สำนักหอสมุด แม่โจ้ ๒๕๔๒ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหาร

Economic Animal Production for Food Security and Safety

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2562

จำนวน 189,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายชนกันต์ จิตมนัส

ผู้ร่วมโครงการ นิสรา กิจเจริญ

อุดมลักษณ์ สมพงษ์

เทพรัตน์ อิ้งเศรษฐพันธ์

เทพพิทักษ์ บุญทา

จิราพร โรจน์ทินกร

บัวเรียม มณีวรรณ์

น้ำเพชร ประกอบศิลป์

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

24/กันยายน/2563

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ค่าเฉลี่ย และค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลที่อายุ 2-3, 4-5 และ 6-8 เดือน	22
ตารางที่ 2	ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว และความยาวตัว (h2 ±S.E แสดงในเส้นทแยงมุม) ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (phenotypic correlation) แสดงในแนวเหนือเส้นทแยงมุม) และ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) แสดงในแนวใต้เส้นทะแยงมุม) ของลักษณะน้ำหนักตัว และความยาวตัว ของปลาที่อายุ 6-8 เดือน	22
ตารางที่ 3	ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในปลาที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกัน(อาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์ และแหนเป็ดเล็ก)	23
ตารางที่ 4	ค่าการเจริญเติบโต	24
ตารางที่ 5	ค่าคุณภาพของเลือดของปลาแต่ละกลุ่ม	25
ตารางที่ 6	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน ไคโมทริปซิน และสัดส่วน T/C	27
ตารางที่ 7	คุณค่าการผสมพันธุ์ของปลาแต่ละกลุ่ม	30
ตารางที่ 8	คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	38
ตารางที่ 9	Growth, feed conversion ratio and survival rate of tilapia after 90 days	42
ตารางที่ 10	Proximate composition (% dry weight) in carcass of tilapia fed experimental diets after 90 days	43
ตารางที่ 11	Non-specific immune of tilapia after 90 days	44
ตารางที่ 12	water quality in the experimental pond	45
ตารางที่ 13	Growth, feed conversion ratio and survival rate of tilapia after 90 days	46

ตารางที่ 14	Proximate composition (% dry weight) in carcass of tilapia fed experimental diets after 90 days	46
ตารางที่ 15	Non-specific immune of tilapia after 90 days	47
ตารางที่ 16	water quality in the experimental pond	48
ตารางที่ 17	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่คัดแยกจากปลานิล น้ำ และ ตะกอนดินในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงรายที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้	55
ตารางที่ 18	ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล โดยวิธีการ agar well diffusion (วัดความกว้าง Clear zone, เซนติเมตร)	56
ตารางที่ 19	ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล โดยวิธีการ agar disk diffusion (วัดความกว้าง Clear zone, เซนติเมตร)	56
ตารางที่ 20	ภูมิคุ้มกันเบื้องต้นของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน (Mean±SD)	61
ตารางที่ 21	องค์ประกอบของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน (Mean±SD)	61
ตารางที่ 22	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	62
ตารางที่ 23	ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	63

ตารางที่ 24	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	64
ตารางที่ 25	แอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH_3-N) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	65
ตารางที่ 26	ไนไตรท์ ไนโตรเจน (NO_2^--N) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	66
ตารางที่ 27	ไนเตรต ไนโตรเจน (NO_3^--N) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	67
ตารางที่ 28	ฟอสเฟส ฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}-P) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	68
ตารางที่ 29	ค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน	69
ตารางที่ 30	ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ หน่วยเป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิคต่อกรัมของเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (mgGAE/g)	70
ตารางที่ 31	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp) ที่ผ่านการหมักเอนไซม์ L Ultra cone และ CR cone หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml)	71
ตารางที่ 32	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp) ที่ผ่านการหมักเอนไซม์ L Ultra cone และ CR cone หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml)	71

ตารางที่ 33	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ลดลง หลังจากเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (*B. subtilis*) และจุลินทรีย์ก่อโรค (*A. hydrophila* และ *S. agalectiae*) ที่เพาะเลี้ยงในแต่ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง หน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (g/ml)	78
ตารางที่ 34	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ลดลง หลังจากเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (*B. subtilis*) และจุลินทรีย์ก่อโรค (*A. hydrophila* และ *S. agalectiae*) ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง หน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (g/ml)	79
ตารางที่ 35	ข้อมูลฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลทั้งหมดในช่วงเดือน สิงหาคม 2561 - กรกฎาคม 2562	82
ตารางที่ 36	ปริมาณผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยง ปี พ.ศ. 2561-2562	83
ตารางที่ 37	ราคาปลานิลที่เกษตรกรขายได้หน้าฟาร์ม ภาคกลาง ปี พ.ศ. 2561 – 2562	84
ตารางที่ 38	ราคาขายส่งปลานิล ปี พ.ศ. 2561–2562	85
ตารางที่ 39	ราคาขายปลีกปลานิล ปี พ.ศ. 2561–2562	86
ตารางที่ 40	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกและนำเข้า มิ.ย.61 – มิ.ย.	88
ตารางที่ 41	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกปลานิลของประเทศไทย 2561 – 2562 (ม.ค.-มิ.ย.)	89
ตารางที่ 42	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปลานิลของประเทศไทยปี 2561– ปี 2562 (ม.ค.-มิ.ย.)	89
ตารางที่ 43	การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2562	90
ตารางที่ 44	องค์ประกอบทางเคมีอาหารไก่ไข่ สาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายสไปรูลิน่าทางการค้า	98
ตารางที่ 45	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	99

ตารางที่ 46	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อผลผลิตไข่ (%)	99
ตารางที่ 47	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่	100
ตารางที่ 48	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อน้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง และความแข็งของเปลือกไข่	102
ตารางที่ 49	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อความหนาของเปลือกไข่ และค่า Haugh unit	103
ตารางที่ 50	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อสีของไข่แดงและสีของเปลือกไข่	104
ตารางที่ 51	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ทั้งฟองไม่รวมเปลือกอบแห้ง	105
ตารางที่ 52	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในไข่แดง	106
ตารางที่ 53	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดง	106
ตารางที่ 54	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณกรดไขมันในไข่แดง	107
ตารางที่ 55	ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณกรดอะมิโนในไข่ขาว	110
ตารางที่ 56	น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการรอดของปลาช่อน ระยะเวลาเลี้ยง 12 สัปดาห์ (Mean ± SE)	115
ตารางที่ 57	คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมเศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อน	115
ตารางที่ 58	คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปลาช่อน	116
ตารางที่ 59	ผลการเจริญเติบโตของปลาช่อน	119
ตารางที่ 60	ผลผลิตของปลาช่อน และต้นทุนการผลิต	119
ตารางที่ 61	คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่อน	120
ตารางที่ 62	น้ำหนักตัวของปลานิลที่สัปดาห์ต่างๆ	125

ตารางที่ 63	ค่าการเจริญเติบโตต่างๆ ของปลาแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	126
ตารางที่ 64	ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	129
ตารางที่ 65	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	131
ตารางที่ 66	ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	132
ตารางที่ 67	ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	134
ตารางที่ 68	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	136
ตารางที่ 69	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	138
ตารางที่ 70	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	139
ตารางที่ 71	ค่า T/C ratio ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	141
ตารางที่ 72	ความยาวของ villi บริเวณลำไส้ส่วนกลาง ในลูกปลานิลที่ได้รับอาหารต่างๆ เป็นเวลา 4, 8 และ 12 สัปดาห์	144

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของปลาแต่ละกลุ่ม	24
ภาพที่ 2	กราฟแสดงค่าเลือดของปลาแต่ละกลุ่ม	26
ภาพที่ 3	กราฟแสดงค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปลาแต่ละกลุ่ม	28
ภาพที่ 4	ยีน GHR1 ในตับของปลาแต่ละกลุ่ม	29
ภาพที่ 5	ยีน GHR1 ในกล้ามเนื้อของปลาแต่ละกลุ่ม	29
ภาพที่ 6	ยีน IGF1 ในกล้ามเนื้อของปลาแต่ละกลุ่ม	29
ภาพที่ 7	กราฟแสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของน้ำหนักตัว	30
ภาพที่ 8	กราฟแสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของความยาวตัว	30
ภาพที่ 9	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	32
ภาพที่ 10	ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/ตัว) ของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	32
ภาพที่ 11	อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	33
ภาพที่ 12	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	34
ภาพที่ 13	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	35
ภาพที่ 14	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	36

ภาพที่ 15	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	36
ภาพที่ 16	อัตราการแปลงเพศ (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	37
ภาพที่ 17	ต้นทุนการผลิตลูกปลานิล (บาท/ตัว) ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	38
ภาพที่ 18	ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง	58
ภาพที่ 19	เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ A. hydrophila โดยมีวิธีการ Agar well diffusion	58
ภาพที่ 20	เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ A. hydrophila โดยมีวิธีการ Agar disc diffusion	59
ภาพที่ 21	เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ S. agalectiae โดยมีวิธีการ Agar well diffusion	59
ภาพที่ 22	ทดสอบการแตกของเม็ดเลือดแดง (Blood agar hemolysis) ของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์	60
ภาพที่ 23	ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-L) :(A) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-L) :(B) โดยวิธีทางโครมาโทกราฟีแบบแผ่นเคลือบ (TLC)	73
ภาพที่ 24	ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-CR) :(A) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-CR) :(B) โดยวิธีทางโครมาโทกราฟีแบบแผ่นเคลือบ (TLC)	73
ภาพที่ 25	ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-L) :(A) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-L) :(B) โดยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC)	74

ภาพที่ 26	ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-CR) :(C) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-CR) :(D) โดยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC)	75
ภาพที่ 27	ปริมาณจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (B. subtilis) และจุลินทรีย์ก่อโรค (A. hydrophila และ S. agalectiae) (Log 10 CFU/ml) ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง	77
ภาพที่ 28	น้ำหนักตัวของปลานิลที่สัปดาห์ต่างๆ	127
ภาพที่ 29	สัดส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองของปลาแต่ละกลุ่ม	128
ภาพที่ 30	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	128
ภาพที่ 31	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเมื่อสิ้นสุดการทดลองของปลานิลแต่ละกลุ่ม	129
ภาพที่ 32	น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	129
ภาพที่ 33	น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันเมื่อสิ้นสุดการทดลองของปลานิลแต่ละกลุ่ม	130
ภาพที่ 34	ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	131
ภาพที่ 35	ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	131
ภาพที่ 36	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	132
ภาพที่ 37	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	133
ภาพที่ 38	ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	134
ภาพที่ 39	ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	134
ภาพที่ 40	ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	135
ภาพที่ 41	ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	136

ภาพที่ 42	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	138
ภาพที่ 43	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	138
ภาพที่ 44	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	139
ภาพที่ 45	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	140
ภาพที่ 46	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	141
ภาพที่ 47	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	141
ภาพที่ 48	ค่า T/C ratio ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ	142
ภาพที่ 49	ค่า T/C ratio ของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	143
ภาพที่ 50	จุลกายวิภาคของลำไส้ส่วนกลางกลุ่มปลาขนาดใหญ่ ที่กำลังขยาย 10x, scale bar = 0.25 mm	144
ภาพที่ 51	จุลกายวิภาคของลำไส้ส่วนกลางกลุ่มปลาขนาดเล็ก ที่กำลังขยาย 10x, scale bar = 0.25 mm	144
ภาพที่ 52	ความยาว villi บริเวณลำไส้ส่วนกลางในลูกปลานิลที่ได้รับอาหารต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	145

สารบัญตารางผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1	แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิลและจำนวนลูกที่ได้	163
ตารางภาคผนวกที่ 2	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว)ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	177
ตารางภาคผนวกที่ 3	ความยาวเฉลี่ย(มิลลิเมตร/ตัว)ของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน	178
ตารางภาคผนวกที่ 4	การเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลองในแต่ละชุดการทดลองของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตรเป็นเวลา 28 วัน	179
ตารางภาคผนวกที่ 5	ผลโปรไบโอติกในปลานิลทั้งหมด	184
ตารางภาคผนวกที่ 6	ผลการเกิด Clear zone	193

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1	แสดงการเตรียมบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลานิลในระบบไบโอฟลอค	169
ภาพผนวกที่ 2	แสดงการจัดตั้งระบบผสมพันธุ์ปลานิลในบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร180 ตัน จำนวน 2	169
ภาพผนวกที่ 3	แสดงการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการสร้างฟลอคเพื่อใช้ในระบบผสมพันธุ์ปลานิลในระบบไบโอฟลอค	170
ภาพผนวกที่ 4	แสดงการคัดเลือกพ่อ แม่พันธุ์ปลานิลเพื่อจับคู่ผสมพันธุ์ในระบบไบโอฟลอค	171
ภาพผนวกที่ 5	แสดงการติดตั้งกระชังฟักและอนุบาลลูกพันธุ์ปลานิลอินทรีย์ภายใต้ระบบไบโอฟลอคในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร180 ตัน จำนวน 2 บ่อ	172
ภาพผนวกที่ 6	แสดงการตรวจสอบแม่ปลาอมไข่และเคาะไข่ออกจากแม่พันธุ์ปลานิลอินทรีย์ที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคนำมาฟักในระบบฟักไข่ เพื่อผลิตลูกพันธุ์ปลานิลอินทรีย์ต่อไป	173
ภาพผนวกที่ 7	แสดงอุปกรณ์ในและวิธีการระบุหมายเลขปลาแต่ละตัวด้วยเครื่องหมายไมโครชิป (PIT tag)	174
ภาพผนวกที่ 8	การเตรียมสารละลายฮอร์โมนแปลงเพศ	175
ภาพผนวกที่ 9	น้ำหมักกระเทียมสกัด	180
ภาพผนวกที่ 10	การเตรียมอาหารผสมฮอร์โมนและกระเทียม	180
ภาพผนวกที่ 11	การตากอาหารทดลอง	180
ภาพผนวกที่ 12	การเตรียมตู้ทดลอง	180
ภาพผนวกที่ 13	ปลาทดลองระยะถุงไข่แดงยุบ	180
ภาพผนวกที่ 14	ปลาระหว่างการทดลอง	180

ภาพผนวกที่ 15	ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	181
ภาพผนวกที่ 16	การผ่าเอาอวัยวะสืบพันธุ์ของปลามาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ	181
ภาพผนวกที่ 17	การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศภายใต้กล้องจุลทรรศน์	181
ภาพผนวกที่ 18	เซลล์สืบพันธุ์ของปลาทดลองเพศผู้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย100 เท่า)	181
ภาพผนวกที่ 19	เซลล์สืบพันธุ์ของปลาทดลองเพศเมียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 100 เท่า)	181
ภาพผนวกที่ 20	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน พรทิพย์ฟาร์ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน	181
ภาพผนวกที่ 21	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลทั้งหมด	199
ภาพผนวกที่ 22	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์ DNS	199
ภาพผนวกที่ 23	กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis*	200
ภาพผนวกที่ 24	กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Aeromonas hydrophila*	200
ภาพผนวกที่ 25	กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus agalactiae*	201
ภาพผนวกที่ 26	กราฟมาตรฐานโครมาโทแกรมแสดงชนิดของน้ำตาลด้วยเทคนิค HPLC	201
ภาพผนวกที่ 27	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน อ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่	203
ภาพผนวกที่ 28	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน พรทิพย์ฟาร์ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน	203
ภาพผนวกที่ 29	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน ฟาร์มพี่เบล อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน	203
ภาพผนวกที่ 30	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดตาก	204
ภาพผนวกที่ 31	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดกำแพงเพชร	205

ภาพผนวกที่ 32	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดพิษณุโลก	206
ภาพผนวกที่ 33	ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน จังหวัดแม่ฮ่องสอน	207
ภาพผนวกที่ 34	การตรวจสอบปรสิตภายนอกและภายในของปลานิล	208
ภาพผนวกที่ 35	การแยกเชื้อแบคทีเรียบนอาหารวุ้น TSA (Gibco) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 °C เป็นเวลา 24 – 36 ชั่วโมง เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้จะถูกจัดจำแนกชนิดตามลักษณะการย้อมสีผนังเซลล์และลักษณะทางชีวเคมีเบื้องต้น	209
ภาพผนวกที่ 36	การทดสอบความไวของยาปฏิชีวนะจากเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากปลาที่เป็นโรคโดยใช้วิธี Disk diffusion technique	210

การผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหาร

Economic Animal Production for Food Security and Safety

ชนกันต์ จิตมนัส[1] นิสรา กิจเจริญ[1] จิราพร โรจน์ทินทร[1] อุดมลักษณ์ สมพงษ์[1] เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์[1] เทพพิทักษ์ บุญทา[1] น้ำเพชร ประกอบศิลป์[1] และบัวเรียม มณีวรรณ์[2]

Chanagun Chitmanat[1] Nissara Kitcharoen[1] Jiraporn Rojtinnakorn[1] Udomluk Sompong[1] Thepparath Ungsethaphand[1] Teppitag Boonta[1] Nampet Prakobsin[1] and Buaream Maneewan[2]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

[2]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัย เรื่อง การผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหาร ประกอบด้วย 8 โครงการ ได้แก่ 1) การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลอินทรีย์ภายใต้การเลี้ยงในระบบไบโอฟลอค 2) ผลของอาหารผสมสารสกัดกระเทียมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ 3) ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมเสริมอาหารในการเลี้ยงปลานิล 4) ศักยภาพของพืชสมุนไพรไทยและจุลินทรีย์โปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันของปลานิล 5) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารและการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อน 6) การปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่ด้วยสาหร่ายไปรูลิน่า 7) การบริหารจัดการการผลิตและสุขภาพปลานิลเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยน แปลงสภาพอากาศเพื่อความมั่นคั่งและยั่งยืนของธุรกิจ 8) รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยปีที่ 1 มีดังนี้ การปรับปรุงพันธุ์ปลานิลอินทรีย์ภายใต้การเลี้ยงในระบบไบโอฟลอค โดยวิธีการคัดเลือกให้มีน้ำหนักตัวและความยาวตัวที่เพิ่มขึ้นได้ โดยค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักตัวและความยาวตัวทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.92 ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวและความยาวตัวทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.96 ส่วนการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม จากค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) ของ น้ำหนักปลาแต่ละครอบครัวที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด มีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมกับ

สิ่งแวดล้อม อาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้ลูกปลานิลมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนอาหารผสมฮอร์โมน 17α -MT มีค่าอัตราการแปลงเป็นเพศผู้ดีที่สุด (99.00±0.89 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแปลงเพศ ใกล้เคียงอาหารผสมฮอร์โมน 17α-MT คือ 89.50±1.00 เปอร์เซ็นต์ ปลานิลที่ได้รับสารสกัดกระเทียม 0.5%(w/w) เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สามารถใช้สารสกัดจากมะขามป้อมเสริมในอาหารทดลองเลี้ยงปลานิลแทนการใช้วิตามินซี และ การใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* และ การใช้ *S. cerevisiae* ร่วมกับ *L. acidophilus* ผสมในอาหารทดลอง ช่วยเสริมประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในการเลี้ยงปลานิลโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาและภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ นอกจากนี้สามารถคัดเลือกเชื้อโปรไบโอติกส์ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและยับยั้งเชื้อก่อโรคดีที่สุด จากระบบทางเดินอาหารของปลานิลจากฟาร์มเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงรายรวม 4 แหล่ง ได้จำนวน 2 ไอโซเลทคือ CR4-1 และ CR10-5 ซึ่งจะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซินไบโอติกส์ โดยผสมร่วมกับเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร) ที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ มีสารกระตุ้นการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันในลูกปลานิล โรคติดเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิดหลักที่ตรวจพบในปลานิล ได้แก่ *Flavobacterium columnare*, *Streptococcus agalactiae* และ *Aeromonas hydrophila* โดยการตายของปลามักจะเกิดรอยต่อระหว่างปลายฤดูร้อนถึงฤดูฝนนับตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนกรกฎาคมของทุกปี ส่วนปรสิตเห็บระฆังจะแทรกเข้ามาเมื่อปลามีความอ่อนแอ ปัญหาปลาน็อคตายยังเป็นปัญหาประจำทุกปีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและน้ำอย่างฉับพลัน มีการรวมกลุ่มของเกษตรกรทั้งเป็นทางการและไม่เป็นทางการ เพื่อประโยชน์ในการจัดหาลูกพันธุ์ จัดซื้ออาหารสำเร็จรูปและจำหน่ายผลผลิต การขาดบริหารจัดการที่ดีตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (GAP) ตั้งแต่โรงเพาะฟัก การอนุบาล ตลอดจนถึงกระบวนการเลี้ยงปลานิลยังมีน้อย เพราะเกษตรกรขาดแรงจูงใจที่จะพัฒนาฟาร์มให้ได้มาตรฐาน เนื่องจากราคาจำหน่ายปลานิลที่ได้มาตรฐานไม่ได้สูง สาหร่ายสไปรูลิน่าช่วยปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่ โดยระดับการใช้ที่เหมาะสมคือ 0.15 %และสามารถนำไข่ไก่จากแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า0.15% ไปพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชั่น (Functional food) สำหรับการตอบสนองความต้องการเป็นพิเศษของผู้บริโภคได้ สามารถใช้แหล่งโปรตีนจากเศษเหลือปลาที่ผ่านกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เพื่อทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาช่อนได้สูงถึง 50%

คำสำคัญ: ปลานิล ปรับปรุงสายพันธุ์ การคัดพันธุ์ เครื่องหมายพันธุกรรม ไบโอฟลอค การแปลงเพศ สารสกัดกระเทียมอาหารอินทรีย์ สารสกัดสมุนไพรไทย การเจริญเติบโต โปรไบโอติก พืชสมุนไพร ภูมิคุ้มกันแบบไม่

จำเพาะ องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา ซินไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ เอนไซม์ย่อยอาหาร สุขภาพปลานิล การบริหารจัดการการผลิต การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ไก่ไข่ ผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ สไปรูลิน่า ปลาช่อน อะคาโปนิคส์ หอยเชอรี่ เศษเหลือปลา

Abstract

There were 8 projects in the Economic Animal Production for Food Security and Safety Research including 1) Genetic parameter estimation and molecular marker for genetic improvement in Nile tilapia from biofloc system to organic aquaculture by selection 2) Effect of garlic extract on sex reversal of production Nile Tilapia 3) Efficacy of Garlic Extract Added Feed in Nile Tilapia Culture 4) Potential of Thai herbs and probiotics on growth and nonspecific immune response in organic Tilapia culture system 5) Development of synbiotics bioproducts affecting on growth performance, disease resistance, digestive enzyme activity and im¬munological response in fry Nile tilapia 6) Production and Health Management of Tilapia for Prosperous and Sustainable Business 7) Egg quality improvement by using *Spirulina platensis* 8) Suitable use of fermented fish by-product and snail in diets for fish in aquaponics system to organic aquaculture. The first-year results were as follows; The genetic improvement in Nile tilapia from biofloc system to organic aquaculture by selection showed an increase of both body weight (BW) and total length (TL). The correlations between BW and TL (Phenotypic correlation; 0.92, Genotypic correlation; 0.996) were high. Genetic correlations for BW and TL between different feeds (Organic certified pellets and duck weed) was 0.99 implying that no significance in genotype by environmental interaction. The 50 percent garlic extract additive feed tended to provide the best growth performances in tilapia fingerlings. The 17α-MT provided the best sex reversal rate (99.00 ± 0.89 % Male), while the Nile tilapia larvae fed with 50 percent garlic extracts were quite similar (89.50 ± 1.00 % Male). Tilapia received 0.5%(w/w) garlic extract additive feed for 16 weeks were significantly increased in production ($p<0.05$). *Phyllanthus emblica* extract can supplement in diet replaced vitamin C and diets supplemented with *Saccharomyces cerevisiae* 0.2% (YS) and *Lactobacillus acidophilus* 0.2% + *Saccharomyces cerevisiae* 0.2% (LY) without adverse effects on growth parameters, non-specific immune response and carcass compositions of tilapia. In addition, two isolates of probiotic bacteria, CR4-1 and CR10-5, in the digestive system of fry Nile tilapia from four Nile tilapia farms in Chiang Mai and Chiang Rai provinces were selected to promote growth and inhibit pathogens. These will be used to produce a synbiotics combined with coffee silver skin (agricultural wastes) which was used as prebiotic and growth and immune stimulant in Tilapia larvae. Three major fish bacterial pathogens include *Flavobacterium columnare*, *Streptococcus agalactiae*, and *Aeromonas hydrophila*. Fish death usually occurs during season change from late summer to rainy season; March – July. In cases of fish stress, *Trichodina* may become pathogenic ectoparasite interfering

with feeding and respiration of small fish. *The massive deaths* of cage cultured *tilapia due to the abrupt changes in weather and water quality were reported every year. Tilapia farmers' associations have been formally and informally set up in order to get the benefit from seed and commercial feed buying as well as product selling. There are still a room for Good Aquaculture Practices* (GAP) including hatchery, nursery, and on-farm culture because most farmers lack of the motivation to improve their farms due to the GAP fish product is not high. The eggs from the laying hen fed 0.15% *Spirulina platensis* can develop to be functional food for the specific need of the consumer. The fermented fish by-product and snail can 50% partially replace dietary protein from fishmeal in Snake head fish culture.

Keywords: Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), genetic improvement, selection, genetic marker, biofloc, Sex reversal, Garlic extracts, organic feed, Thai-herb extracts, growth, Probiotic; Plant herb; Non-specific immune; Carcass composition, Aquaculture, Synbiotics, Prebiotics, Digestive enzymes, Tilapia Health, Tilapia Diseases, Fish Farm Management, Climate Change, laying hen, egg production, egg quality, *Spirulina platensis*, Snake head fish, Aquaponics, fermented fish by-product, Snail

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง การผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหาร ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2562 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการทำวิจัยการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณทางคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทุกท่าน ทั้งที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการพิจารณาและกำหนดทิศทางที่ช่วยชี้แนะและให้คำปรึกษาทำให้เกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหาร รวมทั้งความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเรียนการสอนระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา

ผู้วิจัย

คำนำ

การใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันรักษาโรคสัตว์น้ำอย่างไม่ถูกวิธีเป็นสาเหตุให้**ยาปฏิชีวนะที่ตกค้างในตัวสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม ทำให้เชื้อแบคทีเรียพัฒนาตัวเองจนเป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อยาปฏิชีวนะและอาจจะถ่ายทอดต่อมายังผู้บริโภค** (FAO, 2002) การศึกษาแนวทางในการผลิตสัตว์เศรษฐกิจโดยไม่ใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีจึงเป็นแนวทางสำคัญเพื่อ**ความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม** เพราะผู้บริโภคหันมาสนใจสุขภาพและมีแนวโน้มความต้องการอาหารที่ปลอดภัยหรือที่ผลิตด้วยระบบการเลี้ยงที่ดีหรือระบบอินทรีย์สูงขึ้น ในขณะที่การผลิตสัตว์น้ำจืดอินทรีย์ยังมีน้อยมาก

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นสูงเพื่อที่ให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น แต่มักจะประสบกับ**ปัญหาเรื่องของคุณภาพน้ำ**หากการจัดการไม่ดีพอ เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำแนวคิดที่จัดการให้ของเสียที่เกิดจากสัตว์น้ำมาปรับใช้ภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดย**การใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค**ในการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นด้วยระบบไบโอฟลอค ซึ่งฟาร์ม บริษัทคิงฟิชกรุ๊ป จำกัด เชียงใหม่ เป็นผู้นำระบบที่เลี้ยงและได้ผลผลิตสูงมาก (20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ระบบนี้ใช้ประโยชน์จากฟลอคทั้งบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยง โดยการเลี้ยงปลานิลดังกล่าวอยู่ภายใต้มาตรฐานการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี ควร**พัฒนาระบบการเลี้ยงและการรับรองมาตรฐานการเลี้ยงมุ่งสู่อินทรีย์** ซึ่งแผนพัฒนาประเทศปี พ.ศ.2560 – 2564 รัฐได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาการเกษตรสู่ความเป็นเลิศด้านอาหารที่ครอบคลุมประเด็นปริมาณการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารเพียงพอและความหลากหลายต่อความต้องการในการบริโภคมีคุณภาพมาตรฐานเทียบเท่าระดับสากลและมีความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง

การพัฒนาลูกพันธุ์โดย**วิธีการคัดเลือก/คัดพันธุ์ให้ได้สายพันธุ์ปลานิลอินทรีย์**เป็นสิ่งสำคัญในการผลิตปลานิลอินทรีย์ด้วยระบบไบโอฟลอคที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัยของอาหาร (Food safety) ซึ่งผลิตไม่ใช้สารเคมีเพื่อผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเนื้อเหมาะสำหรับเป็นอาหารสุขภาพและสามารถสร้างแบรนด์ยกระดับผลิตภัณฑ์ต่อไปได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าทางพันธุกรรมที่จำเป็นต่อการคัดเลือกสายพันธุ์ปลานิลให้มีการเจริญเติบโตดีเมื่อเลี้ยงภายใต้ระบบไบโอฟลอคเพื่อนำไปสู่การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาที่มีการเจริญเติบโตดีควบคู่ไปกับการศึกษาระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตที่อาจจะพัฒนาเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่จะช่วยวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ต่อได้ในอนาคต

การเลี้ยงปลานิลในปัจจุบันนิยมเลี้ยงแต่เฉพาะปลานิลเพศผู้เท่านั้น เนื่องจากปลานิลเพศผู้โตเร็วกว่าเพศเมียประมาณ 30% ทั้งนี้เพราะปลานิลเพศผู้ไม่ต้องใช้พลังงานในการวางไข่และเลี้ยงลูก การเลี้ยงปลานิลเพศผู้จะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น อีกทั้งจะได้ปลาที่มีขนาดใหญ่ขายได้ราคาดีกว่า

ปลานิลขนาดเล็ก นอกจากนี้ถ้าเลี้ยงปลานิลสองเพศรวมกันปลาจะขยายพันธุ์ตั้งแต่ยังมีขนาดตัวที่เล็ก อาหารและพลังงานที่ได้รับจะหมดไปกับการพัฒนาระบบสืบพันธุ์มากกว่าจะเอาไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ในบ่อมีลูกปลาจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม**การใช้สารเคมีที่ใช้แปลงเพศในปลานิลให้เป็นเพศผู้ไม่สามารถพัฒนาการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ได้ จึงเกิดแนวคิดในการนำกระเทียมมาใช้ในการกระตุ้นให้มีการเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดการแปลงเพศในปลานิล** จากการศึกษาของ ศจีรา (2547) และเทพพิทักษ์ (2555) พบว่า ไก่และกบที่ได้อาหารผสมกระเทียม 6, 8 และ 5% ทำให้ไก่และกบมีการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศผู้ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากกระเทียมมีสารสำคัญที่เรียกว่า อัลลิซิน ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับฮอร์โมนเพศผู้

หลักการใช้วัตถุดิบสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ คือ ต้องมีองค์ประกอบที่เป็นวัตถุดิบธรรมชาติหรือเกษตรอินทรีย์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 รวมทั้งต้องเป็นวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ เป็นกระบวนการผลิตสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ ตามหลักการ และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ โดยเป็นการรวมกระบวนการทุกขั้นตอนเริ่มจากพ่อแม่พันธุ์ ลูกพันธุ์ การเลี้ยง การจับ การขนส่ง ฯลฯ เพื่อให้ได้ผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (มาตรฐาน มกท, 2555 (IFOAM); มาตรฐาน กรมประมง, 2550) แต่ปัญหาที่สำคัญของอาหารเลี้ยงปลานิลอินทรีย์ คือ ปลาโตช้า ตัวผอม สัดส่วนเนื้อต่ำ และสัดส่วนซากสูง เนื่องจากข้อจำกัดที่ห้ามใช้สารเร่งการเจริญเติบโตต่าง ๆ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ คือกระบวนการผลิตสัตว์น้ำ เพื่อให้ได้ผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามหลักการและมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ เพื่อที่จะให้ได้ผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค หลักการสำคัญของเกษตรอินทรีย์ก็คือ การห้ามใช้ สิ่งที่ผ่านการดัดแปรพันธุกรรม ปุ๋ยเคมี ฮอร์โมนสังเคราะห์ ยาปฏิชีวนะ ยาที่มาจากสารเคมีสังเคราะห์ และสารที่นอกเหนือจากรายการที่อนุญาตและกรณีให้อาหาร อาหารต้องผลิตจากส่วนผสมที่ได้รับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มาจากเกษตรทั่วไปไม่เกิน 15% แห้ง) ห้ามใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารเคมีและสารสังเคราะห์ เช่น ยาปฏิชีวนะ สารเร่งการเจริญเติบโต สารกระตุ้นการกินอาหาร ฮอร์โมน กรดอะมิโน สารให้สี (pigment) สารเหนียว (binder) สารกันบูด แอนติออกซิแดนท์ และกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย (เช่น เฮกเซน) ให้ใช้วิตามิน ธาตุอาหารรอง และสารเสริม ที่มาจากแหล่งธรรมชาติ (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2555)

การใช้เศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำพื้นบ้านของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน (SME) (ปลาส้ม) และหอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนมาทดแทนปลาป่นในการผลิตปลาช่อน ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ในรูปแบบที่เหมาะสมตามแนวทางการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ ที่มีต่อการเจริญเติบโตดี อัตราการอดตายสูงและมีการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสามารถลดต้นทุน เพิ่มผลตอบแทนของการเลี้ยงสัตว์น้ำ

อินทรีย์และเป็นการผลักดันให้มีการขยายตัวและเพิ่มศักยภาพการผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์ อื่น ๆ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสัตว์น้ำ รวมทั้งเป็นทางเลือกการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าจากเศษเหลือทิ้งเพื่อประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ด้านการผลิตสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ต่อไปและพัฒนาเกษตรอินทรีย์ต่อไปได้ในอนาคต

โรคปลานิลเป็นอุปสรรคที่สำคัญของการเพาะเลี้ยงปลานิลทั้งในบ่อดินและในกระชัง ปลานิลเป็นโรคได้ง่ายขึ้น เพราะเกษตรกรนิยมปล่อยหนาแน่นมากและขาดการจัดการที่ดี รวมทั้งสภาวะแวดล้อมที่แย่ลงและมีความแปรปรวนสูง (Ghiraldelli *et al.*, 2006) การจัดการสุขภาพปลานิลจึงเป็นวิธีการที่ใช้เพื่อวางแผนป้องกันไม่ให้ปลาเกิดโรค ดังนั้นต้องมีการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำที่ดี อันได้แก่การเตรียมบ่อที่ดี การรักษาความสะอาดบ่อ เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ เพื่อลดโอกาสความเสี่ยงในการเกิดโรคและแพร่ระบาดของโรคสัตว์น้ำ การใช้ลูกพันธุ์ปลาที่แข็งแรง การจัดการคุณภาพน้ำที่ดี ไม่ใช้ยาและสารเคมีต้องห้าม การให้อาหารที่ดีมีคุณภาพสูง ทำให้สัตว์น้ำโตไว ได้ผลผลิตสูงคุณภาพดี สร้างกำไรสูงแก่ผู้เลี้ยงและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม (ชนกันต์, 2556)

ปัจจุบันมี**การนำจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียที่มีประโยชน์มาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำที่เรียกว่า โปรไบโอติกส์ มีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ** และเนื่องจากโปรไบโอติกส์เป็นแบคทีเรียที่ได้จากธรรมชาติ จึงไม่มีผลในการสร้างการดื้อยาในเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ และปลอดจากการเหลือสารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ จึงมีแนวโน้มว่าโปรไบโอติกส์จะเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำที่ทดแทนยาปฏิชีวนะต่อไปในอนาคต (Fuller, 1989; Gomez-Gil *et al.*, 2000; Gram *et al.*, 1999; Robertson *et al.*, 2000; Gatesoupe, 1999) ในการส่งเสริมการเจริญแก่จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ จำเป็นต้องเติมสารอาหารที่เป็นประโยชน์ลงไปเพื่อให้แก่จุลินทรีย์เหล่านั้นเจริญได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแหล่งของอาหารดังกล่าวเราเรียกว่า พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) โปรไบโอติกส์จะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหาร แต่จะช่วยกระตุ้นการเจริญหรือส่งเสริมการทำหน้าที่ของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถมีชีวิตอยู่ได้ภายใต้สารอาหารในกลุ่มนี้ ได้แก่ น้ำตาลต่างๆ เช่น Oligofructose, Fructo-Oligosaccharides: FOS และ Inulin น้ำตาลเหล่านี้โดยเฉพาะ FOS จะไม่ถูกย่อยในลำไส้ตอนบนและผ่านลงไปในระบบการย่อยอาหารไป ถึงลำไส้ใหญ่ (colon) โดยที่โปรไบโอติกส์ สามารถย่อย FOS ได้ โดยใช้เอนไซม์ Beta-Fructocidase ดังนั้น โดยทั่วไป**ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ผสมโปรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ ในสัดส่วนที่เหมาะสม เรียกว่า ซินไบโอติกส์** (Synbiotics) (Cerezuela *et al.*, 2011)

การประยุกต์ใช้ซินไบโอติกส์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่งผลให้จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ทำงานได้ดียิ่งขึ้น ทั้งยังช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และทำให้ต้านทานต่อเชื้อก่อโรคได้มากขึ้น ประสิทธิภาพดังกล่าวส่งผลให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น (Abid *et al.*, 2013) ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ซินไบโอติกส์ในสัตว์น้ำ ยังมีไม่มากนัก ได้มีการใช้ซินไบโอติกส์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิด ได้แก่ กุ้งขาว (Wongsasak *et al.*, 2015) กุ้ง lobster (Daniels *et al.*, 2010) ปลาแซลมอน (Abid *et al.*, 2013) ปลาเทร้าท์ (Rodriguez-Estrada *et al.*, 2009; Mehrabi *et al.*, 2012; Firouzbakhsh *et al.*, 2014) ปลาไน (Eleraky *et al.*, 2014; Dehaghani *et al.*, 2015) ปลาเฉา (Nekoubin and Sudagar, 2012) และปลานิล (Addo, 2013: Hassaan *et al.*, 2014) ซึ่งทุกงานวิจัยก็พบว่า อาหารเสริมซินไบโอติกส์ช่วยส่งเสริมการเจริญของสัตว์น้ำ และทำให้สัตว์น้ำแข็งแรงมีภูมิต้านทานการติดเชื้อก่อโรคได้เป็นอย่างดี

การผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์จำเป็นต้องใช้สารจากธรรมชาติมาใช้ในกระบวนการผลิต ทดแทนการใช้สารเคมี มีการวิจัยหลายชิ้นในต่างประเทศที่กล่าวถึงการใช้สมุนไพรเครื่องยาจีนและเกาหลีผสมในอาหารสามารถช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันไม่จำเพาะและการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Yin และคณะ, 2009; Harikrishnan และคณะ, 2010 ก; Harikrishnan และคณะ, 2010 ข) สารสกัดสมุนไพรไทยหลายชนิดสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหาร เพิ่มวิลไลในลำไส้ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมอาหาร การเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ หรือยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ยังไม่มีการวิจัยในการใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น *Nelumbo nucifera* เกสรบัวหลวง, *Phyllanthus emblica* มะขามป้อม, *Allium ascalonicum* หอมแดง, *Sesbania grandiflora* ดอกแค, *Glycyrrhiza uralensis* ชะเอมเทศ, *Zanthoxylum* sp. มะแข่วน เป็นต้น

นอกจากนี้ผลของ**การใช้สมุนไพรร่วมกับจุลินทรีย์โปรไบโอติก** เพื่อเสริมการทำงานในลักษณะ symbiotic ยังมีการศึกษากันน้อยมาก นอกจากนี้ Harikrishnan และคณะ (2011) ยังพบว่าการใช้พืชสมุนไพรร่วมกับจุลินทรีย์โปรไบโอติกผสมในอาหารสามารถช่วยส่งเสริมกันในการช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันและการเจริญเติบโตในปลา olive flounder

ผลิตภัณฑ์ปลอดสารพิษและผลิตภัณฑ์อินทรีย์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงและเป็นที่ต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจต่อสุขภาพและมีกำลังซื้อสูง เป็นตลาดเฉพาะทางที่มีช่องทางจัดจำหน่ายในร้านค้าปลีกสมัยใหม่ ดังนั้นการวิจัยด้านศักยภาพของพืชสมุนไพรไทย จุลินทรีย์โปรไบโอติกและของซินไบโอติกส์ในระบบการผลิตปลานิลอินทรีย์ จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ **สภาพอากาศที่เปลี่ยนไป ไม่ว่าจะเป็นสภาพอากาศที่หนาวจัด ร้อนจัด ปัญหาน้ำท่วม ภัยแล้งหรือน้ำไหลน้อย ความ**

แปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเลี้ยงปลานิลทั้งในกระชังและบ่อดิน โดยอาจจะเป็นผลโดยตรงต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลา ปัญหาปลาน็อคและโรคปลาเกิดขึ้นบ่อยครั้งกับปลาที่เลี้ยง เกวลิน (2556) กล่าวว่า เมื่อต้นปี 2556 ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือประสบกับปัญหาภัยแล้ง หลายจังหวัดมีน้ำไม่เพียงพอในการเลี้ยงปลา อีกทั้งปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะต้นทุนค่าอาหารซึ่งจัดเป็นต้นทุนการเลี้ยงมากที่สุด 70 – 80 % ของเกษตรกร ประกอบกับค่าแรงงานขั้นต่ำเพิ่มขึ้นเป็น 300 บาท/วัน ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ซึ่งความเสี่ยงดังกล่าวนี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความสูงต่างกัน วิธีการเลี้ยงที่ต่างกัน พิมพกานต์และคณะ (2557) กล่าวว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังได้รับผลกระทบจากภาวะน้ำท่วม ทำให้กระชังเสียหาย ปลาตาย และบางส่วนสูญหายไปกับน้ำ ในขณะที่ผลกระทบจากภัยแล้งทำให้แม่น้ำตื้นเขิน ปลาต้องทนอยู่อย่างหนาแน่นสูงขึ้นในกระชัง น้ำในแม่น้ำไม่มีการหมุนเวียน ทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงไม่เหมาะต่อการเลี้ยงปลาในกระชัง ดังนั้นการบริหารจัดการความเสี่ยงภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในปัจจุบันและอนาคตเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องกระทำ บทเรียนในอดีตเกี่ยวกับสภาวะอากาศ ภัยพิบัติ ความสูญเสียเทคนิคการเลี้ยง เป็นข้อมูลที่สำคัญในการบริหารจัดการเพื่อรับมือ ปรับตัวและลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในเขตภาคเหนือชี้คุณภาพของลูกพันธุ์ปลาและราคาอาหารปลาที่แพง ซึ่งจะมีผลต่อความสำเร็จของการเลี้ยงปลานิล

ทีมนักวิจัยจะนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมาและการทบทวนวรรณกรรม ร่วมกับความรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม คุณสมบัติของน้ำ สภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา เทคโนโลยีและวิธีการเลี้ยงที่เขาใช้ในปัจจุบัน มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อที่จะนำความรู้ดังกล่าวไป**ทำงานวิจัยกลุ่มแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกร** นักวิจัยและนักศึกษาในการที่จะผลักดันให้การเลี้ยงปลานิลเป็นไปอย่างยั่งยืน รวมทั้งสามารถเป็นต้นแบบให้กับชุมชนอื่น ๆ ต่อไป

การเลี้ยงไก่ไข่จะพบปัญหาเรื่องจำนวนผลผลิตและคุณภาพไข่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้ผลผลิตไข่ลดลงคุณภาพไข่ก็จะลดลงตามด้วย คุณภาพไข่ที่สำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้ผลิตคือสีของไข่แดงรวมถึงสีของเปลือกไข่ นอกจากนี้คุณภาพไข่ด้านความแข็งแรงของเปลือกไข่ก็ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความเสียหายของไข่ทั้งขณะอยู่ในฟาร์มและขณะขนส่ง

การปรับปรุงคุณภาพไข่ด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแนวทางหนึ่งที่มีการศึกษาในต่างประเทศ แต่ภายในประเทศยังไม่มีการวิจัยที่ชัดเจนว่าสาหร่ายสไปรูลิน่าจะช่วยปรับปรุงคุณภาพไข่รวมถึงผลผลิตไข่ได้อย่างไร และปริมาณการใช้เท่าใดจึงจะเหมาะสมสำหรับไก่ไข่แต่ละสายพันธุ์ คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการปรับปรุงคุณภาพไข่และผลผลิตไข่ด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า

โดยใช้สไปรูลิน่าเกรดอาหารสัตว์และได้รับมาตรฐานอินทรีย์จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการวิจัยนี้จะมีความร่วมมือจากฟาร์มเอกชน ให้คำแนะนำการปฏิบัติได้จริงในฟาร์ม และทำการทดลองวิจัย เพื่อศึกษาแนวทางการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในฟาร์มไก่ไข่ ผลผลิต คุณภาพ และเปรียบเทียบต้นทุน

ผลที่ได้จากแผนวิจัยแบบบูรณาการนี้ จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เศรษฐกิจให้มีมาตรฐาน โดยที่ผู้ผลิตหรือเกษตรกรมีรายได้ที่มั่นคง ผลิตสินค้าเกษตรที่มีความปลอดภัยในปริมาณพอเพียงกับความต้องการของตลาด รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ได้ทุกระบบมาตรฐานฟาร์มทั้ง GAP และระบบอินทรีย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินค่าทางพันธุกรรมที่จำเป็นต่อการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลโดยการคัดเลือกสายพันธุ์ปลานิลที่มีการเจริญเติบโตดีเมื่อเลี้ยงภายใต้ระบบไบโอฟลอคในฟาร์มเชิงพาณิชย์
2. เพื่อศึกษาระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต (growth marker) ได้แก่ สารพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การศึกษาคุณภาพเนื้อ การศึกษาการทำงานของระบบย่อยอาหาร การศึกษาสารพันธุกรรมสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันในตับ และ การศึกษาคุณภาพของเลือดของปลานิลที่มีการเจริญเติบโตดีเมื่อเลี้ยงภายใต้ระบบไบโอฟลอคในฟาร์มเชิงพาณิชย์
3. เพื่อนำข้อมูลจากการประเมินค่าทางพันธุกรรมและการศึกษาระดับโมเลกุลมาใช้วางแผนการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลภายใต้ระบบไบโอฟลอคในฟาร์มเชิงพาณิชย์ และเพิ่มมูลค่า
4. เพื่อศึกษาปริมาณของสารสกัดกระเทียมที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ในปลานิล
5. เพื่อศึกษาน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย และคุณภาพน้ำของตู้ทดลองที่ใช้สารสกัดกระเทียมผสมในอาหาร
6. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ในปลานิล
7. เพื่อศึกษาผลของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นต่อการเจริญเติบโตของปลานิลวัยอ่อน
8. เพื่อศึกษาผลของพรีไบโอติกส์ต่อการส่งเสริมการเจริญของโปรไบโอติกส์ และปลานิลวัยอ่อน
9. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในปลานิล
10. เพื่อศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารของปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมซินไบโอติกส์
11. เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลวัยอ่อน

12. พัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อทดแทนยาปฏิชีวนะและเร่งการเจริญเติบโตในปลานิลวัยอ่อนในกระชัง

13. ศึกษาผลของการใช้สมุนไพรไทยเสริมในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและภูมิต้านทานแบบไม่เฉพาะในการเลี้ยงปลานิลอินทรีย์

14. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมเสริมอาหารสูตรอินทรีย์ในการเลี้ยงปลานิลระยะอนุบาลและระยะขุ ต่อการเจริญเติบโต ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหาร พยาธิสภาพชิ้นเนื้อของลำไส้ และค่าเลือดต่างๆ

15. ศึกษาต้นทุนการผลิตปลานิลปลอดสารด้วยอาหารอินทรีย์ผสมสารสกัดกระเทียม

16. ศึกษาผลของการใช้สมุนไพรไทยร่วมกับ probiotic เสริมในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและภูมิต้านทานแบบไม่เฉพาะในการเลี้ยงปลานิลอินทรีย์

17. เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยงปลานิลในปัจจุบัน

18. ศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนสภาพอากาศและปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อโรคและการเลี้ยงปลานิล

19. วิเคราะห์ข้อมูลผลการดำเนินงานของเกษตรกรในการเลี้ยงปลานิล ทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสังคม

20. เพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงปลานิลและสถานการณ์โรคปลานิลในปัจจุบัน

21. เพื่อเป็นการพบปะกับเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงปลานิล ทำวิจัยเชิงปฏิบัติการกลุ่มและหาแนวทางในการจัดการการเลี้ยงเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากสภาวะภูมิอากาศ

22. ปรับปรุงคุณภาพไข่รวมถึงผลผลิตไข่ด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า

23. เพิ่มมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการในไข่ด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า

24. ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้หอยเชอรี่และของเหลือจากแปรรูปปลาส้มเป็นแหล่งโปรตีนทดแทน เลี้ยงปลาช่อนในระบบอะควาโปนิคส์

25. ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของการใช้หอยเชอรี่และของเหลือจากแปรรูปปลาส้มเป็นแหล่งโปรตีนทดแทน เลี้ยงปลาช่อนในระบบอะควาโปนิคส์

26. ศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อ ผลผลิต และผลตอบแทนของปลาช่อนที่เลี้ยงการใช้หอยเชอรี่และของเหลือจากแปรรูปปลาส้มเป็นแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันในระบบอะควาโปนิคส์

27. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลาปลาช่อนที่เลี้ยงการใช้หอยเชอรี่และของเหลือจากแปรรูปปลาส้มเป็นแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันในระบบอะควาโปนิคส์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้พ่อแม่พันธุ์ปลานิลที่จะใช้ในการผลิตปลานิลด้วยระบบการเลี้ยงไบโอฟลอคในรุ่นที่ 2 จำนวน 50-100 คู่ โดยการคัดเลือกจากการการทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมด้วยวิธี BLUP
2. ทราบถึงปริมาณของสารสกัดกระเทียมที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ในปลานิล
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ทั้งด้านผลผลิตและต้นทุนการผลิตปลานิลของเกษตรกร
4. ช่วยลดอัตราการติดเชื้อก่อโรคในปลานิลและลดการใช้ยาปฏิชีวนะ
5. ได้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพชินไบโอติกส์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลวัยอ่อน
6. แนวทางปฏิบัติที่ดีในการเลี้ยงปลานิลและแนวทางในการรับมือกับความเสี่ยงเนื่องมาจากอากาศแปรปรวน
7. เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ได้ผลผลิตและคุณภาพไข่ที่ดีจากการใช้เสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในสูตรอาหาร
8. สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ไก่ไข่และสามารถพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพ (functional food) สำหรับผู้บริโภค

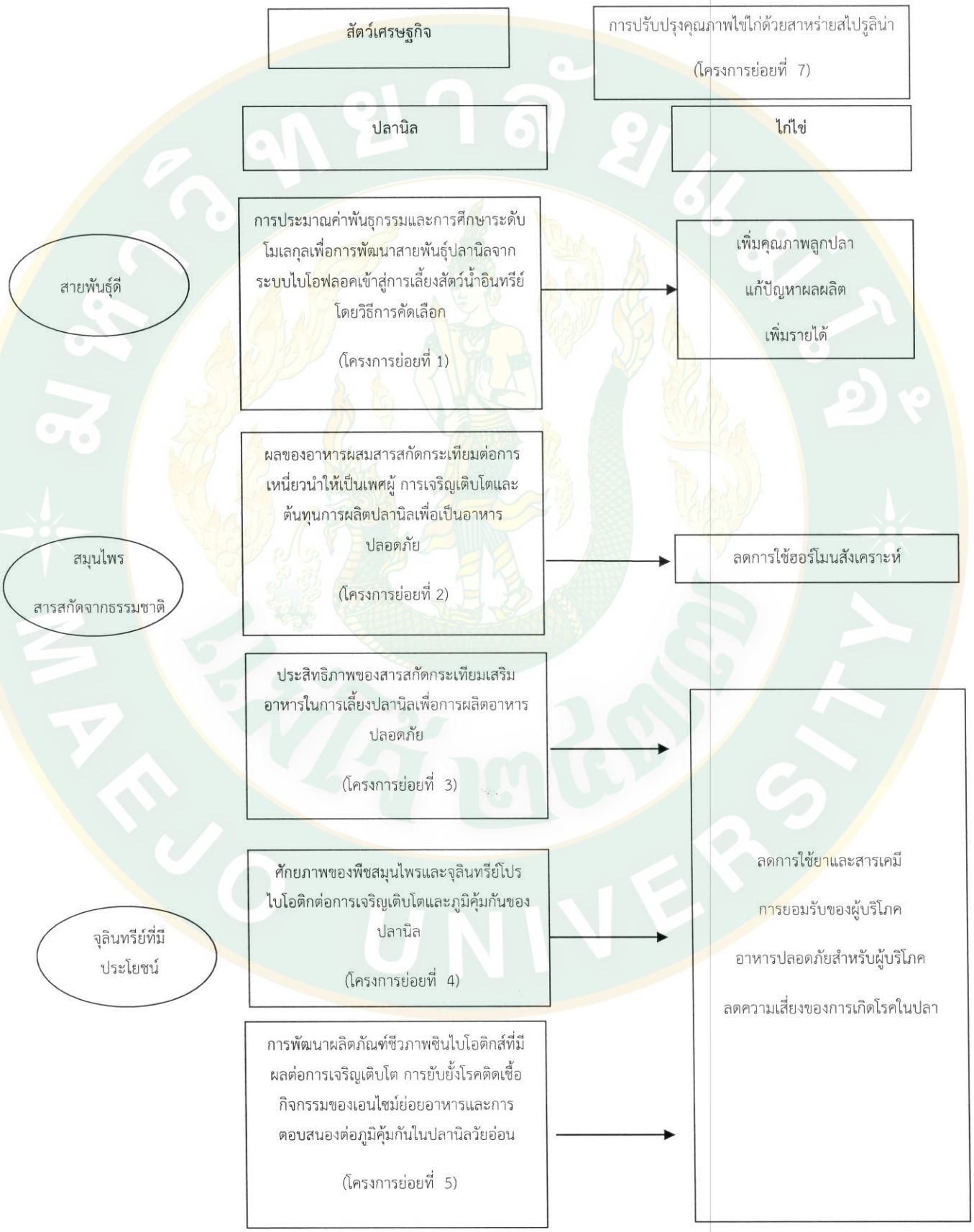
ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่มีรายได้เพิ่มขึ้น

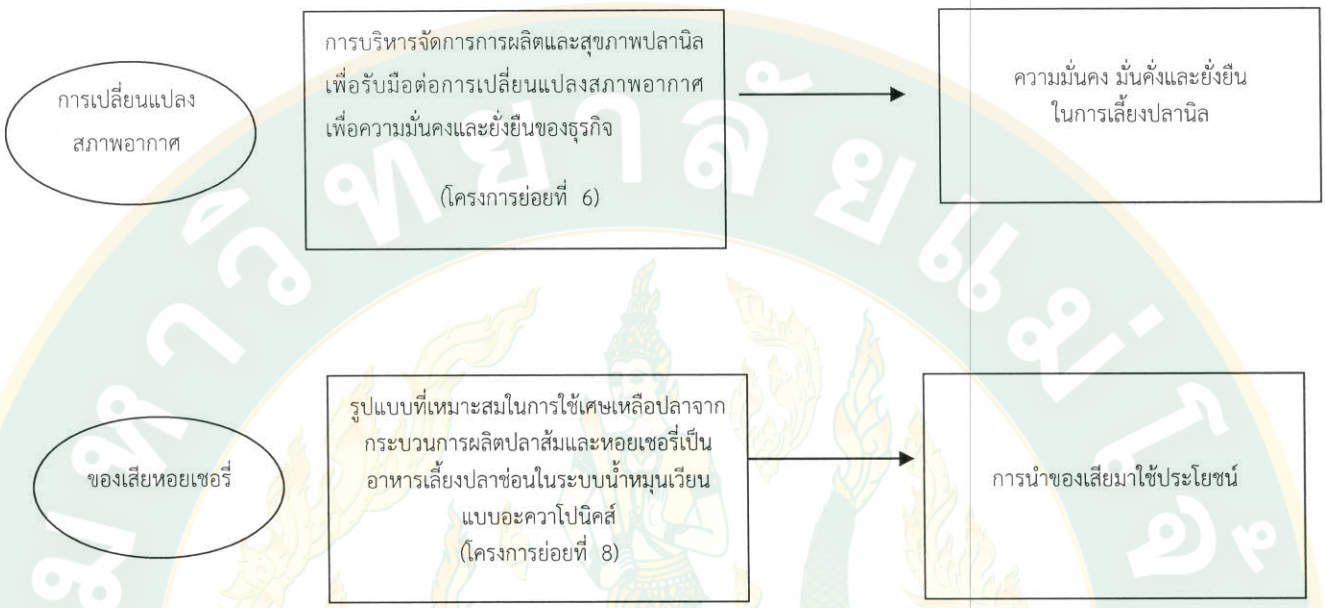
9. ผู้บริโภคได้บริโภคสัตว์น้ำที่ปลอดภัยส่งผลดีต่อสุขภาพ ส่งผลดีต่อครอบครัวและสังคมโดยรวมต่อไป
10. ทราบผลตอบแทนของการผลผลิตและผลตอบแทนของผลของการทดแทนปลาป่นด้วยเศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำ (ปลาส้ม) ที่ระดับต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อของปลาช่อนระยะต่าง ๆ ในการเลี้ยงแบบอินทรีย์ในระบบน้ำหมุนเวียนอะควาโปนิคส์
11. เป็นทางเลือกในการลดปัญหาการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นและทรัพยากรน้ำและลดปัญหาน้ำทิ้งจากระบบการผลิตสัตว์น้ำจืดอินทรีย์
12. มีบ่อสาธิตเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง การใช้เศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำ (ปลาส้ม) ทดแทนปลาป่นในระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารของปลาช่อนระยะต่าง ๆ ในการเลี้ยงแบบอินทรีย์ในระบบน้ำหมุนเวียนอะควาโปนิคส์ ขยายผลองค์ความรู้จากงานทดลองสู่ครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่อย่างเป็นรูปธรรมเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ของเกษตรกรและผู้สนใจ
13. ได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติอย่างน้อย 10 เรื่อง
14. สามารถบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนและงานบริการวิชาการ ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผู้ที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้ใช้	การใช้ประโยชน์
กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล	ได้พ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ในระบบการเลี้ยงที่ดีภายใต้ระบบไบโอฟลอคในฟาร์มเชิงพาณิชย์ เพื่อผลิตลูกปลานิลที่มีการเจริญเติบโตที่ดีได้ในระบบไบโอฟลอคในฟาร์มเชิงพาณิชย์
ฟาร์มผลิตลูกปลานิลแปลงเพศ	ใช้เป็นแนวทางในการแปลงเพศปลานิล เพื่อลดการใช้สารเคมี รวมถึงลดต้นทุนการผลิต
เจ้าของกิจการที่สนใจในผลิตภัณฑ์ชีวภาพ	สามารถนำผลิตภัณฑ์ชีวภาพชินไบโอติกส์ไปใช้เพื่อการเพาะเลี้ยงปลานิลวัยอ่อน
ผู้ประกอบการส่งออก	ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีจากลูกพันธุ์ปลานิลที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ในระบบการเลี้ยงที่ดีภายใต้ระบบไบโอฟลอคในฟาร์มเชิงพาณิชย์โดยได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีตามที่ตลาดต้องการ
กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่	นำผลงานวิจัยไปใช้ปรับปรุงคุณภาพไข่ เพิ่มมูลค่าให้กับไข่ไก่
บุคลากรของกรมประมง บุคลากรในสถาบันการศึกษา	ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร ฝึกอบรม บริการวิชาการ เผยแพร่

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย





แผนการบริหารชุดโครงการวิจัยและการบริหารความเสี่ยง

1. แผนบริหารการวิจัย

1.1 ระยะที่ 1: การวางแผนบริหารโครงการวิจัย ทบทวนเอกสาร และเตรียมพื้นที่ วัตถุดิบ และประชุมบุคลากร

1. ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลงานวิจัย และหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ตั้งโจทย์ปัญหาและวางแผนวิจัยร่วมกับบุคลากร นักศึกษาและเกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ
3. วางแผนการดำเนินงานและขออนุมัติโครงการวิจัย

1.2 ระยะที่ 2: ระยะศึกษา และการทดลองในปีที่ 1 (ตุลาคม 2561 - กันยายน 2562)

ทำการทดลองบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองตามแผนการทดลองของแต่ละโครงการย่อย จำนวน 8 โครงการ ดังนี้

1) การประมาณค่าพันธุกรรมและการศึกษาระดับโมเลกุลเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลจากระบบไบโอฟลอคเข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์โดยวิธีการคัดเลือก

2) ผลของอาหารผสมสารสกัดกระเทียมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตปลานิลเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย
3) การศึกษาประสิทธิภาพของประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมเสริมอาหารในการเลี้ยงปลานิลเพื่อการผลิตอาหารปลอดภัย
4) ศักยภาพของพืชสมุนไพรและจุลินทรีย์โปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันของปลานิล
5) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารและการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อน
6) การบริหารจัดการการผลิตและสุขภาพปลานิลเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อความมั่นคงและยั่งยืนของธุรกิจ
7) การปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่ด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า
8) รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์

1.3 ระยะที่ 3: ระยะศึกษา และการทดลองในปีที่ 2 (ตุลาคม 2562 - กันยายน 2563)

สรุปผลที่ได้จากการวิจัยในปีที่ 1 ปรับแก้ไขและทำการทดลองต่อเนื่องในแต่ละโครงการย่อย จำนวน 7 โครงการ ดังนี้

1) การประมาณค่าพันธุกรรมและการศึกษาระดับโมเลกุลเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลจากระบบไบโอฟลอคเข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์โดยวิธีการคัดเลือก
2) การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรไทยเสริมอาหารในการเลี้ยงปลานิลเพื่อการผลิตอาหารปลอดภัย
3) ศักยภาพของพืชสมุนไพรและจุลินทรีย์โปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันของปลานิล
4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารและการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อน
5) การบริหารจัดการการผลิตและสุขภาพปลานิลเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อความมั่นคงและยั่งยืนของธุรกิจ
6) การปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่ด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า

7) รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์

แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามชุดโครงการวิจัย

แผนงานวิจัยนี้ ช่วยทำให้คณาจารย์และนักวิจัย สามารถผลิตบัณฑิตทั้งระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา เป็นนักวิจัยรุ่นใหม่ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และคณะสัตว์ศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ปีละประมาณ 5 คน ได้บัณฑิต และบัณฑิตศึกษาที่มีคุณภาพและคุณธรรม มีความรู้ในการผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความปลอดภัยด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม

กลยุทธ์ของชุดโครงการวิจัย

ชุดโครงการวิจัย การผลิตสัตว์เศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหาร มุ่งเน้นวิจัยเพื่อตอบโจทย์ของการผลิตเศรษฐกิจให้ยั่งยืน โดยหาแนวทางในคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ให้ได้สัตว์น้ำโตเร็ว แข็งแรง เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง เป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศต่อไป มีการใช้จุลินทรีย์และสมุนไพรเพื่อลดการใช้ยาและสารเคมีในการป้องกันรักษาโรคสัตว์น้ำ ทำให้ได้ผลผลิตสัตว์น้ำที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้มีการลงพื้นที่สร้างเครือข่ายพัฒนาศักยภาพเกษตรกรและถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเพื่อให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงปลานิลได้อย่างมีกำไร นอกจากนี้มีการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อผลิตไข่ให้มีสีสันน่ารับประทาน

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การประมาณค่าทางพันธุกรรมและการศึกษาระดับโมเลกุลเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลจากระบบไบโอฟลอคเข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์โดยการคัดเลือก

1. การจับคู่ผสมพันธุ์ปลานิล

จากการดำเนินการจับคู่ผสมพันธุ์ตามแผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวข้างต้น ได้จำนวนคู่ผสมภายใต้ระบบไบโอฟลอคทั้งสิ้น 163 คู่ ในระยะเวลา 3 เดือน (จากเดือน สิงหาคม – ตุลาคม 2562) จะเห็นว่าได้จำนวนคู่ผสมที่ตรวจสอบพบแม่ปลาอมไข่ จำนวนทั้งสิ้น 163 ตัว จากจำนวนแม่ปลาทั้งสิ้น 220 ตัว คิดเป็น 74.09 % โดยจะมาจากการผสมจากพ่อพันธุ์จำนวนทั้งสิ้น 47 ตัว คิดเป็น 85% จากจำนวนพ่อปลาทั้งสิ้น 55 ตัว

เมื่อทำการเก็บไข่ปลาออกจากปากแม่ปลาแต่ละตัวเพื่อนำไปฟักในระบบฟักไข่ แยกแม่ละ 1 ถาดหลังจากนั้นประมาณ 5-7 วันจะทำการย้ายลูกปลาระยะ swim-up ลงอนุบาลในกระชังแยกครอบครัวๆ ละกระชัง ซึ่งจากจากเดือน สิงหาคม – ตุลาคม 2562 นั้นได้ลูกปลาจำนวนทั้งสิ้น 112 ครอบครัว คิดเป็น 68.71 % เนื่องจากไข่ที่เก็บจากแม่ปลาบางตัวอยู่ในระยะแรกๆ อีกทั้งระบบฟักไข่บางช่วงมีปัญหาจากการอุดตันของไข่ในระบบฟักไข่ และมีไฟฟ้าดับ ทำให้ไข่เสียจำนวนหลายครอบครัว

จากการผสมพันธุ์ปลานิลอินทรีย์นั้นไม่สามารถผสมพันธุ์ได้ครบจำนวนภายในระยะเวลาเดียวกันได้จากการผสมพันธุ์ในแต่ครั้ง/แต่ละสัปดาห์ที่เก็บไข่ได้ ตลอดจนจำนวนลูกปลาที่ได้จากแต่ละครอบครัวที่ไม่เท่ากันย่อมส่งผลต่อการประเมินค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาเป็นปัจจัยกำหนดในการประเมินค่าด้วย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

ปลาที่เลี้ยงจำนวนครอบครัว 109 ครอบครัว เมื่ออายุ 2-3 เดือน (เมื่อทำการติดเครื่องหมายไมโครชิป) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 12.28 กรัม และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.53 กรัม ซึ่งปลามีขนาดที่แตกต่างกันมากเนื่องจากอายุที่แตกต่างกัน โดยอายุเมื่อติดเครื่องหมายจึงถูกพิจารณาเป็นปัจจัยกำหนดในการประเมินค่าในโมเดลด้วย

หลังจากติดเครื่องหมายแล้วจะเลี้ยงปลารวมแต่ละครอบครัวจำนวน 100 ครอบครัวรวมกันเป็นชุดๆ (จำนวน 9 ชุด) ตามชุดที่ติดเครื่องหมายไมโครชิพในวันเดียว กันเป็นระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ จนปลามีอายุ 4-5 เดือน มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 20.27 กรัม และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.54 กรัม

หลังจากนั้นทำการสุ่มปลาที่ติดเครื่องหมายจากแต่ละชุด แต่ละครอบครัวเลี้ยงจำนวนเท่าๆ กันเลี้ยงในกระชัง 2x2 ตารางเมตร จำนวน 8 กระชัง โดย 4 กระชังให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์ และอีก 4 กระชังให้แหนเป็ดเล็กเป็นอาหาร เป็นระยะเวลา 2 เดือน จนปลามีอายุ 6-8 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 29.28 กรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 23.61 ความยาวตัวทั้งหมด (Total length) เฉลี่ย 12.24 เซนติเมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.96

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประเมินค่าอัตราพันธุกรรม

เมื่อปลามีอายุครบ 2-3 เดือนจึงเก็บข้อมูลน้ำหนักมาประเมินค่าอัตราพันธุกรรม โดยนำข้อมูลน้ำหนักปลาที่อายุ 2-3 เดือน จากจำนวนทั้งสิ้น 109 ครอบครัว มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเบื้องต้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS on Demand for academics (SAS, 2020) และหาโมเดลที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและพบว่าอิทธิพลที่มีผลต่อน้ำหนักปลานิลที่อายุ 2-3 เดือน ได้แก่ แม่พันธุ์ (Dam No), พ่อพันธุ์ (Sire No), กระชังที่ใช้เลี้ยงปลาแต่ละครอบครัว (Hapa No), กลุ่มความหนาแน่น (Density Group) และ กลุ่มระยะเวลาที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง (Hatching Group) หลังจากติดเครื่องหมายแล้วจะเลี้ยงปลารวมแต่ละครอบครัวจำนวน 109 ครอบครัวรวมกันเป็นชุดๆ ตามชุดที่ติดเครื่องหมายไมโครชิพในวันเดียวกัน จำนวน 9 ชุดในกระชังขนาด 2×2 ตารางเมตร เป็นจำนวน 55-102 วัน หลังจากนั้นจึงสุ่มปลาจากแต่ละชุดไปเลี้ยงเพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมด้วยอาหาร 2 ชนิด คือ อาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์ และแหนเป็นเล็ก โดยอิทธิพลที่มีผลต่อน้ำหนักปลานิลที่อายุ 4 -5 เดือนได้แก่ แม่พันธุ์ (Dam No), พ่อพันธุ์ (Sire No), กระชังที่ใช้เลี้ยงปลาแต่ละครอบครัว (Hapa No), กลุ่มความหนาแน่น (Density Group), ระยะเวลาที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง (Hatching Group) และ ชุดของปลาหลังจากที่ติดเครื่องหมายไมโครชิพ (Batch)

หลังจากทดลองเลี้ยงปลาที่ติดเครื่องหมาย ด้วยอาหาร 2 ชนิด คือ อาหารเม็ดสำเร็จรูป และ แหนเป็ดเล็กเป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยอิทธิพลที่มีผลต่อน้ำหนักปลานิลที่อายุ 6 -8 เดือนได้แก่ แม่พันธุ์ (Dam No), พ่อพันธุ์ (Sire No), กลุ่มความหนาแน่น (Density Group), ระยะเวลาที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง (Hatching Group) อายุเมื่อติดเครื่องหมายไมโครชิพ (Age Group) กระชังที่ใช้เลี้ยงปลาทดลองอาหาร (Cage) และเพศ (Sex)

การประเมินค่าอัตราพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลจากการทดลองนี้มีความแตกต่างไปตามช่วงอายุ โดยที่อายุ 2-3 เดือนค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 0.05±0.03 ซึ่งมีค่าต่ำ ที่อายุ 4-5 เดือน ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 0.40 ± 0.15 ซึ่งมีค่าสูงและสูงกว่าที่อายุ 2-3 เดือน(ตารางที่ 3) เช่นเดียวกับการศึกษาใน ปุญชรัศมิ์และนิสรา (2562) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลมีความแตกต่างไปตามช่วงอายุ โดยที่อายุ 2 เดือนค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 0.09±0.03 ที่อายุ 3 เดือนค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.57±0.30 ซึ่งมีค่าสูงและมีค่ามากกว่าที่อายุ 2 เดือน เช่นเดียวกับการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของ Charo-Karisa (2006) ที่ได้ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวปลาที่อายุ 42 วัน มีค่าต่ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.01±0.06 และพบว่าความแปรปรวนเนื่องมาจาก สภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ครอบครัวเดียวกัน (common environmental effect; c^2) มีค่าสูงซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.36±0.05 และอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักเมื่อเก็บเกี่ยวมีค่าสูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.38-0.60

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลที่อายุ 2-3, 4-5 และ 6-8 เดือน

อายุ	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก (กรัม)	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าอัตราพันธุกรรม ± S.E.
2-3 เดือน	12.28	13.53	0.05 ± 0.03
4-5 เดือน	20.27	17.54	0.40 ± 0.15
6-8 เดือน	29.28	23.61	0.46 ± 0.14

ค่าอัตราพันธุกรรมของปลานิลที่อายุ 6-8 เดือน มีค่าเท่ากับ 0.46 ± 0.14 สำหรับน้ำหนัก 0.53 ± 0.14 สำหรับความยาวตัวทั้งหมด โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งมีค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลเมื่อเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.25-0.58 (Rutten *et al*., 2005; Charo-Karisa *et al*., 2006; Trong *et al*., 2013; ปุญชรัศมิ์, 2562) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกให้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรม ชี้ให้เห็นถึงสัดส่วนของความโดดเด่นของสัตว์แต่ละตัวที่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นถัดไป อัตราพันธุกรรมจึงถูกนำมาใช้ในการทำนายผลตอบสนองต่อการคัดเลือก ซึ่งโดยทั่วไป อัตราพันธุกรรม เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความยากหรือง่ายในการปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือก (ศกร, 2560)

ตารางที่ 2 ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว และความยาวตัว (h^2 ±S.E แสดงในเส้นทแยงมุม) ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (phenotypic correlation) แสดงในแนวเหนือเส้นทแยงมุม) และ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) แสดงในแนวใต้เส้นทะแยงมุม) ของลักษณะน้ำหนักตัวและความยาวตัว ของปลาที่อายุ 6-8 เดือน

ลักษณะ	น้ำหนักตัว (TW)	ความยาวตัว(TL)
น้ำหนักตัว (TW)	0.46 ± 0.14	0.92
ความยาวตัว (TL)	0.96	0.53 ± 0.14

การศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) ของ น้ำหนักปลา และความยาวตัวปลาที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดมีค่า และ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) ของน้ำหนักและความยาวตัวทั้งหมดของปลาแต่ละครอบครัวที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด มีค่า 0.99 ซึ่งสูงกว่า 0.8 แสดงให้เห็นว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Binyotubo (2017)

ซึ่งทดลองให้อาหาร 2 ชนิดได้แก่ แหนเป็ด และอาหารเม็ดสำเร็จรูป และพบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างอาหาร 2 ชนิดมีค่าสูง กล่าวคือ ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างสิ่งแวดล้อมกับพันธุกรรมอื่น ๆ ซึ่งพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม กล่าวคือสามารถคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาที่โตดีและน่าจะให้ลูกที่โตดี ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารชนิดใดก็ตามย่อมโตดีและให้ลูกที่โตดีเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในปลาที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกัน (อาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์ และแหนเป็ดเล็ก)

ลักษณะ	ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปลาแต่ละครอบครัวที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์ และแหนเป็ดเล็ก
น้ำหนัก	0.99
ความยาวตัว	0.99

4. การศึกษาในระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต (growth marker)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างปลาจากกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์ (T1) และกลุ่มเลี้ยงแหนเป็ดเล็ก (T2) ทำการคัดเลือกปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง (High) และปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (Low) โดยเลือกกลุ่มละ 10 ตัว ทำการเก็บตัวอย่างเลือด ลำไส้ ตับ และกล้ามเนื้อ

อัตราการเจริญเติบโต

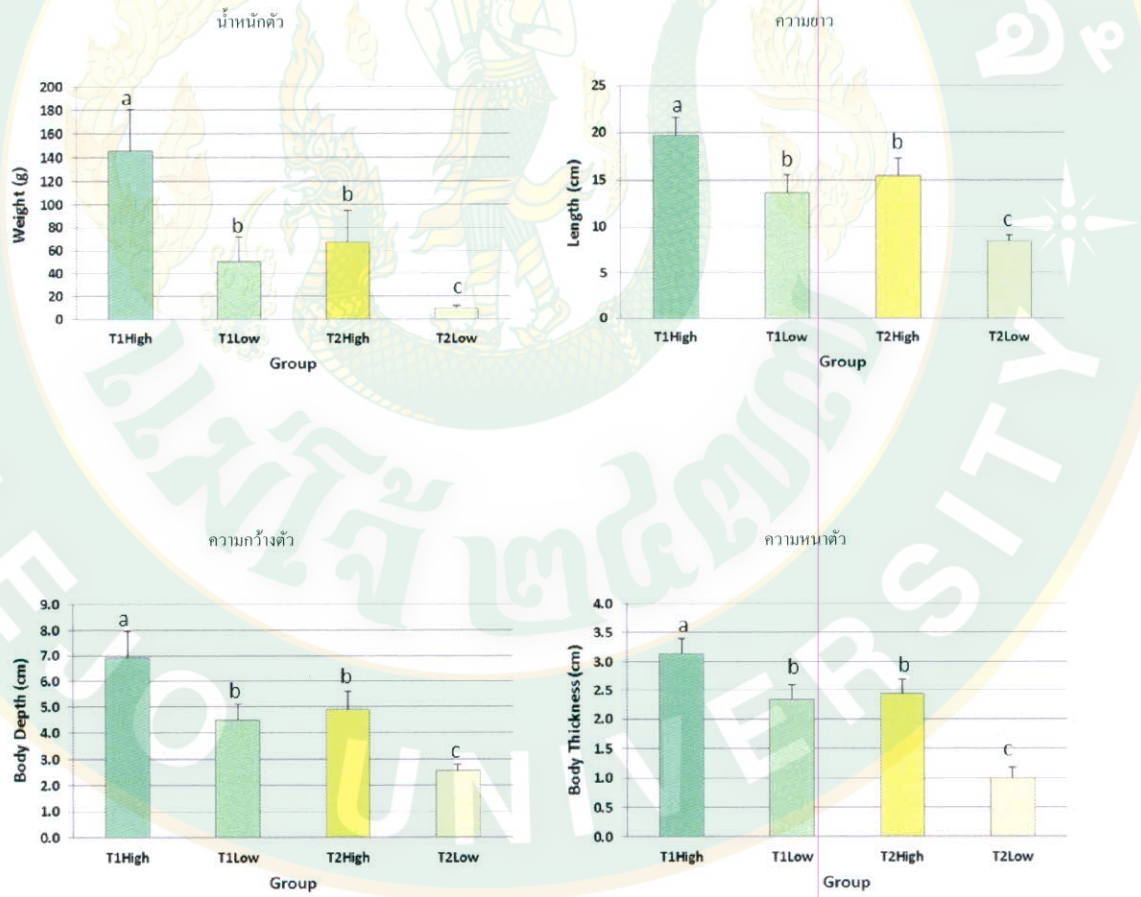
จากผลการศึกษาในตารางที่ 6 และภาพที่ 1 พบว่า ปลากลุ่ม T1High มีค่าการเจริญเติบโตทุกค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลากลุ่ม T1Low และ T2High ซึ่งคัดเลือกตามขนาดมีค่าการเจริญเติบโตต่างๆ ใกล้เคียงกันทั้งน้ำหนักตัว ความยาวตัว ความกว้างตัวและความหนาตัว

ปลากลุ่ม T2Low มีขนาดเล็ก ให้มีค่าการเจริญเติบโตต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าการเจริญเติบโต

Parameters	T1High	T1Low	T2High	T2Low
Weight (g)	144.87±35.84[a]	50.30±21.65[b]	67.02±27.60[b]	9.58±2.18[c]
Length (cm)	19.70±1.90[a]	13.67±1.90[b]	15.47±1.85[b]	8.41±0.67[c]
Body Depth (cm)	6.91±1.03[a]	4.41±0.62[b]	4.90±0.70[b]	2.56±0.23[c]
Body Thickness (cm)	3.13±0.28[a]	2.34±0.26[b]	2.45±0.24[b]	1.00±0.18[c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของปลาแต่ละกลุ่ม

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประสิทธิภาพของระบบเลือด

ในการเก็บตัวอย่างเลือด สำหรับปลากลุ่ม T2Low ปลามีขนาดเล็ก ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเลือดได้ การวิเคราะห์ระบบเลือด จึงไม่รวมผลของปลากลุ่ม T2Low

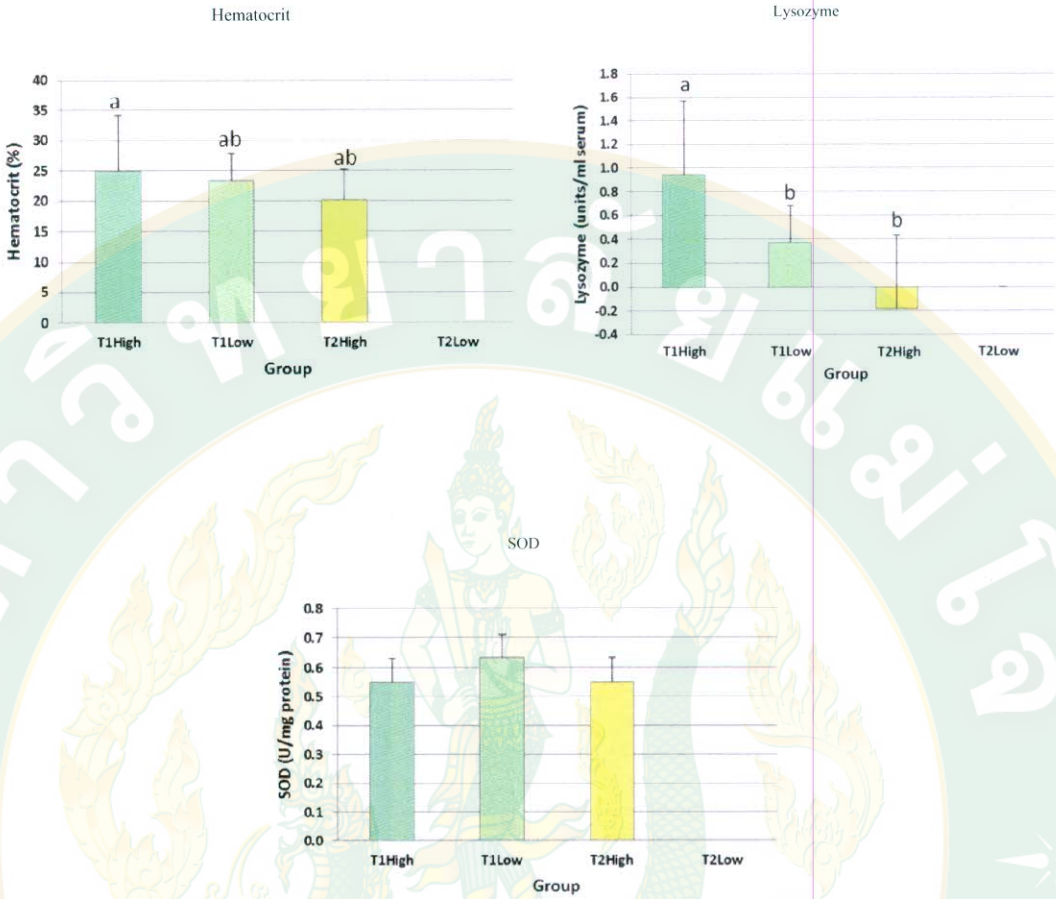
จากผลการศึกษาในตารางที่ 7 และภาพที่ 2 พบว่า ปลากลุ่ม T1High มีค่า hematocrit และ lysozyme สูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่า SOD ของปลาทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าคุณภาพของเลือดของปลาแต่ละกลุ่ม

