคทีเรีย

ในระบบทางเดินอาหารและการประยุกต์ใช้โปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. ตีพิมพ์: คณะ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยา

เขต ตรัง. 34-56 น.

นิวุฒิ หวังชัย. 2556. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากร

ทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 226 น.

นิวุฒิ หวัง และบัญชา ทองมี. 2555. การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย

: การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์.

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 32 น.

นิวุฒิ หวัง และสุปราณี วิกรัยบุรณ. 2556. การพัฒนากระบวนการผลิตปลาเพาะลูกผสมแบบ

อินทรีย์ให้ปลอดจากกลิ่นไม่พึงประสงค์: การกำจัดไซยาโนแบคทีเรียที่สร้างกลิ่นไม่พึง

ประสงค์โดยใช้ปลานิล. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. 52 น.

นุรฮาซีกิน สุลุดอโรอิง. 2547. นิเวศวิทยาจุลินทรีย์. ยะลา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 26 น.

นันทนา คชเสนี. 2544. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร,

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. 2546. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การ

ปรับเปลี่ยนบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา

- บุญเลิศ ดีเด่น. 2537. การใช้ผักแต่ใหม่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารไก่กระตังและไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญศรี จงเสรีจิตต์, ศุสดี นาคพลายพันธุ์ และสุวบุญ จิระชาญชัย .2547. “การยับยั้งแบคทีเรียในอาหารโดยไลโคซาน”. วารสารวิทยาศาสตร์. 58, 2: 88 – 95.
- บัญชา ทองมี. 2549. ผลของความชุ่มชื้นของน้ำต่อการเจริญและอัตราการรอดของลูกปลานิลในบ่อซีเมนต์. ใน การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 44 น.
- บัญญัติ มณฑิรอาสน์. 2533. แพลงก์ตอนวิทยา. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่ 316 น.
- ไบโอเทค. 2554. กลไกการทำงานของโปรไบโอติกส์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.click2chiangmai.com> (10 สิงหาคม 2554).
- ไบโอฟู้ด. 2556. โพลีแซคคาไรด์แปปไทด์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.au-om.com/psp3.asp> (24 กรกฎาคม 2556).
- ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2527. ปลานิลแดง. วารสารการประมง 37: 229 – 234.
- ปณรัตน์ ผาดี. 2552. โรคและการวินิจฉัยโรคปลา. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 192 น.
- ประพันธ์ศักดิ์ ศิริษะภูมิ และนนทวิทย์ อารีย์ชน. 2555. โรคที่เป็นสาเหตุของการตายที่รุนแรงของปลานิลในประเทศไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.rdi.ku.ac.th> (10 สิงหาคม 2554).
- ปวเรศวร อินทุเศรษฐ, ศศิวิมล ปิติพรชัย, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, บดินทร์ อธิพิงษ์ และสิริรัตน์ จงฤทธิพร. 2549. การใช้แบคทีเรียแลคติกเป็นโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ชลบุรี: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดชลบุรี กรมประมง, 45 78 น.
- ปิยนันท์ เผ่ามวง นันทยา จงใจเทศ และอัญชลี มหาเทียน. 2551. ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. 31(1): 92-101.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2537). 2537. เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เล่ม 111 ตอนที่ 162 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.
- ประเทือง เชาววิกกลาง. 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. ลำปาง: คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง. 86 น.
- ปารมี จินดาจาง. การลงทุนทำธุรกิจฟาร์มอนุบาลลูกปลานิลในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่ <http://gsbooks.gs.kku.ac.th/54/grc12/files/hmp8.pdf>. (วันที่ค้นข้อมูล: 28 กุมภาพันธ์ 2555).

- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหาหมอกพิษ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- ปัญญา สุวรรณสมุทร. ปลาในกระชัง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น, กรุงเทพฯ. หน้า. 11
- พรศิริ ตูลาภิรักษ์. 2544. ความหลากหลายทางชีววิทยาของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยืดยีเคาะแล สหสัมพันธ์เชิงอาหารในปลากินพืชบางชนิด ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล; วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พาขวัญ ทองรักษ์. 2546. การยืดอายุการเก็บรักษาปลาทัตทิมาแล้แซ่เย็นโดยวิธีการจุ่มน้ำร้อนและกรด แล็กติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาผลิตภัณฑ์ประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- พุทรา เชื้อจันทร์. 2549. การแยกแบคทีเรียบาซิลลัส จากมูลไก่ เพื่อใช้เป็นโปรไบโอติกส์. มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 67 น.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2535. หลักอาหารสัตว์ เล่ม 1 โภชนะ. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. หลักอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. สำนักพิมพ์ โอ.เอส. พรีเมียมแฮส, กรุงเทพฯ. 576 น.
- พันธุ์ธิดา อนันต์, จารุณี เกสรพิกุล, สุรวดี ชะลอตันติสกุล และสาธิต บุญน้อม. 2554. การแยก เชื้อและคุณสมบัติทางชีวเคมีของแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ที่แยกได้จากปลานิล. เพชรบุรี: คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศ เพชรบุรี วารสารคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. 8-14 น.
- พีร์ เหมะรัชตะ. 2551. ความสำคัญของ Probiotics ต่อการแพทย์. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะ แพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์เวชสาร. 52, 3: 193 – 204.
- ภัทริดา ไปฏุก, ชลอ ลิมสุวรรณ, วัชรียา ภูริวิโรจน์กุล และนิติ ชูเชิด. 2556. ผลของการใช้แบคทีเรีย สกุล *Bacillus* spp. ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Aeromonas hydrophila* และ *Streptococcus agalactiae* ในปลานิล (*Oreochromis niloticus*). กรุงเทพฯ: คณะ มนต์สรวง ขางทอง. 2549 “บทบาทของไคติน – ไคโตซานต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ”. วารสาร มยุรี จัวยวัฒน์. 2532. การให้ความเย็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ. 1-7 น.
- มันสิน ตันทุลเวศน์. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 214 น.
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. กรุงเทพฯ. 156-181 น.

- ยุทธพล คงกระจำัง และนนนุช เลาหะวิสุทธิ. 2555. การใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus spp.* เป็นโปรไบโอติกส์ที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด และปริมาณเชื้อไวรัสในกุ้งขาวแวนนาไม. กรุงเทพฯ: วิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 8 น.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุวดี พิรพรพิศาล จิตกานต์ ปัญญาใหญ่ และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบของสาหร่ายเตา. ว.วิทยาศาสตร์ มข. 40 (1): 228-235.
- ยุวดี พิรพรพิศาล ดวงพร อมรเลิศพิศาล ดวงดา กาญจนโพธิ์ ธวัช เต๋โสติกุล ญาณี พงษ์ไพบูลย์ และสุดาพร คงศิริ. 2552. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเวชสำอาง. รายงานผลการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 62 หน้า.
- ยุวดี พิรพรพิศาล สนิท มกรแก้วเกยูร อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล ดวงพร อมรเลิศพิศาล จีรพร เพกเกาะสุดาพร คงศิริ. และคณะ. 2549. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา. รายงานผลการวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 189 หน้า.
- รัชนิวรรณ ทวีแก้ว. 2554. โปรไบโอติกกับเทคนิคการแยกเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียจากตัวอย่างปลา และกุ้งก้ามกราม. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://web.yru.ac.th/dolah/notes/4034605-2-48/PTR-12/PRT_404652007-12.pdf. (22 เมษายน 2556).
- รัตนสุตา ไชยเชษฐ์. 2554. การใช้โอเอ็มเป็นโปรไบโอติกส์ในอาหารปลาโมง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. กุมภาพันธ์ 16 (2): 136 -144 น.
- วิญญู ภูติจันทร์. 2549. วิทยาศาสตร์สาหร่าย (Phycology). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 787 น.
- วลัยพร ทิมบุญธรรม, มังกร โรจน์ประภากร, สุริยา สาสนรักกิจ และเสรี เจริญกิจมงคล. 2549. การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ใน การประชุมสัมมนาทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 370-377 น.

- วิลาวัณย์ ร่มรวาย สุรวัดน์ ชะลอสันติสกุล สมฤดี ศิลาฤดี และจารุณี เกษรพิกุล. 2554. ผลของคิว.พี. โปรไบโอติกส์ต่อการเจริญเติบโตของปลานิล. เพชรบุรี: วารสารคณะสัตวศาสตร์และสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2(3): 7 น.
- วันดี วราวิทย์. 2551. โปรไบโอติกและพรีไบโอติก (Probiotics and Prebiotics). วารสารคลินิก เล่ม: 278 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://dev.doctor.or.th/node/6931> (19 กุมภาพันธ์ 2556).
- เวียง. 2542. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอาหารสัตว์น้ำ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.media.rmutt.ac.th/media/CBT/Agriculture/.../unit201.html. (30 มีนาคม 2555)
- วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 166 น.
- วิไลลักษณ์ กิจชนะพานิช. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2532. “ยีสต์มีชีวิตในอาหารโคนม”. วารสารโคนม. 9, 4 : 22-24.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดตาก. 2553. คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลานิล. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th/iftak/web2index.php?option=com> (13 มีนาคม 2556).
- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. หน้า. 201
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ. 2540. การเพาะเลี้ยงปลานิลเทศผู้ล้น. ประทุมธานี: กรมประมง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 22 น..
- สนธิ แดงสกุล และลิลา เรืองเป็ง. 2541. ประสิทธิภาพของโปรไบโอติกส์ที่ผลิตจาก *Bacillus* เพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วารสารการประมง, 51(5): 446-456 น.
- สงศรี มหาสวัสดิ์ และ รุ่งกานต์ กล้าหาญ. 2553. สรีรวิทยาของปลาในลุ่มน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4104043.pdf>. (วันที่ค้นข้อมูล: 29 กุมภาพันธ์ 2555).
- สิริรัตน์ จงฤทธิพรหม, อธิยา กังสุวรรณ และสุติป कुमार. 2546. “การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคโดยโคโคซาน”. วารสารการประมง .56, 2 :139-143.
- สุกัญญา จิตตพรพงษ์ อุทัย คันโช และ ปณิมา อุ้งสูงเนิน. 2550. การพัฒนาของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ สำหรับพืชเศรษฐกิจในจังหวัดนครปฐม. เข้าถึงที่ http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/animal/10_animal/10_animal.html#author สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2555.

- สุกัญญา นิคมณี. 2552. ศักยภาพของการใช้โพรไบโอติก *Bacillus* ในอาหารปลานิลต่อการเจริญและความต้านทานโรคจากเชื้อ *Aeromonas hydrophila*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.sci.ubru.ac.th/microbio/images/stories/thesis/thesis52/09_52.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล: 21 กุมภาพันธ์ 2555).
- สุญาณี พงษ์ธนานิกร. 2549. **พรีไบโอติกและโพรไบโอติก: อาหารสุขภาพ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.giffarinethailand.com/th/interesting_info.php?nid=59 (23 มิถุนายน 2556).
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2544. **เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. **เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- สุบัณฑิต นิมรรัตน์, มานพ กาญจนบุรากร, ปิยาภรณ์ สมสมัคร, นเรศ เชื้อสุวรรณ, ปฎิมา ชัยพิริยะ ศักดิ์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2550. คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกส์ที่จำหน่ายในประเทศไทย. **วารสารการประมง** มกราคม-กุมภาพันธ์, 60 (1): 223-234 น.
- สุบัณฑิต นิมรรัตน์ และธรรณชัย ทองสนธิ. 2550. การใช้โพรไบโอติกส์ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. **วารสารการประมง** 60 (2) มีนาคม - เมษายน. 128-135 น.
- สุพรรณยา ทับทิมหิน วิทยา ทาวงศ์ สุปราณี วิกรัยบุรณ์ สุดาพร ตงศิริ และนิวุฒิ หวังชัย. 2551. **ผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตและการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลาบึก**. ประชุมวิชาการ “เสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2” มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สุภาพร สุกสีเหลือง. 2546. **มีนวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทพิมพ์ดีจำกัด, กรุงเทพฯ. หน้า. 122 – 123
- สุภัทร สุจริต. 2531. **กัญญาวิทยาการแพทย์**. โรงพิมพ์พิสิษฐ์การพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.
- สุรางคณา สุขเลิศ. 2551. **ผลของฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำเชื้อ แบบแผนโปรตีนและปริมาณ HSP70 ในน้ำเชื้อพ่อพันธุ์โคโฮลสไตน์-ฟรีเชียน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2547. **บทปฏิบัติการวิชาชลรีวิทยา**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิต กรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 38 น.
- ตัณชัย จตุรตฐา. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตเนื้อสัตว์**. โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 244 หน้า.
- สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2541. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร**. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. กรุงเทพฯ.

- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552 .
ศักยภาพการผลิตและการตลาดปลานิล . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/download/article/article_20090306163215.pdf (วันที่ค้นข้อมูล: 27 มกราคม 2555).
- เสนอ มีมงคลกุลดิลก. 2547. **กุ้งไทยไร้สารตกค้าง-โปรไบโอติกส์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.nicaonline.com/webboard/index.php?topic=1638.0>. (13 มีนาคม 2556).
- อภิพรณ พุกภักดี เอ็จ สโรบล จินดารัฐ วีระวุฒ พร รุ่งแจ้ง เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ อัมพร สวรรณเมฆ อริสรา สุขสถาน และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2541. **หลักการผลิตพืช**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 268 หน้า.
- อานัฐ ตันโช. 2548. **การศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืช: พืชในระบบปลูกพืชผักไร้ดิน**. เชียงใหม่: Trio Advertising & Media Co., Ltd. 167 น.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชไม้ใช้ดิน**. น 1-10. ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 4. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อุดม เรืองนพคุณ. 2549. **การเพาะพันธุ์ และเลี้ยงปลานิล**. กรุงเทพฯ: เกษตรสยามบุ๊คส์. 95 น.
- อุดม อริชชาติ และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2526. **การศึกษาชีววิทยาและการป้องกันกำจัดแมลงวันคอกสัตว์**. รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อุดมชัย อาภากุลอนู. 2553. **คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/iftak/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=53:2010-04-05-04-02-56&catid=22:2010-06-08-08-28-54. (17 กุมภาพันธ์ 2555).
- อุดม เรืองนพคุณ. 2547. **การเพาะพันธุ์และการเลี้ยงปลานิล**. อักษรเจริญทัศน์. กรุงเทพฯ. 5-10 หน้า.
- อุทัย กันโท. 2530. **การใช้เศษเหลือและผลิตผลพลอยได้ทางการเกษตรบางชนิดเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดียว**. สุนทรสาส์น. 13: 62-78.
- อนุวัติ อุปนันชัย และคณะ. 2551. **การใช้ยีสต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารกบนา**. รายงานการประชุม วิชาการประมง. กรมประมง. หน้า. 157 – 172.
- อุษาศิริ ศรีสกุล. 2547. **ระบบภูมิคุ้มกัน IMMUNOLOGY**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.cyberclass.msu.ac.th/cyberclass/cyberclass.../ImmunologyP_2_47_b2ee.doc. (วันที่ค้นข้อมูล: 27 กุมภาพันธ์ 2555).
- อัจฉรา หนูเพชร. 2547. **การคัดเลือกโปรไบโอติกส์แบคทีเรียแลคติกสำหรับมนุษย์ จากอาหารหมักของไทย**. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 659-670 น.