Parameters	**T1High**	**T1Low**	**T2High**	**T2Low**
Hematocrit (%)	24.87±9.24[a]	23.36±4.48[ab]	20.11±5.04[ab]	0.0±0.0
Lysozyme (unit/ml serum)	0.94±0.63[a]	0.37±0.31[b]	-0.18±0.61[b]	0.0±0.0
SOD (U/mg protein)	0.549±0.081	0.634±0.076	0.551±0.082	0.0±0.0

หมายเหตุ : กลุ่ม T2Low ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเลือดได้

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าเลือดของปลาแต่ละกลุ่ม

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประสิทธิภาพของเอนไซม์ย่อยอาหาร

จากผลการศึกษาในตารางที่ 8 และภาพที่ 3 พบว่า สำหรับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทริปซิน (T) ปลากลุ่ม T1Low มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน (C) ปลากลุ่ม T1Low และ T2Low มีค่าอยู่ในกลุ่มสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตต่ำทั้งสองกลุ่ม

ส่วนค่าสัดส่วนเอนไซม์ทริปซินต่อเอนไซม์ไคโมทริปซิน (T/C ratio) ปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ T1High และ T1Low มีค่าสูงกว่าปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยแหนเป็ดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

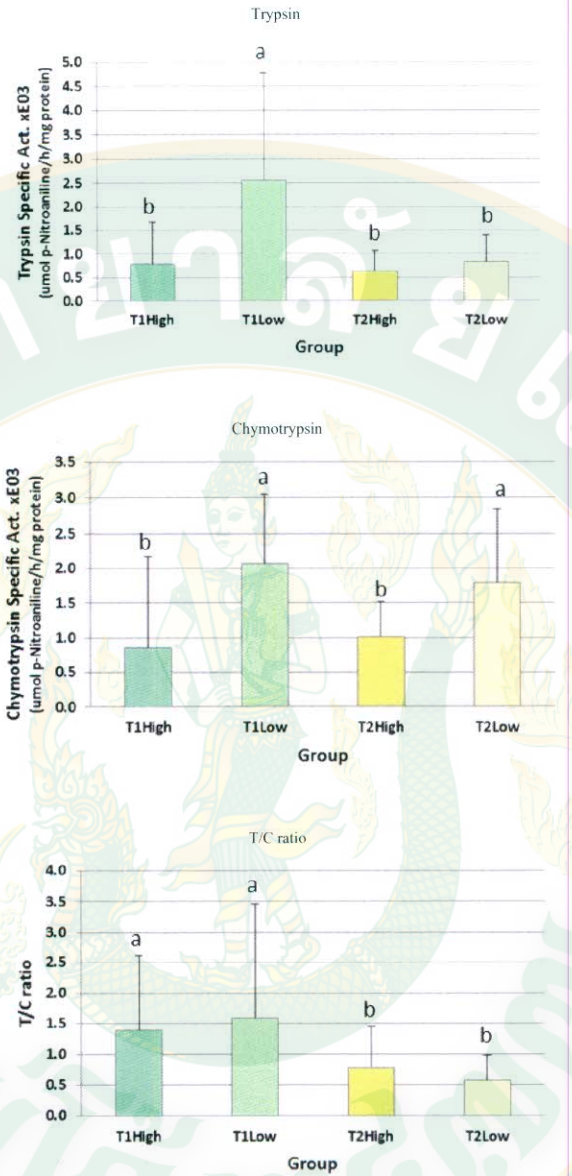
ยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต

จากผลการศึกษาในภาพที่ 4, 5 และ 6 พบว่า ยีน GHR1 ในตับและกล้ามเนื้อของปลากลุ่ม T2Low มีต่ำกว่าปลากลุ่มอื่นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนยีน IGF1 ในตับของปลาทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน ไคโมทริปซิน และสัดส่วน T/C

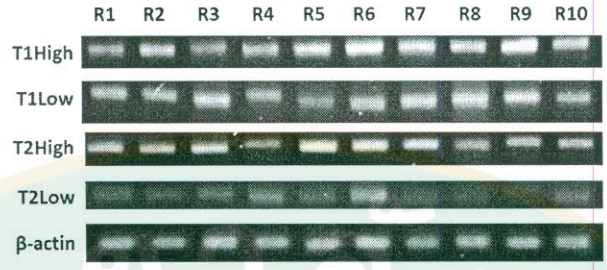
Parameters	T1High	T1Low	T2High	T2Low
Trypsin	797.75±878.7[b]	2560.92±2220.21[a]	627.26±443.81[b]	834.18±575.84[b]
Chymotrypsin	853.34±1328.78[b]	2075.13±971.9[a]	1002.73±513.88[b]	1788.07±1054.4[a]
T/C ratio	1.39±1.22[a]	1.59±1.87[a]	0.77±0.69[b]	0.57±0.41[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปลาแต่ละกลุ่ม

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

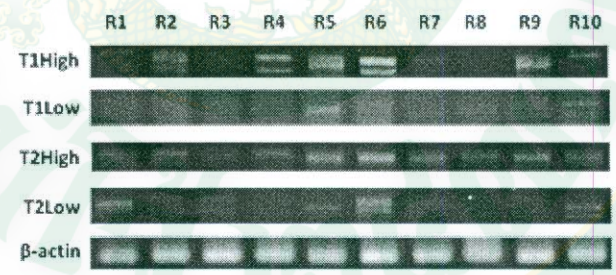


ภาพที่ 4 ยีน GHR1 ในตับของปลาแต่ละกลุ่ม

R1 – R10 = ปลาตัวอย่างตัวที่ 1-10

ภาพที่ 5 ยีน GHR1 ในกล้ามเนื้อของปลาแต่ละกลุ่ม

R1 – R10 = ปลาตัวอย่างตัวที่ 1-10



ภาพที่ 6 ยีน IGF1 ในกล้ามเนื้อของปลาแต่ละกลุ่ม

R1 – R10 = ปลาตัวอย่างตัวที่ 1-10

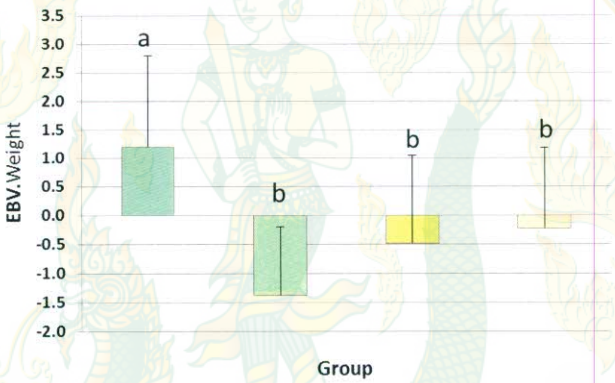
ความสัมพันธ์ของคุณค่าการผสมพันธุ์

จากผลการศึกษาในตารางที่ 9 ภาพที่ 7 และ 8 พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของน้ำหนักตัว (EBV.Weight) และความยาวตัว (EBV.Length) ของกลุ่มปลาขนาดใหญ่ T1High มีค่าสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสังเกตว่าปลากลุ่ม T1Low T2High และT2Low มีคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ต่ำกว่า 0

ตารางที่ 7 คุณค่าการผสมพันธุ์ของปลาแต่ละกลุ่ม

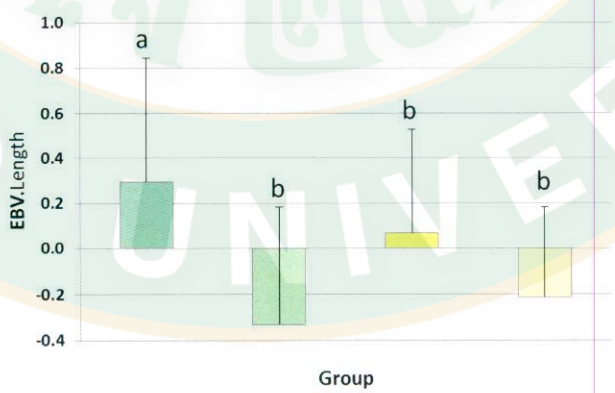
Parameters	T1High	T1Low	T2High	T2Low
EBV. Weight	1.20±1.60[a]	-1.38±1.19[b]	-0.49±1.54[b]	-0.24±1.41[b]
EBV. Length	0.29±0.55[a]	-0.33±0.52[b]	0.07±0.46[b]	-0.21±0.40[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 7 กราฟแสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของน้ำหนักตัว

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 8 กราฟแสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของความยาวตัว

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลของอาหารผสมสารสกัดกระเทียมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตของปลานิลเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

1. การเจริญเติบโต

1.1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว)

จากการศึกษาน้ำหนักปลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ย 0.01±0.00 กรัม/ตัว โดยพบว่าน้ำหนักของปลาจะเพิ่มตามระยะเวลาการเลี้ยงและเริ่มมีความแตกต่างตั้งแต่วันที่ 14 ของการเลี้ยง โดยลูกปลาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 0.080±0.020 กรัม/ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ 0.053±0.005 กรัม/ตัว แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับอาหารผสมกระเทียม 75, 50, 17α-MT และ 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.072±0.003, 0.070±0.010, 0.063±0.002 และ 0.062±0.003 กรัม/ตัว ตามลำดับ

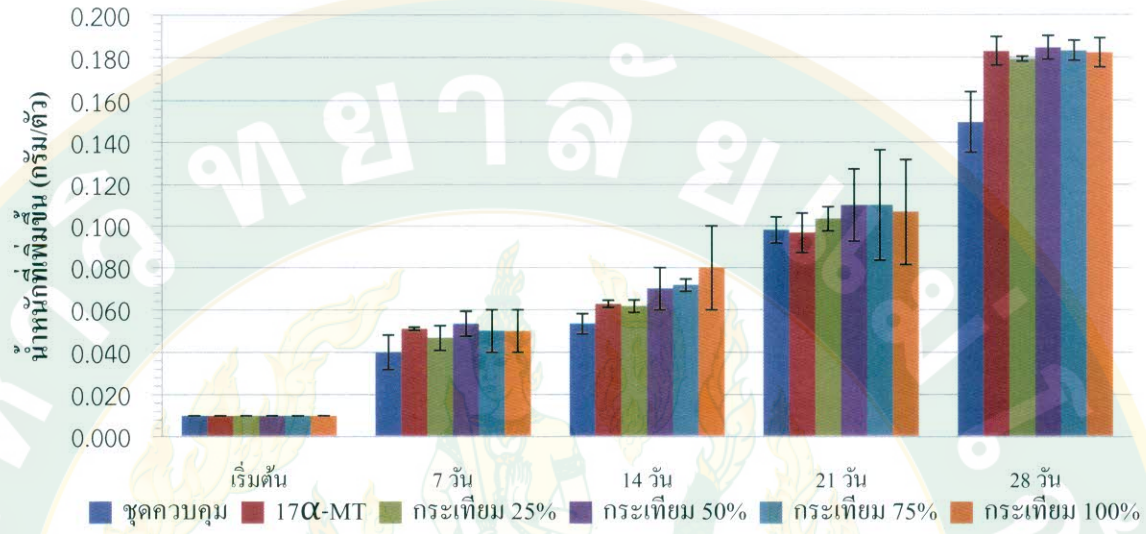
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 0.185±0.006 กรัม/ตัว เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ 0.150±0.014 กรัม/ตัว แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับอาหารผสมกระเทียม 70, 17α-MT, 100 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 0.183±0.005, 0.183±0.007, 0.182±0.007 และ 0.179±0.001 กรัม/ตัว ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 1

1.2 ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/ตัว)

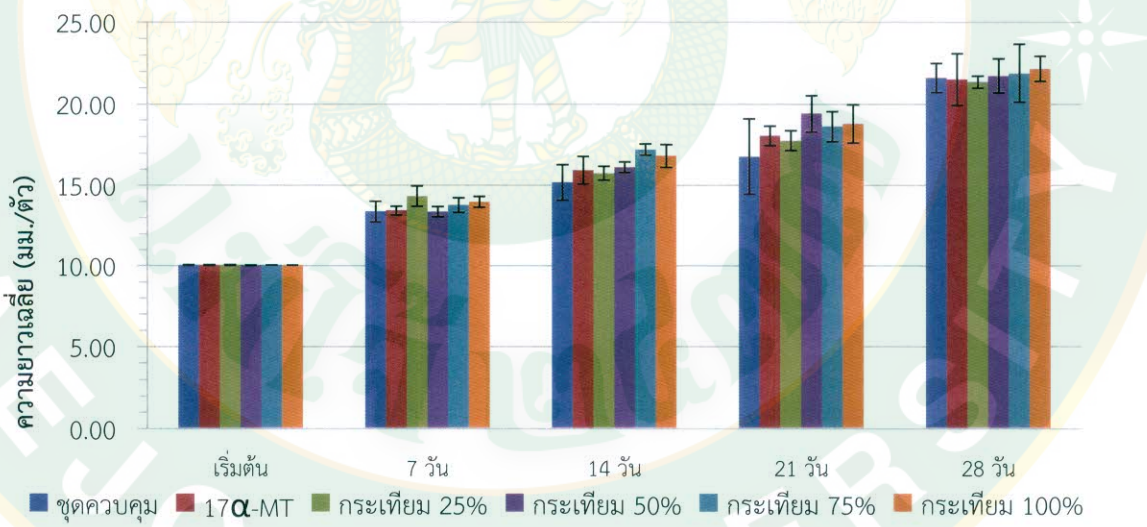
จากการศึกษาความยาวปลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ย 10.03±0.00 มิลลิเมตร/ตัว โดยพบว่าความยาวเฉลี่ยของปลาจะเพิ่มตามระยะเวลาการเลี้ยงและเริ่มมีความแตกต่างตั้งแต่วันที่ 7 ของการเลี้ยง โดยลูกปลาอาหารผสมกระเทียม 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 14.34±0.63 มิลลิเมตร/ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสม 17α-MT, ชุดควบคุม และอาหารผสมกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 13.45±0.26, 13.38±0.65 และ 13.37±0.32 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับอาหารผสมกระเทียม 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ คือ 13.98±0.34 และ 13.79±0.46 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 100 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวมากที่สุดคือ 22.17±0.76 มิลลิเมตร/ตัว รองลงมาคืออาหารผสมกระเทียม 75, 50, ชุดควบคุม, 17α-MT และ 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 21.89±1.76, 21.74±1.03, 21.61±0.89, 21.51±1.57 และ

21.37±0.36 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 2



ภาพที่ 9 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

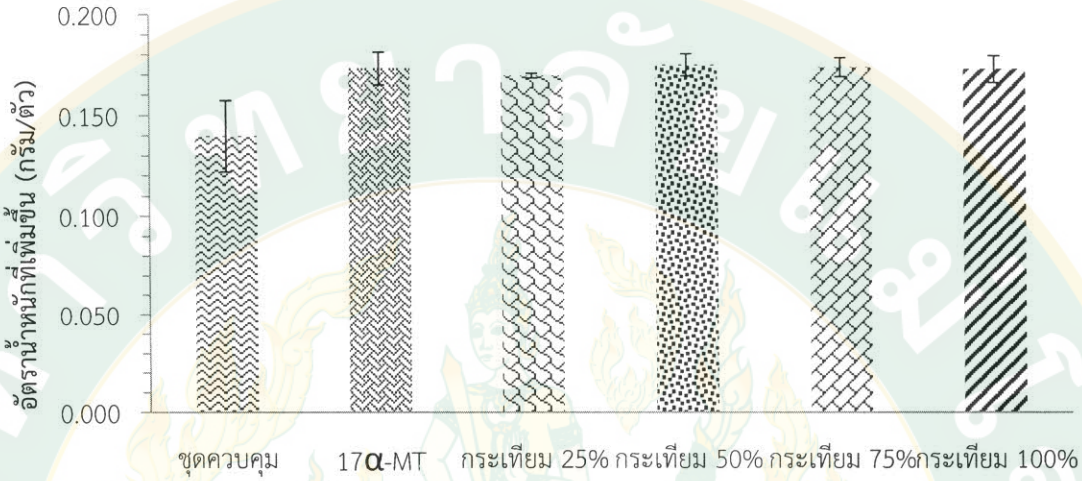


ภาพที่ 10 ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/ตัว) ของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

1.3 อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 0.175±0.006 กรัม/ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ 0.140±0.018 กรัม/ตัว แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อ

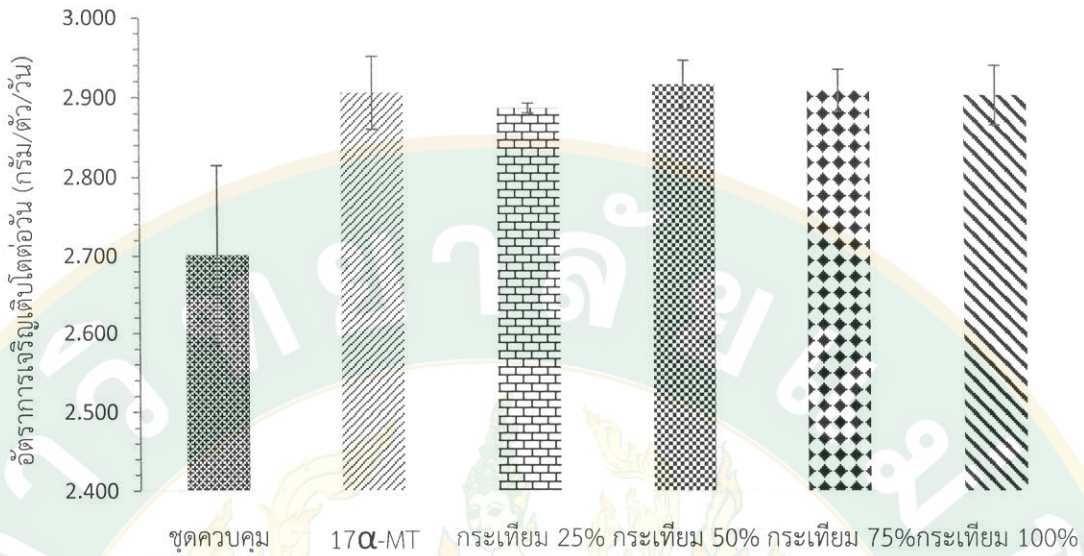
เปรียบเทียบกับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 75, 17α-MT, 100 และ 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.173±0.005, 0.173±0.008, 0.172±0.007 และ 0.169±0.001 กรัม/ตัว ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 3



ภาพที่ 11 อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

1.4 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)

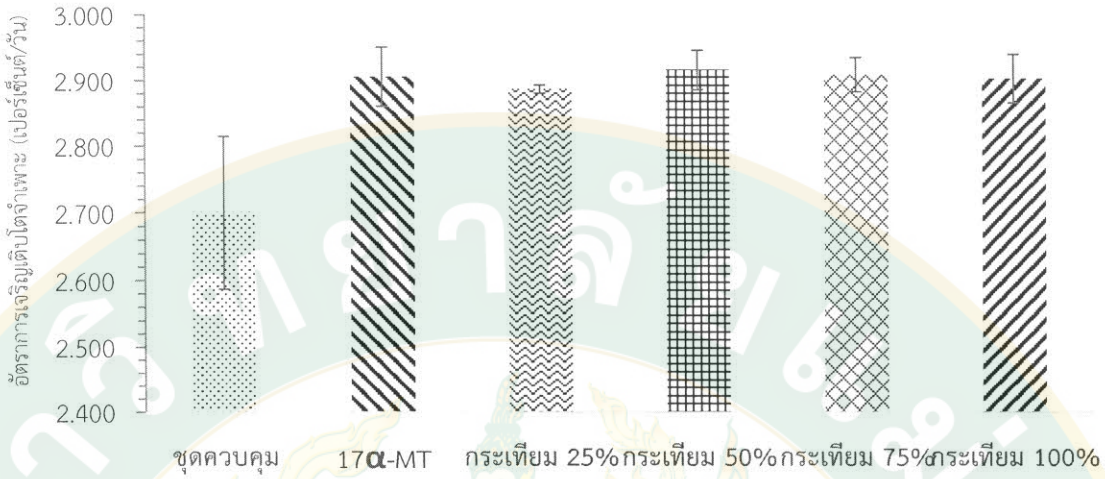
เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียมทุกสูตร รวมถึงสูตรอาหารผสม 17α-MT มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากันคือ 0.0062±0.0002 เปอร์เซ็นต์/วัน แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารในชุดควบคุม คือ 0.0050±0.0005 เปอร์เซ็นต์/วัน ดังแสดงในภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 3



ภาพที่ 12 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

1.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 2.916±0.030 เปอร์เซ็นต์/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ 2.701±0.114 เปอร์เซ็นต์/วัน แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 75, 17α-MT, 100 และ 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 2.909±0.026, 2.906±0.045, 2.903±0.037 และ 2.887±0.006 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 3



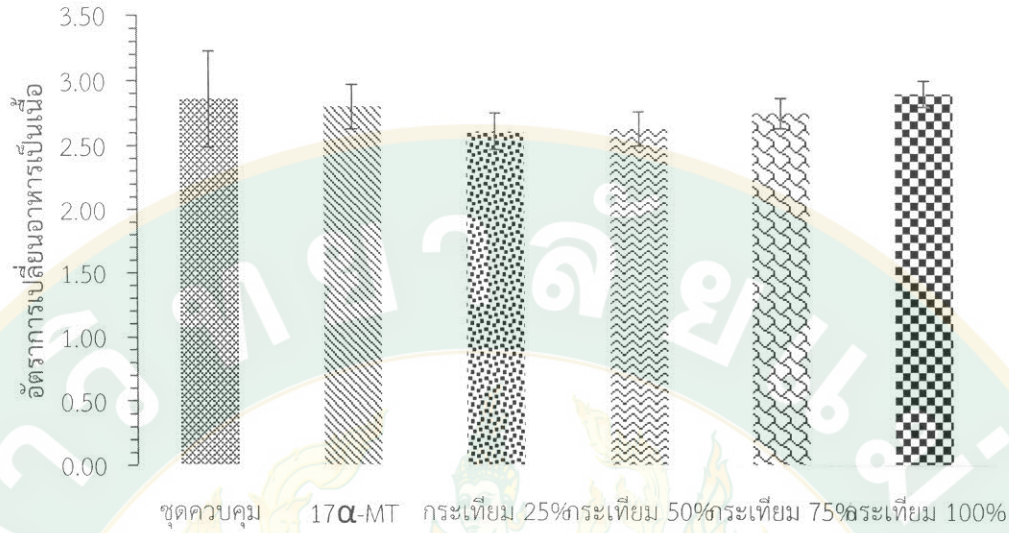
ภาพที่ 13 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

1.6 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

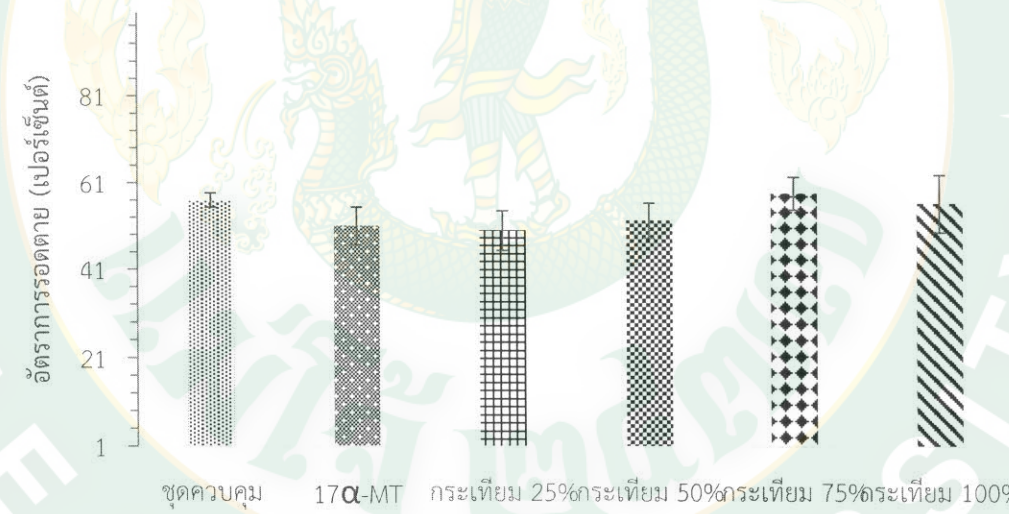
เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คือ 2.61±0.14 ดีกว่าอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50, 75 เปอร์เซ็นต์, 17α-MT, ชุดควบคุม และอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 2.63±0.13, 2.75±0.12, 2.80±0.17, 2.86±0.37 และ 2.90±0.10 ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ทาสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 3

1.7 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการรอดตาย คือ 58.66±3.87 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าชุดควบคุม, อาหารผสมสารสกัดกระเทียม 100, 50, 17α-MT และ 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 57.00±1.63, 56.33±6.65, 52.33±4.04, 51.00±4.32 และ 50.00±4.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 3



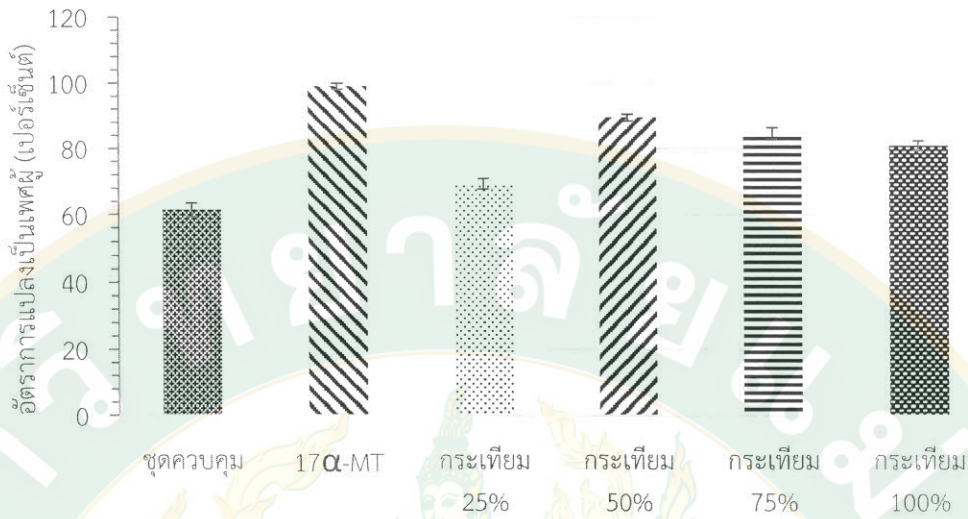
ภาพที่ 14 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 15 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

2. อัตราการแปลงเป็นเพศผู้ (เปอร์เซ็นต์)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสม 17α-MT มีค่าอัตราการแปลงเป็นเพศผู้ คือ 99.00±0.89 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50, 75, 100, 25 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม คือ 89.50±1.00, 84.64±1.71, 80.90±1.44, 69.40±1.58 และ 61.40±2.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 14 และตารางผนวกที่ 1



ภาพที่ 16 อัตราการแปลงเพศ (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

3. คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำเลี้ยงลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน พบว่า มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 6.93±0.58 - 7.67±0.49 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.46±0.10 - 7.57±0.15 ค่าอุณหภูมิน้ำ (water temperature) อยู่ในช่วง 25.93±0.12 - 26.00±0.00 °C ค่าแอมโมเนีย (NH_3-N) อยู่ในช่วง 0.04±0.00 - 0.05±0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความกระด้างของน้ำ (Hardness) อยู่ในช่วง 126.33±0.58 - 128.40±0.72 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) อยู่ในช่วง 27.37±0.42 - 27.93±0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อนำค่าคุณภาพน้ำทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

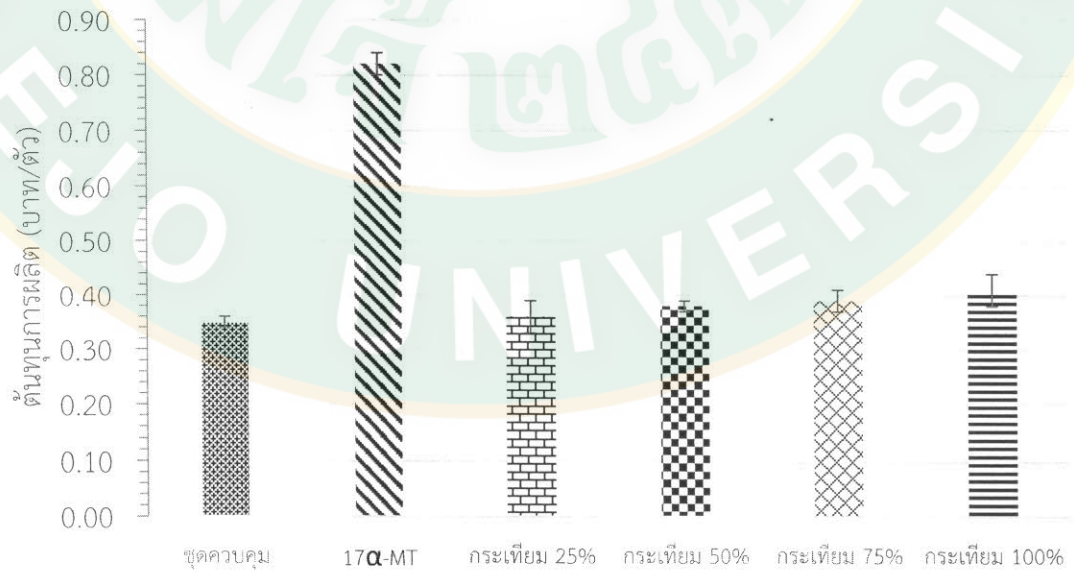
ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

ชุดการทดลอง	ปัจจัยคุณภาพน้ำ					
	DO (mg/l)	pH	Temp (°C)	NH_3-N (mg/l)	Hardness (mg/l)	Alkalinity (mg/l)
ชุดควบคุม	7.37±0.58^{ns}	7.52±0.15^{ns}	25.93±0.12^{ns}	0.04±0.01^{ns}	126.33±0.58^{ns}	27.90±0.10^{a}
17α-MT	7.40±0.36^{ns}	7.57±0.06^{ns}	25.93±0.12^{ns}	0.04±0.01^{ns}	127.73±1.70^{ns}	27.63±0.12^{ab}
กระเทียม 25%	7.00±0.44^{ns}	7.57±0.15^{ns}	25.93±0.12^{ns}	0.04±0.00^{ns}	128.33±1.70^{ns}	27.37±0.42^{b}
กระเทียม 50%	7.67±0.45^{ns}	7.51±0.16^{ns}	26.00±0.00^{ns}	0.04±0.00^{ns}	127.13±0.42^{ns}	27.57±0.15^{ab}
กระเทียม 75%	7.67±0.49^{ns}	7.52±0.12^{ns}	26.00±0.00^{ns}	0.05±0.02^{ns}	128.07±1.29^{ns}	27.93±0.06^{a}
กระเทียม 100%	6.93±0.58^{ns}	7.46±0.10^{ns}	25.93±0.12^{ns}	0.04±0.00^{ns}	128.40±0.72^{ns}	27.70±0.20^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัว)

จากการศึกษาพบว่า ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.35±0.01 บาท/ตัว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.36±0.03 และ 0.38±0.01 บาท/ตัว ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 75, 100 เปอร์เซ็นต์ และ 17α-MT คือ 0.39±0.02, 0.41±0.03 และ 0.82±0.02 บาท/ตัว ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 15 และตารางผนวกที่ 3



ภาพที่ 17 ต้นทุนการผลิตลูกปลานิล (บาท/ตัว) ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากผลการศึกษา พบว่า ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโต คือ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) ดีกว่าการเลี้ยงลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17α-MT, อาหารผสมสารสกัดกระเทียม 75, 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ แต่พบว่าลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกระเทียม 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ดีที่สุด นอกจากนี้ ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกระเทียม 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการรอดตายสูงที่สุด เช่นเดียวกับ วิทยา และคณะ (2556) ที่พบว่าลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 75 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลทำให้มีอัตราการรอดที่สูงคือ 90.67 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการทดลองของ Aly *et al.* (2008) ที่ใช้อาหารผสมกระเทียม 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลานิลมีอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต ความต้านทานโรคดีที่สุด และ Allah and Ikhwanuddin (2012) ที่ทดลองใช้กระเทียม 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมอาหารให้ปลากะพงขาวจะช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและความต้านทานต่อเชื้อ *Vibrio harveyi* และมีอัตราการรอดตายสูง คล้ายกับการศึกษาของ Salah *et al.* (2008) ที่รายงานว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดกระเทียมทั้งในรูปแบบกระเทียมสดและแบบผง พบว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงที่เลี้ยง 8 เดือนแรก

การศึกษาของ Nya and Austin (2011) รายงานว่า การกระเทียมผสมอาหารเพื่อเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลาเรนโบว์เทร้า พบว่าอาหารผสมกระเทียม 0.5 และ 1 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้ค่าภูมิคุ้มกันสูงกว่าชุดควบคุม และคล้ายกับการทดลองของ เทพพิทักษ์ และคณะ (2555) ที่ใช้อาหารผสมกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากบมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดการทดลองอื่น เนื่องจากกระเทียม (*Alliu sativum* Linn.) ประกอบไปด้วยสาร Alliin เป็นสารอินทรีย์กำมะถัน ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลวที่ 165 องศาเซลเซียส แต่เมื่อทำให้เซลล์ของกระเทียมแตก เอนไซม์ Allinase ซึ่งมีอยู่ในเซลล์กระเทียมจะเปลี่ยนสาร Alliin ให้เป็น Allicin ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นฉุนและเป็นกลิ่นเฉพาะของกระเทียม และสาร Diallyl disulphide โดยสารชนิดนี้มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และสารอัลลินซินจะเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้ปลากินอาหารได้ดีขึ้นและทำให้การเกิดการเผาผลาญพลังงานขึ้นได้ดีขึ้น จึงทำให้ปลากินอาหารได้มากขึ้นและช่วยให้การขับถ่ายของปลาดียิ่งขึ้น มีผลต่อระบบการไหลเวียนของเลือดและเพิ่มภูมิคุ้มกันได้ (Salah *et al.* 2008) โดยในการทดลองครั้งนี้ก็พบว่าลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียมมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารผสมฮอร์โมน 17α-MT และอาหารชุดควบคุม

ส่วนการศึกษาของ วิทยา และคณะ (2556) พบว่า ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (0.44±0.03 กรัม/ตัว) การเจริญเติบโตจำเพาะ (0.41±0.03

เปอร์เซ็นต์/ตัว) การเจริญเติบโตต่อวัน (0.46±0.03 เปอร์เซ็นต์/ตัว/วัน) และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (16.61±1.30) มีค่าดีกว่าลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 75, 50 เปอร์เซ็นต์ และอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P<0.05$)

อัตราการแปลงเป็นเพศผู้

จากการศึกษาพบว่า ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17α-MT มีค่าอัตราการแปลงเป็นเพศผู้ คือ 99.00±0.89 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น อย่างไรก็ตาม

ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ ก็มีค่าอัตราการแปลงเป็นเพศผู้ คือ 89.50±1.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17α-MT รองลงมาคือลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 75, 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ คล้ายกับ วิทยา และคณะ (2556) ที่ศึกษาผลของสารสกัดกระเทียมต่ออัตราการแปลงเพศของลูกปลานิล พบว่าลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสม 17α-MT มีอัตราการแปลงเพศสูงที่สุด คือ 96.67±5.78 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมกระเทียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอาหารผสมกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 85.71±14.29 เปอร์เซ็นต์ และคล้ายกับการทดลองของ เทพพิทักษ์ และคณะ (2555) ที่ใช้อาหารผสมกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมอาหารให้กบกินพบว่า กบมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศดีกว่าชุดควบคุม

สอดคล้องกับการทดลองของ ศจีรา (2547) ที่ใช้กระเทียมผสมอาหารในไก่เนื้ออาร์เบอร์เอเคอร์ เพศผู้ อายุ 3 วัน พบว่า การเสริมกระเทียมในอาหารที่ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลคล้ายกับการฉีดฮอร์โมนทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของหลอดสร้างอสุจิ และก่อให้เกิดการแบ่งตัวของเซลล์ที่สร้างอสุจิ เนื่องจากกระเทียมมีสารออกฤทธิ์ที่คล้ายกับฮอร์โมนเพศ อย่างไรก็ตามพบว่ามีการลดลงหรือไม่พบการพัฒนาของเซลล์ spermatogonium เมื่อเพิ่มระดับกระเทียมในอาหารเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจจะเป็นได้ว่าการเพิ่มระดับกระเทียมหรือในทางกลับกันการเพิ่มฮอร์โมนเพศที่มากเกินไปทำให้เกิดการเฉื่อย (desensitization หรือ down regulation) ระหว่างฮอร์โมนกับตัวรับสัญญาณในกระบวนการผลิตเซลล์สืบพันธุ์

คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำ พบว่า มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 6.93±0.58 - 7.67±0.49 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.46±0.10 - 7.57±0.15 ค่าอุณหภูมิน้ำ (water temperature) อยู่ในช่วง 25.93±0.12 - 26.00±0.00 °C ค่าแอมโมเนีย (NH_3-N) อยู่ในช่วง 0.04±0.00 - 0.05±0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความกระด้างของน้ำ (Hardness) อยู่ในช่วง 126.33±0.58 -

128.40±0.72 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) อยู่ในช่วง 27.37±0.42 - 27.93±0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อนำค่าคุณภาพน้ำทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าคุณภาพน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สอดคล้องกับ เกรียงศักดิ์ (2549) กล่าวว่า แหล่งน้ำและคุณภาพน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต สุขภาพ การดำรงชีพ การสืบพันธุ์และแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำต้องอาศัยน้ำเป็นสื่อกลางในการหายใจ การหาอาหาร การรักษาสมดุลของร่างกาย กิจกรรมทางชีวเคมี การใช้อาหาร และการขับถ่าย ของเสีย ฉะนั้นน้ำจึงเปรียบเหมือนบ้านของสัตว์น้ำ หากคุณภาพน้ำที่เหมาะสมและดีแล้ว สัตว์น้ำก็จะเจริญเติบโต มีสุขภาพและมีคุณภาพที่ดี จึงสามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สูง

ต้นทุนการผลิต

จากการศึกษาพบว่า ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.35±0.01 บาท/ตัว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.36±0.03 และ 0.38±0.01 บาท/ตัว แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 75, 100 เปอร์เซ็นต์ และ 17α-MT คือ 0.39±0.02, 0.41±0.03 และ 0.82±0.02 บาท/ตัว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกระเทียมเป็นพืชสมุนไพรที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก ส่งผลทำให้อาหารที่ผสมสารสกัดกระเทียมในการทดลองครั้งนี้มีต้นทุนที่ต่ำใกล้เคียงกับอาหารชุดควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสม 17α-MT ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์เลียนแบบฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ถึงแม้ว่าจะให้ผลการทดลองเหนี่ยวนำให้เกิดการแปลงเป็นเพศผู้ได้ดีที่สุด แต่ก็มีต้นทุนที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม คือ 0.82±0.02 บาท/ตัว สอดคล้องกับ วิทยา และคณะ (2556) ที่ศึกษาผลของสารสกัดกระเทียมต่อต้นทุนการแปลงเพศของลูกปลานิล โดยพบว่า ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนในการผลิตลูกปลานิลเพศผู้ต่ำกว่าอาหารผสม 17α-MT คือ 0.44 บาท/ตัว โดยอาหารผสม 17α-MT มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 0.85 บาท/ตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ พรพิมล (2545) กล่าวว่าต้นทุนการผลิตจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ในระยะสั้นด้วย โดยประกอบด้วยปัจจัยคงที่และปัจจัยผันแปร ซึ่งจะใช้ในการพิจารณาต้นทุนรวม ต้นทุนเฉลี่ย ต้นทุนเพิ่ม และผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน เป็นต้น

ศักยภาพของพืชสมุนไพรไทยและจุลินทรีย์โปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันของปลานิลในระบบการผลิตปลานิลอินทรีย์

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดแทนวิตามินซี เสริมในอาหารทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิล

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม วิตามินซี (VC) มะขามป้อม (MP) และหอมแดง (HD) มีน้ำหนักสุดท้าย, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น, อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมดอกแค (DK) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม DK และ HD มีค่าต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม VC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม MP ($p>0.05$)

อัตราการรอดตาย ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในอาหารทดลองทุกสูตรกับชุดควบคุม ($p>0.05$) แสดงใน Table 3

Table 9 Growth, feed conversion ratio and survival rate of tilapia after 90 days

Indicator	Diets			
	VC	MP	HD	DK
INITIAL weight (g)	53.55±1.29	53.97±1.23	53.96±1.25	53.35±1.05
FINAL weight (g)	259.64±4.52 [a]	271.97±1.65 [a]	269.49±1.21 [a]	245.45±2.75 [b]
weight gain (g)	206.09±4.44 [a]	218.00±1.77 [a]	215.53±1.56 [a]	192.10±2.56 [b]
ADG (g/day)	2.29±0.05 [a]	2.42±0.02 [a]	2.40±0.01 [a]	2.14±0.03 [b]
FCR	3.81±0.07 [a]	3.44±0.24 [ab]	3.16±0.06 [b]	3.09±0.04 [b]
Survival (%)	100.0±0.0	100.0±0.00	99.3±0.3	95.0±2.9

Means + standard error within a row with different superscripts letters are significantly different ($p<0.05$) as determined by Tukey' test.