- เอกพล วัจนะชาต และปวีณา รัตนเสนา. 2555. ประสิทธิภาพของวัคซีนแบบฉีดที่ผลิตจากเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ที่ฆ่าด้วยฟอร์มาลินในปลาคูกลูกผสม (*Clarias macrocephalus*, *Clarias gariepinus*). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง มกราคม-มิถุนายน, 6 (1): 12 น.
- โอภา วัชรคุปต์ ปรีชา บุญสูง จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดดีสินทอง. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ. พี.เอส.พรินท์. กรุงเทพฯ.
- โอภา วัชรคุปต์ ปรีชา บุญสูง จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดดีสินทอง. 2550. สารต้านอนุมูลอิสระ. นิวไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- Abd El-Rhman, A.M., A.E. Yassir, Khattab, and M.E. Adel Shalaby. 2009. *Micrococcus luteus* and *Pseudomonas* species as probiotics for promoting the growth performance and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Fish & Shellfish Immunology Volume. 27(2) :** 175-180.
- Ahmad, I., Pacheco, M., Santos, M.A.m2004. Enzymatic and nonenzymatic antioxidants as an adaptation to phagocyte-induced damage in *Anguilla anguilla* L. following in situ harbor water exposure. **Ecotoxicol. Environ. Saf. 57:** 290-302.
- Ahmad, M., Mohsen, A. T. and. Yassir. A. E. K. 2000. Effect of Diet Atry Protein Levels on Growth Performance and Protein Utilization in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) with Different Initial Body Weight. **Journal Aquaculture Research**, 37 (14): 249-263.
- Al-Harbi, A.H. and Uddin, M. N. 2003. Seasonal Variation in the Intestinal Bacteria Flora of Hybrid Tilapia Cultured in Earthen Ponds in Saudi Arabia. **Journal Aquaculture**, 229: 37-44.
- Aly, M., Abd-El-Rahman A.M., John G. and Mohamed M.F. 2006. Characterization of Some Bacteria Isolated from *Oreochromis niloticus* and their Potential Use as Probiotics. **Journal Aquaculture**, 277 (1-2): 1-6.
- Aly, S.M., A.M. Abd-El-Rahman, G. John, and F.M. Mohamed. 2008. Characterization of some bacteria isolated from *Oreochromis niloticus* and their potential use as probiotics. **Aquaculture. 277 : 1 – 6.**
- Aly, S.M., Yousef Abdel-Galil Ahmed, Ahlam Abdel-Aziz Ghareeb, and Moahmed Fathi Mohamed. 2008. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. **Fish & Shellfish Immunology. 25 (1–2) : 128-136.**

- Amornlerdpison, D., Peerapornpisal, Y., Rujjanawate, C., Taesotikul, T., Nualchareon, M., Kanjanapothi, D. 2007. Antioxidant of *Padina minor* Yamada. **KMITL Sci. Tech. J. 7** (S1):1-7.
- Amornlerdpison, D., Peerapornpisal, Y., Taesotikul, T., Utan J., Nualchareon, M., Kanjanapothi, D. 2008. Antioxidant activity of *Sargassum polysystem* C. Agardh. **J. Fish. Tech. Res. 2** (2): 96-103.
- Anadon, A., Martinez – Larranaga, M. R. and Martinez, M. A. 2005. Probiotics for Animal in the European Union Regulation and Safety Assessment. **Journal Toxicology and Pharmacology**, 84(8): 91-95.
- Anbarasu, K., Akshatha, H.S., Muthukumar, S.P., Umesh-Kumar, S., Vijayalakshmi, G. 2011. Antioxidant and lipid peroxidation activities in rats fed with *Aspergillus carbonarius* carotenoid. **Food. Chem. Toxic.** 49: 3098-3103.
- Ashie, A., Smith, P., and Simpson, K. 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition.** 36 (2): 87-121.
- Avella, M.A., I. Olivotto, S. Silvi, A.R. Place, and O. Carnevali. 2010. Effect of dietary probiotics on clownfish: a molecular approach to define how lactic acid bacteria modulate development in a marine fish. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 298: 359–371.
- Balcázar, J.L., Vendrell, D. Blas, I., Ruiz-Zarzuela I., José, L. and Girones, M.O. 2008. Characterization of Probiotic Properties of Lactic acid Bacteria Isolated from Intestinal. **Journal Aquaculture**, 278 (1-4): 188–191.
- Barroso, M., M. Careche, and A.J. Borderias. 1998. Quality control of frozen fish using reological techniques. **Trends Food Science & Technology.** 9: 223-229.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., and Tueksuban, J. 2003. Changes in physiochemical properties and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*) during post-mortem storage in ice. **Food Chemistry.** 80: 535-544.
- Bhikajee, M. and P.Gobin . 1997. **Effect of temperature on the feeding rate and growth of a red tilapia hybrid.** In:Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture (ed. By K. Fitzsimmons). Vol. 1, 131-140 pp. Orlando, FL, USA
- Bic Chemical CO., LTD. 2012. **Animal Feed.** [Online]. Available <http://www.bicchemical.com> (10 October 2555).

- Birgu, M., Tolga, Ç. 2010. Antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in liver and gill tissues of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following in vivo exposure to domoic acid. **Toxicon** 55: 734-738.
- Blakely, S.R., Slaughter, L., Adkins, J., Knight, E.V., 1988. Effects of b-carotene and retinyl palmitate on corn oil-induced superoxide dismutase and catalase in rats. **J. Nutr.** 118: 152-158.
- Blottiere, H.M., B. Buecher, J.P. Galmiche, and C. Cherbut. 2007. Molecular analysis of the effect of short-chain fatty acids on intestinal cell proliferation. **Proceedings of the Nutrition Society.** 62. (2007) : 101 – 106.
- Bold, H.C., Wynne, M.J., 1987. **Introduction to the algae: Structure and Reproduction.** Prentice-Hall of India private Limited, New Delhi.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technology.** 33:62-66.
- Brett J.R. 1979. **Factors effecting fish growth.** In: Fish Physiology (ed. By H.D.J. randall & J.R. Brett). Vol. 8, 599-675 pp. Academic Press, New York, USA.
- Byun, T.D., Park, S.C. Benno, Y. and Oh, T.K. 1997. Probiotic Effect of *Lactobacillus* sp. DS-12 in Flounder (*Aralichthys olivaceus*). **Journal. Gen. Appl. Microbiology.** 43: 305 - 308.
- Casey, C. G., W.L. Steven, and V.Z. Paul. 2004. **Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish.** *Aquaculture.* 236: 309-319 pp.
- Casparry, W.F. 1992. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. **American Journal of Clinical Nutrition.** 55 : 299.
- Caulton M.S. 1982. **Feeding, metabolism and growth of tilapias: some quantitative consideration.** In: *The Biol-ogy and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings* (ed.By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe-McConnell), Vol.7, 157-180 pp. Manila, Philippines.
- Chapman, V.J. and Chapman, D.J. 1973. **The algae.** The Macmillan press LTD.
- Chaveerach, P., Huurne, A. H. M. T., Lipman, L. J. A. and Knapen F. V. 2003. Survival and Resuscitation of Ten Strains of *Campylobacter jejuni* and *campylobacter coli* Under Acid Conditions. **Journal Applied and Environmental Microbiology,** 69(1):711-4.
- Chervinski J. 1982. **Environmental physiology of tilapias.** In: *The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings* (ed. By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe-McConnell), Vol.7, 157-180 pp. Manila, Philippines.

- Cheung, C.C.C., Zheng, G.J., Li, A.M.Y., Richardson, B.J., Lam, P.K.S. 2001. Relationships between tissue concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons and antioxidative responses of marine mussels, *Perna viridis*. **Aquat. Toxicol.** 52: 189-203.
- Chomnawang, C., Nantachai, K., Yongsawatdigul, J., Thawornchinsombut, S. and Tungkawachara, S. 2007. Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4 °C and its gel properties. **Food Chemistry**. 103: 420–427.
- Chowdhury, M.B.R., Muniruzzaman, M., Uddin, and M.N. 1989. Study on the intestinal bacterial flora of tilapia. **Bangladesh J. Aquac.** 11 : 65 - 70.
- Current protocols. **Measurement of Oxygen Radicals and Lipid Peroxidation in Neural Tissues**. Available from: <http://www.currentprotocols.com/protocol/ns0717> [2011 August 5].
- Delbert, P. L., and Gatlin, M. 2005. “Evaluation of the prebiotic GroBiotic® -A and brewers yeast as dietary supplements for sub-adult hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) challenged in situ with *Mycobacterium marinum*”. **Aquaculture**. 248 : 197-205.
- Del'Duca , A., Dionéia Evangelista Cesar, Cláudio Galuppo Diniz, and Paulo César Abreu. 2013. Evaluation of the presence and efficiency of potential probiotic bacteria in the gut of tilapia (*Oreochromis niloticus*) using the fluorescent *in situ* hybridization technique. **Aquaculture** ,388–391 : 115–121.
- Dempster, P. W., Beveridge, M. C. M. & Baird, D. J. 1993. **Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.): a comparison of feeding rates on periphyton and phytoplankton**. *Journal of Fish Biology*. 43: 385–392 pp.
- Dimitroglou, A., Merrifield, D.L., Carnevali, O., Picchiatti, S., Avella, M., Daniels, C., Güroy, D. and Davies, S. J. 2011. Microbial Manipulations to Improve Fish Health and Production A Mediterranean Perspective. **Journal Fish & Shellfish Immunology**. 30(1): 1-16.
- Dziezak, J.D. 1990. Phosphate improve many foods. **Food Technology**. 44(4): 80-92.
- Duan, J., G. Cherian, and Y. Zhao. 2010. Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. **Food Chemistry**. 119: 524-532.
- Eaton, R.W., Sandusky, P. 2009. **Biotransformation of geosmin by terpene-degrading bacteria**. *Applied and Environmental Microbiology*. 21: 71-79 pp.

- Eillinger, R.H. 1772. The functions and applications of phosphates in food systems. In **Phosphates as food ingredients**. CRC press. Boca Raton. Florida, USA. pp. 31.
- Elia, A.C., Anastasi, V., Dorr, A.J.M., 2006. Hepatic antioxidant enzymes and total glutathione dismutase activity and mRNA expression in mouse peritoneal macrophages. **Am. J. Chin. Med.** 28: 331-41.
- Essa, M. A., Mabrouk, H. A., Mohamed, R. A. and Michael, F. R. 2011. Evaluating Different Additive Levels of Yeast, *Sacharomyces cerevisiae*, on the Growth and Production Performances of a Hybrid of Two Population of Egyptian African Catfish, *Clarias gariepinus*. **Journal Aquaculture**. 320: 137-141.
- Etemadian Y., Shabanpour B. et al. 2011. Cryoprotective effects of polyphosphates on *Rutilus frisii kutum* fillets during ice storage. **Journal of Food chemistry** 129, 1544–1551.
- Eymard, S., Carcouët, E., Rochet, M.J., Dumay, J., Chopin, C. and Genot, C. 2005. Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 85: 1750- 1756.
- European Parliament and Council. 2006. Directive nr 95/2/EC of 20 February 1995 on **food additives other than colours and sweeteners-amended by M1-M7**. EU.
- Farber, J.M. 1991. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology review. **Journal of Food Protection**. 54(3): 58-70.
- 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 : 259-264 pp.
- Fennema, O.R. 1990. Comparative water-holding properties of various muscle foods: A critical review relating to definitions, methods of measurement, governing factors, comparative data, and mechanistic matters. **Journal of Muscle Foods**. 1(4):363-381.
- Foegeding, E.A., T.C. Lanier, and H.O. Hultin. 1996. Characteristics of edible muscle tissue. In: Fennema O.R., ed. **Food chemistry**. 3rd ed. New York: Marcel Dekker. pp. 879-943.
- 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 pp.
- Fraser, O.P., and Sumar, S. 1998. Compositon changes and spoilage fish (part II) microbiological induced deterioration. **Nutrition & Food Science**. 98(6): 325-329.

- Fritsch, F.E. 1935. The Structure and Reproduction of the Algae. Cambridge University Press, Great Britain. after eto si. **Environ. Toxicol. Pharmacol.** 27: 30–38.
- Fuller, R., 1989. Probiotic in man and animals. **J. Appl. Bacteriol.** 66 : 365 – 378.
- Gaon, D., Garmendia, C. and Murrielo, N.O. 2002. **Effect of *Lactobacillus* Strains (*L. casei* and *L. acidophilus* strains cereal) on Bacterial Overgrowth-related Chronic Diarrhea.** Medicina (B Aires), 62:159 -163.
- Gatesoupe, F.J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. **Aquaculture.** 180 : 147–165.
- Ghiraldelli L, ML. Martins, WB. Adamante, and MM. Yamashita. 2006. “First Record of *Trichodina compacta* Van As and Basson, 1989 (Protozoa: Ciliophora) from Cultured Nile Tilapia in the State of Santa Catarina, Brazil”. **International Journal of Zoological Research.** 2 : 369 – 375.
- Gilliand, S. E. 1977. Antagonistic Action of *Lactobacillus acidophilus* To ward Intestinal and Food - Born Pathogen in Associative culture. **Journal of Food Protection**, 40: 823–829.
- Gomez - Gil B., Roque, A. and Turnbull, JF. 2000. The Use and Selection of Probiotic Bacteria for Use in the Culture of Larval Aquatic Organisms. **Journal Aquaculture**, 268(8): 259–270.
- Goncalves, A.A., B.T. Rech, P.M. Rodrigues, and D.M.T. Pucci. 2008. Quality evaluation of frozen seafood (*Genypterus brasiliensis*, *Prionotus punctatus*, *Pleoticus muelleri* and *Perna perna*) previously treated with phosphates. **Pan-American Journal of Aquatic Science.** 3(3): 248–258.
- Goncalves, A.A. and J.L.D. Ribeiro. 2009. Effects of phosphate treatment on quality of red shrimp (*Pleoticus muelleri*) processed with cryomechanical freezing. **LWT-Food Science & Technology.** 42: 1435-1438.
- Gray, R.J.H., D.G. Hoover and A.M. Mur. 1983. Attenuation of microbial growth on modified atmosphere-packaged fish. **Journal of Food Protection.** 46(9): 600-613.
- Grisdale-Helland, B., Helland, S.J. and Gatlin III, D.M. 2008. “The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*)”. **Aquaculture** 283 : 163–167.
- Hadwiger, L.A., Fristensky, B. and R.C. Riggelman. 1984. Chitin, Chitosan and related enzymes . **J.P. Zikakis, ed, Academic press Inc** : 291 – 302.

- HakanTurker. 2003. **Effect of temperature and phytoplankton concentration on Nile tilapia *Oreochromis Niloticus* filtration rate.** *Aquaculture research*, 34, 453-459 pp.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., Cross, C.E. 1992. Free radicals, antioxidants and human disease: Where are we now. **J. Lab. Clin. Med.** 119: 598-620.
- Hepher, B. 1988. **Nutrition of Pond Fishes.** Cambridge University Press, 1988. 388 pp.
- Hernández , M.D., M.B. López, A. Álvarez , E. Ferrandini, B. García García, and M.D. Garrido. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. **Food Chemistry**. 114: 237-245.
- He, S., Yu Zhang, Li Xu, Yalin Yang, Toshihiro Marubashi, Zhigang Zhou, and Bin Yao.1999. Effects of dietary *Bacillus subtilis* C-3102 on the production, intestinal cytokine expression and autochthonous bacteria of hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂ *Aquaculture, In Press, Accepted Manuscript*, Available online 18 July 2013
- Ellis, A.E. Immunity to bacteria in fish. **Fish Shellfish Immunol.** 9 : 291–308.
- Hidaka, Toshiaki, Takizawa, Tokunaga, Tashiro. 1980 . Effect of fructooligosaccharide on “Intestinal Flora and Human Health” Bifidobacteria Microflora. : [http// : www.efranchiseworld.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52:research&catid=40:faqs&Itemid=56&lang=th](http://www.efranchiseworld.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52:research&catid=40:faqs&Itemid=56&lang=th). [2012 February 17].
- Hirano, S. 1996. Chitin biotechnology applications. **Biotechnology Annual Review**. 2: 237 – 258.
- Hwang, C.C., Lin, C.M., Kung, H.F., Huang, Y.L., Hwang, D.F., Su, Tsai, Y.H. 2012. Effect of salt concentrations and drying methods on the quality and formation of histamine in dried milkfish (*Chanos chanos*). **Food Chemistry**. 135: 839-844.
- Ichikawa, H., T. Kuroiwa, A. Inagaki, R. Shineha, T. Nishihira, S. Satomi, and T. Sakata. 1999. Probiotic bacteria stimulate gut epithelial cell proliferation in rat. **Digestive Diseases and Sciences**. 44 : 2119 – 2123.
- 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: 708-714 pp.
- Jittinandana S., P.B. Kenney, D.S. Slider, and R.A. Kiser. 2002. Effect of brine injection and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. **Journal of Food Science**. 67: 2095-2099.

- Johnsen, P.B. and S.W. Lloyd. 1992. **Influence of fat content on uptake and depuration of the off-flavor 2-methylisoborneol by channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2406-2411 pp.
- Johnson, P.B. and C.P. Dionigi. 1994. **Physiology approaches to the management of off-flavor in farm-raised channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** pp. 141-161. In D. Tave and C.E. Tucker (Eds.). *Recent Development in Catfish Aquaculture*. New York: The Haworth Press, Inc.
- 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: 15-20 pp.
- Jueliang, P., Limsuwan, C., Chuchird, N and Purivirojku, W. 2012. **Effect of Spore-forming Bacteria on *Vibrio* spp., Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* in Shrimp Farm.** Bangkok: Kasetsart University Annual Conference, 21(6): 1-4
- Kilinc, B. and Cakli, S. 2004. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed-frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination. **Food Chemistry**. 88, 275–280.
- Kitancharoen, N., Hanjavani, C., and Suwannapeng, N. 2006. **Efficiency of Vaccination with *Streptococcus agalactiae* Bacterin on Streptococcosis Prevention in Nile Tilapia.** 13 p
- Klapper, H. 1991. **Control of Eutrophication in Inland Waters.** New York: Ellis Horwood.
- Kregel, K.C. 2002. Molecular biology of thermoregulation invited review: Heat shock proteins: modifying factors in physiological stress responses and acquired thermotolerance. **J. Appl. Physiol.** 92 : 2177 – 2186.
- Lampila, L.E. 1993. Polyphosphates rationale for use and functionality in seafood and seafood products. In: **Proceedings of the 18th annual tropical and subtropical fisheries technological conference of the Americas** (pp. 13–20). VA, USA.
- Lara-Flores, M., Miguel A Olvera-Novoa, Beatriz E Guzmán-Méndez, and Wilberth López-Madrid. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture, Volume 216.** 1–4. 10 February 2003 : 193-201.

- Limaye, P.V., Raghuram, N., Sivakami, S. 2003. Oxidative stress and gene expression of antioxidants enzyme in the renal cortex of streptozotocin-induced diabetic rat. **Molecular and Cellular Biochemistry**. 243: 147-152.
- Liu, G. and Y.L. Xiong. 1997. Gelation of chicken muscle myofibrillar proteins treated with protease inhibitors and phosphates. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. 45: 3437-3442.
- Lovell, R.T. and D. Broce. 1985. **Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp**. Aquaculture penaeid shrimp. *Aquaculture*. 50: 169-174 pp.
- and T. 2002 . Towards a healthier diet of the colon: The influence of fructooligosaccharides and lactobacilli on intestinal health. **Nutr. Res.** 22 : 71-84.
- Mackie, I.M. 1994. Fish protein. **In New and developing sources of food proteins**. (Hudson, B.F.J. ed.) Chapman & Hall. New York, USA. pp. 95-143.
- Manzano-mazorra, M.A., Aguilar, R.P., Rojas, E.I., and Sanchez, M.E. 2000. Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. **Journal of Food Science**. 65(5):774-779.
- Maritim, A.C., Sanders, R.A., Watkins, J.B., 3rd, 2003. Diabetes, oxidative stress, and lipid antioxidants: a review. *J Biochem Mol Toxicol*. 17:24-38.
- Martin, J.F., C.P. McCoy, W. Greenleaf and L.W. Bennett. 1987. **Analysis of 2-methylisoborneol in water, mud and channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial culture ponds in Mississippi**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 909-912 pp.
- Martin, J.T., L.W. Bennett and W.H. Graham. 1988. **Off-flavor in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) due to 2-methylisoborneol and its Dehydration Products**. *Water Sci. Technol.* 29: 59-65 pp.
- 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 pp.
- Matsuyasu, N., O. Takahoro, K. Yoshiyuki, I. Noriyuki, I. Taichi, A. Akiro, S. Toshiaki, H. Euichi and S. Michio. 1996. **Inhibitory effects of odor substances, geosmin and 2-methylisoborneol, on early development of sea urchins**. Elsevier Science Ltd. PII: S0043-1354(96)00104-2.

- Media and Biochem. 2012. **Blood agar**. [Online]. Available www.medtechzone.com (14 September 2554)
- Mengumphan, K., Sorntako, J., Amornlerdpison, D. 2011. Effect of Spirulina supplement on the growth and maturation of Pangasius Catfish brood stock and the nursery performance of four species of their fingerlings. **J. Fish. Tech. Res.** 5 (2):12-25.
- Merrifield, D.L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R.T.M., Bøgwald, J. and Castex, M. 2010. The Current Status and Future Focus of Probiotic and Prebiotic Applications for Salmonids. **Journal Aquaculture**, 302 (1-2): 1-18.
- Milie, D.F., M.C. Baker, C.S. Tucker, B.T. Vinyard and C.P. Dionigi. 1992. **High-resolution Airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton**. *J. of Phytocology*. 28: 28-290
- Mironova N.V. 1975. **The nutritive value of algae as food for *Oreochromis mossambicus***. *Journal of Ichthyology* 15, 150-514 pp.
- Molins, R.A. 1991. **Phosphates in Food**. CRC Press, Boca Raton, Florida. 261 pp.
- Mohapatra, S., Tapas Chakraborty, Ashisa Kumar Prusty, Kundan Kumar, K. Pani Prasad, and Kedar Nath Mohanta. 2012 . Fenvalerate induced stress mitigation by dietary supplementation of multispecies probiotic mixture in a tropical freshwater fish, *Labeo rohita* (Hamilton). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 104 : 28 – 37.
- Ndoong, D., and J. Fall. 2008. The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and immune responses of hybrid tilapia . **Department of Aquaculture, College of Life Sciences, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan**, 22 p.
- Noh, S.H., K. Han, T.H. Won, and Y.J. Choi. 1994. Effect of antibiotics, enzyme, yeast culture and probiotics on the growth performance of Israeli carp. **Korean J. Anim. Sci.** 36 : 480–486.
- Nikoskelainen, S., Arthur C. Ouwehand, Göran Bylund, Seppo Salminen, and Esa-Matti Lilius. 2003 . Immune enhancement in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by potential probiotic bacteria (*Lactobacillus rhamnosus*). **Fish & Shellfish Immunology**. 15 : 443 – 452.
- Northcott, M E., Beveridge, M. C. M. & Ross, L. G. 1991. **A laboratory investigation of the filtration and ingestion rates of the tilapia, *Oreochromis niloticus*, feeding on two species of blue–green algae**. *Environmental Biology of Fishes*. 31: 75–85.

- Ognjanivic, B.I., Milovanovic, J.G., Dordevic, N.Z., Markovic, S.D., Zikic, R.V., Stajn, A.S., Saicic, Z.S., 2008. Parameters of oxidative stress in liver and white muscle of hake (*Merluccius merluccius* L.) from the Adriatic Sea. **Kragujevac J. Sci.** 30: 137-144.
- Olafsdottir, G., P. Nesvadba, C. Di Natale, M. Careche, J. Oehlenschläger, S.V. Tryggvadottir, R. Schubring, M. Kroeger, K. Heia, M. Esaiassenf, A. Macagnano, and B.M. Jorgensen. 2004. Multisensors for fish quality determination. **Trends Food Science & Technology.** 15: 86–93.
- Oliva-Teles, A., and P. Gonçalves. 2001. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast *Saccharomyces cerevisiae* in diets for sea bass *Dicentrarchus labrax* juveniles. **Aquaculture.** 202 : 269–278.
- Oropesa, A.L., Garcia-Camero, J.P., Soler, F. 2009. Glutathione and malondialdehyde levels in common carp after exposure to simazine. **Environ. Toxicol. Pharmacol.** 27: 30-38.
- Pacheco-Aguilar, R., M.E. Lugo-Sanchez and M.R. Robles-Burgueno. 2000. Postmortem biochemical and functional characteristic of monterey sardine muscle stored at 0°C. **Journal of Food Science.** 65(1); 40–47.
- Paker, R. B. 1974. Probiotic, the other half of the antibiotics story. **Anin. Nutr. Health.** 29 : 4– 8.
- Park, J.W. 2000. Ingredient technology & formulation development. *In* **Surimi and surimi seafood.** Park, J.W. ed. Marcel Dekker. New York, USA. 343-391 pp.
- Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007. Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). *J. fisheries technology research.* 1: 71-81 pp.
- Pelicano, E.R.L., P.A. Souza, H.B.A. Souza, D.F. Figueiredo, M.M. Boiago, S.R. Carvalho, and V.F. Bordon. 2005. Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. **Revista Brasileira de Ciencia Accola,** 7 : 221 – 229.
- Persson, P.E. 1982. **Muddy odor: a problem associated with extreme eutrophication.** *Hydrobiologia.* 89: 161pp.
- Phianphak, W., Piyativarakul, S., Menasveta, P. and Rengpipat, S. 1997. Use of Probiotics in *Penaeus monodon*. **Journal Pacific Marine Biotechnology,** 768(7): 147-166.
- Phillips, M. J., Roberts, R. J., Stewart, J. A. & Codd, G. A. 1985. **The toxicity of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* to rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson.** *Journal of Fish Diseases.* 8: 339–344 pp.

- Pirarat, N., Kobayashi, T., Katagiri, T., Maita, M. and Endo, M. 2006. Protective Effects and Mechanisms of a Probiotic Bacterium *Lactobacillus rhamnosus* Against Experimental *Edwardsiella tarda* Infection in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal Veterinary Immunology and Immunopathology**, 113 (3-4): 339-347.
- Piumsombun S. 2001. **Production, accessibility and consumption patterns of aquaculture products in Thailand**. FAO Fisheries Circular No. 973.
- Planas, M., Pérez-Lorenzo, M., Hjelm, M., Gram, L., Fiksdal, I. U., Bergh, I. and Pintado, J. 2006. Probiotic Effect *In Vivo* of *Roseobacter* Strain 27-4 Against *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum* Infections in Turbot (*Scophthalmus maximus* L.) Larvae. **Journal Aquaculture**, 255 (1-4): 323-333.
- Polk, A., Amsden, B., Scarrrt, D., Gonzal, A., Oknamafe, O., Goosen, and M. 1994. Oral delivery in aquaculture: controlled release of proteins from chitosan-alginate microcapsules. **Aquacult. Eng.** 13 : 311-323.
- Quanbin, Z., Ning, Li., Gefei, Z., Xiaolan, L., Zuhong, X., Zhien, L. 2003. In vivo antioxidant activity of polysaccharide fraction from *Porphyra haitanesis* (Rhodophyta) in aging mice. **Pharmacological Research**. 48: 151-155.
- Rabergh, C. M. I., Bylund, G. & Eriksson, J. E. 1991. **Histopathological effects of microcystin-LR, a cyclic peptide toxin from the cyanobacterium (blue-green alga) *Microcystis aeruginosa*, on common carp**. *Aquatic Toxicology*. 20, 131-146 pp.
- Rattanasatheim, N., S. Benjakul, W. Visessanguan, and K. Kijroongrojana. 2008. Properties, translucence, and microstructure of Pacific white shrimp treated with phosphates as affected by freshness and deveining. **Journal of Food Science**. 73(1): s31-s40.
- Rengpipat, S. and Wannipa, P. 1998. Effect a Probiotic Bacterium no Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon* Survival and Growth. **Journal Aquaculture** 167: 301-313.
- Re, R., Pellegrini, N., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evan, C. 1999. Antioxidant activity applying an improve ABTS radical cation decolorisation assay. **Free radical Bio. Med.** 6(9/10): 1231-7.
- Rollo, A., R. Sulpizio, M. Nardi, S. Silvi, C. Orpianesi, and M. Caggiano. 2006. Live microbial feed supplement in aquaculture for improvement of stress tolerance. **Fish Physiol Biochem**. 32 : 167 – 177.

- Rungreungwudhikrai, E. 1995. **Characterization and classification of off-flavor of Nile tilapia.** *M.S. Thesis no.* AE-95-24 pp. Bangkok: Asian Institute of technology.
- Sachindra, N.M., Airanthi, M.K.W.A., Hosokawa, M. Miyashita, K. 2010. Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of extracts from Indian seaweeds. **J. Food Sci. Technol.** 47: 94-99.
- Schroeder, G.L., Lawton, A. Alkon, A. Halevy and H. Krueger. 1990. **The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures.** *Aquaculture.* 86: 219-229 pp.
- Sen, S. and Chakrabarty. S. L. 1984 Amylase From *Lactobacillus cellobiosus* Isolate from Vegetable Wastes. **Journal of Fermentation Technology**, 15(3): 407–413.
- Shihidi, F. and J. R. Botta. 1994. **Seafood chemistry technology and quality.** Chapman & Hall. London. UK.
- Sivonen, K. 1982. **Factor influencing odor production by actinomycetes.** *Hydrobiologia.* 86: 165-170 pp.
- Smith, G.M. 1950. **The fresh water algae of the United States.** McGraw-Hill Book Company. Inc., London.
- Sugita, H., Ishida, Y., Deguchi, Y. and Kadota, H. 1982. Aerobic Microflora Attached to the Wall Surface in the Gastrointestine of *Oreochromis niloticus*. **Jour Bull. Coll. Agric. Vet. Med. Nihon University.** 39: 302-306.
- Suzer, C., D. Coban, H.O. Kamaci, S. Saka, K. Firat, O. Otgucuoglu, and H. Kucuksari. 2008. *Lactobacillus* spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae: effects on growth performance and digestive enzyme activities. **Aquaculture.** 280 : 140 – 145.
- Sweet, C.W. 1973. A Research Note: Activity of antioxidants in fresh fish. **Journal of Food Science.** 38:1260-1261.
- Swingle, H.S. 1960. **Comparative Evaluation of Two Tilapias as Pondfishes in Alabama.** *Transfer. Amer. Fish. Soc.*, 89: 142 – 148.
- 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 pp.

- Tanaka A., Oritani T., Uehara F., Saito A., Kishita H., Niizeki Y., Yokota H. and K. Fuchigami. 1996. **Biodegradation of a Musty Odour Component, 2-Methylisoborneol.** *Wat. Res.* 30: 759-761 pp.
- Tanchotikul, U. and T.C.Y. Hsieh. 1990. **Methodology for quantification of geosmin and Levelin raggia clam (*Rangia cuneata*).** *J. Food Sci.* 55: 235-312 pp.
- Thorarinsdottir K.A., Arason S. et al. 2001. Effects of phosphate on yield, quality, and water-holding capacity in the processing of salted Cod (*Gadus morhua*). **Journal of Food Science.** 66(6):821-826.
- Trainor, F.R. 1978. **Introductory phycology.** John Wiley, New York.
- Trout, G.R. and G.R. Schmidt. 1986. Effect of phosphates on the functional properties of restructured beef rolls: the role of pH, ionic strength, and phosphate type. **Journal of Food Science.** 51(6): 1416 – 1423.
- Turan, H., Kaya, Y., & Erkoyuncu, I. 2003. Effects of glazing, packaging, phosphate treatments on drip loss in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) during frozen storage. **Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 3, 105–109.
- Turker H., Eversole A.G. & Brune D.E. 2003. **Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the partitioned aquaculture system.** *Aquaculture.* 215: 93-101 pp.
- Vajraguta, O., Boonchoong, P., Boonyarut, J., Utsintong, M. 2007. **Radical scavenging agents.** Newthaimit press, Bangkok, 280 pp.
- Valko, M., Rhodes, C.J., Moncola, J., Izakovic, M., Mazur, M. 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer: mini review. **Chemico-Biological Interactions.** 160: 1-40.
- Van Der Ploeg, M. and C.E. Boyd. 1991. **Geosmin production in cyanobacteria (blue green algae) in fish pond at Auburn. Alabama: J. of the World Aquaculture Society.** 22: 207-216 pp.
- 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: 22-31 pp.

- Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N.P.E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. **Environ. Toxicol. Pharmacol.** 13: 57-149.
- VanWazer, J.R. 1971. Chemistry of the phosphate and condense phosphates. *In Symposium: Phosphates in food processing.* (Denma, J.M. and Malnnyehn, P., eds.). The AVI Pub.Co..Inc. Westport Connecticut, USA. pp. 1.
- Vendrell D., Balcázar J.L., Blas I., Ruiz-Zarzuela I., Gironés O. and Múzquiz J.L. 2008. Protection of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Lactococcosis by Probiotic Bacteria. **Journal Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, 31 (4): 337-345.
- Wang, Y., Zi-Qiang Tian, Jiang-Tao Yao, and Wei-fen Li. 2008. Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. **Aquaculture**. 277. (3– 4). 3 June 2008 : 203 – 207.
- Wilson, P. H., Spence, S. K., & Kavanagh, D. J. (1989). **Cognitive Behavioral Interviewing for Adult Disorder.** New York: Routledge.
- Wohlfarth, G.W. and G. Hulata. 1987. **Use of manure in aquaculture.** Pp. 353-367. In D.J.W. Moriarty and R.S.V. Pullin (eds.). Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 14, 420 pp. Internationnal Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Woyewoda, A.D. and Bligh, E.G. 1986. Effect of phosphate blends on stability of cod fillets in frozen storage. **Journal of Food Science**. 51: 932-935.
- Wu, L.C., Ho, J., Shieh, M.C, Lu, I. 2005. Antioxidant and anti-proliferative activities of *Spirulina* and *Chlorella* water extracts. **J. Agri. Food Chem.** 53: 4207-4212.
- Xiong, Y.L. 1997. Protein denaturation and functionality losses. *In Quality in frozen food.* (Erickson. M.C. and Hung, Y.C., eds.). Champman & Hall. New Tork, USA. pp. 111-140.
- Xiong, Y.L., X. Lou, C. Wang, W.G. Moody, and R.J. Harmon. 2000. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solution. **Journal of Food Science**. 65: 96–100.
- Yanbo, W. and Zirong, X. 2006. Effect of Probiotics for Commom Carp (*Cyprinus carpio*) on Growth Performance and Digestive Enzyme Activities. **Journal Animal Feed Science and Technology**, 108(6): 283 – 292.