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลานิลภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง (Table 4) พบว่า มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 58.49%-62.86% (น้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร HD มีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร MP มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาไม่แตกต่างจากอาหารควบคุม (VC)

ปริมาณไขมันในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร HD มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเทียบกับอาหารสูตรอื่น แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร VC MP และ DK มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ปริมาณเถ้าในเนื้อปลาที่กินอาหาร DK มีค่าสูงกว่าปลาที่กินอาหาร MP และ HD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่แตกต่าง (p>0.05) จากปลาที่กินอาหารควบคุม (VC)

Table 10 Proximate composition (% dry weight) in carcass of tilapia fed experimental diets after 90 days

Indicator	Diets			
	VC	MP	HD	DK
Moisture	72.30±0.30	72.52±0.52	73.47±0.04	73.22±0.26
Crude protein	62.85±0.01 [a]	62.57±0.24 [a]	60.59±0.22 [b]	58.49±0.24 [c]
Crude lipid	12.05±0.03 [a]	11.99±0.34 [a]	13.21±0.38 [b]	11.76±0.06 [a]
Ash	5.83±0.03 [a]	5.59±0.09 [b]	5.61±0.01 [b]	5.92±0.01 [a]

Means + standard error within a row with different superscripts letters are significantly different (p<0.05) as determined by Tukey' test.

การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร MP มีปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณโปรตีนในซีรัม สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร DK อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (VC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

สูตรอาหารที่ต่างกันในการทดลองครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อ ปริมาณ ซีรัมไลโซไซม์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง และปริมาณเม็ดเลือดขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แสดงใน Table 5

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และ มีคุณภาพน้ำเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2539) และไม่ก่อให้เกิดมลพิษตามคู่มือการประเมินน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

Table 11 Non-specific immune of tilapia after 90 days

	Diets			
Parameter	VC	MP	HD	DK
Hematocrit (%)	27.60±0.05 [ab]	28.90±0.50 [a]	26.26±0.38 [b]	27.40±0.15 [b]
Plasma protein (mg/L)	2.97±0.01 [a]	3.08±0.03 [a]	2.90±0.01 [ab]	2.75±0.07 [b]
Serum lysozyme (µg/mL)	16.35±0.35	16.06±0.22	16.39±0.32	16.01±0.08
Red blood cell (10^6 cell/ul)	1.64±0.16	1.79±0.09	1.43±0.08	1.82±0.10
White blood cell (%)	8.15±0.20	9.19±0.43	8.04±0.23	8.01±0.09

Means + standard error within a row with different superscripts letters are significantly different (p<0.05) as determined by Tukey' test.

Table 12 water quality in the experimental pond

Indicator	Diets			
	VC	MP	HD	DK
Temperature(C)	27.93±0.30	28.58±0.05	28.05±0.42	28.50±0.19
DO (mg/l)	4.05±0.24	4.04±0.12	4.19±0.26	3.92±0.07
pH	7.67±0.05	7.54±0.07	7.58±0.10	7.62±0.03
Total Ammonia (mg/l)	0.16±0.01	0.15±0.02	0.13±0.02	0.14±0.01

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้สมุนไพรทดแทนวิตามินซี ร่วมกับ probiotic เสริมในอาหารทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิล

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากการศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชทดแทนวิตามินซี โดยใช้มะขามป้อม (VC) เทียบเท่าวิตามินซี 500 มก/อาหาร 1 กก โดยคำนวณจากปริมาณวิตามินซีในมะขามป้อม (Maisuthisakul และคณะ, 2008) ที่ผสมกับ *L. acidophilus* 0.2% (LB) อาหารที่ผสมกับ ยีสต์ (*S. cerevisiae*) 0.2% (YS) และอาหารที่ผสมกับ *L. acidophilus* 0.2% ร่วมกับ ยีสต์ (*S. cerevisiae*) 0.2% (LY) ตามลำดับ ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน

พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร YS และ LY มีน้ำหนักสุดท้ายเพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร VC และ LB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร VC เปรียบเทียบกับ LB และ YS เปรียบเทียบกับ LY มีน้ำหนักสุดท้ายเพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงใน Table 7

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร LY มีค่าสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม (VC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร LB และ YS ($p>0.05$)

ปริมาณเถ้าในเนื้อปลาที่กินอาหาร YS และ LY มีค่าต่ำกว่าปลาที่กินอาหาร LB และ VC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงใน Table 8

Table 13 Growth, feed conversion ratio and survival rate of tilapia after 90 days

Indicator	Diets			
	VC	LB	YS	LY
INITIAL weight (g)	53.56±0.78	55.81±1.03	52.61±0.88	55.71±1.17
FINAL weight (g)	284.55±3.44 [a]	286.21±2.01 [a]	294.89±1.44 [b]	297.55±1.48 [b]
weight gain (g)	230.99±2.05 [a]	230.40±2.19 [a]	242.28±1.22 [b]	241.84±0.83 [b]
ADG (g/day)	2.57±0.02 [a]	2.56±0.02 [a]	2.69±0.02 [b]	2.69±0.01 [b]
FCR	2.96±0.29	2.64±0.02	2.35±0.12	2.55±0.06
Survival (%)	98.7±1.7	96.7±2.9	100.0±0.0	100.0±0.0

Means + standard error within a row with different superscripts letters are significantly different ($p<0.05$) as determined by Tukey' test.

Table 14 Proximate composition (% dry weight) in carcass of tilapia fed experimental diets after 90 days

Indicator	Diets			
	VC	LB	YS	LY
Moisture	74.07±0.14	72.83±0.66	72.93±1.15	71.92±0.36
Crude protein	62.82±0.73 [a]	64.45±0.51 [ab]	64.18±0.07 [ab]	66.14±0.12 [b]
Crude lipid	12.01±0.11 [a]	11.84±0.07 [ab]	11.95±0.05 [ab]	11.79±0.03 [b]
Ash	6.07±0.11 [a]	6.41±0.07 [a]	6.14±0.05 [b]	5.87±0.31 [b]

Means + standard error within a row with different superscripts letters are significantly different ($p<0.05$) as determined by Tukey' test.

การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร YS และ LY มีปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณโปรตีนในซีรัม สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร VC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร LB มีปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณโปรตีนในซีรัม ไม่แตกต่างจากปลาที่กินอาหาร VC และ YS ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า สูตรอาหารที่ต่างกันในการทดลองครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อ ปริมาณ ซีรัมไลโซไซม์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง และปริมาณเม็ดเลือดขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงใน Table 9

Table 15 Non-specific immune of tilapia after 90 days

	Diets			
Parameter	VC	LB	YS	LY
Hematocrit (%)	24.17±0.68 ^{a}	25.69±0.23 ^{ab}	27.56±0.73 ^{bc}	29.53±0.51 ^{c}
Plasma protein (mg/L)	2.57±0.03 ^{a}	2.77±0.02 ^{ab}	3.49±0.32 ^{b}	3.11±0.09 ^{b}
Serum lysozyme (µg/mL)	16.11±0.08	16.06±0.33	15.99±0.02	16.06±0.01
Red blood cell (10^{6} cell/ul)	2.08±0.56	1.76±0.59	1.22±0.14	2.75±0.01
White blood cell (%)	7.74±0.12	8.02±0.04	8.03±0.08	8.47±0.48

Means + standard error within a row with different superscripts letters are significantly different ($p<0.05$) as determined by Tukey' test.

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และ มีคุณภาพน้ำเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงปลานิล Bhujel (2000) และไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ไม่เกินค่ามาตรฐาน ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ราชกิจจานุเบกษา, 2551) แสดงใน Table 10

Table 16 water quality in the experimental pond

Indicator	Diets			
	VC	LB	YS	LY
Temperature(C)	28.75±0.14	29.08±0.29	29.41±0.53	28.52±0.33
DO (mg/l)	4.05±0.24	4.04±0.12	4.19±0.26	3.92±0.07
pH	7.96±0.02	7.83±0.09	7.94±0.06	7.92±0.26
Total Ammonia (mg/l)	0.14±0.01	0.14±0.02	0.13±0.01	0.15±0.01

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดแทนวิตามินซี เสริมในอาหารทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชทดแทนวิตามินซี ได้แก่ มะขามป้อม (MP), หอมแดง (HD) และดอกแค (DK) ผสมในอาหารทดลองเลี้ยงปลานิลเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร VC MP และ HD มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบต่อวัน (ADG) สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมดอกแค (DK) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Miguel และคณะ (1988) ทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่ใช้เมล็ดแค (*Sesbania grandiflora*) ทดแทนปลาป่น พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม ต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เพราะในพืชตระกูลแคมีสาร antinutrition (L-canavanine) ที่สามารถทนความร้อนและละลายได้ดีในตัวทำละลาย ซึ่งส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา ในขณะที่ Maisuthaisakul และคณะ (2008) กล่าวว่าในหอมแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟาโรโวนอยด์สูง ซึ่งสารฟีนอลลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่เป็นตัวออกซิเดชัน โดยการกำจัดอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลาได้ดี อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ก็แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้พืชที่มีวิตามินซีสูงทดแทนการใช้วิตามินซีที่เป็นสารเคมีได้ โดย Maisuthaisakul และคณะ (2008) รายงานว่า สารสกัดจากมะขามป้อม หอมแดง และดอกแค มีปริมาณวิตามินซีสูง 636.0, 616.4 และ 485.7 มก/100 ก ตามลำดับ

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดจากพืชมีแนวโน้มดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม (VC) ในการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับ Khalafalla (2009) Zaki และคณะ (2012) และ Reverter และคณะ (2014) รายงานการทดลองใช้พืชสมุนไพรหลายชนิดผสมในอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่า สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเนื้อได้ อย่างไรก็ตามผลที่ได้ก็ยังคงแปรผันตามชนิดของพืชสมุนไพรที่ต่างกัน

อัตราการรอดตาย ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในอาหารทดลองทุกสูตรกับชุดควบคุม ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Wutiporn (1994) ทำการทดลองใน ลูกปลานิล (น้ำหนัก 1.13-1.20 กรัม) พบว่าการเสริมวิตามินซีไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอด ทั้งนี้เพราะลูกปลาได้รับวิตามินซีจากอาหารอย่างพอเพียงอยู่แล้ว สอดคล้องกับข้อสรุปของ Shiau และ Hsu (1995) ที่ทดลองในปลานิลลูกผสม (*O. niloticus X O. aureus*) และ Stickney และคณะ (1984) ที่ทดลองในลูกปลานิล พบว่า การเสริมวิตามินซีไม่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกปลา Cavichiolo และคณะ (2000) ทดลองเลี้ยงลูกปลานิลขนาด 0.30 ก. เป็นเวลา 57 วัน ด้วยอาหารเสริมวิตามินซี 300-1200 มก./กก. พบว่าลูกปลามีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน และการเสริมวิตามินซีในอาหารมีผลต่อการป้องกันพาราไซต์ได้ดี Leonardo และคณะ (2000) ทดลองเสริมวิตามินซี 0-2000 มก./กก. ในอาหารอนุบาลลูกปลานิลขนาด 0.13-0.20 ก. พบว่าลูกปลามีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร HD มีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น แต่ ปริมาณเถ้าในเนื้อปลาที่กินอาหาร DK มีค่าสูงกว่าปลาที่กินอาหาร MP และ HD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับ Miguel และคณะ (1988) รายงานว่าการใช้เมล็ดแค (*Sesbania grandiflora*) ผสมในอาหารเลี้ยงปลานิลจะส่งผลให้ ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อปลาลดต่ำลง โดยเป็นผลมาจากสาร antinutrition ในพืชตระกูลแค นอกจากนี้ มีงานวิจัยจำนวนมากระบุว่า องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาที่แตกต่างกันเป็นผลมาจาก ปริมาณอาหารที่ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตของปลาในแต่ละช่วงวัย วัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบในอาหารเลี้ยงปลา และองค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารในอาหารเลี้ยงปลา (Degani และคณะ, 1989; Imorou Toko และคณะ, 2007; Imorou Toko และคณะ, 2008)

Maisuthaisakul และคณะ (2008) รายงานว่าสารสกัดจากมะขามป้อม มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าต่ำกว่า หอมแดง และดอกแค มาก โดยมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.9, 21.4 และ 24.7 ก/100 ก ตามลำดับ และมีปริมาณไขมันและเถ้าเท่ากับ 1.1, 3.8, 2.2 และ 2.5, 7.5, 7.9 ตามลำดับ

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร MP มีปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณโปรตีนในซีรัม สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร DK อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (VC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) Reverter และคณะ (2014) กล่าวว่าสารสกัดจากพืชถูกนำมาใช้ผสมอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น เพราะมีคุณสมบัติในการช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ China และคณะ (2012) รายงานว่าสารกลุ่มโพลีฟีนอลจะไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก แต่จะทำงานร่วมกับจุลินทรีย์ในลำไส้ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย นอกจากนี้สารกลุ่มโพลีฟีนอลยังสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้อีกด้วย Maisuthaisakul และคณะ (2008) รายงานว่าสารสกัดจากมะขามป้อม มีสารโพลีฟีนอล กลุ่ม ฟีโนลิค และฟลาโวนอยด์ สูงกว่าหอมแดง และดอกแค (69.1, 55.7, 58.6 และ 23.4, 20.2, 13.1 มก/ก db ตามลำดับ) El-Barabay และ Mehrim (2009) และ Zaki และคณะ (2012) พบว่าระดับภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ เช่น พลาสมา โปรตีน, ฮีมาโตคริต และฮีโมโกลบิน ในปลานิลที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมพืชสมุนไพรหลายชนิด แปรผันตามชนิดของพืชสมุนไพร โดยเป็นผลมาจากปริมาณและชนิดของสาร แอนตีออกซิแดนท์ ที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด

สูตรอาหารที่ต่างกันในการทดลองครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อ ปริมาณ ซีรัมไลโซไซม์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง และปริมาณเม็ดเลือดขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) Yin และคณะ (2006) รายงานว่าไลโซไซม์เป็นระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ระดับไลโซไซม์ ในเลือดปลาจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปลาเกิดการติดเชื้อหรือได้รับสิ่งแปลกปลอม มีงานวิจัยจำนวนมากที่รายงานว่า พืชสมุนไพรหลายชนิดกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มระดับของไลโซไซม์ การทดลองในปลานิลพบว่า สารสกัดจากสมุนไพรจีนอึ่งคี้ (*Astagalus* root) กระตุ้นให้เกิดการเพิ่มระดับไลโซไซม์ได้ แต่สารสกัดจาก อึ่งงิ้ม (*Scutellaria*) ไม่เพิ่มระดับระดับไลโซไซม์ ในปลานิล อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยยืนยันได้ว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยที่ใช้ทางการแพทย์หลายชนิดช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันและต้านเชื้อก่อโรคในสัตว์น้ำได้ เช่น

ต้านทานเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และ เชื้อ *Aphanomyces invadans* ในปลาไน (Harikrishnan และคณะ, 2003 และ 2005)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้สมุนไพรทดแทนวิตามินซี ร่วมกับ probiotic เสริมในอาหารทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเติบโต และภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลานิล

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้แหล่งวิตามินซีจากพืชมะขามป้อม ทดแทนวิตามินซีในอาหารทดลองเลี้ยงปลานิลได้ และการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และใช้ *S. cerevisiae* ร่วมกับจุลินทรีย์ probiotic *Lactobacillus acidophilus* ผสมในอาหารทดลอง ช่วยเสริมประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลได้ดีกว่า การใช้ จุลินทรีย์ probiotic *L. acidophilus* เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการทดลอง ที่ผ่านมาโดยใช้ probiotic (*Streptococcus faecium* ผสมกับ *L. acidophilus*) เสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลานิล เปรียบเทียบกับยีสต์ (*S. cerevisiae*) พบว่า ลูกปลาที่กินอาหารผสมยีสต์มีประสิทธิภาพการเติบโตดีกว่าลูกปลาที่กินอาหารกลุ่มอื่นสอดคล้องกับ Lara และคณะ (2003) นอกจากนี้ ยังพบว่าการเสริม glucan ที่ได้จากผนังเซลล์ของยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลา large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ได้ Ai และคณะ (2007) ทดลองให้อาหารผสมจุลินทรีย์ probiotic (*Bacillus subtilis* + *Lactococcus lactis*) ร่วมกับกับยีสต์ *S. cerevisiae* แก่ลูกปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) นาน 30 วัน พบว่าช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลาและเสริมภูมิคุ้มกันต่อความเครียดที่ได้รับจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Fenvalerate ได้ดี (Mohapatra และคณะ, 2012)

การเสริมจุลินทรีย์กลุ่ม probiotic ในอาหารสัตว์น้ำจะช่วยให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น เพิ่มการสังเคราะห์วิตามิน และการทำงานของเอนไซม์ จึงทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีขึ้น (Lin และคณะ, 2012, Zhang และคณะ, 2014) โดย probiotic ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดีขึ้น เป็นผลมาจากสุขภาพแข็งแรงขึ้น ทั้งยังช่วยส่งเสริมการสร้างนิวคลีโอไทด์ในระบบภูมิคุ้มกัน เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหาร เสริมการทำงานของระบบกระเพาะและลำไส้ และเอนไซม์ย่อยอาหาร (Harikrishnan และคณะ, 2011, Abdel และคณะ, 2008) นอกจากนี้ยังพบว่า ปลา red sea bream ที่กินอาหารทดลองเสริมด้วย *Lactobacillus rhamnosus* จะมีปริมาณเอนไซม์ protease ในลำไส้

เพิ่มขึ้น (Dawood และคณะ, 2016) โดย จุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ protease ในการย่อยอาหารของปลา gilthead sea bream และ ปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) ตามรายงานของ Mohapatra และคณะ (2012) และ Suzer และคณะ (2008)

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และ อัตราการรอดตาย ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในการทดลองครั้งนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เป็นที่น่าสังเกตว่า อัตราแลกเนื้อ (FCR) ในการทดลองครั้งนี้มีค่าค่อนข้างสูง (2.35-2.96) ทั้งนี้มีคำแนะนำว่า ในการทดลองเกี่ยวกับผลของสูตรอาหาร หรือความหนาแน่นนั้น หากมีการให้อาหารให้มีการกระจายอย่างทั่วถึงในบ่อทดลอง ก็จะสามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อการเจริญเติบโตจากปริมาณอาหารที่ไม่เพียงพอได้ (Savolainen และคณะ, 2004)

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า การเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* และใช้ *S. cerevisiae* ร่วมกับจุลินทรีย์ probiotic *L. acidophilus* (LY) ผสมในอาหารทดลอง ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร LY มีค่าสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม (VC) สอดคล้องกับการทดลองของ Opiyo และคณะ (2019) รายงานว่าการเสริม probiotic และยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารส่งผลให้ปลานิลมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงขึ้น และมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาต่ำลง โดยจุลินทรีย์ Probiotic ในลำไส้ปลานิลสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไปเป็นโปรตีนสะสมในกล้ามเนื้อ Hassaan และคณะ (2014) ก็รายงานว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมจุลินทรีย์ probiotic (*Bacillus licheniformis*) และยีสต์ *S. cerevisiae* มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม และ Mehrabi และคณะ (2011) อธิบายว่า การเสริมจุลินทรีย์ probiotic ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอาหารไปเป็นโครงสร้างโปรตีนทำให้มีกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น การพบประมาณโปรตีนในเนื้อเพิ่มขึ้นนั้นแสดงให้เห็นถึงผลของจุลินทรีย์ probiotic ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสะสมสารอาหารในเนื้อปลา Abdel-Tawwab และคณะ (2008) ก็รายงานว่ายีสต์ *S. cerevisiae* ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารที่ปลากินเข้าไป และช่วยเพิ่มการสะสมสารอาหารในร่างกายปลานิล ทำให้พบว่ามีประมาณโปรตีนสะสมเพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่กินอาหารทดลอง เมื่อเทียบกับปลาที่กินอาหารควบคุม อย่างไรก็ตาม ในปลาต่างชนิดกันก็อาจให้ผลการทดลองที่แตกต่างออกไป โดย Mehrabi และคณะ (2011) กลับพบว่า การเสริม probiotic

และ prebiotic ไม่มีผลต่อระดับไขมันในเนื้อปลา rainbow trout และ Merrifield และคณะ (2010) ก็พบว่า การเสริม probiotic ไม่มีผลต่อระดับ โปรตีน ไขมัน และเถ้า ในเนื้อปลา rainbow trout เช่นกัน

การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้แหล่งวิตามินซีจากพืชมะขามป้อม ทดแทนวิตามินซีในอาหารทดลองเลี้ยงปลานิลได้ และการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* และใช้ *S. cerevisiae* ร่วมกับจุลินทรีย์ probiotic *L. acidophilus* ผสมในอาหารทดลอง ช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานแบบไม่จำเพาะของปลานิลได้ดีกว่า การเสริมวิตามินซีเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา พบว่าการเสริม *S. cerevisiae* ในอาหารที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มค่าฮีมาโตคริตให้สูงขึ้น (Abdel และคณะ, 2008) และ การเสริมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในอาหารช่วยเพิ่มการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของปลา Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) โดยไปเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์จับกินสิ่งแปลกปลอมให้สูงขึ้น โดยยีสต์ *S. cerevisiae* มีองค์ประกอบที่เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น beta-glucans, nucleic acids, mannan oligosaccharides ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าสามารถเพิ่มการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันให้ดีขึ้นได้ (Abdel และคณะ, 2008, Ortuno และคณะ, 2002) มีการทดลองใช้ prebiotic และ ยีสต์ *S. cerevisiae* เสริมในอาหารเลี้ยงปลา hybrid striped bass เป็นเวลา 21 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้งสองสูตรมีการเจริญเติบโตและต้านทานต่อโรคจากเชื้อ Mycobacterial ได้ดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (Li และคณะ, 2005) และจากการศึกษาการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันในลูกปลานิล *Oreochromis niloticus* พบว่าปลาที่กินอาหารผสมยีสต์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าและช่วยลดอัตราการตายจากเชื้อ *Aeromonas hydrophila* (Abdel และคณะ, 2008) มีรายงานว่าจุลินทรีย์ probiotic กลุ่ม *Lactobacillus* sp. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารในสัตว์น้ำได้ และยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำอีกด้วย (Dawood และคณะ, 2016) และจากการทดลองเสริม probiotic 3 ชนิด ได้แก่ *S. cerevisiae, Bacillus subtilis* และ *Aspergilus oryzae* ในอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่าปลามีความต้านทานเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และ *Streptococcus iniae* เพิ่มขึ้น (Iwashita และคณะ, 2015)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหาร และการตอบสนอง ต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อน

ศึกษาความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล

จากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ปลานิล พบว่า ลักษณะโคโลนีส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน โดยพบโคโลนีที่มีสีเหลือง และสีขาว รูปร่างกลม มันวาว พื้นผิวเรียบ และขอบเรียบเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อนำมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์แตกต่างกัน เช่น แท่งสั้น แท่งยาว และกลม การจัดเรียงตัวของเซลล์จุลินทรีย์ที่ต่อกัน 2-3 เซลล์ แบบกลุ่มก้อน และแบบเดี่ยว ส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก สามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียได้จำนวน 19 ไอโซเลท

จากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 19 ไอโซเลท ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง (ภาพ 4) นำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ *A.hydrophila* โดยมีวิธีการ Agar well diffusion มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ไอโซเลท (ตาราง 2, ภาพ 4) โดยวิธีการ Agar disc diffusion จำนวนทั้งสิ้น 9 ไอโซเลท (ตาราง 3, ภาพ 5) ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ *S.agalectiae* โดยมีวิธีการ Agar well diffusion มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ไอโซเลท (ตาราง 2, ภาพ 6) หลังจากนั้นทำการ ทดสอบคุณสมบัติของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ที่มีคุณสมบัติในการเป็นจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์อันได้แก่วิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

ตาราง 17 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่คัดแยกจากปลานิล น้ำ และตะกอนดินในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงรายที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้

ลำดับที่	สถานที่	รหัสไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี	ลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์	ที่มา
1	ลลิตาฟาร์ม	CR1-2	สีขาวขุ่น กลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ยาว 1.5-3 µm หนา 1 µm อยู่เปเซลล์เดี่ยว	ลำไส้
2	ศักดิ์ฟาร์ม	CR4-1	สีขาว กลม มันวาว ขอบเรียบ ผิวเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1-2.5 µm หนา 0.5 µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์	ลำไส้
3	นัยสิทธิ์ฟาร์ม	CR10-5	สีขาวใส กลม ขอบเรียบ ผิวหยาบ ไม่มันวาว	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1.5-2.5 µm หนา 1 µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์	ดิน
4	คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	CM1-2	สีขาวขุ่น กลม ผิวหน้ามันวาว ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1-2µm หนา 0.5µm อยู่เป็นกลุ่ม สร้างสปอร์	ลำไส้
5		CM1-3	สีขาว กลม ผิวหน้าเยิ้มมันวาว ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์	ลำไส้
6		CM1-6	สีขาวขุ่น กลม ผิวเรียบ ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 2-4µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์	ลำไส้
7		CM2-1	สีขาวใส กลม ขอบเรียบ ผิวหน้ามันวาว	แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สร้างสปอร์	ดิน
8		CM2-3	สีขาวขุ่น กลม ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่งแท่งยาว ความยาว 2-4µm หนา 1µm อยู่เป็นเซลล์เดียว สร้างสปอร์	ดิน
9		CM2-4	สีเหลืองขุ่น กลม ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว ความยาว 2-4µm หนา 1µm อยู่เป็นกลุ่ม สร้างสปอร์	ดิน
10		CM2-6	สีขาวขุ่น กลม ขอบเรียบ	แกรมบวก รูปร่างแท่งยาว ความยาว 3-4µm หนา 1µm ต่อกันเป็นสายยาว สร้างสปอร์	ดิน

ตาราง 18 ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล โดยวิธีการ agar well diffusion (วัดความกว้าง Clear zone, เซนติเมตร)

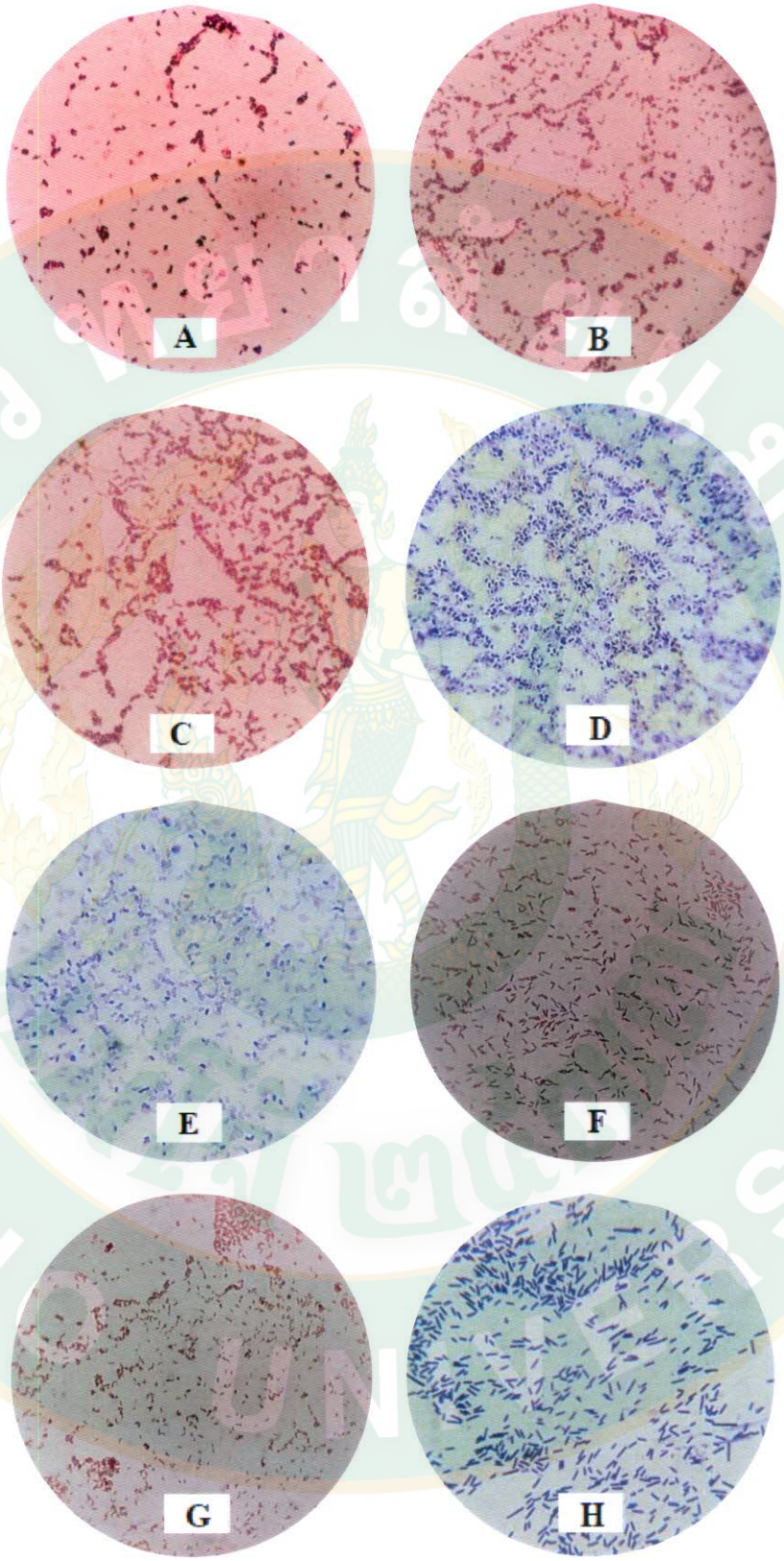
เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์									
	CR1-2	**CR4-1**	**CR10-5**	**CM1-2**	**CM1-3**	**CM1-6**	**CM2-1**	**CM2-3**	**CM2-4**	**CM2-6**
A. hydrophila	-	0.80	1.00	-	1.00	-	-	-	-	-
S. agalectiae	-	0.40	0.50	-	-	-	-	-	-	0.10

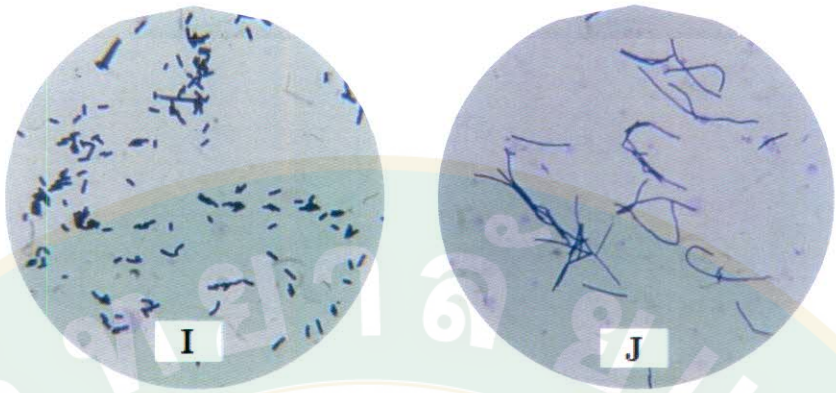
ตาราง 19 ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล โดยวิธีการ agar disk diffusion (วัดความกว้าง Clear zone, เซนติเมตร)

เชื้อก่อโรค	โปรไบโอติกส์									
	CR1-2	**CR4-1**	**CR10-5**	**CM1-2**	**CM1-3**	**CM1-6**	**CM2-1**	**CM2-3**	**CM2-4**	**CM2-6**
A. hydrophila	0.20*	0.30*	0.40*	0.10*	0.10*	0.80	0.10*	0.20*	0.20*	-
S. agalectiae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) ไม่สามารถยับยั้งไม่ได้

(*) Supernatant


A
B
C
D
E
F
G
H

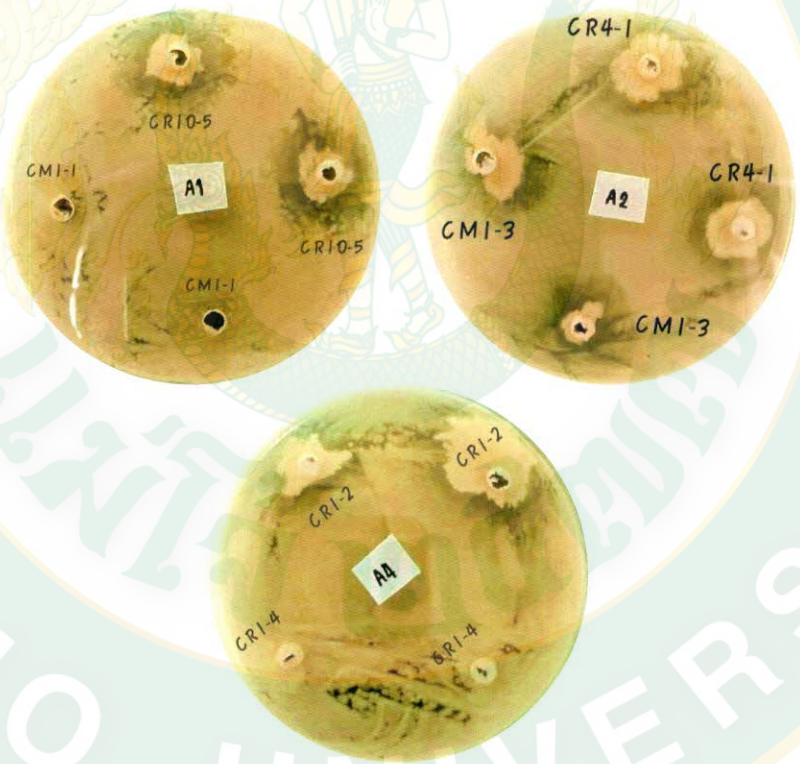


ภาพ 18 ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง

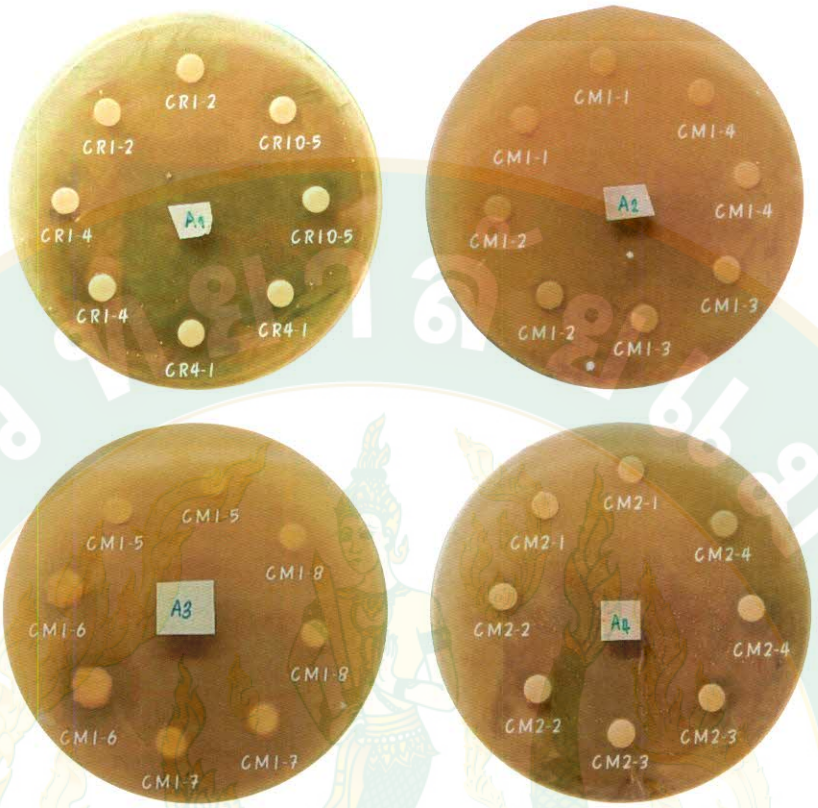
(A) CR1-2 (D) CM1-2 (G) CM2-1 (J) CM2-6

(B) CR4-1 (E) CM1-3 (H) CM2-3

(C) CR10-5 (F) CM1-6 (I) CM2-4



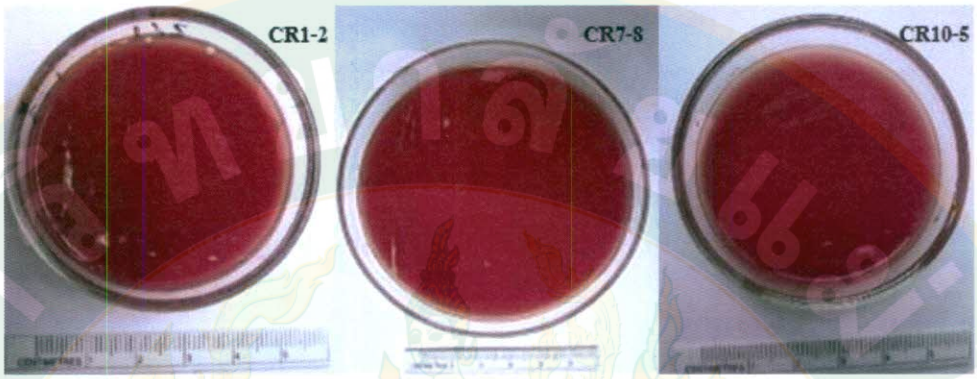
ภาพ 19 เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ *A. hydrophila* โดยมีวิธีการ Agar well diffusion



ภาพ 20 เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ *A. hydrophila* โดยมีวิธีการ Agar disc diffusion

ภาพ 21 เชื้อแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. agalectiae* โดยมีวิธีการ Agar well diffusion

จากการทดสอบปฏิกิริยาการแตกของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Hemolysis) จะทำการคัดเลือกเชื้อที่ไม่สามารถทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงแตกได้ ซึ่งจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ทั้ง 15 ไอโซเลท ไม่สามารถทำให้เม็ดเลือดแดงแตกตัว (Non hemolysis) (ภาพที่ 8)



ภาพ 22 ทดสอบการแตกของเม็ดเลือดแดง (Blood agar hemolysis) ของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์

<u>การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลโดยใช้อาหารเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSS)</u>

1. ทดลองผสมอาหารให้ปลากิน

1.1 การศึกษาภูมิคุ้มกันเบื้องต้นของปลานิล

(1) กิจกรรม lysozyme (lysozyme Activity)

จากผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรม Lysozyme พบว่า ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมพรีไบโอติกส์ทั้ง 7 ชุดการทดลอง พบความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัยทางสถิติ ($p>0.05$) ตาราง 4

(2) การทดสอบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือด (NBT)

จากผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการทำลายเชื้อแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือด (NBT) พบว่า ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผสมพรีไบโอติกส์ทั้ง 7 ชุดการทดลอง พบความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังตาราง 4

1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อปลา (carcass composition)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อปลา (carcass composition) ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย โดยนำเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ทั้ง 7 ชุดการทดลอง มาผ่านการตากแห้งแล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อปลา ได้ผลดังตาราง 5

ตาราง 20 ภูมิคุ้มกันเบื้องต้นของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน (Mean±SD)

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
	0%	0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
Lysozyme Activity	13.91±0.61[a]	15.16±0.45[a]	16.79±0.67[a]	17.69±0.70[a]	17.53±0.77[a]	16.99±0.39[a]	15.86±0.95[a]
NBT	0.078±0.003[a]	0.092±0.006[a]	0.096±0.008[a]	0.103±0.006[a]	0.101±0.005[a]	0.095±0.007[a]	0.094±0.014[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง 21 องค์ประกอบของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน (Mean±SD)

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
	0%	0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
Chemical analysis of whole fish%							
Moisture (%)	6.24±0.09[a]	7.38±0.09[b]	5.90±0.32[a]	5.83±0.35[a]	6.28±0.55[a]	6.43±0.07[a]	6.25±0.03[a]
Ash (%)	13.40±0.69[b]	12.25±0.50[b]	12.53±0.95[b]	12.63±0.64[b]	12.49±0.58[b]	11.81±0.46[b]	9.55±0.05[a]
Crude protein (%)	64.66±3.84[a]	64.60±6.25[a]	62.56±1.74[a]	55.62±0.90[a]	55.33±2.01[a]	61.77±6.73[a]	65.365.78[a]
Crude fat (%)	2.66±0.06[a]	2.90±0.39[a]	3.09±0.02[a]	3.09±0.29[a]	3.19±0.05[a]	2.96±0.36[a]	3.93±0.21[b]
Crude fiber (%)	2.13±0.70[b]	1.88±0.15[a]	3.04±0.39[b]	1.85±0.27[a]	1.76±0.16[a]	1.77±0.36[a]	2.09±0.92[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการ

1. อุณหภูมิน้ำ ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าอุณหภูมิน้ำในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 6

ตาราง 22 อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	26.4±0.1^{a}	26.7±0.6^{a}	26.8±0.2^{a}	26.9±0.2^{a}	26.9±0.5^{a}	27.0±0.3^{a}	27.0±0.2^{a}
สัปดาห์ที่ 1	25.5±0.8^{a}	25.6±1.2^{a}	25.6±0.8^{a}	25.8±0.5^{a}	26.0±0.4^{a}	26.1±0.4^{a}	26.2±0.5^{a}
สัปดาห์ที่ 2	25.4±0.5^{a}	25.7±0.7^{a}	25.7±0.4^{a}	25.8±0.8^{a}	25.9±0.7^{a}	26.0±0.6^{a}	26.1±0.6^{a}
สัปดาห์ที่ 3	27.4±0.6^{a}	27.6±0.8^{a}	27.2±0.4^{a}	27.2±0.5^{a}	27.1±0.4^{a}	27.1±0.3^{a}	27.1±0.3^{a}
สัปดาห์ที่ 4	26.0±0.3^{a}	25.8±0.3^{a}	25.8±0.4^{a}	26.0±0.7^{a}	26.0±0.3^{a}	25.8±0.4^{a}	26.1±0.3^{a}
สัปดาห์ที่ 5	26.4±0.5^{a}	27.4±0.6^{b}	27.6±0.8^{b}	27.3±0.5^{b}	26.8±0.5^{ab}	26.8±0.2^{ab}	27.2±0.5^{ab}
สัปดาห์ที่ 6	25.6±0.3^{a}	25.8±0.7^{a}	25.4±0.2^{a}	25.4±0.2^{a}	25.4±0.2^{a}	25.4±0.2^{a}	25.5±0.3^{a}
สัปดาห์ที่ 7	25.0±0.5^{a}	25.1±1.0^{a}	24.5±0.8^{a}	24.8±0.5^{a}	24.5±0.3^{a}	24.5±0.3^{a}	24.7±0.4^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 7

ตาราง 23 ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	7.62±0.17^{a}	7.83±0.04^{a}	7.90±0.01^{a}	7.92±0.02^{a}	7.93±0.01^{a}	7.93±0.02^{a}	7.95±0.02^{a}
สัปดาห์ที่ 1	7.78±0.04^{a}	7.72±0.20^{a}	7.72±0.15^{ab}	7.78±0.09^{ab}	7.72±0.05^{a}	7.85±0.16^{ab}	7.88±0.15^{b}
สัปดาห์ที่ 2	8.34±0.23^{ab}	8.15±0.05^{ab}	8.31±0.08^{ab}	8.35±006^{ab}	8.35±0.07^{a}	8.35±0.04^{ab}	8.39±0.14^{b}
สัปดาห์ที่ 3	8.37±0.07^{a}	8.27±0.07^{ab}	8.46±0.23^{b}	8.54±0.14^{ab}	8.45±0.09^{ab}	8.58±0.10^{ab}	8.51±0.02^{a}
สัปดาห์ที่ 4	7.98±0.19^{ab}	7.68±0.16^{b}	8.00±0.10^{a}	7.89±0.21^{ab}	8.19±0.36^{ab}	8.00±0.38^{ab}	8.12±0.44^{ab}
สัปดาห์ที่ 5	8.08±0.09^{ab}	7.98±0.34^{a}	8.44±0.11^{abc}	8.27±0.23^{c}	8.29±0.14^{ab}	8.41±0.33^{ab}	8.35±0.19^{bc}
สัปดาห์ที่ 6	7.87±0.02^{a}	7.71±0.09^{a}	7.77±0.11^{a}	7.74±0.12^{a}	7.76±0.10^{a}	7.76±0.09^{a}	7.60±0.21^{a}
สัปดาห์ที่ 7	7.74±0.18^{ab}	7.62±0.13^{ab}	7.80±0.10^{ab}	7.96±0.15^{b}	7.60±0.26^{a}	7.60±0.07^{ab}	7.56±0.06^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 8

ตาราง 24 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	6.33±0.07^{a}	6.38±0.10^{a}	6.36±0.12^{a}	6.37±0.16^{a}	6.38±0.06^{a}	6.29±0.07^{a}	6.32±0.09^{a}
สัปดาห์ที่ 1	4.87±0.18^{a}	4.89±0.26^{a}	5.12±0.38^{ab}	5.33±0.21^{ab}	5.03±0.21^{a}	5.19±0.23^{ab}	5.56±0.32^{b}
สัปดาห์ที่ 2	5.14±0.46^{ab}	5.21±0.48^{ab}	5.45±0.24^{ab}	5.41±0.14^{ab}	4.90±0.19^{a}	5.16±0.29^{ab}	5.54±0.15^{b}
สัปดาห์ที่ 3	3.38±1.04^{a}	3.58±0.40^{ab}	4.65±0.10^{b}	4.00±0.63^{ab}	3.99±0.32^{ab}	4.31±0.49^{ab}	4.24±0.63^{a}
สัปดาห์ที่ 4	3.00±0.39^{ab}	3.73±0.33^{b}	2.92±0.19^{a}	3.04±0.18^{ab}	3.58±0.42^{ab}	3.61±0.45^{ab}	3.42±0.69^{ab}
สัปดาห์ที่ 5	4.98±0.23^{ab}	4.87±0.28^{a}	5.28±0.15^{abc}	5.56±0.32^{c}	4.96±0.18^{ab}	4.93±0.21^{ab}	5.35±0.14^{bc}
สัปดาห์ที่ 6	4.97±0.67^{a}	4.60±0.14^{a}	5.43±0.30^{a}	5.22±0.22^{a}	5.05±0.28^{a}	5.36±0.29^{a}	4.37±1.26^{a}
สัปดาห์ที่ 7	4.53±0.20^{ab}	4.95±0.28^{ab}	5.25±0.18^{ab}	5.35±0.42^{b}	4.50±0.69^{a}	4.86±0.59^{ab}	5.04±0.34^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. แอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH_3-N) ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจนในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 9

ตาราง 25 แอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH_3-N) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	0.047±0.000^{a}	0.038±0.000^{a}	0.052±0.000^{a}	0.045±0.001^{a}	0.035±0.000^{a}	0.039±0.000^{a}	0.043±0.000^{a}
สัปดาห์ที่ 1	7.285±0.002^{a}	8.068±0.002^{a}	7.733±0.002^{a}	7.837±0.002^{a}	8.090±0.001^{a}	8.096±0.002^{a}	6.830±0.001^{a}
สัปดาห์ที่ 2	5.704±0.002^{c}	1.661±0.003^{b}	5.281±0.003^{c}	4.760±0.003^{bc}	0.540±0.003^{a}	0.989±0.004^{ab}	0.523±0.000^{a}
สัปดาห์ที่ 3	6.664±0.002^{c}	2.928±0.007^{ab}	5.543±0.004^{bc}	7.248±0.008^{c}	3.040±0.003^{b}	1.257±0.006^{a}	6.271±0.005^{bc}
สัปดาห์ที่ 4	3.689±0.011^{a}	7.222±0.013^{bc}	9.119±0.011^{c}	8.862±0.013^{c}	5.767±0.011^{b}	7.649±0.012^{bc}	6.331±0.011^{b}
สัปดาห์ที่ 5	5.257±0.000^{b}	0.489±0.001^{a}	0.446±0.001^{a}	0.557±0.001^{a}	0.587±0.000^{a}	0.648±0.001^{a}	0.578±0.001^{a}
สัปดาห์ที่ 6	3.777±0.001^{a}	4.171±0.001^{ab}	3.756±0.001^{a}	5.837±0.004^{c}	5.837±0.002^{c}	4.371±0.001^{ab}	3.823±0.011^{a}
สัปดาห์ที่ 7	5.684±0.001^{b}	4.115±0.002^{a}	3.452±0.002^{a}	5.454±0.002^{b}	6.325±0.001^{c}	6.711±0.002^{c}	4.597±0.002^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5. ไนไตรท์ ไนโตรเจน (NO_2^--N) ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าไนไตรท์ ไนโตรเจน ในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 10

ตาราง 26 ไนไตรท์ ไนโตรเจน (NO_2^--N) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	2.113±0.064^{a}	16.095±0.063^{a}	24.643±0.033^{a}	13.040±0.075^{a}	20.834±0.012^{a}	23.254±0.029^{a}	22.451±0.087^{a}
สัปดาห์ที่ 1	20.176±0.037^{a}	20.098±0.033^{a}	24.517±0.062^{a}	16.528±0.041^{a}	23.536±0.037^{a}	23.483±0.046^{a}	22.604±0.038^{a}
สัปดาห์ที่ 2	22.233±0.014^{c}	18.594±0.018^{b}	24.557±0.018^{c}	17.052±0.013^{bc}	23.433±0.013^{a}	23.161±0.012^{ab}	22.261±0.014^{a}
สัปดาห์ที่ 3	22.222±0.091^{ab}	22.633±0.071^{ab}	24.506±0.064^{bc}	13.849±0.061^{c}	22.919±0.083^{a}	23.411±0.065^{a}	22.406±0.071^{bc}
สัปดาห์ที่ 4	23.167±0.092^{ab}	23.242±0.096^{bc}	24.406±0.115^{c}	17.663±0.089^{bc}	23.393±0.114^{a}	23.361±0.081^{a}	22.710±0.116^{a}
สัปดาห์ที่ 5	25.135±0.027^{b}	24.045±0.025^{a}	24.548±0.015^{a}	17.414±0.016^{a}	23.562±0.018^{a}	23.478±0.016^{a}	22.604±0.024^{a}
สัปดาห์ที่ 6	21.121±0.054^{bc}	19.945±0.051^{ab}	24.539±0.058^{a}	16.169±0.051^{a}	22.478±0.047^{c}	21.911±0.037^{ab}	22.707±0.039^{ab}
สัปดาห์ที่ 7	24.113±0.029^{ab}	16.095±0.018^{c}	24.643±0.014^{ab}	13.040±0.018^{bc}	20.834±0.012^{a}	23.254±0.076^{ab}	22.451±0.014^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. ไนเตรต ไนโตรเจน (NO_3^--N) ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าไนเตรต ไนโตรเจนในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 11

ตาราง 27 ไนเตรต ไนโตรเจน (NO_3^--N) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	1.924±0.012^{a}	1.967±0.013^{a}	1.924±0.010^{a}	2.038±0.019^{a}	2.053±0.015^{a}	1.965±0.014^{a}	2.042±0.018^{a}
สัปดาห์ที่ 1	0.690±0.006^{a}	0.434±0.005^{a}	0.605±0007^{a}	0.255±0.008^{a}	0.233±0.004^{a}	0.263±0.005^{a}	0.554±0.005^{a}
สัปดาห์ที่ 2	7.849±0.009^{a}	7.846±0.010^{a}	8.004±0.006^{ab}	7.135±0.007^{a}	8.201±0.011^{ab}	8.970±0.011^{b}	7.711±0.013^{a}
สัปดาห์ที่ 3	2.066±0.003^{a}	1.896±0.003^{a}	1.670±0.002^{a}	1.731±0.002^{a}	1.974±0.003^{a}	1.802±0.002^{a}	1.753±0.024^{a}
สัปดาห์ที่ 4	16.766±0.007^{b}	14.741±0.005^{a}	17.318±0.011^{b}	20.514±0.076^{c}	17.976±0.011^{b}	21.014±0.092^{c}	16.235±0.011^{ab}
สัปดาห์ที่ 5	8.747±0.011^{a}	11.883±0.011^{a}	19.828±0.012^{b}	18.694±0.012^{b}	20.233±0.011^{b}	20.249±0.011^{b}	19.190±0.012^{b}
สัปดาห์ที่ 6	20.270±0.015^{a}	20.240±0.013^{a}	20.356±0.012^{a}	20.413±0.014^{a}	20.352±0.013^{a}	20.415±0.012^{a}	20.468±0.015^{a}
สัปดาห์ที่ 7	9.571±0.053^{b}	10.776±0.081^{bc}	12.268±0.093^{c}	11.298±0.113^{bc}	6.607±0.115^{a}	6.180±0.117^{a}	6.724±0.092

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7. ฟอสเฟส ฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}-P) ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าฟอสเฟส ฟอสฟอรัสในระหว่างการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 12

ตาราง 28 ฟอสเฟส ฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}-P) (mg/l) ในตู้ทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
ก่อนทดลอง	0.645±0.051^{a}	0.659±0.038^{a}	0.636±0.038^{a}	0.647±0.038^{a}	0.652±0.030^{a}	0.632±0.054^{a}	0.685±0.026^{a}
สัปดาห์ที่ 1	1.804±0.073^{ab}	1.706±0.059^{ab}	1.547±0.040^{ab}	1.263±0.059^{a}	2.068±0.060^{b}	1.283±0.085^{a}	1.683±0.080^{ab}
สัปดาห์ที่ 2	1.741±0.096^{b}	1.051±0.049^{a}	1.071±0.075^{a}	0.974±0.088^{a}	1.116±0.082^{a}	1.015±0.098^{a}	1.018±0.082^{a}
สัปดาห์ที่ 3	1.774±0.096^{c}	1.378±0.099^{ac}	1.451±0.075^{abc}	1.816±0.042^{c}	1.644±0.070^{abc}	1.272±0.091^{a}	1.691±0.096^{bc}
สัปดาห์ที่ 4	5.844±0.091^{b}	4.478±0.073^{ab}	3.780±0.065^{a}	4.841±0.067^{ab}	3.910±0.069^{a}	3.725±0.091^{a}	4.625±0.099^{ab}
สัปดาห์ที่ 5	1.463±0.042^{a}	1.142±0.011^{a}	1.413±0.012^{a}	1.201±0.020^{a}	1.461±0.048^{a}	1.279±0.020^{a}	3.533±0.036^{b}
สัปดาห์ที่ 6	1.844±0.048^{bc}	1.586±0.021^{ab}	1.597±0.023^{ab}	1.972±0.043^{c}	1.536±0.023^{ab}	1.420±0.021^{a}	1.638±0.025^{ab}
สัปดาห์ที่ 7	2.975±0.012^{ab}	2.763±0.044^{ab}	2.521±0.059^{ab}	3.081±0.012^{ab}	3.496±0.012^{b}	2.209±0.051^{a}	2.634±0.078^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4 การเจริญเติบโตของปลานิลในตู้ทดลอง (2 เดือน)

ในตู้ทดลองเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมพรีไบโอติกส์ที่ระดับ 0.25%, 0.5%, 1% และชุดควบคุม (0%) พบว่าค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของปลานิลหลังการทดลอง ระยะเวลา 2 เดือน แสดงดังตาราง 13

ตาราง 29 ค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน

Treatment	Control	CSSw			CSSp		
		0.25%	0.5%	1%	0.25%	0.5%	1%
IBW%	1.00±0.00^{a}	1.00±0.00^{a}	1.00±0.00^{a}	1.00±0.00^{a}	1.00±0.00^{a}	1.00±0.00^{a}	1.00±0.00^{a}
FBW%	14.19±1.31^{a}	16.88±1.98^{ab}	18.14±1.29^{ab}	20.94±0.34^{b}	18.68±1.69^{ab}	18.21±0.56^{ab}	16.07±1.41^{b}
SGR (%day^{-1})	5.75±0.08^{a}	5.98±0.11^{b}	6.04±0.08^{bc}	6.26±0.05^{c}	6.08±0.08^{bc}	6.08±0.01^{bc}	5.93±0.02^{ab}
FCR	1.57±0.01^{a}	1.44±0.00^{a}	1.44±0.00^{a}	1.43±0.00^{a}	1.44±0.00^{a}	1.44±0.00^{a}	1.43±0.01^{a}
ADG	0.22±0.02^{a}	0.27±0.03^{ab}	0.29±0.02^{ab}	0.33±0.01^{b}	0.30±0.03^{ab}	0.29±0.01^{ab}	0.25±0.02^{ab}
Survival rate %	84.17	85.83	82.50	83.33	91.67	86.67	88.33

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การทดสอบความเป็นพรีไบโอติกส์

2.1 ผลการวิเคราะห์หาสารฟีนอลิก ด้วยวิธี Folin Ciocalteu's assay

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ พบว่า CSSw มีปริมาณสารฟีนอลิก เท่ากับ 857.6036 mgGAE/g (ตาราง 14)

ตาราง 30 ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ หน่วยเป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิคต่อกรัมของเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (mgGAE/g)

ตัวอย่าง	mg galic acid	ปริมาตร	วัตถุดิบ	mg galic acid/g วัตถุดิบ
1	1.0322	32500	415.67	807.09
2	1.1224	32500	415.67	877.60
3	1.1359	32500	415.67	888.12
เฉลี่ย	1.0968	32500	415.67	**857.60±44.06**

2.2 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบในสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ โดยวิธีฟีนอล-ซัลฟูริกแอซิด (Phenol-sulfuric acid method)

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ พบว่า สารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra (CSSw-L) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟที่หมักด้วยเอนไซม์เอนไซม์เซลลูเลส L Ultra (CSSp-L) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 6,466.67 และ 20,166.67 mg/ml ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส CR cone (CSSw-CR) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส CR cone (CSSp-CR) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 5,306.67 และ 5,566.67 µg/ml ตามลำดับ แสดงดังตาราง 15

2.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid method (DNS method)

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ พบว่า CSSw-L และ CSSp-L มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1,708.33 และ 2,458.33µg/ml ตามลำดับ ในขณะที่ CSSw-CR และ CSSp-CR มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 858.33 และ 1,741.67 µg/ml ตามลำดับ แสดงดังตาราง 16

ตาราง 31 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp) ที่ผ่านการหมักเอนไซม์ L Ultra cone และ CR cone หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml)

เวลา (hr.)	CSSw-L	CSSp-L	CSSw-CR	CSSp-CR
0	2,840.00	2,733.33	2,840.00	2,866.67
2	3,100.00	5,233.33	3,806.67	3,366.67
4	3,366.67	4,033.33	4,856.67	4,233.33
6	3,566.67	6,433.33	4,876.67	4,500.00
8	4,633.33	11,366.67	5,036.67	4,600.00
10	4,700.00	16,966.67	5,180.00	4,700.00
12	5,100.00	18,200.00	5,300.00	4,833.33
18	6,433.33	13,966.67	5,230.00	4,900.00
24	6,466.67	20,166.67	5,306.67	5,566.67

ตาราง 32 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบในสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp) ที่ผ่านการหมักเอนไซม์ L Ultra cone และ CR cone หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml)

เวลา (hr.)	CSSw-L	CSSp-L	CSSw-CR	CSSp-CR
0	404.17	404.17	408.33	400.00
2	891.67	754.17	462.50	854.17
4	1,016.67	1,175.00	583.33	970.83
6	1,041.67	1,337.50	720.83	1,000.00
8	1,187.50	1,466.67	750.00	1,208.33
10	1,233.33	1,695.83	754.17	1,433.33
12	1,379.17	1,929.17	816.67	1,583.33
18	1,450.00	2,416.67	829.17	1,645.83
24	1,708.33	2,458.33	858.33	1,741.67

2.4 วิเคราะห์ชนิดน้ำตาลในสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw) และเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp) หลังจากหมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone และ CR cone โดยวิธีทางโครมาโท-กราฟีแบบแผ่นเคลือบ (TLC)

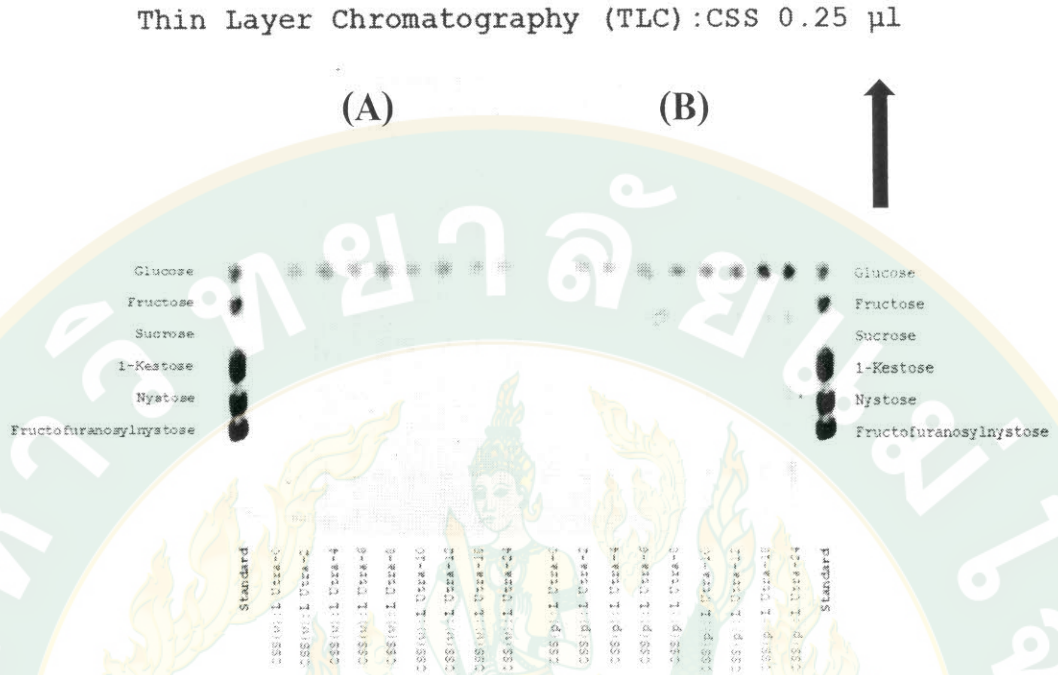
เทคนิค TLC ใช้ในการวิเคราะห์ชนิดของน้ำตาลที่เกิดจากการหมักเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส L Ultar cone และ CR cone โดยเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 และ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน พบว่า CSSw-L พบน้ำตาลกลูโคส (Glucose) และน้ำตาลกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่ ที่ระยะเวลา 2 ถึง 24 ชั่วโมง โดยพบน้ำตาลกลูโคสมีจำนวนลดลง สังเกตจากแถบสีที่ขึ้นบนแผ่น TLC แสดงดังภาพ 9A

ในขณะที่กลุ่ม CSSp-L พบน้ำตาลกลูโคส (Glucose) และน้ำตาลกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่ ที่ระยะเวลา 2 ถึง 24 ชั่วโมงโดยพบปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น และที่ระยะเวลา 8 ถึง 24 ชั่วโมง พบน้ำตาลฟรุต-โตส (Fructose), น้ำตาลซูโคส (Sucrose) และน้ำตาลนีสโตส (Nystose) เพิ่มขึ้น แสดงดังภาพ 9B

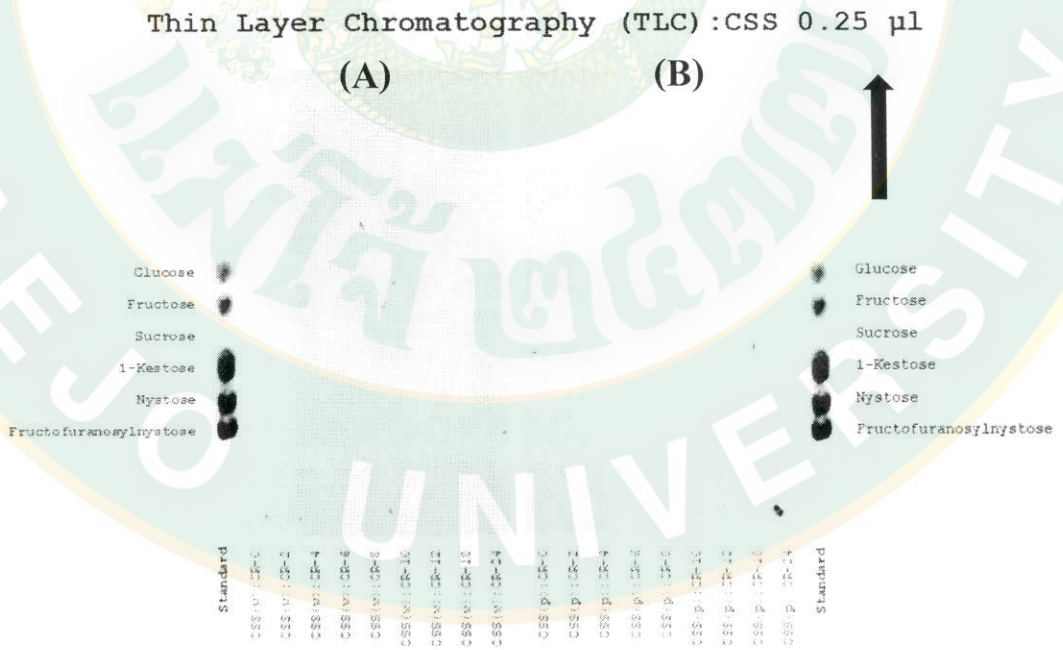
ชุดการทดลอง CSSw-CR และ CSSp-CR ไม่พบน้ำตาลกลูโคส (Glucose), น้ำตาลฟรุตโตส (Fructose), น้ำตาลซูโคส (Sucrose), น้ำตาลคีสโตส (Kestose), น้ำตาลนีสโตส (Nystose) และน้ำตาลฟรุก-โตฟุราโนซิลนิสโตส (Fructofuranosylnystose) แต่พบน้ำตาลกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่อื่น ๆ ในปริมาณน้อย แสดงดังภาพ 10

2.5 วิเคราะห์ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw) หลังจากหมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone และ CR cone โดยวิธีวิธี High performance liquid chromatography (HPLC)

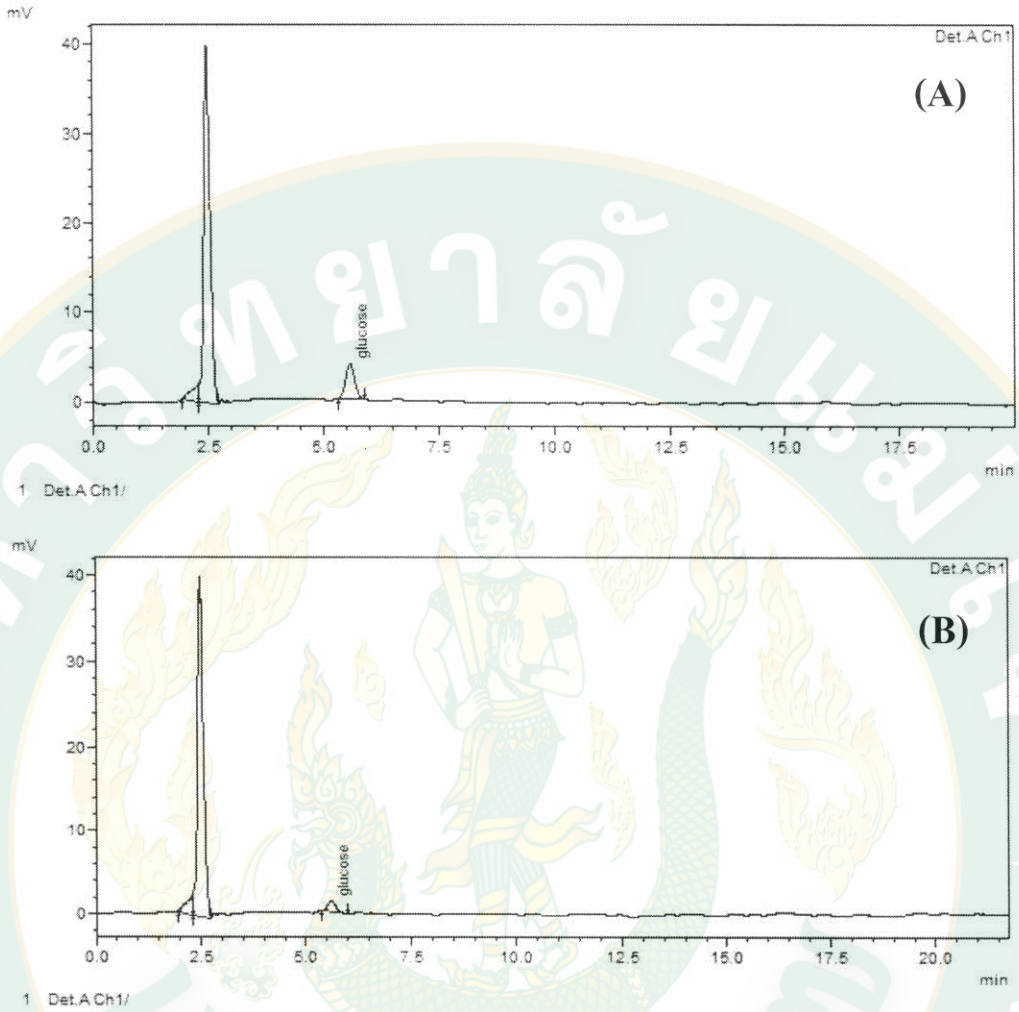
การวิเคราะห์ชนิดของน้ำตาลในตัวอย่างทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยเปรียบเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐานด้วยเทคนิค HPLC พบว่า ชุดการทดลอง CSSw-L และ CSSp-L มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 1,753.125 และ 1,007.476 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงดังภาพ 11 ในขณะที่ชุดการทดลอง CSSw-CR และ CSSp-CR ตรวจไม่พบน้ำตาลชนิดใด ๆ เลย แสดงดังภาพ 12



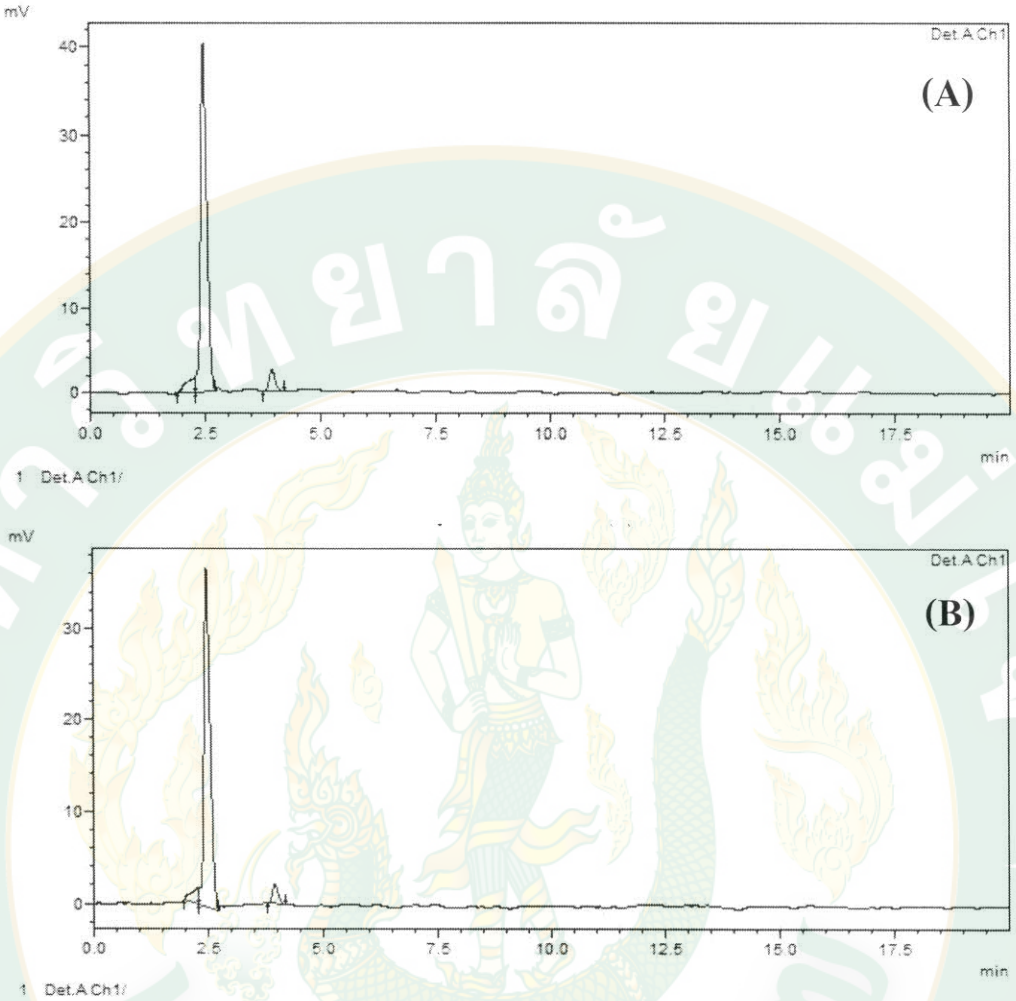
ภาพ 23 ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-L) :(A) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-L) :(B) โดยวิธีทางโครมาโทกราฟีแบบแผ่นเคลือบ (TLC)



ภาพ 24 ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-CR) :(A) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-CR) :(B) โดยวิธีทางโครมาโทกราฟีแบบแผ่นเคลือบ (TLC)



ภาพ 25 ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-L) :(A) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-L) :(B) โดยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC)



ภาพ 26 ชนิดน้ำตาลในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSp-CR) :(C) และสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (CSSw-CR) :(D) โดยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC)

2.6 ทดสอบสมบัติความเป็นสารพรีไบโอติกของโอลิโกแซกคาไรด์จากเยื่อหุ้มกาแฟ

1) การทดสอบการส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีโปรไบโอติกส์ ทำการแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (Basal medium)

ชุดการทดลองที่ 2 FOS 1% (Basal medium + FOS 1%)

ชุดการทดลองที่ 3 MOS 1% (Basal medium + ผงบุก 1%)

ชุดการทดลองที่ 4 CSSw (Basal medium + CSSw 1 กรัมของน้ำตาล)

ชุดการทดลองที่ 5 CSSp (Basal medium + CSSp 1 กรัมของน้ำตาล)

ค่าการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ *(Bacillus subtilis)* พบว่า ชุดการทดลอง CSSw-L, CSSp-L, MOS 1% และ FOS 1% มีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 2.50×10^{8} CFU/ml, 1.67×10^{8} CFU/ml, 1.09×10^{8} CFU/ml และ 2.50×10^{6} CFU/ml ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงในชุดควบคุม ซึ่งพบเพียง 3.90×10^{5} CFU/ml แสดงดังภาพ 11

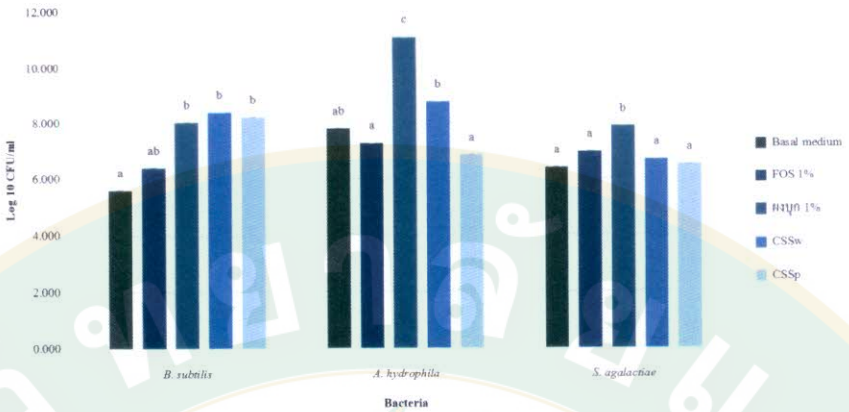
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในชุดการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง หลังจากเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ *B. subtilis* พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงทั้ง 5 ชุดการทดลอง เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในชุดการทดลองเริ่มต้นมีปริมาณ 1 กรัม เมื่อเลี้ยง 24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในชุดการทดลอง FOS 1%, MOS 1%, CSSw และ CSSp เท่ากับ 0.311, 0.071, 0.071 และ 0.007 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรอาหารชุดควบคุมมีปริมาณเริ่มต้นเพียง 0.011 เนื่องจากชุดควบคุมไม่มีการเติมน้ำตาลในอาหาร แสดงดังตาราง 17

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงทั้ง 5 ชุดการทดลอง เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำตาลรีดิว์ในอาหารทดลองเริ่มต้นของชุดการทดลอง FOS 1%, MOS 1%, CSSw และ CSSp เท่ากับ 0.003, 0.023, 0.011 และ 0.018 ตามลำดับ เมื่อเลี้ยง 24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เท่ากับ 0.000, 0.002, 0.004 และ 0.018 ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณเริ่มต้นเพียง 0.003 ลดลงเหลือ 0.002 แสดงดังตาราง 17

2) การทดสอบการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค

จากผลการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค *(A. hydrophila)* ชุดการทดลอง MOS 1%, CSSw-L, FOS 1% และชุดควบคุม มีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 1.25×10^{11} CFU/ml, 5.78×10^{8} CFU/ml, 1.89×10^{7} CFU/ml และ 6.49×10^{7} CFU/ml ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลอง CSSp-L ซึ่งพบเพียง 7.19×10^{6} CFU/ml แสดงดังภาพ 13

ส่วนการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค *(S. agalectiae)* พบว่า ชุดการทดลอง MOS 1%, FOS 1%, CSSw-L และ CSSp-L มีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 7.67×10^{7} CFU/ml, 9.15×10^{6} CFU/ml, 4.81×10^{6} CFU/ml และ 3.16×10^{6} CFU/ml ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงในชุดควบคุม ซึ่งพบเพียง 2.47×10^{6} CFU/ml แสดงดังภาพ 13



ภาพ 27 ปริมาณจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (*B. subtilis*) และจุลินทรีย์ก่อโรค (*A. hydrophila* และ *S. agalectiae*) (Log 10 CFU/ml) ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในอาหารทดลอง หลังจากเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ *A. hydrophila* พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงทั้ง 5 ชุดการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองเริ่มต้น มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด1 กรัม เมื่อเลี้ยงครบ 24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในชุดการทดลอง FOS 1%, MOS 1%, CSSw-L และ CSSp-L ลดลง เท่ากับ 0.119, 0.008, 0.066 และ 0.218 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และชุดควบคุมมีปริมาณเริ่มต้นเพียง 0.012 กรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่จุลินทรีย์ *S. agalectiae* มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในชุดการทดลอง FOS 1%, MOS 1%, CSSw-L และ CSSp-L ลดลง เท่ากับ 0.273, 0.175, 0.012 และ 0.202 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และชุดควบคุมมีปริมาณเริ่มต้นเพียง 0.011 กรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากชุดควบคุมไม่มีการเติมน้ำตาลในอาหาร แสดงดังตาราง 17

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในชุดการทดลองที่เลี้ยงจุลินทรีย์ *A. hydrophila* พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงทั้ง 5 ชุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองเริ่มต้น ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 0.003, 0.019, 0.016 และ 0.020 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงครบ 24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในชุดการทดลอง FOS 1%, MOS 1%, CSSw-L และ CSSp-L ลดลง เท่ากับ 0.000, 0.001, 0.005 และ 0.001 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และชุดควบคุมมีปริมาณเริ่มต้นเพียง 0.006 ลดลงเหลือ 0.001 กรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่จุลินทรีย์ *S. agalectiae* พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงทั้ง 5 สูตร เมื่อเทียบกับชุดทดลองเริ่มต้น ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 0.002, 0.017, 0.008 และ 0.020 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเลี้ยง 24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหาร FOS 1%, MOS 1%, CSSw-L และ CSSp-L ลดลง เท่ากับ 0.000, 0.000, 0.004 และ 0.009 กรัมต่อมิลลิลิตร และชุดควบคุมมีปริมาณเริ่มต้นเพียง 0.003 ลดลงเหลือ 0.000 แสดงดังตาราง 18