- 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: 1277-1281 pp.
- Yamprayoom, J. and A. Noomhorm. 2000. **Geosmin and Off-flavor in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).** *J. of Aquatic product technology.* 9: 29-41 pp.
- Yonar, M.E., Sakin, F. 2011. Ameliorative effect of lycopene on antioxidant status in *Cyprinus carpio* during pyrethroid deltamethrin exposure. **Pest. Biochem. Physiol.** 99: 226-231.
- Yurkowski, M. and J.L. Tabachek. 1974. **Identification analysis and removal of geosmin from Muddy flavored trout.** *J. Fish. Res Board. Can.* 31: 1851-1858 pp.
- 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 pp.
- Yusong, Y., Rajendra, S., Abha, S., Sanjay, A. Yogesh, C. 2003. Lipid peroxidation and cell cycle signaling: 4-hydroxynonenal, a key molecule in stress mediated signaling. **Acta. Biochimica. Polonia.** 50(2): 319-336.
- Zhang, Q., Ma, H., Mai, K., Zhang, W., Liufu., Z. and Xu, W. 2010. Interaction of Dietary *Bacillus subtilis* and Fructooligosaccharide on the Growth Performance, Non – Specific Immunity of Sea Cucumber, *Apostichopus japonicas*. **Journal Fish & shellfish Immunology**, 25(2): 04 – 211.
- Zhou, X., Wang, Y. and Wei-fen, L., 2009. Effect of Probiotic on Larvae Shrimp (*Penaeus vannamei*) Based on Water Quality, Survival Rate and Digestive Enzyme Activities. **Journal Aquaculture**, 287 (3-4): 349-353.
- Ziaei – Nejad, S., Rezaei, M. H., Takami, G. A., Lovett D. L., Mirvaghefi A. R. and Shakouri, M. 2006. The Effect of *Bacillus* spp. Bacteria Used as Probiotics Enzyme Activity, Survival and Growth in the Indian White Shrimp *Fenneropenaeus indicus*. **Journal Aquaculture**, 171(7): 516 – 524.
- Zilberg B. 1966. **Gastroenteritis in Salisbury European children – a five-year study.** *Cent. Afr. J. Med.* 12:164-168 pp.



ภาคผนวก



ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย อาจารย์ ดร. บัญชา ทองมี

(ภาษาอังกฤษ) Dr. Buncha Tongmee

บัตรประจำตัวประชาชน 3-8099-00585-77-9

ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 7

สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 ต่อ 108

โทรสาร 0-5349-817-8 ต่อ 130

E-mail bunchat@yahoo.com, buncha_t@mju.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปี 2526 ปว.ท. (ประกาศนียบัตรการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปี 2533 ทษ.บ. สัตวศาสตร์ (ประมงน้ำจืด) สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

ปี 2538 วท.ม. (วิทยาศาสตรการประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปี 2548 Ph.D. in Aquaculture. Central Luzon State University

Publications :

Reyes, R.G., E.A. Abella, **T. Buncha**, R.L. Ordonio and E. Matic. 2002. Integrating mushroom with Genetically Male Tilapia: An Innovative Mushroom Technology. The 29th Annual Convention of the Philippine Society for Biochemistry and Molecular Biology. December 5-6, 2002. SEARCA, University of the Philippines, Los Baños. Philippines.

Tongmee, B. 2008. Effect of Green Water on the Productivity of Lanchester's Freshwater Prawn (*Macrobrachium lanchesteri* de Man). The 5th Taiwan-Thailand Bilateral Conference.

Agriculture for Improving Human Life: The International Collaboration on Tropical Agriculture. *Proceedings*. May 7-9, 2008. National Pingtung University of Science and Technology Pingtung, TAIWAN. p 52.

ผลงานตีพิมพ์ :

นวลมนิ พงศ์ธนา, David J. Penman, พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล และ**บัญชา ทองมี**. 2538. การจำแนกเพศปลานิล. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 3. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ กรมประมง. 26 น.

นวลมนิ พงศ์ธนา และ**บัญชา ทองมี**. 2538. การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ในปลาสลิด. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 9/2538. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ กรมประมง 20 หน้า. รหัสทะเบียนวิจัย 36-13404-2111-065-162

นวลมนิ พงศ์ธนา พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล และ**บัญชา ทองมี**. 2538. การใช้ฮอร์โมนในการผลิตปลาสลิดเทศเมีย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2538. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ กรมประมง 25 หน้า. รหัสทะเบียนวิจัย 36-13404-2111-065-162

บัญชา ทองมี เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2544. การใช้หอยเชอรี่อบแห้งทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารปลาดุกบิ๊กอุย. วารสารการประมง 54(6) หน้า 497-502

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ **บัญชา ทองมี** นิวุฒิ หวังชัย และ สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2545. อิทธิพลของการเสริมวิตามินซีในอาหารทดลอง ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจในกบมูลฟรอก. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 36-37.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, นิวุฒิ หวังชัย, **บัญชา ทองมี** และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย, 2545. อิทธิพลของการเสริมวิตามินซีในอาหารทดลองต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจในกบมูลฟรอก. ใน การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2545, สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ **บัญชา ทองมี** และ นิวุฒิ หวังชัย. 2545. การศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาแรด. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 127-128.

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ **บัญชา ทองมี** และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2546. การศึกษาชีวบางประการและความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งฝอย. รายงานผลงานวิจัย 21 หน้า.

ชนกันต์ จิตมนัส น้ำเพชร ประกอบศิลป์ ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน **บัญชา ทองมี** อภินันท์ สุวรรณรักษ์
ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และ จงกล พรมยะ. 2546. การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์และฤดูกาล
วางไข่ของปลาเศรษฐกิจบางชนิด ในเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จ.เชียงใหม่. รายงาน
ผลงานวิจัย 28 หน้า.

บัญชา ทองมี. 2549. ผลของความชุ่มชื้นของน้ำต่อการเจริญและอัตราการรอดของลูกปลานิลในบ่อ
ซีเมนต์. น.44. ใน การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรม
นานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน ปิยนุช เนรรอด ภาณุภูมิ วงศ์แจ้ง **บัญชา ทองมี** และจงกล พรมยะ. 2549.
การศึกษาเบื้องต้นการใช้ประโยชน์สาหร่ายยูกลีนา (*Euglena sanguinea* Ehrenberg)
ต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. รายงาน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 ภาคบรรยาย วันที่
25 – 26 พฤษภาคม 2549 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและ
ส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 292 – 299.

อภินันท์ สุวรรณรักษ์ **บัญชา ทองมี** ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล เทพรัดน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ และจงกล พร
ยะ. 2548. การศึกษาชีวประวัติบางประการของปลาเศรษฐกิจบางชนิดในอ่างเก็บน้ำ
เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. รายงานผลงานวิจัย.
มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 56 หน้า.

บทความ :

เตรียมตัวเลี้ยงปลาก่อนหน้าฝน (ตอนที่ 1) นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, จ. 1 (มิถุนายน-
กรกฎาคม), หน้า 83-90

เตรียมตัวเลี้ยงปลาก่อนหน้าฝน (ตอนที่ 2) นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, จ. 2 (สิงหาคม-
กันยายน), หน้า 84-86

ป.ปลาน้ำบริโภคนิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, จ.1 (มิถุนายน-กรกฎาคม), หน้า106-109

หอยเชอรี่อาหารปลาดุกบึกอูย นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2543 ปีที่ 1, จ. 5 (กุมภาพันธ์-มีนาคม),
หน้า 63-66

กลิ่นสาบโคลนในสัตว์น้ำ นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, จ. 3 (ตุลาคม-พฤศจิกายน), หน้า
76-78

ไรแดง สัตว์น้ำเพิ่มรายได้ยุคเศรษฐกิจวิกฤติ วารสารส่งเสริม& พัฒนา; 2544 ปีที่ 12 จ.3 (ตุลาคม
43-มกราคม 44), หน้า 9-18

การศึกษาชีวประวัติบางประการของปลาเศรษฐกิจบางชนิดในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล
อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่; 2548; รายงานผลงานวิจัย; มหาวิทยาลัยแม่โจ้,
56 หน้า
ได้หันไปไกลกว่าที่คิดแล้วไทยเราละ นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2551 ปีที่ 9, ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-
สิงหาคม), หน้า 20-27

ความเชี่ยวชาญในสาขาวิชา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, อาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน, ปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ, พรรณไม้น้ำ

ประสบการณ์พิเศษ

1. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์สำนักงาน
คณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2551 เรื่อง การพัฒนาเทคนิคการผลิตปลานิลในกระชัง
ในบ่อเลี้ยงปลาบึกเพื่อเสริมรายได้
2. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปีงบประมาณ 2551
เรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุทราศาสตร์เพื่อการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของประเทศไทย:
ผลของเวลาสัมผัสและความถี่ต่อการจมตัวและการปล่อยสารพิษไมโครซิสตินของ *Microcystis*
aeruginosa ที่บำบัดด้วยเครื่อง Ultrasonic (ร่วมวิจัยกับ Dr.Nakao Nomura จาก Tsukuba University
ประเทศญี่ปุ่น)
3. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ
2551 เรื่อง การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารพิษและกลิ่นไม่พึง
ประสงค์
4. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2551
ภายใต้โครงการให้นักวิชาชีพไทยที่อยู่ต่างประเทศกลับมาร่วมพัฒนาการอุดมศึกษาไทย เรื่อง “การ
พัฒนาประสิทธิภาพของสูตรอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม”

ชื่อผู้ร่วมวิจัย อาจารย์ ดร. อุดมลักษณ์ สมพงษ์
หมายเลขบัตรประชาชน 3-5101-01091-34-6
สังกัด คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 Email-address (มหาวิทยาลัย) udomluk@mju.ac.th
 Email-address (อื่น) s_udomluk@yahoo.com
เบอร์โทรศัพท์มือถือ 081-716-3433
เบอร์โทรศัพท์ที่ทำงาน 0-5387-3470-2 ต่อ 212
โทรสาร 0-5387-3470-2 ต่อ 130
ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 เลขที่ 63 หมู่ 4 ต. หอนาง อ. สันทราย
 จ. เชียงใหม่ 50290
ประวัติการศึกษา
 2541 วท.บ. (จุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 2544 วท.ม. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 2549 วท.ด. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ :
 คุณภาพน้ำ, สาหร่าย, จุลชีววิทยา และนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ
ผลงานวิจัย/ผลงานวิชาการ

Publications

- Sompong, U.**, Anuntalabhochai, S., Cutler, R.W., Castenholz, R.W. and Peerapornpisal, Y. 2008.
 Morphological and Phylogenic Diversity of Cyanobacterial Populations in Six Hot
 Springs of Thailand. Science Asia, (34): **153–162**.
Purcell, D., Sompong, U., Lau, C.Y., Barraclough, T.G., Peerapornpisal, Y. and Pointing, S.B.
 2007. The Effects of Temperature, pH and Sulphide on the Community Structure of
 Hyperthermophilic Streamers in Hot Springs of Northern Thailand. FEMS
 Microbiology Ecology, 60(3): 456-66.

- Sompong, U.**, Castenholz, R.W., Anuntalabhochai, S. and Peerapornpisal, Y. 2006. Genetical Diversity of *Mastigocladus* in Ranong Hot Spring, Southern Part of Thailand. Chiang Mai Journal of Science, 33(3): 365-372.
- Sompong, U.**, Hawkins, P.R., Besley, C. and Peerapornpisal, Y. 2005. The Distribution of Cyanobacteria Across Physical and Chemical Gradients in Hot Springs in Northern Thailand. FEMS Microbiology Ecology, 52: 365-376.
- Hongmei, J., Aitchison, J. C., Lacap D.C., Peerapornpisal Y., **Sompong, U.** and Pointing, S.B. 2005. Community Phylogenetic Analysis of Moderately Thermophilic Cyanobacterial Mats from China, the Philippines and Thailand. *Extremophiles*, 9:325-332.

Proceeding and abstracts

- Sriprapa Buddama, Sudaporn Tongsir, Jongkol Promya and Udomluk Sompong. 2013. Optimal Condition and Nutritional Value of *Nostoc* and *Nostochopsis* Cultivation for Feed Supplement of Ornamental Fish. Abstract of The 5th National Conference on Algae and Plankton (NCAP 2013). 28-30 March 2013. The Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand, p. 92.
- Sriprapa Buddama, Sudaporn Tongsir and Udomluk Sompong. 2013. *Nostoc* and *Nostochopsis* Cultivation: feed Supplement of Ornamental Fish. Abstract of The International Conference on Interdisciplinary Research and Development in ASEAN Universities. 8-10 August 2013. Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand, p.196.
- Yuttana Pahukul and Udomluk Sompong. 2013. Potential of Electro-coagulation-flotation for Freshwater Microalgae Removal. Abstract of The International Conference on Interdisciplinary Research and Development in ASEAN Universities. 8-10 August 2013. Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand, p.197.
- Anusorn Choeythong, Bunyat Montein-art, Chanagun Chitmanut and Udomluk Sompong. Effect of Endemic Probiotics to Inhibit Bacterial Pathogen in Nile tilapia. Proceeding of The 3rd Graduate Research Conference. 23 November 2012. The Graduate School, Chiang Mai University, pp. ST330-338.

- Udomluk Sompong, Pichai Pong-udom and Niwooti Whangchai. Efficiency of Off-flavor Degraded Microorganisms in the Water of Integrated Tilapia Culture System. Abstract of The Fifth International Fisheries Conference Climate Change: Impact on Aquatic Resources and Fisheries. 6 - 7 December 2012. The Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources Maejo University, Chiang Mai, Thailand, p. IP09.
- Yuttana Pahukul and Udomluk Sompong. 2012. Potential of Electro-coagulation-flotation (ECF) for Freshwater Microalgae Removal. Proceeding of The 25th National Graduate Research Conference. 4-5 October 2012, The Graduate School, Silpakorn University, pp. 1506-1517.
- Udomluk Sompong, Patcharin Chareonwong, Sirilak Chaichana and Niwooti Whangchai. 2011. Biodegradation of the Musty Odour Components: Geosmin and 2-Methylisoborneol by a Bacterial Consortium. The Fourth International Fisheries Conference Climate Change: Impact on Aquatic Resources and Fisheries. 1-2 December 2011. The Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources Maejo University, Chiang Mai, Thailand, p. IP-26.
- Yuttana Pahukul and Udomluk Sompong. 2011. Wastewater treatment from intensive farming aquaculture by using *Spirogyra* sp. and biofilter. Abstract on the 5th National conference on Algae and Plankton. Songkhla, Thailand, Mar. 16-18, 2011: 119.
- อุดมลักษณ์ มณีโชติ ธนากร บำรุงศักดิ์ อาณัติ จันทร์ธีระติกุล และปิยะเนตร จันทร์ธีระติกุล. 2551. ผลกระทบของชีลีไนท์อื้อต่อการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุชีลีเนียมในสาหร่ายสีเขียวบางชนิด. มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 4. วันที่ 4-5 กันยายน 2551. โรงแรม ดักสิลา, มหาสารคาม. น. 317.
- Maneetong, S., U. Maneechot, A. Chantiratikul, W. Thosaikham, R. Sittipout and P. Chantiratikul. 2010. Speciation and determination of selenium in selenium-enriched duckweed (*Lemna minor*) Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2010), January 21-23, 2010, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, p. 162.