ตาราง 33 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ลดลง หลังจากเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (*B. subtilis*) และจุลินทรีย์ก่อโรค (*A. hydrophila* และ *S. agalectiae*) ที่เพาะเลี้ยงในแต่ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง หน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (g/ml)

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (g/ml)														
	Control			FOS 1%			MOS 1%			CSS(w) 1%			CSS(p) 1%		
	B	A	S	B	A	S	B	A	S	B	A	S	B	A	S
0	0.011	0.012	0.022	1.000	1.000	1.000	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	0.010	0.010	0.018	0.657	0.255	0.959	0.864	0.122	0.377	0.130	0.251	0.141	0.588	0.349	0.307
6	0.008	0.010	0.018	0.636	0.213	0.795	0.712	0.115	0.365	0.128	0.249	0.140	0.483	0.321	0.283
9	0.007	0.009	0.005	0.631	0.212	0.776	0.639	0.113	0.303	0.127	0.199	0.128	0.444	0.317	0.274
12	0.004	0.009	0.004	0.578	0.184	0.708	0.327	0.110	0.279	0.106	0.195	0.108	0.398	0.305	0.261
15	0.004	0.006	0.004	0.539	0.172	0.707	0.320	0.089	0.239	0.090	0.131	0.088	0.370	0.271	0.246
18	0.004	0.005	0.003	0.465	0.164	0.704	0.148	0.087	0.214	0.088	0.117	0.075	0.014	0.261	0.232
21	0.004	0.005	0.002	0.414	0.161	0.502	0.127	0.075	0.211	0.074	0.079	0.063	0.013	0.244	0.217
24	0.004	0.005	0.002	0.311	0.119	0.273	0.071	0.008	0.175	0.071	0.066	0.012	0.007	0.218	0.202

*** หมายเหตุ: B หมายถึง Bacillus subtilis, A หมายถึง *Aeromonas hydrophila* และ S หมายถึง *Streptococcus agalectiae*

ตาราง 34 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ลดลง หลังจากเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (*B. subtilis*) และจุลินทรีย์ก่อโรค (*A. hydrophila* และ *S. agalectiae*) ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง หน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (g/ml)

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำตาลรีดิซ์ (g/ml)														
	Control			FOS 1%			MOS 1%			CSS(w) 1%			CSS(p) 1%		
	B	A	S	B	A	S	B	A	S	B	A	S	B	A	S
0	0.003	0.006	0.003	0.003	0.003	0.002	0.023	0.019	0.017	0.011	0.016	0.008	0.018	0.020	0.020
3	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.021	0.008	0.008	0.011	0.009	0.007	0.018	0.019	0.019
6	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.020	0.006	0.006	0.009	0.009	0.007	0.017	0.018	0.019
9	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.018	0.004	0.002	0.009	0.009	0.006	0.015	0.016	0.017
12	0.002	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.014	0.003	0.002	0.008	0.009	0.005	0.015	0.016	0.017
15	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.011	0.002	0.001	0.008	0.008	0.005	0.015	0.016	0.016
18	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.004	0.001	0.001	0.007	0.007	0.005	0.015	0.015	0.015
21	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.001	0.000	0.005	0.006	0.005	0.014	0.014	0.014
24	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004	0.005	0.004	0.013	0.001	0.009

*** หมายเหตุ: B หมายถึง Bacillus subtilis, A หมายถึง Aeromonas *hydrophila* และ S หมายถึง *Streptococus agalactia*

การบริหารจัดการการผลิตและสุขภาพปลานิลเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อความมั่นคั่งและยั่งยืนของธุรกิจ

จากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลการเลี้ยงปลานิลในกระชังในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน พิษณุโลก กำแพงเพชรตากและแม่ฮ่องสอน พบว่า เกษตรกรไม่ได้ปรับรูปแบบการเลี้ยงที่จะส่งผลให้ศักยภาพการผลิตสูงขึ้นอย่างชัดเจน มีบางรายติดตั้งเครื่องเติมอากาศแต่ก็ยังใช้งานไม่ถูกต้อง จากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่า อัตรารอดที่เกิดขึ้นเนื่องจากบางครั้งเกษตรกรพบปัญหาปลาตายระหว่างการเลี้ยง แต่ก็ไม่ได้มีการส่งวินิจฉัยโรคที่ชัดเจน มีการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อแก้ไขปัญหา หรือบางรายงดการให้อาหารจนกว่าปลาจะหยุดตาย ยังไม่มีการใช้เกลือช่วยลดความเครียดระหว่างการเลี้ยงที่ชัดเจน รวมทั้งไม่มีแบบแผนในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

มีการรวมกลุ่มของเกษตรกรทั้งเป็นทางการและไม่เป็นทางการ เพื่อประโยชน์ในการจัดหาลูกพันธุ์ จัดซื้ออาหารสำเร็จรูปและจำหน่ายผลผลิต การขาดบริหารจัดการที่ดีตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (GAP) ตั้งแต่โรงเพาะฟัก การอนุบาล ตลอดจนถึงกระบวนการเลี้ยงปลานิลยังมีน้อย เพราะเกษตรกรขาดแรงจูงใจที่จะพัฒนาฟาร์มให้ได้มาตรฐาน เนื่องจากราคาจำหน่ายปลานิลที่ได้มาตรฐานไม่ได้สูง

ข้อมูลเบื้องต้นผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยง ปี พ.ศ. 2561 ปริมาณ 211,368 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.6 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ในปีนี้ยังคงมีปริมาณน้ำในเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำตามธรรมชาติเพียงพอต่อการเพาะเลี้ยงปลา เกษตรกรสามารถขยายเนื้อที่การเลี้ยง เพิ่มอัตราการปล่อยลูกพันธุ์ และเพิ่มรอบการเลี้ยงปลานิลได้มากขึ้น สำหรับในปี พ.ศ. 2562 คาดว่าปริมาณผลผลิตอยู่ที่ 212,730 ตัน เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ร้อยละ 0.6 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2561 เนื่องจากภาครัฐยังคงมีโครงการส่งเสริมการเลี้ยงปลานิลหลายพื้นที่ แต่ทั้งนี้ควรเฝ้าระวังเรื่องปริมาณน้ำในเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ในปี 2562 คาดว่าจะมีน้อยกว่าในปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในพื้นที่เลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตารางที่ 1 – ตารางที่ 7) (เกวลิน, 2561)

สถานการณ์การผลิตและการค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ในช่วงปี 2561 – ปี 2562

1. สถานการณ์ภายในประเทศ

จากข้อมูลจากกลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง กรมประมง จะเห็นว่า จำนวนฟาร์มในการได้รับรองมาตรฐานมีจำนวนลดลง ในขณะที่มีจำนวนฟาร์มเลี้ยงปลานิลเพิ่มมากขึ้น

สำนักข่าวไทย รายงานเมื่อวันที่ 27 ก.ค. 2562 ว่านายอดิศร พร้อมเทพ อธิบดีกรมประมง ได้จัดส่งเจ้าหน้าที่ตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้เพาะเลี้ยงปลาในกระชังที่จังหวัดหนองคาย ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ติดกับแม่น้ำโขงใน 3 อำเภอได้แก่ อ.เมือง อ.ท่าบ่อ และ อ.ศรีเชียงใหม่ จำนวน 282 ราย รวมกว่า 4,160 กระชัง มีผลผลิตกว่า 18,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,000 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้สถานการณ์ระดับน้ำในแม่น้ำโขงที่

ลดลงอย่างต่อเนื่องจากภาวะฝนทิ้งช่วง ทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำโขงลดลงจากระดับปกติ 3 – 4 เมตร โดยในช่วงวันที่ 18 – 19 ก.ค. 2562 มีอากาศร้อนจัด ทำให้ผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังจำนวน 80 – 100 ราย ได้รับผลกระทบ เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ปลาขาดออกซิเจนจนตาย ผลผลิตเสียหายกว่า 100 ตัน รวมมูลค่าประมาณ 6 ล้านบาท ซึ่งกรมประมงแนะนำให้เกษตรกรนำปลานิลที่ได้รับความเสียหายที่ลอยหัวใกล้ตายหรืออ่อนแอ ไปแปรรูปทำปลาร้าส่งขายให้พ่อค้าในจังหวัดใกล้เคียงกิโลกรัมละ 25 บาท เพื่อบรรเทาความเสียหายจากที่ปกติปลานิลขนาด 1 – 1.2 กิโลกรัมต่อตัว มีราคากิโลกรัมละ 60 บาท

ปัญหาภัยแล้งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเลี้ยงปลานิลในกระชัง เกษตรกรจะรับมือด้วยการจับปลาจำหน่ายให้หมดก่อนที่จะเข้าสู่ฤดูแล้งที่มีปริมาณน้ำน้อย หากเกษตรกรต้องการที่จะเลี้ยงต่อควรลดความหนาแน่นลง ส่วนเรื่องของโรคที่จะเกิดขึ้นกับปลากระชัง ช่วงที่ต้องระวังมากที่สุด เพราะช่วงที่เข้าสู่หน้าฝนจะมีน้ำจากหลาย ๆ ที่ไหลมาอยู่ในแม่น้ำ เกษตรกรควรลดการให้อาหารสักระยะ จะช่วยให้ปลาผ่านช่วงนั้นไปได้และมีความแข็งแรงไม่ตาย

ปัญหาปลาน็อคน้ำมักจะพบเป็นประจำสำหรับผู้เลี้ยงปลาในกระชัง โดยเมื่อปลายเดือนกันยายน 2562 ปลาในกระชังของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาทับทิม ปลานิลในแม่น้ำป่าสัก น็อคน้ำลอยคอและเริ่มตาย ทำให้ต้องเร่งจับปลาก่อนกำหนดป้องกันความเสียหาย

การทำตลาดเพื่อจำหน่ายปลากระชัง อาจจะมีการประกาศทางสื่อออนไลน์ต่าง ๆ เมื่อลูกค้าที่มีความต้องการปลาอยากจะติดต่อขอซื้อ สามารถเดินทางมาดูการเลี้ยงที่ฟาร์มและตกลงซื้อขายกัน พร้อมทั้งลูกค้าบอกกันไปปากต่อปาก จึงทำให้ปลาในกระชังที่เลี้ยงจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี ควรมีการจัดการปลาที่เลี้ยงให้เป็นรุ่น ๆ เพื่อกระจายความเสี่ยงและสามารถส่งจำหน่ายลูกค้าได้อย่างต่อเนื่อง (สุรเดช, 2562) การประกาศขายปลานิลหน้ากระชังทั้งทางไลน์ทางเฟสบุ๊ค และติดต่อพ่อค้าแม่ค้าที่เป็นคู่ค้าขายได้นำรถมาจับส่งไปขายในตลาดมีความจำเป็นในกรณีต้องจับปลาจำหน่ายฉุกเฉิน

1.1 การผลิต

ตารางที่ 35 ข้อมูลฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลทั้งหมดในช่วงเดือน สิงหาคม 2561 - กรกฎาคม 2562

เดือน	จำนวนฟาร์มปลานิลที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP	จำนวนฟาร์มที่ได้มาตรฐาน SL (Safety level)	จำนวนฟาร์มปลานิลทั้งหมด	ร้อยละของฟาร์มทั้งหมด
ส.ค.61	3,192	29,144	328,209	9.8
ก.ย.61	3,241	27,414	328,209	9.3
ต.ค.61	3,043	27,414	328,209	9.3
พ.ย.61	2,897	27,414	328,209	9.2
ธ.ค.61	2,892	27,593	328,209	9.1
ม.ค.62	2,886	27,739	335,441	9.2
ก.พ.62	2,906	28,117	335,441	9.2
มี.ค.62	2,946	28,428	335,441	9.4
เม.ย.62	2,946	28,822	335,441	9.5
พ.ค.62	2,939	29,829	335,441	9.5
มิ.ย.62	2,992	29,829	335,441	9.8
ก.ค.62	2,858	29,829	335,441	9.8

ที่มา : กลุ่มพัฒนาระบบคุณภาพแหล่งผลิต กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง

ตารางที่ 36 ปริมาณผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยง ปี พ.ศ. 2561-2562

เดือน	2561	2562	%Δ 62/61	%Δ 62
ม.ค.	24,138	21,240	-12.0%	1.2%
ก.พ.	18,822	19,116	1.6%	-10.0%
มี.ค.	16,523	16,992	2.8%	-11.1%
เม.ย.	15,727	12,744	-19.0%	-25.0%
พ.ค.	15,875	14,868	-6.3%	16.7%
มิ.ย.	13,532	12,744	-5.8%	-14.3%
ก.ค.	14,544	13,381	-8.0%	5.0%
ส.ค.	14,771			
ก.ย.	18,121			
ต.ค.	21,239			
พ.ย.	20,559			
ธ.ค.	17,517			
รวม	**211,368**	**111,085**	**-6.9**	
ไตรมาสที่ 1	59,483	57,348	-3.6%	
ไตรมาสที่ 2	45,134	40,356	-10.6%	
ไตรมาสที่ 3	47,436			
ไตรมาสที่ 4	59,315			

ที่มา : ข้อมูลผลผลิตเบื้องต้นรายปี พ.ศ. 2561-2562 จากคณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลด้านการเกษตร (กรมประมงร่วมกับสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) ทั้งนี้กรมประมงนำมากระจายเป็นรายเดือนจากการประเมินลูกพันธุ์ ณ วันที่ มีนาคม พ.ศ. 2562

- ม.ค.-ก.ค.62 ผลผลิตปลานิลเบื้องต้น 111,085 ตัน ลดลง 6.9% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันปีก่อน สำหรับเดือน เม.ย. 62 คาดว่า ปริมาณผลผลิตปลานิล ลดลง 25.0% เนื่องจากภัยแล้งมาเร็ว อากาศค่อนข้างร้อนจัด และเกิดพายุฤดูร้อนในบางพื้นที่ ส่งผลให้ปลาป่วยตายได้ง่ายกว่าปกติ (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง)

1.2 ราคาปลานิล

ขนาดปลาจะมีผลต่อราคาจำหน่ายปลาหน้าฟาร์ม อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาชัดเจนว่า ต้นทุนผลตอบแทนที่ขนาดเท่าไรจึงจะก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา ซึ่งอาจจะมีความสัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค ขนาดตลาดปลานิลในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมักจะเป็นปลาขนาดใหญ่ประมาณ 800 กรัมขึ้นไป

จากข้อมูลราคาปลานิลที่เกษตรกรขายได้หน้าฟาร์ม ภาคกลาง โดยทุกขนาดมีการปรับตัวเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันปีที่ผ่านมา ส่วนราคาปลานิลหน้าฟาร์มของจังหวัดเชียงใหม่ขนาด 800 กรัมจะอยู่ที่ 60 บาท แต่ต้องหักค่าลากอวนจำนวน 3 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 37 ราคาปลานิลที่เกษตรกรขายได้หน้าฟาร์ม ภาคกลาง ปี พ.ศ. 2561 – 2562

หน่วย : บาท/กก.

เดือน	ขนาดเล็ก (5 ตัวขึ้นไป/กก.)			ขนาดกลาง (3 – 4 ตัว/กก.)			ขนาดใหญ่ (1 – 2 ตัว/กก.)		
	2561	**2562**	**%Δ62/61**	**2561**	**2562**	**%Δ62/61**	**2561**	**2562**	**%Δ62/61**
ม.ค.	24.25	27.71	14.3%	33.78	39.87	18.0%	39.16	41.07	4.9%
ก.พ.	22.33	27.29	22.2%	32.33	38.82	20.1%	38.34	41.44	8.1%
มี.ค.	21.07	28.48	35.2%	33.00	37.47	13.5%	39.65	43.95	10.8%
เม.ย.	22.22	27.08	21.9%	30.17	38.67	28.2%	38.36	41.23	7.5%
พ.ค.	25.00	26.13	4.5%	29.37	34.33	16.9%	39.43	40.11	1.7%
มิ.ย.	23.88	29.92	25.3%	31.22	41.04	31.5%	38.14	42.16	10.5%
ก.ค.	25.52	26.87	5.3%	32.50	36.73	13.0%	38.55	42.04	9.1%
ส.ค.	24.50			32.99			40.38		
ก.ย.	22.71			31.46			39.14		
ต.ค.	21.60			31.99			40.45		
พ.ย.	27.00			38.90			42.15		
ธ.ค.	26.57			34.28			39.96		
เฉลี่ย	**23.89**	**27.77**		**32.67**	**38.37**		**39.48**	**41.66**	
ไตรมาสที่ 1	22.55	27.83	23.4%	33.04	38.72	17.2%	39.05	42.15	7.9%
ไตรมาสที่ 2	23.70	27.71	16.9%	30.25	38.01	25.7%	38.64	41.17	6.5%
ไตรมาสที่ 3	24.24			32.32			39.36		
ไตรมาสที่ 4	25.06			35.06			40.85		

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ราคาขายส่ง ณ ตลาดไท ปลานิลขนาดเล็กมีการปรับตัวลดลง ในขณะที่ราคาปลานิลขนาดกลางและขนาดใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าผู้บริโภคมีความต้องการปลาขนาดกลางและใหญ่สูง

ตารางที่ 38 ราคาขายส่งปลานิล ปี พ.ศ. 2561–2562

หน่วย : บาท/กก.

เดือน	ขนาดเล็ก (5 ตัวขึ้นไป/กก.)			ขนาดกลาง (3 – 4 ตัว/กก.)			ขนาดใหญ่ (1 – 2 ตัว/กก.)		
	2561	**2562**	**%Δ62/61**	**2561**	**2562**	**%Δ62/61**	**2561**	**2562**	**%Δ62/61**
ม.ค.	34.00	29.52	-13.2%	42.50	39.81	-6.3%	52.50	49.65	-5.4%
ก.พ.	33.29	28.66	-13.9%	42.50	40.59	-4.5%	52.21	49.80	-4.6%
มี.ค.	31.50	30.00	-4.8%	42.50	45.50	7.1%	51.50	52.50	1.9%
เม.ย.	30.72	30.00	-2.3%	40.33	45.50	12.8%	48.53	52.50	8.2%
พ.ค.	30.00	30.00	0.0%	37.50	45.50	21.3%	47.50	52.50	10.5%
มิ.ย.	30.95	30.35	-1.9%	38.50	45.27	17.6%	47.50	54.25	14.2%
ก.ค.	30.07	31.50	4.8%	39.00	46.83	20.1%	44.31	57.92	30.7%
ส.ค.	30.00			39.00			50.00		
ก.ย.	30.60			39.00			50.00		
ต.ค.	31.65			39.00			50.00		
พ.ย.	31.50			39.00			50.00		
ธ.ค.	31.50			39.00			50.00		
เฉลี่ย	**31.32**	**29.76**		**39.82**	**43.70**		**49.50**	**51.87**	
ไตรมาสที่ 1	32.93	29.39	-10.7%	42.50	41.97	-1.3%	52.07	50.65	-2.7%
ไตรมาสที่ 2	30.56	30.12	-1.4%	38.78	45.42	17.1%	47.84	53.08	11.0%
ไตรมาสที่ 3	30.22			39.00			48.10		
ไตรมาสที่ 4	31.55			39.00			50.00		

ที่มา : www.talaadthai.com

ตารางที่ 39 ราคาขายปลีกปลานิล ปี พ.ศ. 2561–2562

หน่วย : บาท/กก.

เดือน	ขนาดกลาง (3 – 4 ตัว/กก.)			ขนาดใหญ่ (1 – 2 ตัว/กก.)		
	2561	2562	%Δ62/61	2561	2562	%Δ62/61
ม.ค.	59.52	64.07	7.6%	70.07	71.26	1.7%
ก.พ.	59.67	64.18	7.6%	73.40	71.48	-2.6%
มี.ค.	61.72	64.18	4.0%	73.45	71.48	-2.7%
เม.ย.	62.80	64.18	2.2%	73.86	71.48	-3.2%
พ.ค.	62.74	65.43	4.3%	73.19	73.02	-0.2%
มิ.ย.	62.28	65.72	5.5%	72.93	73.29	0.5%
ก.ค.	62.34	66.74	7.1%	73.14	74.27	1.5%
ส.ค.	62.00			70.61		
ก.ย.	61.52			70.17		
ต.ค.	62.06			70.12		
พ.ย.	62.24			70.07		
ธ.ค.	62.95			70.72		
เฉลี่ย	**61.82**	**64.63**		**71.81**	**72.00**	
ไตรมาสที่ 1	60.30	64.14	6.4%	72.31	71.41	-1.2%
ไตรมาสที่ 2	62.61	65.11	4.0%	73.33	72.60	-1.0%
ไตรมาสที่ 3	61.95			71.31		
ไตรมาสที่ 4	62.42			70.30		

ที่มา : http://www.price.moc.go.th

กลุ่มสหกรณ์ประมงพาน จำกัด อำเภอพาน จ.เชียงราย แหล่งผลิตปลานิลใหญ่ที่สุดของภาคเหนือ มีผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น ข้าวเกรียบปลานิล ปลานิลสมุนไพร ขนมปั้นสิบปลาและปลานิลหวานกรอบ เป็นต้น แต่ไม่สามารถขายในตลาดได้ เพราะแบรนด์ยังไม่เป็นที่รู้จัก แม้ว่าจะไปวางในห้างสรรพสินค้าดังในกรุงเทพฯ แต่สุดท้ายก็ต้องยกออกจากแผงไป ในขณะที่ปลาหยองไม่เคยวางตลาด เพราะปลาไม่เป็นเส้นและยุ่ย (ฐานเศรษฐกิจ, 2019)

การเปิดร้านจำหน่ายปลานิลมีชีวิตหรือผลิตภัณฑ์พร้อมปรุงในชุมชน หรือนำผลผลิตอื่นๆ เข้ามาขายด้วย อาจจะเป็นอีกช่องทางหนึ่งของการตลาด พร้อมทั้งสร้างเครือข่ายร้านอาหารหรือหน่วยงานที่รับจัดงานเลี้ยงทำให้การบริหารการตลาดได้ดีขึ้น

1.3 การค้าต่างประเทศ

- **การส่งออกปลานิล**

- ม.ค.-มิ.ย. 62 ไทยส่งออกปลานิลและผลิตภัณฑ์ 5,441.7 ตัน มูลค่า 209.2 ล้านบาท ทั้งปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้น 5.3% และ 4.2% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันปีที่ผ่านมา โดยมีสัดส่วนมูลค่าการส่งออกแยกตามผลิตภัณฑ์ คือ ปลาทั้งตัวแช่แข็งลดลง -4.3% ปลานิลสดแช่เย็นลดลง -2.3% เนื้อปลาแช่แข็งเพิ่มขึ้น 72.0% และปลามีชีวิตเพิ่มขึ้น 90.0% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันปีที่ผ่านมา (ตารางที่ 5 และตารางที่ 6) โดยมีตลาดหลัก คือ กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง 39.6% กลุ่มอาเซียน 18.7% สหรัฐอเมริกา 16.9% กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป 16.5% ไต้หวัน 3.2% และประเทศอื่น ๆ 5.1% สำหรับในปี พ.ศ. 2562 คาดว่าการส่งออกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งภาวะเศรษฐกิจของประเทศคู่ค้าขยายตัว แต่ทั้งนี้ควรติดตามข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนอย่างใกล้ชิด หากค่าเงินบาทแข็งค่าขึ้นเมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่ง ส่งผลให้ราคาปลานิลไทยสูงกว่าประเทศคู่แข่ง กระทบต่อความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก นอกจากนี้ไทยควรมองหาตลาดใหม่ๆ เพิ่มเติม เช่น ตลาดในกลุ่มอาเซียน และตลาดที่มีแนวโน้มเพิ่มการบริโภคปลานิล เช่น เม็กซิโก ซาอุดิอาระเบีย แคนาดา โกตดิวัวร์ และรัสเซีย เป็นต้น

- **การนำเข้าปลานิล**

- ม.ค.-มิ.ย. 62 ไทยนำเข้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ 574.2 ตัน มูลค่า 60.8 ล้านบาท ปริมาณเพิ่มขึ้น 7.8% และมูลค่าลดลง 8.4% เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันปีที่ผ่านมา โดยมีสัดส่วนมูลค่ารูปแบบนำเข้าเป็นเนื้อปลานิลแช่แข็งลดลง 23.0% และปลาทั้งตัวแช่แข็งเพิ่มขึ้น 61.9% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันปีที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มีตลาดนำเข้าหลักจากประเทศจีน 51.1% กลุ่มประเทศอาเซียน 48.9% ตามลำดับ (ตารางที่ 5 และตารางที่ 7)

ตารางที่ 40 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกและนำเข้า มิ.ย.61 – มิ.ย.62 (ปริมาณ : ตัน, มูลค่า : ล้านบาท)

เดือน/ปี	การส่งออก				การนำเข้า			
	ปริมาณ	%Δ ปริมาณ	มูลค่า	%Δ มูลค่า	ปริมาณ	%Δ ปริมาณ	มูลค่า	%Δมูลค่า
ม.ค.61	293.5	-23.2	14.1	-28.1	89.2	181.4	9.2	91.7
ก.พ.61	426.3	45.2	21.9	55.3	82.5	-7.5	7.8	-15.2
มี.ค.61	674.2	58.2	31.0	41.6	38.0	-53.9	4.4	-43.6
เม.ย.61	912.2	35.3	34.6	11.6	97.5	156.6	12.3	179.5
พ.ค.61	1189.2	30.4	41.1	18.8	176.4	80.9	23.1	87.8
มิ.ย.61	1,670.5	40.5	58.0	41.1	49.3	-72.1	9.6	-58.4
ก.ค.61	1,247.6	-25.3	38.7	-33.3	85.1	72.6	9.4	-2.1
ส.ค.61	1,166.5	-6.5	39.3	1.6	102.1	20.0	7.3	-22.3
ก.ย.61	764.1	-34.5	20.9	-46.8	91.2	-10.7	13.7	87.7
ต.ค.61	927.5	21.4	33.1	58.4	133.4	46.3	10.8	-21.2
พ.ย.61	770.1	-17.0	28.6	-13.6	92.2	-30.9	12.0	11.1
ธ.ค.61	806.7	4.8	31.8	11.2	89.2	-3.3	9.2	-23.3
ม.ค.62	1,003.9	24.4	39.1	23.0	157.7	76.8	15.5	68.5
ก.พ.62	832.0	-17.1	34.3	-12.3	61.4	-61.1	7.8	-49.7
มี.ค.62	944.7	13.5	36.8	7.3	92.0	49.8	12.1	55.1
เม.ย.62	703.7	-25.5	29.3	-20.4	89.8	-2.4	9.5	-21.5
พ.ค.62	1,038.3	47.5	38.9	32.8	65.3	-27.3	7.7	-18.9
มิ.ย.62	919.1	-11.5	30.8	-20.8	108.0	65.4	8.2	6.5

ที่มา : กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กรมประมง

ตารางที่ 41 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกปลานิลของประเทศไทย 2561 – 2562 (ม.ค.-มิ.ย.)

ปริมาณ: ตัน, มูลค่า: ล้านบาท

ลำดับที่	รายการ	2561 (ม.ค.-มิ.ย.)		2562 (ม.ค.-มิ.ย.)		% การเปลี่ยนแปลง	
		ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
1	ปลาทั้งตัวแช่แข็ง	3,476.7	159.5	3,366.8	152.6	-3.2%	-4.3%
2	เนื้อปลาแช่แข็ง	75.4	10.2	141.7	17.5	88.0%	72.0%
3	ปลาสดแช่เย็น	1,455.8	21.5	1,438.9	21.0	-1.2%	-2.3%
4	ปลามีชีวิต	158.0	9.5	494.3	18.1	212.8%	90.0%
รวม		5,165.9	200.7	5,441.7	209.2	5.3%	4.2%

ที่มา:กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง ประมวลข้อมูลจากกรมศุลกากร

ตารางที่ 42 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปลานิลของประเทศไทยปี 2561– ปี 2562 (ม.ค.-มิ.ย.)

ปริมาณ: ตัน, มูลค่า: ล้านบาท

ลำดับที่	รายการ	2561 (ม.ค.-มิ.ย.)		2562 (ม.ค.-มิ.ย.)		% การเปลี่ยนแปลง	
		ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
1	เนื้อปลานิลแช่แข็ง	385.9	66.5	297.4	50.6	-22.9%	-23.9%
2	ปลานิลแช่แข็ง	158.0	6.3	276.7	10.2	75.1%	61.9%
3	ปลานิลสดแช่เย็น						
รวม		543.9	72.8	574.1	60.8	5.5%	-16.5%

ที่มา:กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง ประมวลข้อมูลจากกรมศุลกากร

ความเสียหายของการเลี้ยงปลานิลอาจจะเกิดขึ้นได้จากลักษณะปลาพิการ ซึ่งจะต้องมีการจัดการพันธุกรรมที่ดี ปัญหาปลาตาย ปลาน็อคจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำอย่างรวดเร็วและปัญหาออกซิเจนละลายในน้ำต่ำเกินไป ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลอาจจะต้องเฝ้าระวัง พิจารณาการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ หรือมีแผนในการจับเพื่อจำหน่ายฉุกเฉิน

ตารางที่ 43 การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2562

ลำดับ	วันที่ลงพื้นที่	ที่อยู่	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของยา ปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
1	4/02/62	ฟาร์มป้ามล ตำบล ผ่าป่อง อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	-DO 7 mg/l Alk 170 mg/l NO_2 0.02 mg/l NH_3 0.003 mg/l pH 7.5 อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส	-	-	การเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่นไม่สูงจะมีความเสี่ยงเรื่องโรคน้อย แต่เกษตรกรต้องมีรายได้จากแหล่งอื่นด้วย
2	8/07/62	บ่อปลาสบสอย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	-DO 8.5 mg/l Alk 119 mg/l NO_2 0.02 mg/l NH_3 0.007 mg/l pH 8 อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	-	-	
3	22/07/62	สวนบ้านทุ่งฟาร์ม อำเภอลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	-มีแผลตามลำตัว -ครีบหางกร่อน -เหงือกเน่า -ตับซีด ม้ามมีจุดขาว	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้ายของกระชัง

ตารางที่ 9 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2562

ลำดับ	วันที่ลงพื้นที่	ที่อยู่	อาการ	โรคหรือเชื้อแบคทีเรียที่ตรวจพบ	ยารักษา	ข้อเสนอแนะ
4	25/05/62	นางน้ำวน รอดเพ็ชร ต.หนองตม อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก	ปลามีบาดแผลภายนอก มีอาการเหงือกเน่า ลำตัวมีเห็บปลาเกาะตามตัว	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็ว เพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง 3. งดให้อาหารจนกว่าปลาหยุดตาย
5	26/05/62	บ้านหนองหม้อแกง ต.ท่าช้าง อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก	มีอาการเริ่มแสดงถึงอาการเหงือกเน่า ตาขาวขุ่น	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Streptococcus agalactiae*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็ว เพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
6	26/05/62	นายจำเรียง คชนิล ต.มะตูม อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก	-	-	-	
7	26/05/62	บ้านไร่ ต.บ้านไร่ อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก	น้ำในบ่อแดง/ขุ่น	-	-	
8	27/05/62	บ้านวัดขวาง ต.บ้านไร่ อ.บางกระทุ่ม (ฟาร์มน้ำผึ้ง) จ.พิษณุโลก	-	-	-	
9	27/05/62	บ้านปากพิง ต.งิ้วงาม อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก	ตาหลุดโปน ท้องบวม ครีบกร่อน ตกเลือด เหงือกเน่า	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Streptococcus agalactiae* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็ว เพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง 3.งดให้อาหารจนกว่าปลาหยุดตาย

ตารางที่ 9 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2562

ลำดับ	วันที่ลงพื้นที่	ที่อยู่	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
10	6/07/62	ฟาร์มฐิติพันธุ์ อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร	-บริเวณโคนหางช้ำ -ปลามีลักษณะตาโปน -ปลาพิการ และมีอาการท้องบวมน้ำ	เชื้อ *Streptococcus agalactiae*	Oxytetracycline (OT30) ดีที่สุด Enrofloxacin (ENR5) ดี	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
11	6/07/62	ฟาร์มลุงนิยม อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร	-บริเวณตัวปลามีเห็บปลาเกาะภายนอกลำตัว -เหงือกเน่า ท้องบวมน้ำ ตับซีด -ครีบหางกร่อน	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Sulfanamides S3 (300)ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
12	6/07/62	ฟาร์มพี่แดง อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร	-ท้องบวมน้ำ ตับซีด -ครีบหางกร่อน -บริเวณลำตัวมีเกล็ดหลุด	เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
13	6/07/62	ฟาร์มลุงธนัท อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร	-ท้องบวมน้ำ ตับซีด -ครีบหางกร่อน	เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง

ตารางที่ 9 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2562

ลำดับ	วันที่ลงพื้นที่	ที่อยู่	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
14	7/07/62	ฟาร์มพี่โม บ้านประดาง อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก	-เหงือกเน่า ท้องบวมน้ำ ตับซีด -ครีบหางกร่อน -ช้ำเลือด เกล็ดพอง	เชื้อ *Flavobacterium columnare*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
15	7/07/62	ฟาร์มพี่ป้าบุญมา บ้านประดาง อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก	-เหงือกเน่า ตับซีด ม้ามมีจุดขาว -ครีบหางกร่อน ตาโปน -ช้ำเลือด	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Streptococcus agalactiae* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Sulfanamides S3 (300) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
16	7/07/62	ฟาร์มอุดร บ้านประดาง อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก	-ตับซีด ตับเขียว ท้องบวมน้ำ -ครีบหางกร่อน -ช้ำเลือด	เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
17	7/07/62	ฟาร์มพี่ยุพิน บ้านหนองบัว ต.วังหิน อ.เมือง จ.ตาก	-ไตบวม ม้ามมีจุดขาว -ตาโปน	เชื้อ *Streptococcus agalactiae* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชัง บริเวณ หัว กลาง ท้าย ของกระชัง
18	7/07/62	ฟาร์มพี่เมยาและฟาร์มพี่นุ ต.วังหิน อ.เมือง จ.ตาก	-DO 8.5 mg/l Alk 119 mg/l NO_2 0.02 mg/l NH_3 0.007 mg/l pH 7.5	-	-	-

ตารางที่ 9 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2562

ลำดับ	วันที่ลงพื้นที่	ที่อยู่	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
19	8/07/62	ฟาร์มพี่เบล อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน	-มีแผลตามลำตัว กระดูกคด -ครีบหางกร่อน	เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้ายของกระชัง
20	8/07/62	พรทิพย์ฟาร์ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน	-DO 8.5 mg/l Alk 119 mg/l NO_2 0.02 mg/l NH_3 0.007 mg/l pH 8 อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	-	-	-
21	22/07/62	ปลานิลแดงจากเครือค่ายพี่หมี อ.ดอยหล่อ จ. เชียงใหม่	-มีแผลตามลำตัว -ครีบหางกร่อน -เหงือกเน่า -ตับซีด ม้ามมีจุดขาว	เชื้อ *Flavobacterium columnare* เชื้อ *Aeromonas hydrophila*	Enrofloxacin (ENR5) ดีที่สุด Oxytetracycline (OT30) ดี Amoxycillin (AML10) ปานกลาง	1.ตักปลาที่ป่วยและตายออกโดยเร็วเพื่อลดการแพร่เชื้อ 2.แขวนเกลือในกระชังบริเวณ หัว กลาง ท้ายของกระชัง

โรคปรสิตที่สำคัญสำหรับลูกปลานิลยังคงเป็นเห็บระฆังและปลิงใส เกษตรกรควรมีการสุ่มตรวจลูกปลา มีการใช้เกลือหรือสารเคมีในการป้องกันการระบาดของปรสิตดังกล่าว ปัญหาปรสิตไม่ได้สร้างความเสียหายรุนแรงในปลาขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่หากปลาอ่อนแอหรือติดเชื้อแบคทีเรียจะพบปรสิตจำนวนมากในปลาได้เช่นกัน

โรคติดเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิดหลักที่ตรวจพบในปลานิล (ตารางที่ 9) ได้แก่ *Flavobacterium columnare*, *Streptococcus agalactiae* และ *Aeromonas hydrophila* โดยการตายของปลามักจะเกิดรอยต่อระหว่างปลายฤดูร้อนถึงฤดูฝน นับตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนกรกฎาคมของทุกปี ปลาที่เริ่มแสดงความผิดปกติ จะมีกินอาหารน้อยลง บางตัวครีบหู ครีบอกและครีบหางกร่อน ปลาที่ติดเชื้อ *S. agalactiae* บางตัวอาจแสดงอาการตาโปนหรือตาขุ่น มีการว่ายน้ำควงสว่าน ไร้ทิศทางบริเวณผิวน้ำ อย่างไรก็ตาม Raj et al. (2019) รายงานว่า พบเชื้อแบคทีเรีย *A. veronii* ในปลานิลที่ตาโปนทั้งสองข้าง ซึ่งมีลักษณะอาการเช่นเดียวกันกับปลานิลที่ติดเชื้อ *S. agalactiae* ส่วนเหงือกปลาที่ติดเชื้อ *F. columnare* ที่มีอาการรุนแรงจะเน่า ลำตัวซีดเหลือง มีแผลตามลำตัว ครีบกร่อน ไม่กินอาหารและลอยตัวบริเวณผิวน้ำ Xu et al. (2014) รายงานว่า ปลานิลที่มีการติดเชื้อปรสิต *Ichthyophthirius multifiliis* ร่วมกับแบคทีเรีย *F. columnare* จะมีอัตราการตายที่สูงขึ้น ดังนั้นควรป้องกันและกำจัดปรสิตเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรค Nguyen et al. (2020) รายงานว่า แบคทีเรีย *Francisella noatunensis* subsp. *orientalis* (*Fno*) และปรสิต *I. multifiliis* (*Ich*) เป็นเชื้อโรคที่ทำให้เกิดความเสียหายในปลานิลที่เลี้ยงในฤดูหนาวเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C ในขณะที่ Nicholson et al. (2020) กล่าวว่า การติดเชื้อไวรัส Tilapia lake virus (TiLV) ร่วมกับแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ทำให้เกิดการระบาดและการตายของปลานิลสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากการสืบค้นเอกสารพบว่า ยังมีไวรัสอีกหลายชนิดที่พบในปลานิล ได้แก่ infectious pancreatic necrosis virus (IPNV, Aquabirnavirus), nervous necrosis virus (VNN, Betanodavirus), tilapia larvae encephalitis virus (TLEV, Herpesvirus) และ the Iridovirus infections namely Bohle iridovirus (BIV, Ranavirus) infectious spleen and kidney necrosis virus (ISKNV, Megalocytivirus), Lymphocystivirus และ another Iridovirus-like infection (Machimbirike et al., 2019)

คุณสมบัติของน้ำของการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินจะแตกต่างไปตามขนาดบ่อ รูปแบบการเลี้ยง ขนาดปลาที่ปล่อย การเตรียมบ่อ ระยะเวลาที่เลี้ยงจนจับขาย ปัญหาที่พบของผู้เลี้ยงปลานิลที่ได้จากการสัมภาษณ์และลงพื้นที่ คือ ปัญหาขาดแคลนน้ำในการเปลี่ยนถ่าย ปัญหาน้ำเขียวจัดเนื่องจากการเจริญของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของสัตว์น้ำ ส่วนคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาในกระชังจะแตกต่างไปตามพื้นที่และฤดูกาล

รวมทั้งปริมาณน้ำฝนและน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงของการเลี้ยงปลาในกระชัง คือ ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของน้ำได้ เกษตรกรควรมีการบริหารจัดการการเลี้ยงโดยการปล่อยปลาที่มีความแข็งแรงและมีขนาดโตขึ้น เพื่อลดระยะเวลาในการเลี้ยงให้สั้นลง และเลือกระยะเวลาในการเลี้ยงที่เหมาะสม อาจจะต้องหลีกเลี่ยงช่วงน้ำหลากซึ่งอาจจะทำให้ปลาตายและกระชังเสียหาย

ข้อเสนอแนะแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในการลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ โรคระบาดและปัญหาราคาปลานิลราคาตกต่ำ