- Chantiratikul, P. S. Maneethong, W. Thosaikham, **U. Maneechote** and A. Chantiratikul. 2009. Selenium speciation using HPLC-ICP-MS in selenium-enriched duckweed (*Lemna minor*). Proceeding of Colloquium Spectroscopicum International XXXVI, 30th August – 3rd September 2009, Budapest, Hungary. PM-96.
- Thosaikham, W., P. Phansi, P. Chantiratikul, **U. Maneechote** and A. Chantiratikul. 2009. Determination of selenium content in watermeal (*Wolffia globosa*) supplemental sodium selenate using ICP-MS technique. Pure and Applied Chemistry International Conference. 14-16th January 2009. Naresuan University, Phisanulok, Thailand. pp. 151-152.
- Meechai, P., P. Chantiratikul, **U. Maneechote**, A. Sangdee and A. Chantiratikul. 2009. Antioxidant activity and total phenolic contents of water meal (*Wolffia globosa*). Pure and Applied Chemistry International Conference. 14-16th January 2009. Naresuan University, Phisanulok, Thailand. pp. 250.
- Meechai, P., P. Chantiratikul, **U. Maneechote**, A. Sangdee and A. Chantiratikul. 2008. Antioxidant activity of acetone: methanol extract of water meal (*Wolffia globosa*). The 2nd International Conference on Natural Products for Health and Beauty, 17-19th December 2008, Naresuan University at Phayao, Phayao province, Thailand. Post B-46.
- Meechai P., P. Chantiratikul, **U. Maneechote**, A. Sangdee and A. Chantiratikul. 2008. การหาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในไข่น้ำ (*Wolffia* spp.), 34 th congress on Science and Technology of Thailand, 31 ตุลาคม 2551 - 2 พฤศจิกายน 2551, Venue : Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, 1 หน้า.
- Sompong**, U., Y. Peerapornpisal, S. Anuntalabhochai and R. W. Castenholz. 2005. Morphological and Phylogenetic Criteria in Taxonomic Studies of Cyanobacteria at Some Hot Spring Areas of Thailand. Phycologia (Supplement), 44 (4): 95-96.
- Tongsiri, S., Y. Peerapornpisal, S. Choonluchanon, R. Mungmai and **U. Sompong**. 2005. The Culture Collection of Freshwater Algae at Chiang Mai University, Thailand. Phycologia (Supplement), 44 (4): 101-102.

งานวิจัย : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

ชื่อเรื่อง	ปีที่ทำ	สถานภาพ
- การเก็บรวบรวมสาหร่ายในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย	2550	หัวหน้าโครงการ
- ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในห้วยกะคาม จังหวัดมหาสารคาม	2551	หัวหน้าโครงการ
- การผลิตและการใช้น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก	2551	ผู้ร่วมวิจัย
- การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย : การจัดการกลิ่นโคลนในปลาเศรษฐกิจเพื่อการส่งออก	2553	หัวหน้าโครงการ
- ผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโตและการยับยั้งโรคติดเชื้อในปลานิล	2554-5	หัวหน้าโครงการ
- ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Nostoc</i> และ <i>Nostochopsis</i> เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม	2556-7	หัวหน้าโครงการ
- เทคนิคการลดกลิ่นโคลนในปลานิลด้วยปูนยิปซัม ฟางข้าว และจุลินทรีย์	2557	ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อผู้ร่วมวิจัย อาจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Doungporn Amornlerdpison (Kawpinit)
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3659900057529
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290
โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 ต่อ 213 โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 ต่อ 130
E-mail doung_fishtech@hotmail.com, doung_prim@yahoo.com

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2536-2549 นักวิจัยประจำห้องปฏิบัติการผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ศูนย์วิจัย ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 พ.ศ. 2549-2551 นักวิจัยในโครงการวิจัย กลุ่มสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ระงับการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร และลดความดันโลหิตจากสาหร่ายทะเลบางชนิด โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการอุดมศึกษา (สกอ.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
 พ.ศ. 2552-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 พ.ศ. 2554-ปัจจุบัน เลขานุการ ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ การวิจัยและพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติเป็นอาหารสุขภาพและเครื่องสำอาง โดยเน้นการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกี่ยวกับเภสัชวิทยาและพิษวิทยา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2532 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พยาบาลศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 พ.ศ.2536 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เภสัชวิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 พ.ศ.2551 วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รางวัลดีเด่นด้านวิชาการ

1. รางวัลดีเด่นการนำเสนอผลงานภาคบรรยาย เรื่อง ฤทธิ์ลดความดันโลหิตของสาหร่ายทะเลบางชนิดในการประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 21-23 มีนาคม 2550 จัดโดยชมรมสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งประเทศไทยร่วมกับภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ณ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. นักวิจัยดีเด่น ด้านผลงานวิจัยตีพิมพ์สูงสุดต่อปี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555
3. นักวิจัยที่ได้รับรางวัล Silver Award จากการร่วมจัดนิทรรศการในงาน Thailand Research Expo2012 จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในวันที่ 24-28 สิงหาคม 2555 ร่วมกับผลงานอื่นของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยส่งผลงานเรื่อง ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากสาหร่ายน้ำจืด
4. รางวัลนักประดิษฐ์สตรี จากผลงาน เจลมาสก์หน้าสาหร่ายเตา ได้รับรางวัล
 - 4.1 เหรียญทอง (Gold Prize) จาก Korean Intellectual Property Office (KIPO) และ Korea Women Inventors Association (KIWIA)
 - 4.2 รางวัลพิเศษ (Special prize) จาก Commissioner Kim Yong-min of Korean Intellectual Property Office (KIPO)
 จากการเข้าประกวดผลงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์สตรีในงานระดับนานาชาติ Korea International Women's Invention Exposition 2013 (KIWIE 2013) ซึ่งจัดขึ้นโดย Korea Woman Inventors Association (KWIA) ระหว่างวันที่ 30 เมษายน-5 พฤษภาคม 2556 ณ Coex Mall กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้
5. นักวิจัยที่ได้รับรางวัล Gold Award จากการร่วมจัดนิทรรศการในงาน Thailand Research Expo2013 จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในวันที่ 23-27 สิงหาคม 2556 ร่วมกับผลงานอื่นของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยส่งผลงานเรื่อง ผลิตภัณฑ์เวชสำอางจากสาหร่ายเตา
6. รางวัลนักวิจัยดีเด่น ประจำปี 2556 จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

7. รางวัลนคคตการสาขาวิชาการดีเด่น ประจำปี 2556 จากคณะเทคโนโลยีการประมงและ
ทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

งานวิจัย

ปี พ.ศ.	งานวิจัย	สถาบันที่ให้ทุนวิจัย
2536-2549	1.การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของปัญจกันฐ์ 2.การทดสอบฤทธิ์ต่อทางเดินอาหารของสมุนไพรไทย 3.การทดสอบฤทธิ์รักษาแผลในกระเพาะอาหารและพิษวิทยา ของส่วนสกัด mucilageจากกระเจี๊ยบแดง 4.การศึกษาพิษวิทยาของปัญจกันฐ์ 5.ผลิตภัณฑ์ไล่ยุงจากเปราะหอม 6.ตำรับยาพื้นบ้านสำหรับรักษาอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดิน อาหาร : ต้นไม้ที่มีฤทธิ์รักษาแผลในกระเพาะอาหาร 7.การประเมินด้านพิษวิทยาและฤทธิ์ต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ของเปล้าใหญ่ 8.การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและพิษวิทยาของเนระพูสี 9.ฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางของลำไย 10.การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ใน ภาคเหนือของประเทศไทย	สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์
2548-2550	1.การทดสอบฤทธิ์ต้านแผลกระเพาะอาหาร (โครงการวิจัยย่อยในโครงการการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและ การพัฒนารูปแบบวัตถุดิบพร้อมใช้ของสารสกัดจาก จิง พริกไทย และดีปลีระยะที่ 2) 2. การทดสอบฤทธิ์ด้านการการอักเสบของน้ำมันหอมระเหย (โครงการวิจัยย่อยในโครงการการพัฒนาและทดสอบ ประสิทธิภาพทางคลินิกในผลิตภัณฑ์ทาแก้ปวดอักเสบกล้ามเนื้อ อยู่ในชุด โครงการการศึกษาพัฒนาสมุนไพร : ตรีภูก)	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2549	1.การประเมินความปลอดภัย และ ฤทธิ์ระงับภาวะตับอักเสบ การทำงานของไตเสื่อมของผลิตภัณฑ์ Limex 2.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ Limex	บริษัท บีโพรดักส์ อินดัสตรี จำกัด
2549-2551	โครงการวิจัย : กลุ่มสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ระงับการเกิด แผลในกระเพาะอาหาร และลดความดันโลหิตจากสาหร่ายทะเล บางชนิด	สำนักงานการ อุดมศึกษา (สกอ.) และ สำนักงานกองทุน

		สนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2551-2552	โครงการวิจัย ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระและระงับการเกิดแผลในกระเพาะอาหารของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอาง	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2552-2553	โครงการวิจัย ฤทธิ์ลดความดันโลหิต และป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารของผลไม้ไทย 8 ชนิด (หัวหน้าโครงการ)	สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2552-2553	โครงการวิจัย ฤทธิ์ด้านความเหนียวล้าของพืชที่มีสรรพคุณฟื้นฟูผลงักและชะลอความชราตามภูมิปัญญาของชาวไทยภูเขา	สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2553-2554	โครงการวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตสายพันธุ์ปลาบึกและปลาหนังเนื้อขาว	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2553-2554	โครงการวิจัย ฤทธิ์ปกป้องและต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตาในหนูที่มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานชนิดที่ 2	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2553-2554	โครงการวิจัย การประเมินความเป็นพิษของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในหนูทดลองและผลต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในตับ	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2553-2554	ผลของสาหร่ายเตาต่อการป้องกันการเกิดมะเร็งตับและลำไส้ใหญ่ในหนูทดลอง	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2553-2554	โครงการวิจัย ศักยภาพของน้ำมันปลาหนังน้ำจืดในการเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (ผู้อำนวยการแผน)	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2553-2555	โครงการวิจัย ผลของสาหร่ายเตาต่อระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล (หัวหน้าโครงการ)	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2554-2555	โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อยอดงานวิจัย “การเพาะเลี้ยงปลาหนังลูกผสมเนื้อขาวเพื่อพัฒนาอาชีพเกษตรกร”	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)

2555-2556	การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลาน้ำจืดและปลาสร้อยเพื่อผลิตสายพันธุ์ปลาหนังลูกผสมเชิงพาณิชย์	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2555-2556	ศักยภาพของสาหร่ายเตาในการใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพและเวชภัณฑ์ ผู้ร่วมวิจัย สัดส่วน 30%	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2555-2556	การเพิ่มมูลค่าปลาน้ำจืดผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค (หัวหน้าโครงการ)	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2555-2556	การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดผสมบิกซามเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวิสาหกิจ	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2555-2556	การเลี้ยงปลาน้ำจืดผสมร่วมกับปลาเบญจพรรณในนาข้าวเพื่อความมั่นคงทางอาหารและอาชีพสำหรับเกษตรกร	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2555-2556	ผลของการเสริมน้ำมันปลาต่อการเจริญเติบโต ปริมาณโอเมก้า 3 ในเนื้อปลาและภาวะออกซิเดชันของปลาหนัง (หัวหน้าโครงการ)	สกว. (MAG WINDOW I)
2556-2557	โครงการ “เททาเฟสมาส์” เวชสำอางอินทรีย์จากสาหร่ายเตาของบริษัท สมาร์ทไลฟ์ พลัส จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)	สำนักงานนวัตกรรม แห่งชาติ (องค์การ มหาชน)
2556	แผนงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาและเพิ่มมูลค่าปลาน้ำจืดผสม (ปลาเทโพ X ปลาสร้อย) เพื่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน (ผู้อำนวยการแผน)	สำนักงาน คณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ (วช.)
2556	การพัฒนาและเพิ่มมูลค่าปลาน้ำจืดผสม (ปลาเทโพ X ปลาสร้อย) เพื่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน	

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติในฐานสากล

1. **Kawpinit, D.**, Rujjanawate, C., Kanjanapothi, D., Panthong, A., Taesotikul, T. 2000. *Gynostemma pentaphyllum* makino: a plant with therapeutic potentials. ACGC Chemical Research Communications 11: 60-61.
2. Rujjanawate, C., Kanjanapothi, D., **Amornlerdpison, D.** 2000. The gastroprotective effect of the aqueous extract of roselle. Thai J Phytophamacy 7(2): 1-6.
3. Rujjanawate, C., **Amornlerdpison, D.**, Kanjanapothi, D. 2001. Gastroprotective effect of Thai propolis. Thai J Pharmacol 23(1): 9-15.
4. Rujjanawate, C., **Amornlerdpison, D.**, Kanjanapothi, D. 2001. Gastroprotective effect of Thai roselle mucilage. Thai J Pharmacol 23(2-3): 95-100.
5. Kanjanapothi, D., Panthong, A., Lertprasertsuke, N., Taesotikul, T., Rujjanawate, C., **Kaewpinit, D.**, Sudthayakorn, R., Choochote, W., Chaithong, U., Jitpakdi, A., Pitasawat, B. 2004. Toxicity of crude rhizome extract of *Kaempferia galanga* L. (Proh Hom). J. Ethnopharmacology 90(2-3): 359-365.
6. Rujjanawate, C., Kanjanapothi, D., **Amornlerdpison, D.** 2004. The anti-gastric ulcer effect of *Gynostemma pentaphyllum* Makino. Phytomedicine 11(5): 431-435.
7. Rujjanawate, C., Kanjanapothi, D., **Amornlerdpison, D.** 2004. Analgesic effect of *Sapindus rarak* Pericarp. J. Trop. Med. Plants. 5(1): 11-14
8. Rujjanawate, C., Kanjanapothi, D., **Amornlerdpison, D.** and S. Pojanagaroon. 2005. Anti-gastric ulcer effect of *Kaempferia parviflora*. J. Ethnopharmacology. 102: 120-122.
9. Rujjanawate, C., Kanjanapothi, D., **Amornlerdpison, D.** 2005. Antiulcerogenic activity of *Microspora floccosa*. J. Trop. Med. Plants. 6(2): 153-157.
10. Peerapornpisal, Y., **Amornlerdpison, D.** Rujjanawate, C., Ruangrit, K. and Kanjanapothi, D. 2006. Two endemic species of macroalgae in Nan river, Northern Thailand, as therapeutic agents. Science Asia 32 supplement 1: 71-76.
11. **Amornlerdpison D.**, Peerapornpisal Y, Rujjanawate C, Taesotikul T, Nualchareon M, Kanjanapothi D (2007): Hypotensive Activity of Some Marine Algae. J Sci Res Chula (section T): 363-368.

12. **Amornlerdpison, D.**, Peerapornpisal, Y., Rujjanawate, C., Taesotikul, T., Nualchareon, M., Kanjanapothi, D. (2007). Antioxidant activity of *Padina minor* Yamada. KMITL Science and Technology Journal 7 (S1):1-7.
13. **Amornlerdpison, D.**, Peerapornpisal, Y., Taesotikul, T., Utan J., Nualchareon, M., Kanjanapothi, D. (2008). Antioxidant activity of *Sargassum polysystem* C.Agardh. J Fish Tech Res 2 (2):96-103.
14. **Amornlerdpison, D.**, Peerapornpisal, Y., Taesotikul, T., Noiraksar T., Kanjanapothi, D. (2009). Gastroprotective activity of *Padina minor* Yamada. Chiang Mai J Sci 36 (1): 94-103.
15. Boonchum W, **Amornlerdpison D.**, Peerapornpisal Y., Kanjanapothi D., Taesotikul T., Vacharapiyasophon P. (2009). Gastroprotective activity of marine alga, *Turbinaria conoides*. Phycologia 48 (4) Suppl: 11.
16. Peerapornpisal Y., Kanjanapothi, D, Taesotikul, T., **Amornlerdpison D.** (2009). Potential of some freshwater algae in Northern Thailand as nutraceutical. Phycologia 48(4) Suppl: 104.
17. Lailerd N.,Pongchaidecha A., **Amornlerdpison D.**, Peerapornpisal Y. (2009). Beneficial effects of *Spirogyra neglecta* extract on glycemic and lipidemic status in streptozotocin-induced Diabetic rats fed a diet enriched in fat. Annals of Nutrition&Metabolism 55 (S1): 609.
18. Peerapornpisal Y., **Amornlerdpison D.**, Jamjai U, Taesotikul T., Pongpaibul Y., Nualchareon M. and Kanjanapothi D. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of brown marine alga, *Padina minor* Yamada. Chiang Mai J. Sci 37(3): 1-10.
19. Mengumphon K., Whangchai N. and **Amornlerdpison D.** (2010) Effects of extender type, sperm volume, cryoprotectant concentration, cryopreservation and time duration on motility, survival and fertillisation rates of Mekong giant catfish sperm. Maejo Int J Sci Tech 4(3), 417-427.
20. Keardrit K., Rujjanawate C. and **Amornlerdpison D.** Analgesic, antipyretic and anti-inflammatory effects of *Tacca chantrieri* Andre.J Med Plants Res 2010; 4(19): 1991–1995.
21. Boonchum W., Peerapornpisal Y. Kanjanapothi D. Pekkoh J., Pumas C., Jamjai U. **Amornlerdpison D.**, Noiraksar T. and Vacharapiyasophon P. (2011) Antioxidant activity of some seaweed from the Gulf of Thailand. Int. J Agric Biol 13 (1), 95-9.
22. Boonchum W., Peerapornpisal Y. Kanjanapothi D. Pekkoh J., **Amornlerdpison D.**, Pumas C., Sangpaiboon P. and Vacharapiyasophon P. (2011) Antimicrobial and anti-inflammatory properties of various seaweeds from the Gulf of Thailand. Int. J Agric Biol 13 (1), 100-4.

23. **Amornlerdpison D.** Mengumphan K., Thumvijit S., Peerapornpisal Y. 2011. Antioxidant and anti-inflammatory activities of freshwater macroalga, *Cladophora glomerata* Kützting. Thai Journal of Agricultural Science, 44 (5), 283-291.
24. เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน จิตรลดา สอนตะโก และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ปลาน้ำจืดกลุ่ม *Pangasius* และการอนุบาลลูกปลาน้ำจืด 4 สายพันธุ์ในกระชัง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5 (2), 12-26
25. **Amornlerdpison, D.**, Peerapornpisal, Y., Taesotikul, T., Pongpaibul Y., (สีแดงคือขอเงินสนับสนุน) Nualchareon, M and Kanjanapoth, D. 2012. Biological activity of a brown marine alga, *Padina minor* Yamada. KCU Science Journal 40 (1), 265-272.
26. ยวดี พิรพรพิศาล จิตติกันต์ ปัญญาใหญ่ ดวงพร อมรเลิศพิศาล 2555.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของสาหร่ายเตา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 40 (1), 228-235.
27. ดวงพร อมรเลิศพิศาล กฤษณา ดวงจันทร์ ดวงดา กาญจนโพธิ์ ธวัช แต่โสติกุล และ ยวดี พิรพรพิศาล. 2555. ฤทธิ์ปกป้องแผลกระเพาะอาหารของสาหร่ายเตา วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 40 (1), 236-241.
28. เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ผลของอัตราการใช้อาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและปลาน้ำจืดผสม (บึกxสวาย) ที่เลี้ยงในบ่อดิน. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 29 (2), 36-44.
29. Boonchum W, Vacharapiyasophon P, Kanjanapothi D, Pekkoh J, **Amornlerdpison D**, Pumas C and Peerapornpisal Y. 2012. Anti-gastric ulcer and acute oral toxicity of aqueous extract of *Turbinaria conoides* from the Gulf of Thailand. Chiang Mai J. Sci 39(2): 292-299.
30. นุชนาฏ เสือเล็ก ดวงพร อมรเลิศพิศาล จิรดา สิงขรัตน์ ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์ สุปรานี กองคำ และรัตนา เตียทิพย์. 2555. ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพอลิฟีนอลจากน้ำมันเมล็ดชา. ธรรมชาติศาสตร์ 12 (2), 322-330.
31. ชีระวัฒน์ รัตนพจน์ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน ชุติมา ศรีมะเร็ง รัตนภรณ์ จันทร์ทิพย์ และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและผลการเสริมสาหร่ายเตาต่อการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชัง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6 (2), 23-34.
32. อุทธิชัย อัสวราชันย์ ฉัตรชนก คงสิทธิ์ โชติพงศ์ กาญจนประโชติ และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. คุณลักษณะการอบแห้งของสาหร่ายเตาด้วยคลื่นไมโครเวฟ. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 18 (1), 8-14.

33. รัตนาภรณ์ จันทร์ทิพย์ ฐิติพรรณ นิมิสุข อรุณี คงดี และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. พฤษภูมิ และผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารฟีนอลิกของสาหร่ายเตา. การประชุมเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3 วันที่ 23 พย. 2555.
34. เมธัส เงินจันทร์ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน ดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ผลของการเสริมสาหร่าย ไคต่อการเจริญเติบโตในปลาหางนกยูงผสม. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3 วันที่ 23 พย 2555.
35. Rittichai Assawarachan, Mookarin Nookong, Namphon Chailungka and **Doungporn Amornlerdpison**. 2013. Effects of microwave power on the drying characteristics, color and phenolic content of *Spirogyra* sp. Journal of Food, Agriculture & Environment 11(1), 15-18.
36. น้ำฝน ไชยลังกา รัตนาภรณ์ จันทร์ทิพย์ ดวงพร อมรเลิศพิศาล และ ฤทธิชัย อัสวราชันย์. 2556. แบบจำลองการอบแห้งแบบชั้นบางของสาหร่ายเตาด้วยคลื่นไมโครเวฟ. การประชุมวิชาการ สหคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติครั้งที่ 16.
37. Taddow Kumpook, Siriwadee Chomde, Supap Saenphet, **Doungporn Amornlerdpison** and Kanokporn Sanphet. 2013. Anti-inflammatory activity of ethanol extract from the leave of *Pseuderanthemum palatiferum* (Nee) Radlk. Chiang Mai J. Sci 40(3): 321-331.
38. Rattanabhorn Junthip, **Doungporn Amornlerdpison** and Thitiphan Chimsook. 2013. Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of *Spirogyra* spp. Advanced Materials Research Vol. 699; 693-697.
doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.699.693
39. Wiwat Wangcharoen, Doungporn Amornlerdpison and Kriangsak Mengumphan. 2013. Factors influencing dietary supplement consumption: A case study in Chiang Mai, Thailand. Maejo Int. J. Sci. Technol. 7(01), 155-165.
40. Atcharaporn Ontawong, Naruwan Saowakon, Pornpun Vivithanaporn, Anchalee Pongchaidecha, Narissara Lailerd, Doungporn Amornlerdpison, Anusorn Lungkaphin and Chutima Srimaroeng. 2013. Antioxidant and Renoprotective Effects of *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing Extract in Experimental Type 2 Diabetic Rats. BioMed Research International Volume 2013, Article ID 820786, 15 pages.
<http://dx.doi.org/10.1155/2013/820786>

บทความ

1. ดวงพร อมรเลิศพิศาล และ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน. 2553. ปัญหาและแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลาบึกและปลาหนังเนื้อขาว. วารสารการประมง 63 (3), 252-260
2. ดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2553. ผลิตภัณฑ์สปาและอาหารสุขภาพจากสาหร่ายพื้นบ้านในภาคเหนือ. วารสารเกลือตูล ศูนย์อนามัยที่ 9 พิษณุโลก 8 (3) 22-24.
http://hpc9.anamai.moph.go.th/kk/index.php?option=com_content&task=view&id=47&Itemid=37
3. ดวงพร อมรเลิศพิศาล สุดาพร ตงศิริ และ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน 2554. แนวทางการตีพิมพ์ผลงานวิชาการในระดับชาติและนานาชาติ. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ 11 ฉบับที่ 4 หน้า 39-45.
4. เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน ดวงพร อมรเลิศพิศาล และ อุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2554. รูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพและผลตอบแทนการเลี้ยงปลาบึกและปลาลูกผสม. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ 12 ฉบับที่ 3 หน้า 16-21.
5. เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน อุดมลักษณ์ สมพงษ์ ดวงพร อมรเลิศพิศาล และ วุฒิพจน์ สุภาวีวิทยากร. 2553. ทิศทางการศึกษาด้านการประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนานาชาติ. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ 11 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน หน้า 73-45.
6. ดวงพร อมรเลิศพิศาล ชีระวัฒน์ รัตนพจน์ จิตรลดา สอนตะโก รัตนภรณ์ จันทร์ทิพย์ และ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน. การเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลาหนังน้ำจืด. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ 12 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 หน้า 21-25.
7. Kriangsak Mengumphan, Doungporn Amornlerdpison and Chanagun Chitmanat. Proceeding of the International Conference on Ecological Security: Climate Change and Socio-economic Policy Development Implications in the GMS, February, 2012. Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand.

หนังสือ

- ไชยยง รุจจนเวท, ดวงตา กาญจนโพธิ์, ดวงพร อมรเลิศพิศาล บรรณาธิการ. 20 ปี สวนสมุนไพรสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2549
- Chaiyong Rujjanawate, Duangta Kanjanapothi, **Doungporn Amornlerdpison** Editors. 20th Anniversary HRH Princess Chakri Sirindhorn Herbs Garden. PTT Public Company Limited, 2006.

ชื่อผู้ร่วมวิจัย

ผศ. ดร.ประจวบ ฉายบุ

Assist. Prof. Dr. PRACHAUB CHAIBU

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3 7204 00248 24 5

ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

50290 โทรศัพท์ (053)873470-2 ต่อ 159, โทรสาร

(053)873470 ต่อ 130, E-mail: p_chaibu@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2526	ตรี ว.ทบ.	วาริชศาสตร์	-	ม.สงขลานครินทร์	ไทย
2538	โท วท.ม..	เทคโนโลยีการ บริหารสิ่งแวดล้อม	-	ม.มหิดล	ไทย
2543	เอก Ph. D.	ชีววิทยา	-	ม.เชียงใหม่	ไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ Fresh Water Aquaculture/ การจัดการสิ่งแวดล้อมทางการประมง
ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

ชื่อแผนงานวิจัย กลยุทธ์เพื่อลดการใช้สารพิษทางการเกษตรเชิงบูรณาการโดยการมีส่วนร่วม
ของชุมชนอย่างยั่งยืน ในลุ่มน้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่

งานวิจัยที่ตีพิมพ์แล้ว : ชื่อเรื่อง , ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

Chaibu P, Chantaramongkol P, Malicky H. The caddisflies(Trichoptera) of the River Ping
Northern Thailand,with particular reference to domestic pollution (Studies on
Trichoptera in Thailand,Nr.31). Nova Suppl. Ent. 2001; 15 (inpress).

Malicky H, Chantaramongkol P, **Chaibu P**, Prommi T, Sompong S, Thani I. Neue Kocherfliegen
aus Thailand (Insecta,Trichoptera).(Arbeit Uber thailandische Kocherfliegen Nr.30)
Linzer biol. Beitr. 1998. 30(1).

Malicky H, Chantaramongkol P, **Chaibu P**, Thamsenanupap P, Thani I. Acht neue Kocherfliegen aus Thailand.(Arbeit Nr.31 Über thailändische Trichoptera) BRAUERIA. 2000. 27: 29-31.

ผลงานวิชาการอื่น ๆ (เช่น Proceeding ฯลฯ)

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, จงกล พรหมยะ และ**ประจวบ ฉายบุญ**. 2547. ผลของกิจการแพท่องเที่ยวต่อคุณภาพน้ำและตะกอนดินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล. ใน การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 5. สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, **ประจวบ ฉายบุญ** และ สุธาปราณี มณีศรี 2546. สภาพการตลาดและการบริโภคปลาน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและพัฒนา คณะธุรกิจการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 1, หน้า 91-109.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์,**ประจวบ ฉายบุญ**, สมชาติ ธรรมจันทร์,อภินันท์ สุวรรณรักษ์,จงกล พรหมยะ และทิพย์สุคนธ์ พิมพิมล. 2547. การเลี้ยงปลานิลในกระชังเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล. เชียงใหม่ : รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 41 น.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, สุธาเทพ ปันธิวงศ์, สมบูรณ์ ใจปิ่นตา, **ประจวบ ฉายบุญ**, สุธาปราณี มณีศรี และ รุ่งกานต์ อำไพพงษ์. 2545. โครงการแนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (แม่โจ้). 84 หน้า.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ อาณาภา วรรณคณาพลและ**ประจวบ ฉายบุญ**. 2547. ทศนคติของชุมชนต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 22 (พิเศษ) 156- 166 น.

นิวุฒิ หวังชัย เทพรรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ชนกันต์ จิตมนัส **ประจวบ ฉายบุญ** เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน สุภัทรา อุไรวรรณ. 2548. การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามให้ได้ขนาด 4-5 กรัมช่วงฤดูหนาวในบ่อดิน. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 วันที่ 19-20 พฤษภาคม 2548. หน้า 227-236.

นิวุฒิ หวังชัย จิราพร โรจน์ทินกร ทิพย์สุคนธ์ พิมพิมล **ประจวบ ฉายบุญ** อภินันท์ สุวรรณรักษ์ เทพรรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ยนต์ มุสิก และชุมพล ศรีทอง. 2006. การพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแช่บ๊วยแบบหนาแน่นโดยใช้ไอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำ. *J. Natl. Res. Council Thailand*, 38 (1): 31-52.

ประจวบ ฉายบุญ. 2540. การเลี้ยงปลาสดแบบพัฒนาในบ่อ. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 14. สงขลา. น. 272-279 .

- ประจวบ ฉายบุญ.** 2543. การอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราปล่อยต่างๆกัน. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ. 224-230 น.
- ประจวบ ฉายบุญ.** 2545. การศึกษาการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) จากแหล่งเลี้ยงต่างกัน. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. น. 148 – 158.
- ประจวบ ฉายบุญ.** 2547. การประเมินผลกระทบทางชีวภาพของกิจกรรมมนุษย์ต่อลำน้ำแม่สา. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 22(พิเศษ) 194 – 205 น.
- ประจวบ ฉายบุญ, ฐปน ชื่นบาล, รัชดาภรณ์ ปันทะรส และบัญชา ขวาลไชย.** 2547. การใช้เปลือกลำไยเป็นตัวดูดซับอื้ออนของโลหะแคดเมียมและตะกั่วในน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนัก. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 22 (พิเศษ) 156- 166 น.
- ประจวบ ฉายบุญ, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ และสุคปราณี มณีศรี.** 2547. ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียนในกระชัง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารประมง 57(3):หน้า 244-250.
- ประจวบ ฉายบุญ, ณพวรรณ หนูไวยาร, บัญชา ขวาลไชย และคำเกิง ชำนาญคำ.** 2549.การจัดการระบบการผลิตปลานิล ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยอย่างยั่งยืน : การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิลในกระชังในแม่น้ำปิงพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.
- ประจวบ ฉายบุญ และ สุคปราณี มณีศรี.** 2547. สถานภาพการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกรเลี้ยงปลานิลแบบผสมผสาน จังหวัดเชียงใหม่. ใน การประชุมสัมมนา วิชาการเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547 สาขาสัตวศาสตร์/สัตว์บาล, 557-565, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- พรทิพย์ จันทรมงคล, Hans Malicky และ ประจวบ ฉายบุญ.** 2544. การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอปเทอร่าในประเทศไทยและการประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจคุณภาพน้ำ. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย.
- สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย ประจวบ ฉายบุญ และ อาณาภ วรรณคนาพล.** 2550. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์สัตว์น้ำในแม่น้ำปิง : อนุรักษ์สัตว์น้ำวัยดงปลาสร้อย ต.สบเตี๊ยะ อ.จอมทอง จ. เชียงใหม่. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7. 25-26 พฤษภาคม 2549 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน อานัฐ ดันโซ และ ประจวบ ฉายบุญ. 2550. การศึกษาปริมาณแร่ธาตุอาหารของพืชในน้ำและคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาตู้กฏผสม ในบ่อซีเมนต์แบบระบบหมุนเวียน. การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2550. 29-30 พฤษภาคม 2552 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Chaibu P, Chantaramongkol P, Caddisflies of upperPing River (Thailand). Proc. 9th of Int. Symp. On Trich. Chiang Mai, 1999; p.53-54.

Chaibu P, Chantaramongkol P, Malicky H. The Caddisflies(Trichoptera) of the River Ping, Northern Thailand, With Particular Reference to Domestic Pollution. Proc. 10th Of Int. Symp. on Trichoptera-Nova Suppl.Ent.,Keltern, 15. 2002.p.331-342.

Chantaramongkol P, Malicky H, **Chaibu P**. Biodiversity study of Trichoptera in Thailand and the application for the assessment of water quality. The 3rd Research reports on biodiversity in Thailand, Song Khla, 2000;p.295-300.