1. มีการรวมกลุ่มเกษตรกรและวางแผนการผลิตที่ชัดเจน เพื่อให้มีผลผลิตที่ต่อเนื่อง
2. คัดเลือกลูกพันธุ์ที่มีความแข็งแรง ปลอดโรค ไม่พิการ โตเร็ว และมีการขนส่งที่ดี เพื่อไม่เกิดความเสียหายระหว่างการขนส่งหรือปล่อยลงเลี้ยง
3. มีการให้อาหารที่ดีในปริมาณที่เหมาะสม เพราะอาหารคือต้นทุนหลักในการผลิต
4. มีการเติมอากาศอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะช่วงปลาขนาดใหญ่ หรือช่วงที่มีน้ำเขียวและฟ้าปิดเป็นเวลานาน
5. มีการใช้จุลินทรีย์ สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันและวิตามินอย่างเหมาะสม
6. มีการบันทึกข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์วางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดความยั่งยืน
7. ต้องบริหารจัดการต้นทุนการผลิตไม่ให้สูงเกินไป
8. ควรมีระบบแจ้งเตือนคุณสมบัติของน้ำที่มีความสำคัญต่อการกินอาหารและการดำรงชีวิตของปลานิล เช่น ระดับออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ทั้งในส่วนแหล่งน้ำสาธารณะและในบ่อดิน อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย
9. อาจจะมีการขาดแคลนแรงงานในการผลิตปลานิลในอนาคต เนื่องจากคนรุ่นใหม่มีความสนใจในการทำธุรกิจเพาะเลี้ยงปลานิลน้อยลง เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้สูงวัยและมักส่งเสริมให้บุตรหลานประกอบอาชีพอื่น
10. มีการพัฒนาช่องทางการจำหน่ายและผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เพื่อระบายผลผลิตออกสู่ผู้บริโภค ไม่ปล่อยให้ปลามีขนาดโตเกินกว่าขนาดตลาดค้างอยู่ในบ่อหรือกระชัง
11. ควรส่งเสริมการแปรรูป การสร้างแบรนด์และการตลาด

การปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่ด้วยสาหร่ายไปรูลิน่า

คุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่ สาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายสไปรูลิน่าทางการค้า

อาหารไก่มีปริมาณโปรตีนรวม 17.27% มีปริมาณไขมันรวมและเยื่อใยรวมเป็น 4.20 และ 3.71% (ตารางที่ 2) มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรทที่ย่อยง่าย (NFE) เถ้ารวม แคลเซียม และฟอสฟอรัสตามความต้องการของแม่ไก่ และสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ใช้ในการทดลองมีความชื้นและโปรตีนรวมสูงกว่าสาหร่ายสไปรูลิน่าทางการค้า แต่มีค่า NFE ต่ำกว่า ส่วนคุณค่าทางโภชนะอื่นและพลังงานรวมมีค่าใกล้เคียงกัน

สมรรถภาพการผลิตไข่

หลังจากนำแม่ไก่อายุ 18 สัปดห์มาเริ่มทำการทดลองด้วยการให้อาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 % ในสูตรอาหารพบว่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 – 24 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 3) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 13 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยแม่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.20 % มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P = 0.05$) แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ากลุ่มอื่นไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และในสัปดาห์ที่ 1- 24 พบว่าแม่ไก่ให้ผลผลิตไข่ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 12 แม่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.05 % มีผลผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) โดยเริ่มให้ผลิตตั้งแต่สัปดาห์ที่ 19 โดยให้ผลผลิตไข่อยู่ระหว่าง 2.98- 12.69 % และเพิ่มปริมาณการให้ผลผลิตถึงระดับ 50% ในสัปดาห์ที่ 2 แต่ค่าเฉลี่ยตลอดสัปดาห์ยังอยู่ระหว่าง 37.80-44.35% และให้ผลผลิตถึงหรือมากกว่า 90% ในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง เช่นเดียวกันกับประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 - 24 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าแม่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.10 % มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.05 % ($P = 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 44 องค์ประกอบทางเคมีอาหารไก่ไข่ สาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายสไปรูลิน่าทางการค้า

รายการ	อาหารไก่ไข่	สไปรูลิน่า	สไปรูลิน่าทางการค้า
ความชื้น (%)	9.65	12.74	7.01
โปรตีน (%DM)	17.27	65.71	63.66
คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (NFE; %DM)	52.22	9.15	15.92
ไขมัน (%DM)	4.20	4.29	4.28
เยื่อใย (%DM)	3.71	1.01	1.96
เถ้า (%DM)	12.95	7.10	7.17
แคลเซียม (%DM)	4.82	0.14	0.13
ฟอสฟอรัส (%DM)	0.18	0.32	0.28
พลังงานรวม (GE; cal/g)	3073.40	4793.50	4509.70

ตารางที่ 45 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)

สัปดาห์	**สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)**					**SEM**	**P-value**
	0.00	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**		
1	84.93	84.19	83.80	86.78	86.46	0.598	0.50
2	99.29	101.79	95.80	96.85	98.24	1.035	0.84
3	94.29	97.71	96.16	94.26	90.30	1.241	0.70
4	102.68	108.04	108.78	112.50	110.71	1.659	0.35
5	118.74	109.52	115.47	112.20	108.63	1.913	0.46
6	98.70	110.71	102.72	111.01	106.53	1.971	0.22
7	105.30	110.71	112.21	118.15	108.78	2.135	0.45

8	103.63	109.74	111.08	111.19	105.96	2.070	0.76
9	105.70	110.06	108.18	108.98	101.30	2.417	0.83
10	98.38	96.92	92.08	93.16	99.26	1.632	0.59
11	90.14	95.78	101.19	94.34	92.96	1.871	0.47
12	106.07	108.93	108.48	105.49	111.03	2.033	0.93

ตารางที่ 45 (ต่อ) ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)

สัปดาห์	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
13	97.62[a]	86.91[ab]	94.20[a]	90.05[ab]	75.00[b]	2.684	0.05
14	92.62	94.23	98.52	100.89	84.17	2.269	0.16
15	95.12	94.12	97.76	99.23	92.66	1.348	0.57
16	95.83	93.10	98.84	106.97	99.56	2.470	0.51
17	100.12	100.84	104.06	104.76	105.89	1.733	0.83
18	108.33	110.90	103.85	104.41	103.72	2.416	0.81
19	99.41	104.30	100.35	99.82	99.41	1.577	0.88
20	105.66	107.81	107.97	104.05	108.28	1.497	0.90
21	102.44	105.09	107.67	104.00	105.12	1.513	0.89
22	102.08	103.17	108.87	107.92	106.36	1.409	0.51
23	108.04	111.09	110.58	109.46	112.98	1.483	0.89
24	102.80	105.55	111.26	108.75	102.32	1.247	0.09
1-24	100.75	102.55	103.33	103.55	100.65	0.730	0.58

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 46 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อผลผลิตไข่ (%)

สัปดาห์	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
1	13.69	12.20	3.87	2.98	12.80	2.337	0.25
2	37.80	42.26	44.35	38.39	44.05	1.387	0.66
3	81.25	77.38	85.42	79.46	77.98	1.444	0.46
4	92.56	88.99	95.54	91.37	88.99	1.226	0.58
5	93.75	92.26	94.35	95.24	91.67	1.452	0.95
6	92.26	94.94	92.86	100.00	94.64	1.340	0.42
7	93.35	95.84	96.73	98.81	95.84	1.050	0.79
8	90.48	93.46	98.81	96.73	94.35	1.182	0.22
9	91.07	93.46	95.84	97.02	93.75	1.255	0.66
10	93.45	89.58	94.05	97.02	89.99	1.432	0.48
11	91.37	91.67	94.94	97.40	94.17	0.935	0.23
12	95.54[a]	87.50[b]	92.26[ab]	96.94[a]	93.20[a]	1.034	0.02
13	91.37	88.69	92.86	95.93	89.10	1.279	0.39
14	89.58	86.90	89.72	97.62	79.17	2.148	0.09
15	90.77	86.01	88.72	93.76	83.57	1.778	0.43
16	91.07	86.61	90.05	97.74	86.67	1.759	0.26
17	88.99	85.50	91.62	96.19	87.74	1.589	0.26
18	88.10	84.93	88.89	92.03	89.53	1.616	0.64
19	89.59	87.80	91.43	92.74	90.66	0.937	0.57
20	90.48	88.72	93.89	93.75	90.95	1.207	0.65
21	87.20	87.47	91.18	92.50	90.18	1.099	0.51
22	88.10	87.85	94.43	93.81	91.49	1.198	0.26
23	89.88	90.91	92.89	96.97	90.48	1.183	0.33
24	91.37	90.94	94.10	94.94	91.07	1.054	0.68
1-24	85.13	83.83	87.03	88.72	84.67	1.773	0.91

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 47 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่

สัปดาห์	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
1	18.51	20.49	68.56	86.78	20.48	14.46	0.15
2	5.85	5.22	4.72	5.63	4.88	0.214	0.64
3	2.46^{ab}	2.64^{a}	2.16^{b}	2.47^{ab}	2.40^{ab}	0.077	0.05
4	2.22	2.46	2.23	2.45	2.45	0.056	0.06
5	2.50	2.32	2.35	2.30	2.31	0.070	0.91
6	2.05	2.20	2.07	2.11	2.11	0.028	0.58
7	2.08	2.15	2.14	2.21	2.06	0.037	0.77
8	2.12	2.13	2.03	2.06	2.00	0.024	0.36
9	2.14	2.13	2.13	2.03	2.01	0.032	0.14
10	1.93	1.98	1.77	1.75	1.96	0.044	0.27
11	1.82	1.92	1.95	1.78	1.79	0.034	0.39
12	2.14	2.18	2.09	1.98	2.14	0.042	0.66
13	1.96^{a}	1.79^{a}	1.84^{a}	1.77^{a}	1.57^{b}	0.037	0.00
14	1.93	2.00	1.99	1.90	1.93	0.034	0.89
15	1.94	2.01	2.00	1.96	2.09	0.032	0.70
16	1.93	1.97	1.98	2.01	2.14	0.036	0.42
17	2.06	2.15	2.03	1.99	2.19	0.028	0.12
18	2.19	2.27	2.05	1.99	2.05	0.045	0.27
19	1.95	2.05	1.91	1.88	1.91	0.028	0.35
20	2.06	2.04	1.98	1.97	2.07	0.027	0.75
21	2.07	2.13	2.08	2.01	2.05	0.024	0.76
22	2.07	2.05	2.03	2.07	2.06	0.023	0.98
23	2.13	2.15	2.09	2.04	2.20	0.021	0.14
24	2.01	2.01	2.06	2.03	1.96	0.026	0.85
2-24	2.24	2.26	2.16	2.19	2.18	0.063	0.99

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หมายเหตุ: ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่เฉลี่ยตลอดการทดลองคำนวณจากสัปดาห์ที่ 2-24

คุณภาพไข่

ทางด้านคุณภาพไข่ (ตารางที่ 6-8) พบว่า น้ำหนักไข่และสีของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ($P > 0.05$) ดัชนีไข่แดงสัปดาห์ที่ 8 12 20 และ 24 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) สัปดาห์ที่ 2 ดัชนีไข่แดงของกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% มีค่าดัชนีไข่แดงต่ำสุด ($P < 0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% มีค่าดัชนีไข่แดงสูงสุด ($P < 0.05$) ส่วนในสัปดาห์ที่ 16 พบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 และ 0.20 % มีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ความแข็งของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ($P > 0.05$) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 12 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

ความหนาของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P> 0.05$) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 พบว่าทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) และในสัปดาห์ที่ 12 พบว่ามีเพียงกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 และ 0.20% ที่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ค่าฮอกยูนิตในสัปดาห์ที่ 12 และ 24 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) สัปดาห์ที่ 2 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) แต่กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่าระดับอื่นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.10% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) แต่กลุ่มอื่นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 6 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ส่วนกลุ่มอื่นไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) สัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) ส่วนกลุ่มอื่นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 16 ทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 20 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05 และ 0.15% ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) แต่ที่ 0.10 และ 0.20% พบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเห็นผลชัดเจนในสีของไข่แดง ในสัปดาห์ที่ 2 และ 12 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15 และ 0.20% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 4 ทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 6 ทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่าย สไปรูลิน่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15 และ 0.20% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 12 ในสัปดาห์

ที่ 16 20 และ 24 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 0.15 และ 0.20% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

ตารางที่ 48 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อน้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง และความแข็งของเปลือกไข่

สัปดาห์	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
น้ำหนักไข่ (กรัม)							
2	49.56	48.72	49.93	49.79	49.53	0.30	0.75
4	53.49	53.45	54.02	53.64	53.80	0.28	0.46
6	54.98	56.85	56.00	56.08	55.60	0.34	0.51
8	57.75	56.26	57.12	57.16	56.65	0.33	0.69
12	54.59	54.58	55.28	54.51	54.49	0.43	0.98
16	56.61	56.31	58.24	56.98	56.61	0.31	0.30
20	58.19	58.21	57.89	56.62	57.70	0.32	0.52
24	58.16	55.66	54.90	54.86	56.19	0.75	0.67
ดัชนีไข่แดง							
2	0.47^{ab}	0.48^{a}	0.44^{c}	0.46^{bc}	0.45^{bc}	0.00	0.01
4	0.46^{a}	0.44^{b}	0.46^{a}	0.47^{a}	0.48^{a}	0.00	0.00
6	0.44^{b}	0.47^{a}	0.44^{b}	0.45^{b}	0.45^{b}	0.00	0.00
8	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.00	0.19
12	0.43	0.42	0.41	0.42	0.42	0.00	0.18
16	0.44^{b}	0.45^{ab}	0.46^{a}	0.45^{ab}	0.46^{a}	0.00	0.02
20	0.46	0.47	0.46	0.46	0.47	0.00	0.57
24	0.44	0.46	0.45	0.45	0.46	0.00	0.18
ความแข็งของเปลือกไข่ (kg/cm^2)							
2	4.80	4.93	4.77	4.88	4.83	0.43	0.78
4	4.88	4.97	4.86	4.86	4.92	0.03	0.86
6	4.91	4.98	4.82	4.94	4.77	0.04	0.43
8	4.86	4.87	4.81	4.97	4.99	0.03	0.32
12	4.60^{ab}	4.70^{a}	4.71^{a}	4.88^{a}	4.38^{c}	0.04	0.00

16	4.50	4.61	4.40	4.52	4.45	0.07	0.09
20	4.75	4.67	4.66	4.63	4.76	0.05	0.91
24	4.33	4.57	4.40	4.69	4.70	0.06	0.21

[a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 49 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อความหนาของเปลือกไข่ และค่า Haugh unit

สัปดาห์	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
ความหนาของเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)							
2	0.47[a]	0.43[b]	0.44[b]	0.42[b]	0.44[b]	0.00	0.00
4	0.43[a]	0.41[b]	0.40[bc]	0.41[bc]	0.39[c]	0.00	0.00
6	0.40	0.39	0.40	0.41	0.40	0.00	0.39
8	0.40	0.41	0.41	0.40	0.41	0.00	0.49
12	0.35[a]	0.34[ab]	0.33[bc]	0.34[ab]	0.31[c]	0.00	0.00
16	0.38	0.40	0.39	0.38	0.37	0.00	0.10
20	0.38	0.42	0.39	0.40	0.41	0.01	0.82
24	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.00	0.58
ฮอกยูนิต							
2	96.36[ab]	98.11[a]	93.58[b]	94.12[b]	94.09[b]	0.45	0.00
4	109.60[a]	106.48[b]	107.91[ab]	107.7[b]	106.83[b]	0.31	0.01
6	91.97[bc]	95.17[a]	93.78[ab]	90.29[c]	92.97[ab]	0.42	0.00
8	92.79[a]	91.37[ab]	89.31[b]	89.12[b]	89.40[b]	0.45	0.03
12	92.44	89.75	94.01	90.83	91.31	0.52	0.10
16	89.73[c]	92.86[b]	98.04[a]	96.42[a]	98.00[a]	0.48	0.00
20	101.45[a]	101.01[ab]	98.62[bc]	101.06[ab]	98.47[c]	0.39	0.02
24	93.00	99.77	95.89	97.54	95.87	0.89	0.18

[a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 50 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อสีของไข่แดงและสีของเปลือกไข่

สัปดาห์	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
สีของไข่แดง							
2	5.96^{c}	6.28^{bc}	5.43^{d}	6.68^{a}	6.36^{ab}	0.07	0.00
4	6.57^{c}	7.00^{b}	7.50^{a}	7.43^{a}	7.75^{a}	0.07	0.00
6	8.18^{a}	7.54^{b}	7.36^{b}	7.21^{b}	7.49^{b}	0.07	0.00
8	8.12^{a}	7.50^{b}	7.64^{b}	7.78^{ab}	7.82^{ab}	0.06	0.00
12	7.66^{b}	7.79^{b}	7.91^{b}	8.36^{a}	8.46^{a}	0.06	0.00
16	7.55^{c}	7.54^{c}	7.93^{b}	8.41^{a}	8.57^{a}	0.06	0.00
20	7.14^{c}	7.25^{c}	7.52^{b}	7.66^{b}	8.12^{a}	0.05	<0.01
24	7.18^{d}	7.30^{d}	7.66^{c}	8.34^{b}	8.64^{a}	0.06	<0.01
สีของเปลือกไข่ (% Light)							
2	20.55	19.77	20.58	20.41	20.60	0.27	0.86
4	19.07	19.84	19.60	19.71	19.55	0.25	0.89
6	19.54	20.17	20.96	19.64	19.56	0.26	0.35
8	21.75	21.46	22.06	20.99	20.03	0.24	0.06
12	23.30	23.48	23.60	23.29	23.02	0.28	0.97
16	21.70	20.53	22.53	21.71	21.30	0.27	0.19
20	22.59	22.65	22.74	21.89	22.21	0.22	0.73
24	23.09	23.02	22.85	22.87	23.20	0.25	0.99

$^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ทั้งฟองไม่รวมเปลือกไข่อบแห้ง

คุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่ทั้งฟองพบว่าแต่ละกลุ่มทดลองมีปริมาณความชื้น โปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) ไขมันรวม เยื่อใยรวม แคลเซียม และฟอสฟอรัส ไม่แตกต่างกัน ($P < 0.05$) ส่วนเถ้ารวมพบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 0.15 และ 0.20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับ 0.05% และกลุ่มความคุม ($P< 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 51 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ทั้งฟองไม่รวมเปลือกอบแห้ง

รายการ	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
ความชื้น (%)	4.58	4.26	4.68	4.20	4.79	0.10	0.27
พลังงานรวม (GE; cal/g)	6397.00	6404.87	6426.30	6418.60	6408.60	22.11	>0.99
โปรตีนรวม (%DM)	50.78	50.62	50.86	51.08	50.28	0.25	0.93
คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (NFE; %DM)	5.60	5.08	4.08	2.22	3.60	0.51	0.25
ไขมันรวม (%DM)	35.35	36.34	36.82	39.10	37.82	0.53	0.20
เยื่อใยรวม (%DM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<0.01	>0.99
เถ้ารวม (%DM)	3.70[a]	3.71[a]	3.55[b]	3.40[b]	3.50[bc]	0.03	<0.01
แคลเซียม (%DM)	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19	<0.01	0.42
ฟอสฟอรัส (%DM)	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	<0.01	0.87

[a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณคลอเลสเตอรอล และปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่สามารถตรวจพบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการใช้วิธี DPPH radical scarvenging activity (ตารางที่ 10) และพบว่าปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่มีความแตกต่างกัน (P > 0.05) (ตาราง ที่ 11)

ตารางที่ 52 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในไข่แดง

สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)	DPPH radical scavenging activity (umol TE/g)
0	ND
0.05	ND
0.10	ND
0.15	ND
0.20	ND

ตารางที่ 53 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดง

รายการ	**สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)**					**SEM**	**P-value**
	0.00	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**		
Cholesterol (mg/100 g)	1001.32	1163.23	1082.42	1108.67	1002.19	63.09	0.310

จากการวิเคราะห์กรดไขมันในไข่แดงไม่พบ Butyric acid, caproic acidcapryfic acid, capric acid, undecyfic acid, lauric acid, tridecyfic acid, pentadecenoic acid, erucic acid, docosadienoic acic และ lignoceric acid (ตารางที่ 12) Linoelaidic acid พบในเฉพาะกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% โดยมีปริมาณ 0.01% eucisatrienoic acid พบเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15 และ 0.20% โดยมี

ปริมาณ 0.01% เท่ากัน ส่วน tricosylic acid, eicosapentaenoic acid และ nervonic acid พบเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.20% โดยมีปริมาณ 0.01 0.01 และ 0.04% ตามลำดับ กรดไขมันชนิดอื่นไม่มีความแตกต่างในทุกกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$) ยกเว้น myristoleic acid กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05 และ 0.20% มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) margaric acid กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) elaidic acid กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05 และ 0.10% ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) แต่การใช้ที่ระดับ 0.15 และ 0.20 % มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) และ docosahexaenoic acid กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) แต่การใช้ที่ระดับอื่น ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$)

ตารางที่ 54 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

รายการ	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
Butyric acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Caproic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Caprylic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Capric acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Undecylic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Lauric acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Tridecylic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Myristic acid	0.28	0.32	0.29	0.27	0.31	<0.01	0.102
Myristoleic acid	0.04^{b}	0.05^{a}	0.04^{b}	0.04^{b}	0.05^{a}	<0.01	0.013

Pentadecylic acid	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	<0.01	0.263
Pentadecenoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	-
Palmitic acid	23.73	23.66	23.56	23.23	23.91	0.09	0.285
Palmitoleic acid	2.34	2.43	2.32	2.10	2.57	0.58	0.114
Margaric acid	0.20^{a}	0.20^{a}	0.21^{a}	0.22^{a}	0.18^{b}	<0.01	0.016
Heptadecenoic acid	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	<0.01	0.452
Stearic acid	8.99	8.40	8.90	9.15	8.42	0.10	0.058
Elaidic acid	0.13^{a}	0.12^{ab}	0.13^{a}	0.08^{b}	0.03^{c}	0.01	0.001
Oleic acid	47.28	48.12	47.98	47.60	47.76	0.12	0.252
Linoelaidic acid	ND	0.01	ND	ND	ND	<0.01	-
Linoleic acid	11.95	11.58	11.55	12.17	11.93	0.11	0.469
γ-Linolenic acid	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.871

ตารางที่ 54 (ต่อ) ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

รายการ	**สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)**					**SEM**	**P-value**
	0.00	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**		
Gondoic acid	0.28	0.26	0.28	0.29	0.27	<0.01	0.086
α-Linolenic acid	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	<0.01	0.724
Heneicosylic acid	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.351

Eicosadienoic acid	0.13	0.11	0.13	0.13	0.15	<0.01	0.271
Behenic acid	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	<0.01	0.737
Dihomo- γ-linolenic acid	0.17	0.16	0.17	0.14	0.16	<0.01	0.353
Erucic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	.
Eicosatrienoic acid	ND	ND	ND	0.01	0.01	<0.01	-
Arachidonic acid	1.56	1.55	1.50	1.50	1.43	<0.01	0.077
Tricosylic acid	ND	ND	ND	ND	0.01	<0.01	-
Docosadienoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	.
Lignoceric acid	ND	ND	ND	ND	ND	<0.01	-
Eicosapentaenoic acid	ND	ND	ND	ND	0.01	<0.01	-
Nervonic acid	ND	ND	ND	ND	0.04	<0.01	-
Docosahexaenoic acid	0.84[a]	0.88[a]	0.82[a]	0.83[a]	0.74[b]	<0.01	0.024

[a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนในไข่ขาวไม่พบ hydroxyproline (ตารางที่ 13) ส่วนกรดอะมิโนชนิดอื่นพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P > 0.05) ยกเว้น tryptophan พบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% (P < 0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ 0.10 และ 0.20% (P > 0.05) และการใช้สาหร่ายสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15% มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ Histidine มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น (P = 0.080)

ตารางที่ 55 ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อปริมาณกรดอะมิโนในไข่ขาว

รายการ	สาหร่ายสไปรูลิน่า (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
Alanine	423.80	385.01	461.95	473.36	474.55	15.89	0.339
Arginine	257.60	243.49	297.00	320.22	298.87	11.65	0.196
Aspartic acid	522.55	481.16	574.69	626.93	593.14	22.09	0.245
L-Cystine	63.92	57.15	62.32	65.37	68.64	1.99	0.513
Glutamic acid	680.29	618.90	747.01	813.75	771.70	29.09	0.231
Glycine	269.36	243.86	286.71	312.46	294.59	10.04	0.257
Histidine	88.45	85.53	104.73	115.56	111.57	4.42	0.080
Hydroxylysine	48.78	44.12	51.37	56.33	53.99	1.75	0.209
Hydroxyproline	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
Isoleucine	93.41	85.83	105.04	116.27	106.98	4.68	0.277
Leucine	366.59	339.26	410.35	449.15	419.88	16.02	0.193
Lysine	264.80	249.09	295.56	318.43	305.40	10.61	0.200
Methionine	221.71	214.29	255.21	282.56	267.29	10.37	0.154
Phenylalanine	267.86	255.52	300.30	333.20	317.50	11.64	0.161
Proline	178.72	160.12	188.69	210.92	206.49	8.12	0.277

Serine	427.56	388.53	466.09	614.51	479.13	34.31	0.309
Theronine	149.62	136.71	168.00	184.14	171.96	6.97	0.209
Tryptophan	68.79^{bc}	63.87^{c}	74.82^{abc}	82.98^{a}	80.51^{ab}	2.38	0.027
Tyrosine	196.14	181.02	176.38	238.74	226.49	10.81	0.276
Valine	106.91	105.51	130.10	145.87	131.66	6.09	0.146

$^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีค่าโปรตีน 65.71% ซึ่งสอดคล้องกับ สุนีรัตน์ และคณะ (2553) ที่ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าในประเทศไทยและจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารไก่ไข่สูตรควบคุมก่อนทำการผสมสาหร่ายพบว่ามีปริมาณโปรตีน 17.27 % เป็นไปตามความต้องการของแม่ไก่ที่ให้ผลผลิตสูงที่ต้องการปริมาณโปรตีน 17.05 กรัมต่อวัน (Reid, 1976) และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแม่ไก่ระยะที่ทำวิจัยมีปริมาณการกินอาหารไม่เกิน 110 กรัม/ตัว/วัน ตามมาตรฐานการให้อาหารไก่ไข่พันธุ์เปลือกสีน้ำตาลทั่วไป (สาโรชน์ และ เยาวมาลย์, 2560) และโดยรวมแล้วสาหร่ายไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน ผลผลิตไข่ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ของแม่ไก่เช่นเดียวกับการศึกษาของ Takashi (2003) ที่พบว่าการเสริมสาหร่ายไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ทางด้านคุณภาพไข่โดยรวมหลังการให้ผลผลิตไข่ 24 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักไข่ ความแข็ง ความหนา และสีของของเปลือกไข่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการเสริมสาหร่ายทั้งนี้สีของเปลือกไข่ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ยังไม่พบความสัมพันธ์กับอาหารที่ชัดเจน โดย Li *et al.* (2006) รายงานว่าสีของเปลือกไข่ไก่สามารจัดกลุ่มหลักได้ 3 สี คือสีขาว สีฟ้า และสีน้ำตาล สาหร่ายสไปรูลิน่าสามารถเพิ่มค่า ฮอกยูนิต (Hough unit) ซึ่งบอกถึงคุณภาพไข่ขาวและความสดของไข่ (Silersides, 1994) ค่าที่สูงจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค สาหร่ายสไปรูลิน่าช่วยปรับปรุงดัชนีของไข่แดงที่ 16 สัปดาห์หลังการได้รับสาหร่าย ซึ่งก็สอดคล้องกับผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เห็นผลชัดเจนในสีของไข่แดงเมื่อแม่ไก่ได้รับอาหารที่ผสมสาหร่าย 0.10 – 0.20% เป็นเวลา 12 16 20 และ 24 สัปดาห์ โดยทำให้สีของไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับ Takashi (2003) ที่พบว่าการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่

ระดับ 0.2-0.8% ทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ใช้ แต่หากจะใช้สาหร่ายแทนสีสังเคราะห์เพื่อให้ได้สีของไข่แดงเทียบเท่าสีสังเคราะห์ต้องใช้ในปริมาณถึง 2.5% (Zahroojian *et al.*, 2011)

การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.10 0.15 และ 0.20% ทำให้ปริมาณเถ้ารวมในไข่ไก่ไม่รวมเปลือกไข่ทั้งฟองมีปริมาณเถ้ารวมลดลงตามระดับการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่ามีส่วนที่เป็นอนินทรีย์ลดลงและมีส่วนของสารอินทรีย์ที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นซึ่งไข่ไก่ทั้งฟองทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันตามคุณค่าทางโภชนะที่ได้จากอาหารแต่ไม่แตกต่างชัดเจนแต่เห็นความแตกต่างในปริมาณเถ้าของไข่ไก่ในประเทศอเมริกาที่มีปริมาณเถ้ารวม 6.2 % (America egg board, 2019) ส่วนปริมาณเถ้ารวมจากการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.10 0.15 และ 0.20% ศึกษาครั้งนี้มีปริมาณเถ้ารวมเพียง 3.40 – 3.55%

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในไข่แดงคาดว่าเป็นผลจากการนำไข่แดงไปต้มสุกก่อนการวิเคราะห์ดัง Nimalarathe and Wu (2015) กล่าวว่าสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากอาหารที่แม่ไก่ได้รับสามารถปรากฏอยู่ในไข่แดงแต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในไข่แดงจะได้รับผลกระทบจากกระบวนการประกอบอาหาร การเก็บรักษา และการย่อยในทางเดินอาหาร

การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลอาจเป็นผลจากการใช้ในระดับที่ต่ำ ซึ่งหากใช้ในระดับที่ต่ำเพื่อลดคลอเลสเตอรอลในไข่แดงควรใช้ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น อาทิเมล็ดแฟลกซ์ (flaxseed) และ ไวตามินอี เมื่อใช้ร่วมกับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.30% ก็สามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอล เพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ เพิ่มไวตามินอี และสีของไข่แดง (Sujatha and Narahari, 2011)ในขณะที่การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในไก่ไข่พันธุ์พื้นเมืองสามารถเพิ่มสีของไข่แดงและลดปริมาณคลอเรสเตอรอลในไข่แดง (Mariey *et al.*, 2012) แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองต่อการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าของไก่ไข่ก็ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของไก่ไข่เช่นกัน เช่นเดียวกันกับการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในระดับต่ำครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อกรดไขมันในไข่แดงอย่างชัดเจนยกเว้นการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.05 และ 0.20% ทำให้ปริมาณ mysristoleic acid เพิ่มขึ้น ซึ่งการบริโภคอาหารที่มี mysristoleic acid จะไปส่งเสริมปริมาณ DHA ในร่างกาย (Dabadie *et al.*, 2005) และการใช้ที่ระดับ 0.15 % ทำให้ปริมาณ Elaidic acid ลดลง แต่ตรวจพบ Eicosatrienoic acid ในกลุ่มที่ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15 และ 0.20% ซึ่งกรดไขมันนี้มีความสำคัญต่อสุขภาพมนุษย์อาทิช่วยในการป้องกันการเกิดมะเร็งรวมถึงยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Mansara, 2015) สาหร่ายสไปรูลิน่าจะเป็นแหล่งกรดไขมันจำเป็น เช่น แกรมมา ลิโนเลอิค แอซิด (Gamma-linoleic acid) (Choopani *et al.*, 2016)และจากการศึกษาของ Bonos *et al.* (2016) พบว่าการใช้สาหร่ายสไป

รูลิน่าที่ระดับ 0.5 – 1.0% ในอาหารไก่เนื้อสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น EPA, DPA และ DHA จึงมีความเป็นได้สูงที่จะส่งเสริมให้ใช้ไข่ไก่จากการเลี้ยงด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่าไปพัฒนาเป็นอาหารสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการอาหารที่มีคุณภาพสูง อาทิ กลุ่มเด็กเล็กและผู้สูงอายุ เป็นต้น

การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าระดับ 0.15% สามารถเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญ คือ ทริปโตเฟน (Tryptophan) โดยทริปโตเฟนช่วยในการลดความเครียดและการนอนหลับผิดปรกติในมนุษย์ (Kaluzna-Czaplinska *et al*., 2017) และมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนอิสติดิน (Histidine) โดยฮิสติดินสามารถใช้ป้องกันภาวะโรคอ้วนและภาวะผิดปรกติของกระบวนการเมทาบอลิซึมในร่างกายของมนุษย์ (Dinicolantonio *et al.,* 2018)

กล่าวได้ว่าสาหร่ายสไปรูลินามีศักยภาพโดดเด่นในการเพิ่มสีของไข่แดง ปริมาณกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็นที่สำคัญ ดังนั้นควรส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่นำไปใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่ไข่ นอกจากนี้หากมีการพัฒนาการผลิตสาหร่ายสไปรูลิน่าให้มีคุณค่าทางโภชนะและสารสำคัญต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์เพิ่มขึ้นเช่นการพัฒนาอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า (Madkour *et al*., 2012) หรือการพัฒนาระบบการเลี้ยงสาหร่ายให้มีต้นทุนการผลิตลดลงซึ่งปัจจุบันสาหร่าย สไปรูลิน่าสำหรับใช้ในอาหารสัตว์มีราคากิโลกรัมละ 500 – 550 บาท และจากการสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ได้ให้ความเห็นว่าหากราคาสาหร่ายสไปรูลิน่ามีราคาลดต่ำลงเหลือกิโลกรัมละ 250 – 300 บาท จะไม่เพิ่มภาระด้านต้นทุนค่าอาหารทำให้เกษตรกรสามารถใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อปรับปรุงคุณภาพไข่ได้อย่างแพร่หลายขึ้น

รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่ปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลาหลายชนิดร่วมกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์

การทดลองที่ 1 ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ โดยทดลองใช้อาหารผสมเศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารร้อยละ 0, 25 และ 50 เลี้ยงให้ได้ขนาด 3 นิ้ว ระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ศึกษาการเปรียบเทียบปัจจัยด้านประสิทธิภาพและการเจริญเติบโต จากการเปรียบเทียบปัจจัยด้านประสิทธิภาพและการเจริญเติบโตของปลาช่อนที่เลี้ยงในระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลอง โดยทำการนับและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละตู้ ทุก ๆ 15 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง (ตารางที่ 1) ได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows 15.0 และทำกราฟโดยโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งได้ผลดังนี้

น้ำหนักเริ่มต้นของปลาที่ใช้ทดลองเริ่มต้น มีน้ำหนักประมาณ 11-14 กรัม เลี้ยงเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักสุดท้ายมีประมาณ 60-108 กรัม น้ำหนักสุดท้ายที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักสุดท้ายเพิ่มมากที่สุด (108.0 กรัม) ในด้านอัตรารอด พบว่าปลาช่อนมีอัตรารอด 55-79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลาและหอยเชอรี่ 0% (ชุดควบคุม) มีอัตรารอดที่สูงที่สุด ปริมาณการให้อาหาร พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีการให้อาหารมากที่สุด (1602.30 กรัมต่อตัว)

น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายหลังจากการทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักมากที่สุด (109.0±11.44) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 50% มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายน้อยที่สุดในการทดลองนี้ (60.0±5.24) แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งการทดลองพบว่ามีน้ำหนักสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 56 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการรอดของปลาช่อน ระยะเวลาเลี้ยง 12 สัปดาห์ (Mean ± SE)

ชุดการทดลอง	1 (ชุดควบคุม)	2	3	4	5
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	21.92±2.47 [ab]	20.97±2.47 [ab]	21.02±4.09 [ab]	20.98±3.57 [ab]	20.24±3.22 [b]
ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	11.98±0.37 [a]	11.82±5.81 [ab]	12.01±0.82 [ab]	11.97±1.12 [a]	12.27±2.01 [b]
อัตราการรอด(%)	62.48±8.14 [b]	60.45±5.17 [b]	61.54±5.78 [b]	60.23±4.17 [b]	61.01±2.67 [b]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.78±0.97 [a]	1.98±1.67 [a]	1.97±1.67 [a]	1.72±1.87 [a]	1.68±1.49 [a]
อัตราการเจริญเติบโต/วัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.29±3.97 [a]	0.28±4.58 [a b]	0.27±4.02 [b]	0.25±3.57 [b]	0.24±3.42 [b]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างในทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 57 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมเศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อน

องค์ประกอบ (%น้ำหนักแห้ง	1 (ชุดควบคุม)	2	3	4	5
โปรตีน	35.9±0.14	35±0.47	35.12±0.34	36.15±0.85	36.01±0.64
ไขมัน	12.13±0.84	16.45±0.57	15.47±0.78	11.24±0.52	11.56±0.47
เยื่อใย	5.22±0.36	4.267±0.07	4.56±0.28	3.96±0.25	3.4±0.15
เถ้า	8.24±0.45	11.58±0.648	12.06±0.58	10.05±0.24	11.00±0.38
ความชื้น	10.59±0.16	10.30±0.54	10.60±0.57	10.58±0.67	10.87±0.46
คาร์โบไฮเดรต	27.92±0.47	22.40±0.12	22.19±0.48	28.02±0.15	27.16±0.15

ตารางที่ 58 คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปลาช่อน

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง				
	1 (ชุดควบคุม)	2	3	4	5
อุณหภูมิของน้ำ(องศาเซลเซียส)	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
ความเป็นกรด-ด่าง	7.53	7.41	7.45	7.39	7.24
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.43±0.08	4.40±0.15	4.8±0.06	4.6±0.16	4.3±0.14
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.1±0.03^{a}	0.1±0.04^{a}	0.1±0.07^{a}	0.4±0.03^{b}	0.4±0.03^{b}
ไนไตรท์-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.5±0.38^{b}	2.6±0.17^{b}	1.7±0.03$^{a\,b}$	1.4±0.28^{a}	1.7±0.2$^{a\,b}$
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	14.5±0.03^{a}	16.9±0.06^{a}	15.7±0.01^{a}	19.2±0.02^{c}	8.3±0.04^{b}
ฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.9±0.03	1.9±0.01	1.7±0.02	1.6±0.02	1.4±0.01
Biochemical oxygen demand (BOD) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10.6±0.13^{a}	11.2±0.10^{ab}	12.2±0.12^{b}	15.7±0.32^{c}	13.3±0.35^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างในทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่แหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในการผลิตปลาช่อนวัยรุ่นจาก 3 นิ้ว ให้ได้ขนาด 6 นิ้วในในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์

จากการศึกษาปัจจัยด้านการเจริญเติบโตของปลาช่อนที่เลี้ยงภายใต้ระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหารและคำนวณค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตรารอดและอัตราแลกเนื้อ (ตารางที่ 10) ได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows 15.0 ซึ่งได้ผลดังนี้

น้ำหนักเริ่มต้นของปลาที่ใช้ทดลองเริ่มต้น มีน้ำหนักประมาณ 50-60 กรัม เมื่อทำการเลี้ยงในระบบอะควาโปนิคส์ โดยใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 7 สูตร คือ เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม), เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม), เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลาและหอยเชอรี่ 0% (ชุดควบคุม), เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 25%, เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 50%, เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 25% และเลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นประมาณ 20-22 กรัม/ตัว น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด (22.87±1.57) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) (22.18±0.48) และชุดการทดลองที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% (20.24±3.22) ในความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด (13.04±1.48) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 25% มีความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (11.82±5.81) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านอัตรารอด พบว่าปลาช่อนมีอัตรารอด 60-64 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งปลาช่อนในชุดการทดลองที่

เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีอัตรารอดที่สูงที่สุด (64.58±5.17) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าปลาช่อนในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด (1.12±1.47) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่า ปลาช่อนในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการศึกษาด้านผลผลิตของปลาช่อนและต้นทุนการผลิต

จากการศึกษาด้านผลผลิตของปลาช่อนและต้นทุนการผลิตของปลาช่อนที่เลี้ยงภายใต้ระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลอง ระยะเวลา 19 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณผลผลิตและต้นทุนของการเลี้ยง (ตารางที่ 11) และวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows 15.0 ได้ผลดังนี้

ด้านผลผลิตของปลาช่อนที่เลี้ยงภายใต้ระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลองนั้นมีค่าระหว่าง 10.20-11.82 กิโลกรัมต่อบ่อ พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) ให้ผลผลิตมากที่สุด (11.82±3.47 กิโลกรัมต่อบ่อ) รองลงมาเป็น เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) (11.17±2.48 กิโลกรัมต่อบ่อ) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% ให้ผลผลิตน้อยที่สุด (10.20±2.47 กิโลกรัมต่อบ่อ) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตปลาช่อนที่เลี้ยงภายใต้ระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลองนั้น ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 25% มีต้นทุนการผลิตน้อยที่สุด (38.42 บาทต่อกิโลกรัม) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% ใช้ต้นทุนในการผลิตมากที่สุด (67.01 บาทต่อกิโลกรัม)