Ungsethaphand T., **Chaibu P**. and Maneesri, S. 2003. Finfish production status of chiangmai province, northern thailand. In Quality : The focus of Asian aquaculture, Asian-Pacific Aquaculture 2003 Conferent 76, Bangkok, Thailand.

ชื่อเรื่อง	ปีที่พิมพ์	สถานภาพ
งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว:	2548	ผู้ร่วมวิจัย
- แนวทางการจัดการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ ของทรัพยากรประมงอย่างยั่งยืนในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่	2549	หัวหน้าโครงการ
- การจัดการเชิงบูรณาการเพื่อความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตปลาในภาคเหนือ	2545	ผู้อำนวยการ
- ชุดโครงการ กลยุทธ์เพื่อลดการใช้สารพิษทางการเกษตรเชิงบูรณาการ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างยั่งยืน 2548-2549		
งานวิจัยที่กำลังทำ:		
1. แนวทางการผลิตปลาน้ำจืดขนาด 300 กรัม – 600 กรัมเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำ หมุนเวียนเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก	2556	หัวหน้าโครงการ
2. การเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิตรอดเพื่อเป็นอาหารปลาสวยงามเชิงพาณิชย์	2556	ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อผู้ร่วมวิจัย อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ
 หมายเลขบัตรประชาชน 3 5707 00049 12 6
 สังกัด คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 Email-address sudaporn@mju.ac.th
 Email-address sudap2515@gmail.com
 เบอร์โทรศัพท์มือถือ 081-111-3162
 เบอร์โทรศัพท์ที่ทำงาน 0-5387-3470-2 ต่อ 210
 โทรสาร 0-5387-3470-2 ต่อ 130
 ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 เลขที่ 63 หมู่ 4 ต. หนองหาร อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

ประวัติการศึกษา

ปี 2536	วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปี 2541	วท.ม. (ชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปี 2553	วท.ด (เทคโนโลยีชีวภาพ)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ :

เอนไซม์ ไลติเนส, การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไร้อากาศ, การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ, การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา, การเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดและการเก็บรักษาสาหร่ายน้ำจืด, การเลี้ยงปลาบึกโดยเสริมสาหร่ายสไปรูลินา, ชีวเคมีทางอาหารสัตว์

Publication :

- Motham, M., Peerapornpisal, Y., **Tongsiri, S.**, Pumas, C. and Vacharapiyasophon, P. 2012. High Subzero Temperature Preservation of *Spirulina platensis* (*Arthrospira fusiformis*) and Its Ultrastucture. Chiang Mai J. Sci. 39(4) : 554-561.
- Tongsiri S.**, Meng-Amphan K. and Peerapornpisal Y. 2012. A Study on the Growth and Carotenoid Content in the Flesh of Mekong Giant Catfish Fed with *Spirulina*. KKU Sci. J. 40(1): 198-207.

- Tongsiri S.,** Meng-Amphan K. and Peerapornpisal Y. 2010. Characterization of Amylase, Cellulase and Proteinase Enzyme in Stomach and Intestine of the Mekong Giant Catfish Fed with Various Diets Consisting of *Spirulina*. Current Research Journal of Biological Sciences 2(4): 268-274.
- Tongsiri S.,** Meng-Amphan K. and Peerapornpisal Y. 2010. Effect of Replacing Fishmeal with *Spirulina* on Growth, Carcass Composition and Pigment of the Mekong Giant Catfish. Asian Journal of Agricultural Sciences 2(3):106-110.
- Mapor, A., Pimthong G. and **Tongsiri S.** 2010. Effect of Partial Replacement of Fish Meal by Peanut Meal. Journal of Agricultural Research and Extension 27(1) : 28-35.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และ สุตาพร ตงศิริ. 2552. ทางรอดการประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) ในสภาวะวิกฤตของประเทศ. วารสารการประมง. ปีที่ 62 ฉบับที่ 3 ประจำเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2552. หน้า 285-287.
- Tongsiri S.,** Mang-Amphan, K., and Peerapornpisal, Y. 2009. The Study on Growth, Digestion and Biochemical Flesh Quality of Mekong Giant Catfish fed with *Spirulina* Phycologia. 48 (4) supplement : 130-131.
- Tongsiri S.,** Y. Peerapornpisal, S. Choonluchanon, R. Mungmai and U. Sompong. 2005. The culture collection of freshwater algae at Chiang Mai University, Thailand. Journal of the international Phycological Society, 44 (4) : 101.
- Tongsiri, S.,** Peerapornpisal, Y., Choonluchanon, S., Mungmai, R. and Sompong, U. 2005. The Culture Collection of Freshwater Algae at Chiang Mai University, Thailand. 2005. Phycologia. 44 (4) supplement : 101.
- Plikomol, A., Sriyotha, P., Supalaksanakorn, M. and **Tongsiri, S.** . 1999. Screening of Chitinase Producing Microorganism and Optimization of Its Chitinase Production. J. Sci. Fac. CMU 26(2): 74-86.

Proceedings

- Mapor, A. and **Tongsiri S.** 2012. The Ability of *in vitro* Digestibility of Feed Ingredients using Digestive enzyme of Nile Tilapia. Proc. on The 3th CMU Graduate Research Conference. Nov., 23, 2012: ST 105-109.
- Peerapornpisal, Y., **Tongsiri, S.**, Choonluchanon, S., Mungmai, R., Sompong, U. , Pekkoh, J. and Ruangrit, K.. 2004. Algal Collection of Chiang Mai University, Thailand. Proc. on The 10th International Congress for Culture Collections. Tsukuba, Japan, Oct., 10-15, 2004: 495-496.
- Tongsiri, S.**, Peerapornpisal, Y., Panuvanitchagorn, N., Phualai, P., Moonsin, P., Chaumphan, P. and Kunpradid, T. 2003. Water Quality and Its Relationship with Phytoplankton Succession in Huay Tuang Tao Reservoir Between 2000-2003. Proc. on International Symposium on Environmental Management: Policy, Research, and Education. Chiang Mai, Thailand, Nov., 6-9, 2003: 315.
- Tongsiri, S.**, Peerapornpisal, Y. and Kunpradid, T. . 2003. Water Quality in Huay Tunag Tao Reservoir, Chiang Mai in 2002. Proc. on International Conference on Water Resources Management for Safe Drinking Water 2003, Chiang Mai, Thailand, Mar., 25 – 29, 2003: 47.
- Tongsiri, S.**, Panyoo, W. and Perapornpisal., Y. 2002 . Inhibitory effects of bioactive compounds from thermotolerant blue green algae on some bacteria and yeast International workshop and Training Course on Microalgal Biotechnology. 23-29 September 2002. Guangzhou, China.

หัวหน้าโครงการวิจัย

ลำดับที่	พ.ศ.	ชื่องานวิจัย
1	2543	การศึกษาการหมักย่อยมูลไก่แบบครึ่งคราวในสภาวะไร้อากาศ
2	2550	คลังสาหร่ายมหาวิทยาลัยเชียงใหม่: การศึกษาข้อมูลทางพันธุกรรม สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เพื่อประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม
3	2551	การใช้สาหร่ายสไปรูลินาเป็นอาหารเสริมเพื่อปรับปรุงภูมิคุ้มกัน และเพิ่มผลผลิตกุ้งก้ามกราม
4	2551	การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ภายใต้โครงการการบูรณาการองค์ ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากเครือข่ายวิจัยของ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชนภาคเหนือ เพื่อการพึ่งตนเอง
5	2553	การเลี้ยงปลาเพาะร่วมกับปลาบึกในบ่อดินเพื่อการค้า
6	2554	ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดด่างต่อผลผลิต และคุณภาพของเนื้อปลานิลแฉะ
7	2555	ผลของชนิดฟอสเฟต เกลือ และความเป็นกรดด่างต่อผลผลิต และคุณภาพของเนื้อปลานิลแฉะแข็ง (โครงการต่อเนื่องปี 2)
8	2555	โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อยอดงานวิจัยการเพาะเลี้ยงปลาหนัง ลูกผสมเนื้อขาวเพื่อเพิ่มมูลค่าและการตลาดสำหรับเกษตรกร
9	2556	โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อยอดงานวิจัย “การเลี้ยงปลาบึกสยาม ร่วมกับปลาเบญจพรรณในนาข้าวเพื่อความมั่นคงทางอาหาร และอาชีพสำหรับเกษตรกร”

ผู้ร่วมโครงการงานวิจัย

ลำดับที่	พ.ศ.	ชื่องานวิจัย
1	2538-2543	Screening of Chitinase Producing Microorganism and Optimization of Its Chitinase Production
2	2545	การถ่ายทอดการเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายสไปรูลิना เพื่อเป็นอาหารเสริมของคนและสัตว์เศรษฐกิจสู่ชุมชน
3	2546	การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิना
4	2547	การแปรรูปสาหร่ายกินได้สู่ชุมชน
5	2548	การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิナในน้ำกากส่าเหล้าในระดับนำร่อง
6	2548	การเก็บรักษาพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็กในเขตภาคเหนือตอนบน
7	2548	การใช้ประโยชน์บางประการจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ทนร้อน จากน้ำพุร้อนบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ปีที่ 2
8	2550	การผลิตสาหร่ายสไปรูลิナที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงในระดับชุมชนเพื่อเป็นอาหารเสริมของคนสัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์เพื่อความงาม
9	2552	การถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์สไปจากธรรมชาติและสาหร่ายสไปรูลิナ ภายใต้โครงการ โครงการถ่ายทอดผลงานวิจัยของ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชนภาคเหนือ เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน
10	2552	การเลี้ยงปลาอุกและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ภายใต้โครงการ โครงการถ่ายทอดผลงานวิจัยของ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชนภาคเหนือเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน
11	2552	ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเวชสำอาง
12	2552	การประยุกต์ใช้รังควัตถุกลุ่มไฟโคบิลิโปรตีนทนร้อนจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>Oscillatoria</i> sp. KC45 ในการพัฒนาเครื่องสำอาง
13	2552	โครงการผลิตน้ำมันชีวภาพจากสาหร่ายขนาดเล็กด้วยระบบน้ำเขียว
14	2553	โครงการผลิตน้ำมันชีวภาพจากสาหร่ายขนาดเล็กด้วยระบบน้ำเขียว ระยะที่ 2

ลำดับที่	พ.ศ.	ชื่องานวิจัย
15	2553	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตสายพันธุ์ปลาบึกและปลาหนังเนื้อขาว
16	2554	การพัฒนาสูตรอาหารปลานิลโดยใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนแหล่งโปรตีน เพื่อลดต้นทุนการผลิต
17	2554	ผลของสารห้ำยาต่อต้านระบบต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์กำจัดสารพิษในปลานิล
18	2554	โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อยอดงานวิจัย “การเพาะเลี้ยงปลาหนังลูกผสมเนื้อขาวเพื่อพัฒนาอาชีพเกษตรกร”



ชื่อผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. นิวุฒิ หวังชัย

Assoc. Prof. Dr. Niwooti Whangchai

บัตรประจำตัวประชาชน 3-9201-00267-81-1

ตำแหน่ง

รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

สถานที่ทำงาน

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โทรศัพท์

0-5387-3470-2 ต่อ 105

โทรสาร

0-5349-817-8 ต่อ 130

E-mail

Niwooti@hotmail.co.th

ประวัติการศึกษา 2528

วท.บ. (วาริชศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2534

วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2545

Ph.D. (Applied Biochemistry) University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น

Publications :

Whangchai N., C. Alfafara, K. Nakano, T. Igarashi and M. Matsumura. 2000. Phytoplankton control by electroflotation in shrimp pond water. In: The 34th Conference of the Japan Society on Water Environment. Kyoto, Japan. March 16-18.

Srinophakun P., **N. Whangchai** and M. Matsumura. 2000. Ozone Characteristic and reaction with humic acid in freshwater and artificial seawater. In: The Proceedings of the 10th Thai Chemical Engineering and Applied Chemistry. BIOTEC, Thailand. 267-273 pp.

Whangchai N., C. Alfafara, K. Nakano, N. Nomura, T. Igarashi and M. Matsumura. 2001. Optimization of electro-chemical process for control phytoplankton in seawater. In The 35th Conference of the Japan Society on Water Environment. Gifu, Japan. March 14-16.

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

Matsumura M., **Whangchai N.,** Migo V.P., Young H.K., Alfafara C.G., and Nomura N. 2001. Effects of algae die-off on shrimp cultivation in ponds using ozonation. In: Proceedings of the JSPS-NRCT International Symposium on Sustainable Shrimp aquaculture and Health Management: Diseases and Environment. Tokyo university of Fisheries, Japan. 73-87 pp.

- Whangchai N.**, Veronica P. Migo, H. K. Young and M. Matsumura. 2002. Effect of ozonation on alkalinity and its control in ozonated shrimp ponds water. In: C.R. Lavilla E. Cruz-Lacierda, (eds.), Disease in Asian Aquaculture: Volume 4. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. 113-124.
- Whangchai N.**, C.G. Alfafara, N. Nomura, H.K. Young and M. Matsumura. 2002. Shrimp disease disinfection and phytoplankton control of intensive shrimp pond water by electro-oxidation process. *Fisheries Science*. 68 (suppli. 1):981-982.
- Whangchai N.**, V. P. Migo, R. Usero, H. K. Young, C. G. Alfafara, N. Nomura and M. Matsumura. 2002. Effects of *in situ* ozonation coupled with jet aerator on water qualities, *Vibrio* and phytoplankton in intensive shrimp grow-out ponds. Thai J. Agric. Sci. 35(4):451-463.
- Migo V.P., **N. Whangchai**, C.G. Alfafara, N. Nomura, H.K. Henry Young and M. Matsumura. 2002. Strategies for the control of alkalinity and algae over-bloom in intensive shrimp cultivation. The Proceedings of the National Shrimp Industry Congress. July 1-4, 2002 Bacolod city, The Philippines.
- Whangchai N.**, N. Nomura, M. Matsumura. 2003. Disinfection, phytoplankton control and COD removal in water from shrimp pond by electro-oxidation process. Abstract of the International Conference on Water Resources management for Safe Drinking Water. Water Research Center, Fact. Of Sci. Chiangmai Univ. p 54.
- Whangchai N.**, N. Nomura, M. Matsumura. 2003. Phytoplankton control in artificial seawater using electrolytic treatments. Thai J. Agric. Sci. 36(3):297-304.
- Whangchai N.**, N. Nomura, M. Matsumura. 2003. Factors Affecting Phytoplankton Removal by Electro-Oxidation of Artificial Seawater. Chiang Mai J. Sci. 31(3):255-259.
- Whangchai N.**, Migo V.P., Alfafara C.G., Young H. K., N. Nomura, M. Matsumura. 2004. Strategies for alkalinity and pH control for ozonated shrimp pond water . Aquacultural Engineering. 30(2004):1-13.
- Whangchai N.**, Chitmanat C., Pimpimol T. and Matsumura M. 2005. The effects of green tea extract additive feeds on the growth performance and survival rate the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Songklanakarin J. Sci. Technol., 27 (Suppl. 1) : 83-89.

- Prommana R., Y. Peerapornpisal, N. **Whangchai**, L.F. Morrison, J.S. Metcalf, W. Ruangyuttikarn, A. Towprom and G.A. Codd. 2006. Microcystins in Cyanobacterial Blooms from Two Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Ponds in Northern Thailand. *Science Asia*. 32(4): 365-370.
- Rodrigo P. Baysa and N. **Whangchai**. 2007. Effect of culture season and stocking density on growth and production of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) raised in northern Thailand. *Mj. Int. J. Sci. Tech.*, 01(02), 216-221.
- Whangchai** N., T. Ungsethaphand., C. Chitmanat, K. Mengumppan and S. Uraivan. 2007. Performance of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) Reared in Earthen Ponds Beneath Plastic Film Shelters. *Chiang Mai Journal Science*. 34 (1): 89-96.
- Whangchai** N., K. Kannika, S. Deejing, T. Itayama, N. Iwami, T. Kuwabara and Y. Peerapornpisal. 2008. Growth performance and accumulation of off flavor in red tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mosambicus*, culture by green water system using chicken manure. *Asian Environmental Research*. (1) : 8-16.
- Itayama T., Iwami N., Koike M., Kuwabara T., **Whangchai** N., and Inamori Y.. 2008. Measuring the Effectiveness of a Pilot Scale Bioreactor for Removing *Microcystis* in an Outdoor Pond System. *Environ. Sci. Technol.* 15;42(22):8498-8503.
- Whangchai** N., Tawong W., Wigraiboon S., Itayama T., Kuwabara T., and Iwami N. 2008. Effects of manure fertilizer on off-flavor substances in water and sediment from tilapia ponds. *The Proceedings of 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Egypt*. 173-180 pp.

ผลงานตีพิมพ์ :

นิวุฒิ หวังชัย. 2534. การสะสมและการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินพื้นบ่อกึ่งกลาดำที่เลี้ยงแบบ
หนาแน่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวุฒิ หวังชัย. 2544. การกำจัดสาหร่ายในแหล่งน้ำด้วยวิธี Electrolytic process. 6th WRC Workshop
on Eutrophication and Toxic Cyanobacteria in Freshwater Reservoirs. Fac. Of Science,
Chiangmai Univ. 4 หน้า.

นิวุฒิ หวังชัย. 2545. ผลของ Oxidants ที่ผลิตจาก Electro-oxidation ต่อเชื้อ *Vibrio harveyi* ในน้ำ
จากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4
สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 38-39.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ นิวุฒิ หวังชัย บัญชา ทองมี และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2545. อิทธิพลของการ
เสริมวิตามินซีในอาหารทดลองต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทาง
เศรษฐกิจในกบมูลฟรอก. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4
สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 36-37.

สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ บัญชา ทองมี และนิวุฒิ หวังชัย. 2545. การศึกษาระดับ
โปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาแรด. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 127-
128.

บุญสิน จิตตะประพันธ์ สมพร มีแสงแก้ว และนิวุฒิ หวังชัย. 2545. การสำรวจหอยมือเสือและ
สภาพแวดล้อมบริเวณแนวปะการังของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดชุมพร. บทคัดย่อการ
ประชุมทาง วิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหา
วิทยาแม่โจ้. หน้า 126.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ นิวุฒิ หวังชัย กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2546. ผลของ
ระดับโปรตีนและไขมันต่อการเจริญเติบโตของกบมูลฟรอก. วารสารการประมง.
56(5):463-468.

นิวุฒิ หวังชัย สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย กรทิพย์ กันนิการ์ รจนา ดอนชะอุม และรจนา จันทรา. 2547. ผล
ของการใช้สาหร่ายสไปรูลินาสดต่อผลผลิต การเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราแลกเนื้อ
และองค์ประกอบทางเคมีในปลานิลแดง. วารสารทางการของสำนักวิจัยและส่งเสริม
วิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, ปีที่ 22 ฉบับพิเศษ, วันที่ 9-10 ธันวาคม 2547, หน้า
135-143

กรทิพย์ กันนิการ์ และนิวุฒิ หวังชัย. 2548. ผลของการใช้สาหร่ายสไปรูลินาสดต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในปลานิลแดง. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6 สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร, วันที่ 19-20 พฤษภาคม 2548, หน้า 224-231.

นิวุฒิ หวังชัย. 2548. การพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในเขตภาคเหนือ. แม่โจ้ปริทัศน์. ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน พฤษภาคม – มิถุนายน 2548. ISSN : 1513-1831. หน้า 24-26.

นิวุฒิ หวังชัย จิราพร โรจน์ทินกร ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล ประจวบ ฉายบุญ อภินันท์ สุวรรณรักษ์ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ชนดี มุสิก และชุมพล ศรีทอง. 2006. การพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยแบบหนาแน่นโดยใช้ไอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำ. *J. Natl. Res. Council Thailand*, 38 (1): 31-52.

ปัทมา ตั้งใจ อรุณี อิงคากุล นิวุฒิ หวังชัย และอุทัยวรรณ โกวิทวาทิ. 2550. คุณลักษณะของเอนไซม์ย่อยอาหารในกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 235-247.

กรทิพย์ กันนิการ์ นิวุฒิ หวังชัย เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ วิทยา ทาวงศ์และสุปราณี วิกรัยบุรณ. 2550. การเจริญเติบโตและการสะสมกลีโคเจนในปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

วิทยา ทาวงศ์ นิวุฒิ หวังชัย กรทิพย์ กันนิการ์ และสุปราณี วิกรัยบุรณ. 2550. ปริมาณของสารจีโอสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินจากบ่อปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงในระบบน้ำเขียว. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

สุพรรณษา ทับทิมหิน, วิทยา ทาวงศ์, สุปราณี วิกรัยบุรณ, สุดาพร ดงศิริ และนิวุฒิ หวังชัย. 2551. การเจริญเติบโตและการสะสมกลีโคเจนไม่พึงประสงค์ในปลาบึกที่ให้อาหารต่างกัน. เอกสารการประชุมวิชาการ “การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2”. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศิริประภา ฟ้ากระจำง ชยรัตน์ ปลื้มสำราญ เอกพงษ์ แอบแฝง กิตติชัย จันทร์ถลก สุปราณี วิกรัยบุรณ และนิวุฒิ หวังชัย. ผลของผักบึงต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa*. 2552. เอกสารการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประจำปี 2552 “บูรณาการงานวิจัยสู่ชุมชนและท้องถิ่น เพื่อวิถีชีวิตที่ยั่งยืน”. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 83-91.

สุปราณี วิกรัยบุรณ วิทยา ทาวงศ์ ปาวลี ศรีสุขสมวงศ์ Nakao Nomura และนิวุฒิ หวังชัย. 2551. ผลของไอโซน และอูลตราโซนิคต่ออัตราการลดปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และกลีโคเจนไม่พึงประสงค์ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีการเจริญเติบโตของ *Microcystis aeruginosa*. เอกสารการประชุมวิชาการ “การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2”. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชื่อผู้ร่วมวิจัย

ผศ. ดร.ชนกันต์ จิตมนัส

Mr. Chanagun Chitmanat

หมายเลขบัตรประชาชน

3 8001 00020 58 2

ตำแหน่ง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงาน

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 ต่อ 105

โทรสาร 0-5387-8126-8 ต่อ 130

E-mail:

chanagun1@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2533	ตรี วท.บ.	วาริชศาสตร์	วาริชศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย
2539	โท M.S.	ประมง	พันธุศาสตร์	Auburn University	อเมริกา
2544	โท M.S.	จุลชีววิทยา	ปลา	The University of Georgia	อเมริกา
2554	เอก วท.ด.	การจัดการสิ่งแวดล้อม	โรคสัตว์น้ำ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

โรคสัตว์น้ำ ภูมิคุ้มกันสัตว์น้ำ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

ชื่อเรื่อง	ปีที่ทำ	สถานภาพ
- เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน	2556-2557	ผู้อำนวยการชุดโครงการ
- การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (<i>Flavobacterium columnarae</i>) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค	2556-2557	หัวหน้าโครงการ
- การตรวจสอบแบคทีเรียและแบคทีเรียก่อโรคที่อยู่ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจัดแบบอะควาโปนิคส์	2554	หัวหน้าโครงการ
- การวินิจฉัยโรคและแนวทางในการป้องกันแก้ไขโรคในลูกปลานิล	2553-2554	หัวหน้าโครงการ
- การประเมินความเสี่ยงของโลหะหนักที่สะสมในปลาบางชนิดจากแม่น้ำกวัง: ผลของอาหารเสริมสาหร่ายไคเพื่อป้องกันความเป็นพิษจากตะกั่ว	2551-2552	หัวหน้าโครงการ
- การศึกษาแนวทางเพื่อพัฒนาปลานิลให้เป็นอาหารที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค	2548	หัวหน้าโครงการ
- การใช้กระเจี๊ยบแดงผสมอาหารเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลานิล	2547	หัวหน้าโครงการ
- การศึกษาการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์และฤดูกาลวางไข่ของปลาเศรษฐกิจบางชนิดในเขื่อนแม่จันทน์สมบูรณ์ชล	2546	หัวหน้าโครงการ
- การศึกษาการใช้สมุนไพรในการป้องกันโรคติดเชื้อในปลาดุก	2545	หัวหน้าโครงการ
- การพัฒนาวัคซีนดีเอ็นเอเพื่อป้องกันโรคในปลาคอสมิกัน	2544	ผู้ร่วมวิจัย
- ผลกระทบของปลาคอสมิกันที่ติดต่อยีนต่อสิ่งแวดล้อม	2539	ผู้ร่วมวิจัย

การเผยแพร่ผลงาน

Concentrations of Cadmium, Lead, and Zinc in Water, Sediment, and Fish from the Mae Kuang River, Thailand. 2009 International Symposium on Environmental Science and Technology (2009 ISEST), June 2 - 5, 2009, Shanghai, China.

Risk Analysis of Diseases for Tilapia Cage Culture Raised in Upper Ping River. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 47. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 17 - 20 มีนาคม 2552. (Poster Presentation). Participatory Action in Upland Aquaculture in Mae Ai, Chiangmai Thailand. World Aquaculture 2008, May 19 - 23, 2008 Busan, Korea. (Poster Presentation).

The Use of Wastes Derived from Small Local Fisheries Business to Replace Fishmeal for Tilapia *Oreochromis niloticus* Diet. World Aquaculture 2008, May 19 - 23, 2008 Busan, Korea. (Poster Presentation).

Risk Assessment of Pesticide Contamination in the Upper Ping River Using Acetylcholinesterase Inhibition in River Snails (*Sinotaia ingallsiana*) Asian-Pacific Regional Conference on Practical Environmental Technologies (APRC 2007). August 1 - 2, 2007. Khon Kaen, Thailand.

Comparison of Epizootiology of *Trichodina* sp. in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) From Different Culture Systems. 2002. World Aquaculture 2002. April 23-27, 2002. Beijing, China.

DNA Vaccine Development against Channel Catfish Virus. 2000. 4th Annual Meeting of the Southern Conference of Researchers in Aquatic Sciences. April 2-4, 2000. Callaway Gardens, Pine Mountain, Georgia.

Induction of Non-specific Cytotoxic Cell Activity in Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, by CpG Motifs in a Plasmid DNA Vaccination. 1999. 3rd Annual Meeting of the Southern Conference of Researchers in Aquatic Sciences. March 21-23, 1999. Biloxi, Mississippi.

Nonspecific Cytotoxicity in Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, after DNA vaccination. 1998. Joint Annual Meeting Southeastern and South Central Branches. American Society of Microbiology. October 29-31, 1998. Montgomery, Alabama.

ผลงานที่ตีพิมพ์

[ชนกันต์ จิตมนัส](#). 2545. สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันปลา. วารสารสงขลานครินทร์. 24(4):739-747.

[ชนกันต์ จิตมนัส](#). 2545. การพัฒนาวัคซีนดีเอ็นเอสำหรับปลา. เวชศาสตร์สัตว์แพทย์. 32(1):13-23.

[ชนกันต์ จิตมนัส](#). 2544. ความรู้เกี่ยวกับวัคซีนเพื่อป้องกันโรคปลา. วารสารการประมง. 54(6):515-520.

[ชนกันต์ จิตมนัส](#). 2550. ไหว้พระ 9 วัด: กรุงเทพมหานคร. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 8(3):62 - 65.

[ชนกันต์ จิตมนัส](#). 2550. การใช้ระบบความปลอดภัยทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สัตว์น้ำ 18:65 - 68.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2550. หนาวนี้โปรดระวังโรคปลาระบาด. สัตว์น้ำ 18:173 - 175.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2550. โรคปลานิล. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 8(6):15 - 19.

ชนกันต์ จิตมนัส และคณะ. 2551. เลียงสะท้อนของผู้ที่มีส่วนร่วมในการเสวนากลุ่มเรื่องการเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณแม่น้ำปิงตอนบน. สัตว์น้ำ ประจำเดือนกุมภาพันธ์:169 - 173.

ชนกันต์ จิตมนัส, นิวุฒิ หวังชัย และ มงคล สมัญญา. 2551. การใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วารสารการประมง ปีที่ 61 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2551 หน้า 166 - 171.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2551. การเตรียมตัวเพื่อศึกษาต่อ ระดับบัณฑิตศึกษา ณ สหรัฐอเมริกา. แม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 9, ฉบับที่ 3 (พ.ค.-มิ.ย. 2551) น. 69 - 71.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2551. แน่ใจหรือว่า ปลาในกระชังตายด้วยโรคระบาด. สัตว์น้ำ ประจำเดือนสิงหาคม: 170 - 172.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2551. โครงการนำร่องวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ เรื่อง การบูรณาการจริยธรรมของนักศึกษาและการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอน. แม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 9, ฉบับที่ 4 (ก.ค.- ส.ค. 2551) น. 36 - 40.

ชนกันต์ จิตมนัส และวิญญู บุญประเสริฐ. 2551. ผลของความเครียดต่อระบบภูมิคุ้มกันปลา. แม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 9, ฉบับที่ 6 (พ.ย. - ธ.ค. 2551) น. 25 - 29.

ชนกันต์ จิตมนัส และคณะ. 2551. การศึกษาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการเลี้ยงปลาบนที่สูงในภาคเหนือ โดยวิธีการมีส่วนร่วมของชุมชน. วารสารสุโขทัยธรรมาธิราช ปีที่ 21 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2551 หน้า 122 - 132.

ขวัญดา พูลสำราญ ทิพสุคนธ์ พิมพพิมล เกียรติศักดิ์ เม่งอำพันและ**ชนกันต์ จิตมนัส.** 2551. ค่าโลหิตวิทยาของลูกปลาบึก. เชียงใหม่สัตวแพทยสาร 6(2):151 - 160.

ชนกันต์ จิตมนัส และเอกสิทธิ์ สมัครราษฎร์. 2552. วิธีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกับความเสี่ยงของผู้บริโภค. แม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 10, ฉบับที่ 3 (พ.ค. - มิ.ย. 2552) น. 22 - 30.

Dunham, R.A., [C. Chitmanat](#), A. Nicols, B. Argue, D.A. Powers, and T.T. Chen. 1999.

Predator avoidance of transgenic channel catfish containing salmonid growth hormone genes. Mar. Biotechnol. 1:545-551.

[Chitmanat, C.](#) , K. Tongdonmuan, P. Khanom, P. Pachontis, and W. Nunsong. 2005.

Antiparasitic, Antibacterial, and Antifungal Activities Derived from a *Terminalia catappa* Solution against some Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Pathogens. Acta Horticulturae Proceedings WOCMAP III, Volume 4. (ISHS) 678:179 – 182.

- [Chitmanat, C.](#) , Tongdonmuan, K. and Nunsong, W., 2005. The use of crude extracts from traditional medicinal plants to eliminate *Trichodina* sp. in tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Songklanakarin J. Sci. Technol., 27(Suppl. 1): 359 – 364.
- Chanagun Chitmanat and Panudatch Sukomol. 2006. An Overview of Inland Fisheries Management in Thailand. Thai Fisheries Gazette 59:423 - 428.
- Siripen Traichaiyaporn and [Chanagun Chitmanat](#). 2008. Water Quality Monitoring in Upper Ping River, Thailand. Journal of Agriculture & Social Sciences. 4: 31 - 34.
- [Chanagun Chitmanat](#) , N. Prakobsin, P. Chaibu and S. Traichaiyaporn, 2008. The Use of acetylcholinesterase inhibition in river snails (*Sinotaia ingallsiana*) to determine the pesticide contamination in the Upper Ping River. International Journal of Agriculture and Biology (IJAB: Int. J. Agri. Biol.) 10: 658 – 660.
- [Chanagun Chitmanat](#) , Anon Tipin, Prachuab Chaibu and Siripen raichaiyaporn. 2009. Effects of replacing fishmeal with wastes derived from local fisheries on the growth of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* . Songklanakarin J. Sci. Technol. 31 (1), 105 - 110.
- Chanagun Chitmanat and S Traichaiyaporn. 2011. Spatial and temporal variations of physical-chemical water quality and some heavy metals in water, sediments and fish of the Mae Kuang river, Northern Thailand. International Journal of Agriculture and Biology 12 (6), 816-820.
- T PIMPIMOL, K PHOONSAMRAN, Chanagun Chitmanat. 2012. Effect of Dietary Vitamin C Supplementation on the Blood Parameters of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*). International Journal of Agriculture and Biology 14 (2), 256-260.
- P Lebel, N Whangchai, Chanagun Chitmanat, J Promya, P Chaibu, P Sriyasak, L Lebel. 2013. River-Based Cage Aquaculture of Tilapia in Northern Thailand: Sustainability of Rearing and Business Practices. Natural Resources 4, 410-421.

บัญชา ทองมี และ คณะ



การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก
Development of Tilapia Culture Systems under Export Standard Criteria

2556