ตารางที่ 59 ผลการเจริญเติบโตของปลาช่อน

ชุดการทดลอง	1	2	3	4	5
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	12.32±1.14	12.0±0.70	12.2±0.58	14.8±2.72	12.6±0.40
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	87.0±6.04	86.0±6.59	61.0±2.91	60.0±5.24	102.0±10.07
อัตรารอด (%)	79.40	60.50	55.00	60.80	62.70
ปริมาณการให้อาหาร (กรัม/ตัว)	1050.70	1023.40	1054.00	1078.70	1570.80

ตารางที่ 60 ผลผลิตของปลาช่อน และต้นทุนการผลิต

ชุดการทดลอง	1	2	3	4	5
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อบ่อ)	11.21±3.89[a]	10.43±4.17[b]	10.64±5.17[b]	10.41±3.78[b]	10.20±2.47[b]
ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	38.42	47.58	49.14	65.78	67.01

คุณภาพน้ำ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 27.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.44-7.90 ปริมาณออซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 4.3–5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.6-0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตร์-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.2-0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมารณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 4.3-5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 1.2-5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณ Biochemical oxygen demand (BOD) มีค่าระหว่าง 12.9-10.01 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองจะมีความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, ปริมาไนเตรท-ไนโตรเจน, ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณของ BOD แต่ค่าเฉลี่ยของทุกพารามิเตอร์มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาช่อน

ตารางที่ 61 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่อน

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง				
	1 (ชุดควบคุม)	2	3	4	5
อุณหภูมิของน้ำ(องศาเซลเซียส)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
ความเป็นกรด-ด่าง	7.44	7.74	7.84	7.90	7.72
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.3 ± 0.16^{a}	5.7 ± 0.13^{b}	5.8 ± 0.06^{b}	5.1 ± 0.17^{a}	5.43 ± 0.17^{a}
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.8 ± 0.03	0.6 ± 0.02	0.6 ± 0.04	0.6 ± 0.01	0.6 ± 0.11
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.2 ± 0.03	0.7 ± 0.03	0.4 ± 0.03	0.4 ± 0.01	0.5 ± 0.3
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.3 ± 0.31	4.6 ± 0.02	5.3 ± 0.06	4.9 ± 0.01	5.5 ± 1.26
ฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.4 ± 0.45^{b}	5.3 ± 0.15^{c}	5.8 ± 0.33^{c}	3.6 ± 0.14^{b}	1.2 ± 0.03^{a}
Biochemical oxygen demand (BOD) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10.01 ± 0.02^{b}	11.5 ± 0.06^{a}	11.4 ± 0.24^{a}	12.9 ± 0.03^{c}	11.2 ± 0.11^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างในทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักเริ่มต้นของปลาที่ใช้ทดลองเริ่มต้น มีน้ำหนักประมาณ 11-14 กรัม เลี้ยงเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักสุดท้ายมีประมาณ 60-108 กรัม น้ำหนักสุดท้ายที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักสุดท้ายเพิ่มมากที่สุด (108.0 กรัม) ในด้านอัตรารอด พบว่าปลาช่อนมีอัตรารอด 55-79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลาและหอยเชอรี่ 0% (ชุดควบคุม) มีอัตรารอดที่สูงที่สุด ปริมาณการให้อาหาร พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีการให้อาหารมากที่สุด (1602.30 กรัมต่อตัว) น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายหลังจากการทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) (T2) มีน้ำหนักมากที่สุด (109.0±11.44) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ให้อาหารผสมเศษปลา 50% (T5) มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายน้อยที่สุดในการทดลองนี้ (60.0±5.24) แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งการทดลองพบว่ามีน้ำหนักสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในส่วนของการทดลองที่ 2 น้ำหนักเริ่มต้นของปลาที่ใช้ทดลองเริ่มต้น มีน้ำหนักประมาณ 50-60 กรัม เมื่อทำการเลี้ยงในระบบอะควาโปนิคส์ โดยใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 7 สูตร คือ เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม), เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม), เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลาและหอยเชอรี่ 0% (ชุดควบคุม), เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 25%, เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 50%, เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 25% และเลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นประมาณ 20-22 กรัม/ตัว น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด (22.87±1.57) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) (22.18±0.48) และชุดการทดลองที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% (20.24±3.22) ในความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด (13.04±1.48) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 25% มีความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (11.82±5.81) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านอัตรารอด พบว่าปลาช่อนมีอัตรารอด 60-64 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งปลาช่อนในชุดการทดลองที่

เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีอัตรารอดที่สูงที่สุด (64.58±5.17) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าปลาช่อนในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด (1.12±1.47) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่า ปลาช่อนในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ปิยวัฒน์, 2558) ผลการทดลองในส่วนของปลาช่อน พบว่า อัตราการรอดตาย น้ำหนักเพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง ผลการทดลองในส่วนของผักบุ้งพบว่า พื้นที่ปลูกต่อปริมาตรน้ำในอัตราส่วน 5.00 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ให้ผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักรวมสูงสุดเท่ากับ 20.12±0.36 กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่มีพื้นที่ปลูกผักบุ้งต่อปริมาตรน้ำ 1.67 และ 3.33 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ($p<0.05$) ค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้ของทุกอัตราส่วนแตกต่างกันทางสถิติ

วีระยุทธ (2557). ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับผลของอัตราส่วนพื้นที่ปลูกและปริมาตรน้ำต่อผลผลิตผักบุ้งจีน ปลานิล และคุณภาพน้ำในระบบลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลา ผลการทดลองในส่วนของปลานิล พบว่าอัตราการรอดตาย น้ำหนักเพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง ผลการทดลองในส่วนของผักบุ้ง พบว่าพื้นที่ปลูกต่อปริมาตรน้ำในอัตราส่วน 5.00 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ให้ผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักรวมสูงสุด เท่ากับ 20.12 ± 0.36 กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่มีพื้นที่ปลูกผักบุ้งต่อปริมาตรน้ำ 1.67 และ 3.33 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ($p<0.05$) ค่าคุณภาพน้ำที่วัดได้ของทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากค่าความเป็นด่างของชุดการทดลอง 5.00 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ที่มีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) การทดลองนี้สรุปได้ว่าการปลูกผักบุ้งจีนแบบไม่ใช้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลานิลสามารถจัดอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ปลูกผักต่อปริมาตรน้ำในระบบได้อย่างต่ำเท่ากับ 5.00 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งภายในระยะเวลา 105 วัน จะสามารถรองรับมวลรวมของผักบุ้งและปลานิลอย่างน้อย 6.71 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ 25.15 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ โดยที่คุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับสำหรับการเลี้ยงปลานิลได้

การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย (*C. macrocephalus x C. gariepinus*) ในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อควบคุมคุณภาพ น้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 2 ชุดการทดลอง คือ (1) การใช้ระบบน้ำ

หมุนเวียน ผ่านชั้นกรองกายภาพ และกรอง ชีวภาพ (T1) และ (2) การใช้ระบบน้ำหมุนเวียน ผ่านชั้นกรองกายภาพ กรองชีวภาพ และผักตบชวา (T2) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใส่ปลาในตู้ทดลองจำนวน 6 ตู้ ตู้ละ 14 ตัว (ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม.) โดยทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกชุดการทดลองน้ำจะไหลผ่านด้วยอัตรา 200 ล./ชม. ผลการศึกษาพบว่าชุดการทดลองที่ 2 มีน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราเจริญเติบโตโดยความยาว และผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนคุณภาพน้ำทั้ง 2ชุดการทดลองพบว่าทุกพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยกเว้นค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ต่ำกว่า มาตรฐาน และชุดการทดลองที่ 2 ควบคุมคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ ค่าบีโอดี แอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 7 และ 8 (กานตกานท์, 2561)

คุณภาพน้ำ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของคุณภาพน้ำในบ่อทดลองของชุดการทดลองที่อนุบาลลูกปลาสลิดภายใต้ระบบธรรมดากับบ่ออนุบาลลูกปลาสลิดภายใต้ระบบอควาโปนิกส์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 28.29±0.49 - 29±0.57 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 7.64±0.05 - 7.66±0.03 โดยอุณหภูมิของน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับมั่นสิน และไพรวรรณ (2544) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25.0 – 32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-9.0 เช่นเดียวกับ ไมตรี และจารุวรรณ (2528) คุณสมบัติของน้ำอยู่ในระดับปกติในการอาศัยของปลาในเขตร้อนมีความเหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละชุดการทดลองมาเปรียบเทียบ พบว่า ชุดการทดลองที่อนุบาลลูกปลาสลิดภายใต้ระบบกรองกับชุดการทดลองที่อนุบาลลูกปลาสลิดภายใต้ระบบอควาโปนิกส์ มีคุณภาพน้ำไม่แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่อนุบาลลูกปลาสลิดในระบบธรรมดา

ด้านผลผลิตของปลาช่อนที่เลี้ยงภายใต้ระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลองนั้นมีค่าระหว่าง 10.20-11.82 กิโลกรัมต่อบ่อ พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารสำเร็จรูปแบบเปียก (ชุดควบคุม) ให้ผลผลิตมากที่สุด (11.82±3.47 กิโลกรัมต่อบ่อ) รองลงมาเป็นเลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารเม็ด (ชุดควบคุม) (11.17±2.48 กิโลกรัมต่อบ่อ) และ ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% ให้ผลผลิตน้อยที่สุด (10.20±2.47 กิโลกรัมต่อบ่อ) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตปลาช่อนที่เลี้ยงภายใต้ระบบอะควาโปนิคส์ 7 ชุดการทดลองนั้น ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมเศษปลา 25% มีต้นทุนการผลิตน้อยที่สุด

(38.42 บาทต่อกิโลกรัม) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบอะควาโปนิคส์ ให้อาหารผสมหอยเชอรี่ 50% ใช้ต้นทุนในการผลิตมากที่สุด (67.01 บาทต่อกิโลกรัม)

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมเสริมอาหารในการเลี้ยงปลานิลเพื่อการผลิตอาหารปลอดภัย

ทำการเลี้ยงปลานิลระยะขุน มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 51-100 กรัม บ่อละจำนวน 300 ตัว ในบ่อปูนขนาด 110x175 เซนติเมตร ใส่น้ำสูง 50 เซนติเมตร เลี้ยงด้วยอาหารปลานิลอินทรีย์ ยี่ห้อ K-ONE (กลุ่ม C) อาหารปลานิลอินทรีย์ผสมสารสกัดกระเทียม 0.5 %(w/w) (กลุ่ม T1) และ อาหารปลานิลอินทรีย์ผสมสารสกัดกระเทียมและสารสกัดอื่นๆ 0.5 %(w/w) (กลุ่ม T2) ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัว โดยชั่งน้ำหนักและปรับอาหารทุกสัปดาห์

ทำการเก็บตัวอย่างปลาเลือด ลำไส้ ตับ และคำนวณค่าเจริญเติบโตต่างๆ ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 0, 4, 8 12 และ 16 สัปดาห์ โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ขนาด คือ ปลาขนาดใหญ่ และปลาขนาดเล็ก จากแต่ละกลุ่มทดลองๆ ละ 10 ตัว ได้ปลาทดลอง 6 กลุ่ม ได้แก่

- C-Large = ปลาขนาดใหญ่จากกลุ่มควบคุมเลี้ยงด้วยอาหารปลานิลอินทรีย์
- C-Small = ปลาขนาดเล็กจากกลุ่มควบคุมเลี้ยงด้วยอาหารปลานิลอินทรีย์
- T1-Large = ปลาขนาดใหญ่จากกลุ่มอาหารปลานิลอินทรีย์เสริมสารสกัดกระเทียม 0.5 %(w/w)
- T1-Small = ปลาขนาดเล็กจากกลุ่มอาหารปลานิลอินทรีย์เสริมสารสกัดกระเทียม 0.5 %(w/w)
- T2-Large = ปลาขนาดใหญ่จากกลุ่มอาหารปลานิลอินทรีย์เสริมสารสกัดกระเทียมและสมุนไพรอื่นๆ 0.5 %(w/w)
- T2-Small = ปลาขนาดเล็กจากกลุ่มอาหารปลานิลอินทรีย์เสริมสารสกัดกระเทียมและสมุนไพรอื่นๆ 0.5 %(w/w)

การเจริญเติบโต

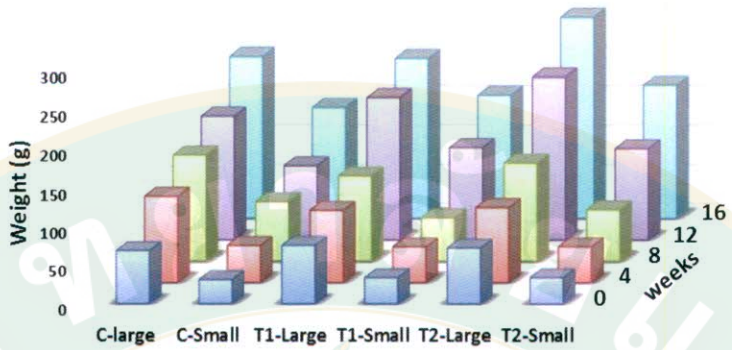
ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย (weight, g) ของปลาแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) พบว่า ในทุกช่วง 4 สัปดาห์ ปลาแต่ละกลุ่มทดลอง มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ที่เวลาเดียวกัน ปลากลุ่มควบคุม C-Large มีขนาดเล็กกว่าปลากลุ่ม T1-Large และ T2-Lagre ซึ่งเช่นเดียวกันปลากลุ่ม C-Small มีขนาดเล็กกว่าปลากลุ่ม T1-Small และ T2-Small โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองสัปดาห์ที่ 16 ปลากลุ่ม T2-Large มีขนาดใหญ่กว่าปลากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำนวณผลผลิตรวมสุดท้าย พบว่า กลุ่มควบคุม ได้น้ำหนักปลารวมทั้งหมด เท่ากับ 51.6 kg กลุ่ม T1 ได้น้ำหนักปลารวมทั้งหมด เท่ากับ 52.1 kg กลุ่ม T2 ได้น้ำหนักปลารวมทั้งหมด เท่ากับ 62.3 kg ดังนั้นจากการทดลองนี้ กลุ่ม T2 ได้น้ำหนักปลารวมเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุม เท่ากับ 20.7 % ซึ่งสามารถสรุปว่าปลาที่ได้รับสารสกัดกระเทียมและสมุนไพรอื่น 0.5 % (w/w) ช่วยเพิ่มผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารอินทรีย์ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 62 น้ำหนักตัวของปลานิลที่สัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Weight (g) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	69.54±11.02^{b}	112.18±10.21^{b}	137.23±22.91^{b}	158.38±18.21^{b}	205.56±39.40^{b}
C-Small	31.65±03.74^{a}	48.32±06.20^{a}	77.31±10.92^{a}	95.63±11.31^{a}	141.42±15.11^{a}
T1-Large	76.41±13.17^{b}	94.23±11.57^{b}	110.63±15.94^{b}	203.25±25.11^{b}	181.83±22.78^{a}
T1-Small	34.25±06.73^{a}	46.63±06.42^{a}	56.49±08.47^{a}	118.83±11.10^{b}	156.97±11.31^{a}
T2-Large	73.01±13.83^{b}	97.88±15.70^{b}	127.13±06.69^{b}	208.34±24.15^{b}	254.96±31.70^{b}
T2-Small	34.37±05.88^{a}	46.84±05.17^{a}	67.27±07.30^{a}	117.67±25.33^{b}	170.00±23.50^{a}

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



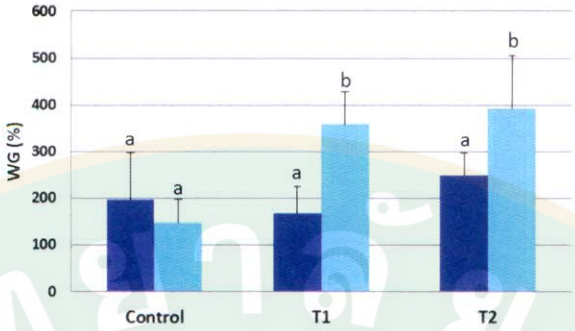
ภาพที่ 28 น้ำหนักตัวของปลานิลที่สัปดาห์ต่างๆ

ค่าสัดส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) ของปลาแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่า ปลาขนาดเล็กที่ได้รับสารสกัดกระเทียม (T1-Small) และสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น (T2-Small) มีสัดส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปลาขนาดเล็กของกลุ่มควบคุม (C-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คาดว่าสารสกัดสมุนไพรสามารถเร่งการเจริญเติบโตในปลาขนาดเล็กได้

ตาราง 63 ค่าการเจริญเติบโตต่างๆ ของปลาแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Treatment	WG (%)	SGR (%/day)	ADG (%/day)
C-Large	195.60±101.56[a]	1.03±0.22[a]	1.30±0.20[a]
C-Small	146.82±50.17[a]	1.23±0.09[a]	1.05±0.12[a]
T1-Large	137.97±57.62[a]	1.23±0.21[a]	1.00±0.26[a]
T1-Small	358.31±69.99[b]	1.45±0.18[b]	1.17±0.10[a]
T2-Large	249.21±47.72[a]	1.19±0.13[a]	1.73±0.23[b]
T2-Small	393.18±112.65[b]	1.52±0.21[b]	1.29±0.22[a]

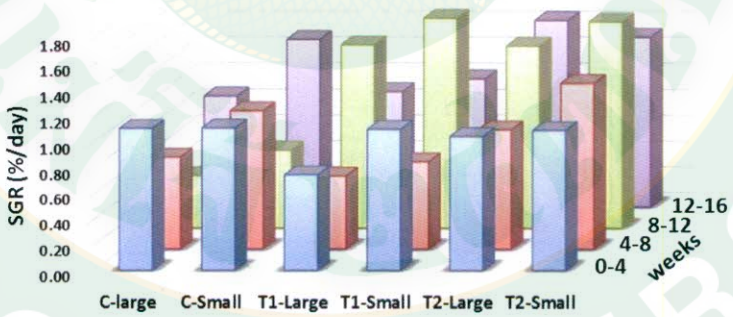
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



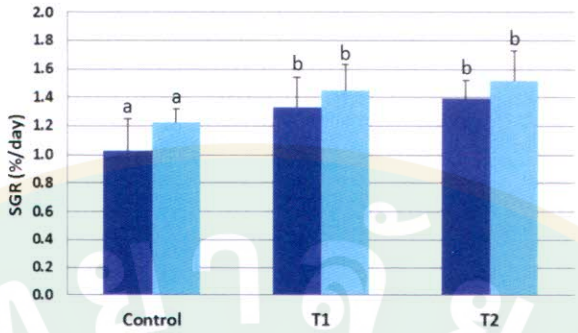
ภาพที่ 29 สัดส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองของปลาแต่ละกลุ่ม

■ ปลาขนาดใหญ่ ■ ปลาขนาดเล็ก

ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate : SGR) พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 12-16 (ภาพที่ 3) ปลาขนาดเล็กที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร T1-Small และ T2-Small ยังมีการเจริญเติบโตต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่ 8-12 เมื่อคำนวณค่า SGR ของปลาตลอดการทดลอง (ตารางที่ 2 และภาพที่ 4) พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Large, T1-Small, T2-Large และ T2-Small) มีค่า SGR สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



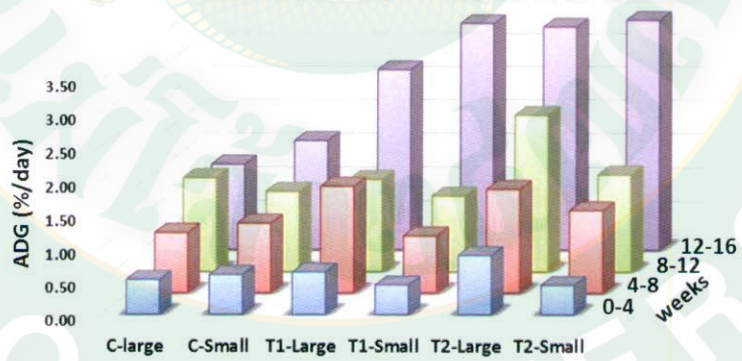
ภาพที่ 30 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



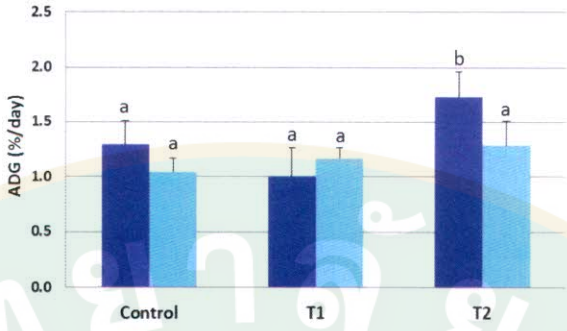
ภาพที่ 31 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเมื่อสิ้นสุดการทดลองของปลานิลแต่ละกลุ่ม

■ ปลาขนาดใหญ่ ■ ปลาขนาดเล็ก

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain : ADG) ของปลาแต่ละกลุ่ม ใน พบว่าทั้งในแต่ละช่วง 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 5) และเมื่อคำนวณค่าตลอดการทดลอง (ตารางที่ 2 และภาพที่ 6) พบว่า มีผลในทางเดียวกัน กล่าวคือ ปลากลุ่ม T2-Large มีค่า ADG สูงกว่าปลากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 32 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



ภาพที่ 33 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันเมื่อสิ้นสุดการทดลองของปลานิลแต่ละกลุ่ม

■ ปลาขนาดใหญ่ ■ ปลาขนาดเล็ก

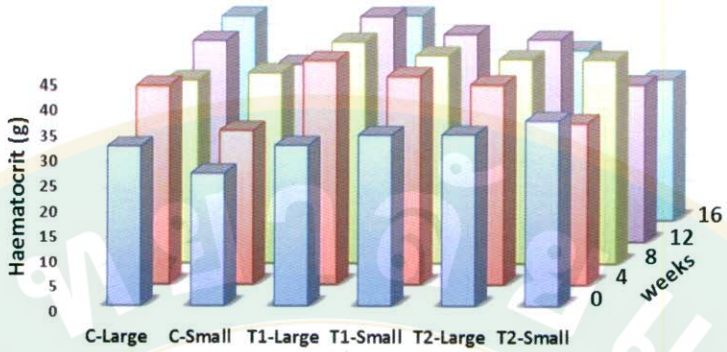
ประสิทธิภาพของเลือด

ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของปลาแต่ละกลุ่ม ในแต่ละช่วง 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 7) พบว่า ในปลาทุกกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อคำนวณค่าเม็ดเลือดอัดแน่นที่สัปดาห์ 16 สิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 8) พบว่า ปลาขนาดใหญ่ทุกกลุ่ม มีค่าเม็ดเลือดอัดแน่นสูงกว่าปลาขนาดเล็กทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

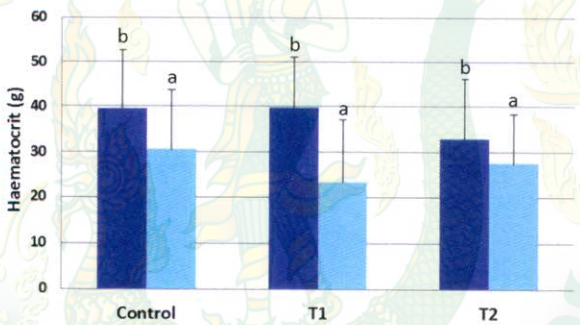
ตารางที่ 64 ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Haematocrit (%) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	31.6±05.8^{a}	39.1±03.8^{b}	35.8±04.4^{a}	39.1±03.8^{b}	39.6±13.0^{b}
C-Small	26.4±05.8^{a}	30.4±10.9^{a}	37.2±03.4^{a}	34.5±04.4^{a}	30.5±13.2^{a}
T1-Large	31.8±09.6^{a}	43.9±02.6^{b}	43.2±02.2^{b}	43.9±02.6^{b}	39.7±11.5^{b}
T1-Small	33.9±03.3^{b}	40.9±02.7^{b}	40.6±03.3^{b}	40.4±03.3^{b}	23.3±13.8^{a}
T2-Large	34.0±03.4^{b}	39.4±03.5^{b}	39.3±03.0^{b}	39.4±03.5^{b}	33.0±13.3^{b}
T2-Small	36.8±05.1^{b}	32.0±03.2^{a}	38.8±02.7^{a}	30.8±03.8^{a}	27.5±10.8^{a}

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 34 ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



ภาพที่ 35 ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

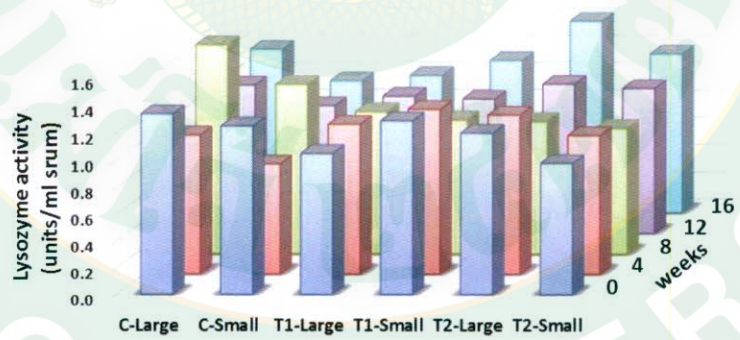
■ ปลาขนาดใหญ่ ■ ปลาขนาดเล็ก

ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของเลือดปลาแต่ละกลุ่ม ในแต่ละช่วง 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 9) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 10) พบว่า ปลาขนาดใหญ่ที่ได้รับสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น (T2-Large) มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

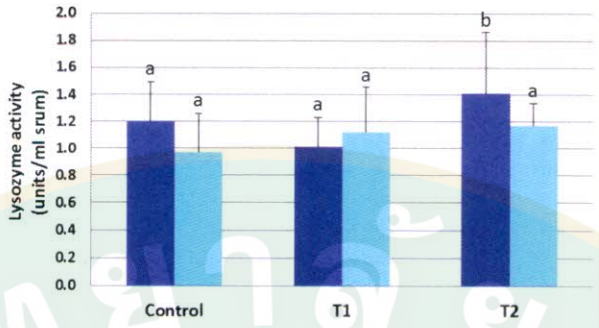
ตารางที่ 65 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Lysozyme Activity (units/ml serum) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	1.34±1.36[a]	1.03±0.1[a]	1.54±1.36[a]	1.09±0.13[a]	1.20±0.29[a]
C-Small	1.25±0.24[a]	0.82±0.18[a]	1.25±0.24[a]	0.94±0.11[a]	0.97±0.29[a]
T1-Large	1.05±0.68[a]	1.11±0.10[a]	1.05±0.68[a]	1.01±0.16[a]	1.01±0.22[a]
T1-Small	1.29±0.07[a]	1.22±0.34[a]	0.99±0.07[a]	0.99±0.14[a]	1.12±0.34[a]
T2-Large	1.20±0.19[a]	1.18±0.09[a]	0.98±0.13[a]	1.10±0.79[a]	1.41±0.45[b]
T2-Small	0.98±0.75[a]	1.03±0.20[a]	0.93±0.15[a]	1.07±0.11[a]	1.17±0.17[a]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 36 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



ภาพที่ 37 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

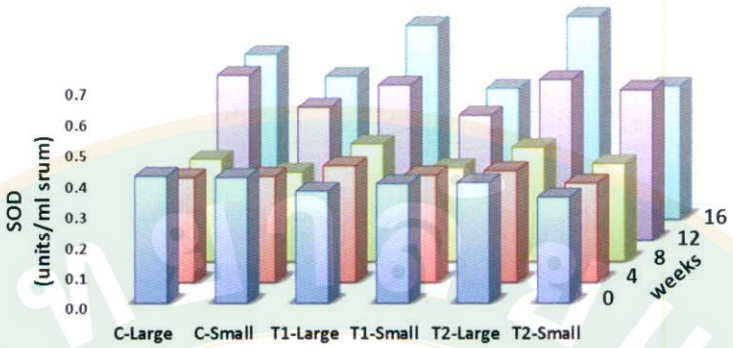
■ ปลาขนาดใหญ่ ■ ปลาขนาดเล็ก

ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของปลาแต่ละกลุ่ม ในแต่ละช่วง 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 11) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลา ในช่วง 3 เดือนแรก ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ที่สัปดาห์ 16 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 12) พบว่า กลุ่มปลาขนาดใหญ่ที่ได้รับสารสกัดกระเทียม T1-Large และ T2-Large มีค่า SOD ในเลือด สูงกว่าปลากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

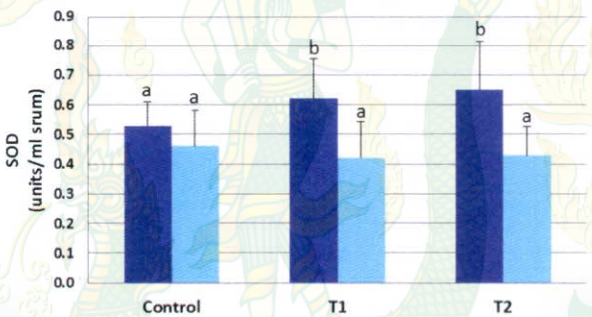
ตารางที่ 66 ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	SOD (units/ml serum) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	0.416±0.195[a]	0.342±0.037[a]	0.333±0.110[a]	0.532±0.043[a]	0.530±0.078[a]
C-Small	0.412±0.157[a]	0.346±0.088[a]	0.291±0.105[a]	0.430±0.042[a]	0.460±0.123[a]
T1-Large	0.367±0.133[a]	0.380±0.098[a]	0.382±0.031[a]	0.500±0.095[a]	0.623±0.130[b]
T1-Small	0.391±0.158[a]	0.350±0.118[a]	0.305±0.099[a]	0.405±0.159[a]	0.421±0.122[a]
T2-Large	0.395±0.130[a]	0.364±0.086[a]	0.371±0.089[a]	0.517±0.059[a]	0.651±0.160[b]
T2-Small	0.347±0.103[a]	0.324±0.124[a]	0.318±0.139[a]	0.484±0.039[a]	0.428±0.099[a]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 38 ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



ภาพที่ 39 ค่าเอนไซม์ SOD ในเลือดของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปลาขนาดใหญ่ ปลาขนาดเล็ก

ประสิทธิภาพของระบบย่อยอาหาร

ทำการตรวจวัดค่ากิจกรรมเอนไซม์ย่อยอาหาร ได้แก่ อะไมเลส (amylase) ไลเปส (lipase) ทริปซิน (trypsin) ไคโมทริปซิน (chymotrypsin) และค่า T/C ratio ได้ผลการทดลองดังนี้

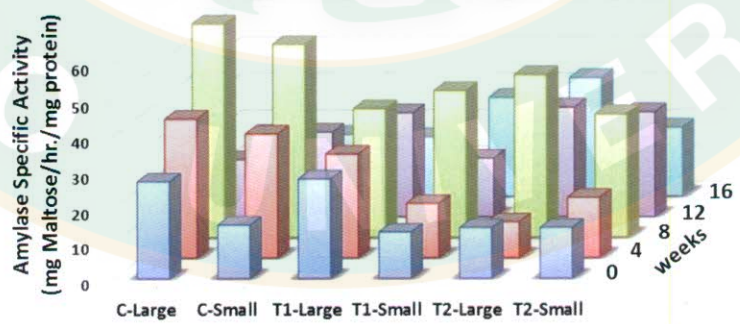
ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 6 และภาพที่ 13) โดยในสัปดาห์เริ่มต้น กลุ่มปลาขนาดใหญ่ (C-Large, T1-Large และ T2-Large) มีค่าสูงกว่ากลุ่มปลาขนาดเล็ก (C-Small, T1-Small และ T2-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อทดลองให้ปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสาร

สกัดกระเทียม และสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 14) พบว่า กลุ่ม T1-Small และ T2-Large มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

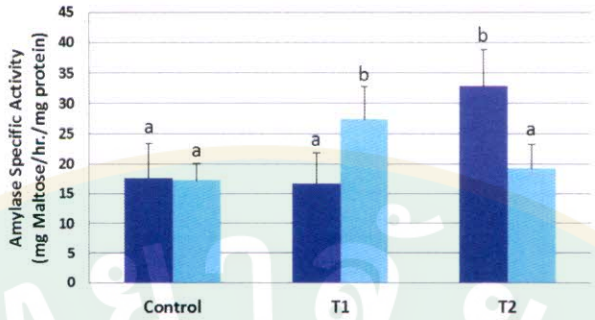
ตารางที่ 67 ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Amylase Specific Activity (mg Maltose/hr./mg protein) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	27.33±11.37^{b}	39.03±04.87^{b}	59.24±12.45^{b}	16.02±03.44^{a}	17.65±05.85^{a}
C-Small	15.11±05.32^{a}	34.88±12.69^{b}	53.61±16.69^{b}	23.77±05.03^{ab}	17.30±02.88^{a}
T1-Large	28.06±14.97^{b}	29.20±06.41^{b}	35.98±11.23^{a}	29.09±13.30^{b}	16.69±05.21^{a}
T1-Small	13.09±05.40^{a}	15.38±04.42^{a}	40.90±12.72^{a}	16.41±03.14^{a}	27.40±05.42^{b}
T2-Large	14.28±02.21^{b}	10.17±02.26^{a}	45.22±11.72^{a}	30.53±05.20^{b}	32.79±06.10^{b}
T2-Small	14.34±05.08^{a}	17.05±05.71^{a}	34.50±11.39^{a}	29.28±06.56^{b}	19.23±04.09^{a}

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 40 ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



ภาพที่ 41 ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

■ปลาขนาดใหญ่ ■ปลาขนาดเล็ก

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 15) โดยในสัปดาห์เริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปส สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 16) พบว่า กลุ่ม T2-Large มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 17) โดยในสัปดาห์เริ่มต้น กลุ่มปลาขนาดใหญ่ (C-Large, T1-Large และ T2-Large) มีค่าสูงกว่ากลุ่มปลาขนาดเล็ก (C-Small, T1-Small และ T2-Small) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มปลาขนาดเล็กที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Small และ T2-Small) มีค่ากิจกรรมเอนไซมทริปซิน สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 18) พบว่า ปลาขนาดใหญ่ของกลุ่มควบคุม (C-Large) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ส่วนค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 9 และภาพที่ 19) โดยในสัปดาห์เริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มปลาขนาด

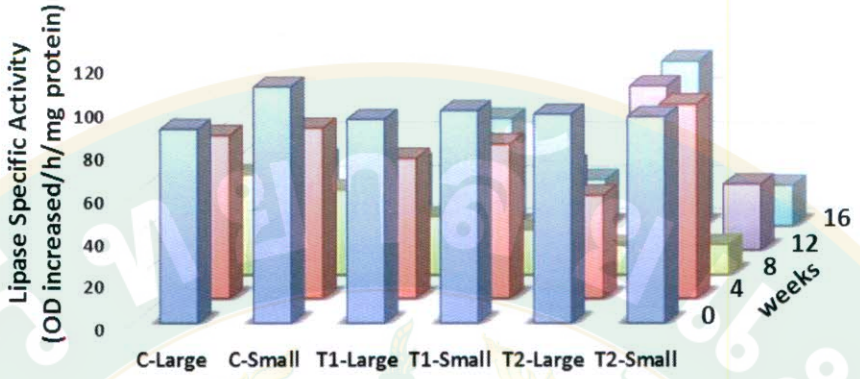
เล็กที่ได้รับสารสกัดกระเทียม (C-Large C-Small และ T1-Large) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 20) พบว่า ปลาขนาดใหญ่ของกลุ่มควบคุม (C-Large) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำหรับค่าสัดส่วนกิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน/กิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน (T/C ratio) พบว่า ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 10 และภาพที่ 21) โดยกลุ่มปลาที่มีค่า T/C ratio ต่ำ จะเป็นกลุ่มปลาขนาดเล็ก (C-Small, T1-Small และ T2-Small) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 22) พบว่า กลุ่มปลา T2-Small มีค่า T/C ratio สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในทุกช่วงสัปดาห์ กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Large T1-Small T2-Large และ T2-Small) จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (C-Large และ C-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

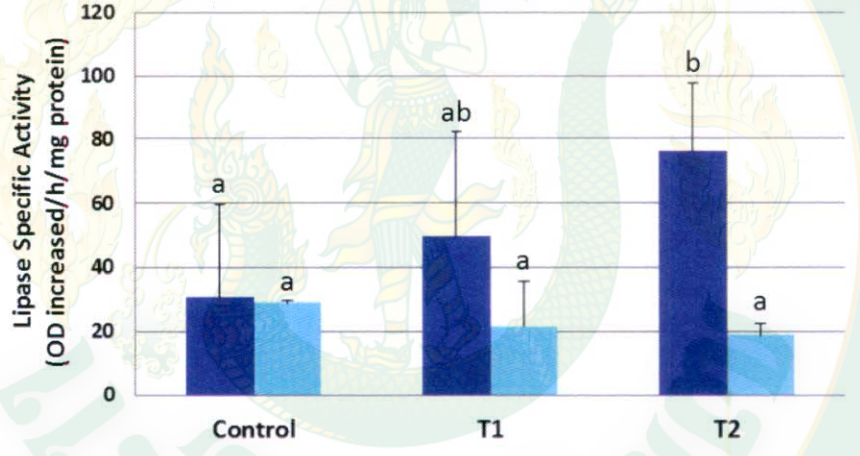
ตารางที่ 68 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Lipase Specific Activity (OD increased/h/mg protein) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	90.27±29.61[a]	76.09±20.60[a]	46.75±09.25[a]	36.23±03.27[a]	30.80±28.77[a]
C-Small	109.66±38.13[a]	79.37±25.31[a]	39.73±11.83[a]	32.09±03.74[a]	29.10±05.59[a]
T1-Large	94.79±32.43[a]	65.57±34.14[a]	47.16±04.34[a]	49.52±12.92[b]	49.52±12.92[ab]
T1-Small	98.83±31.05[a]	72.10±35.25[a]	40.92±18.01[a]	39.62±12.81[a]	21.57±14.19[a]
T2-Large	97.23±20.15[a]	68.49±18.45[a]	63.56±04.12[b]	75.89±21.89[c]	75.89±21.77[c]
T2-Small	96.01±35.39[a]	90.39±18.21[a]	63.99±07.76[b]	30.88±09.35[a]	28.85±03.68[a]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 42 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



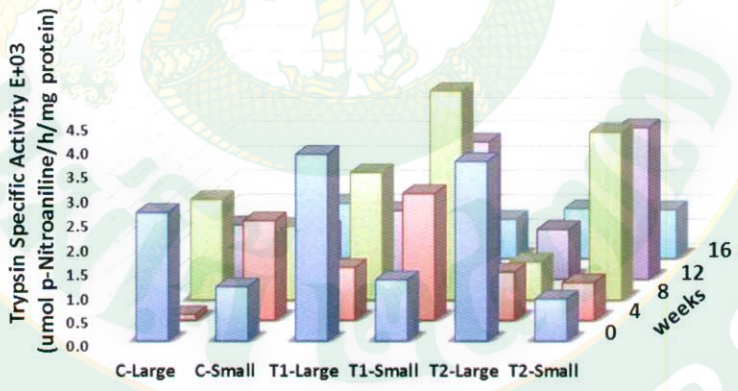
ภาพที่ 43 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปลาขนาดใหญ่ ปลาขนาดเล็ก

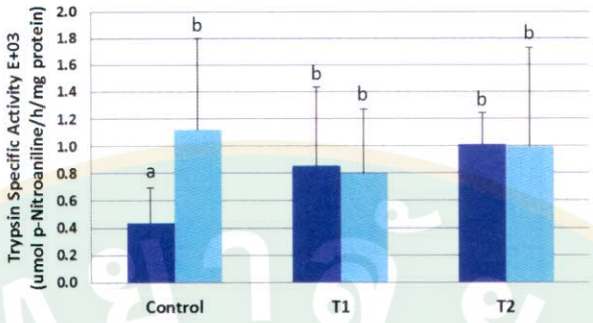
ตารางที่ 69 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Trypsin Specific Activity (E+03 umol p-Nitroaniline/h/mg protein) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	2.66±1.23^{ab}	1.22±1.09^{a}	2.06±0.85^{b}	1.11±0.32^{a}	0.44±0.26^{a}
C-Small	1.13±1.05^{a}	2.06±0.85^{b}	1.51±0.67^{b}	1.02±0.57^{a}	1.12±0.68^{b}
T1-Large	3.85±1.97^{b}	1.10±0.52^{a}	2.61±1.38^{b}	1.40±0.66^{a}	0.86±0.58^{b}
T1-Small	1.28±0.75^{a}	2.61±1.38^{b}	4.31±1.61^{c}	2.82±1.55^{b}	0.80±0.47^{b}
T2-Large	3.71±1.68^{b}	1.01±0.43^{a}	0.79±0.17^{a}	1.02±0.55^{a}	1.01±0.23^{b}
T2-Small	0.88±0.38^{a}	0.79±0.17^{a}	3.45±1.03^{c}	3.11±1.74^{b}	0.99±0.73^{b}

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 44 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



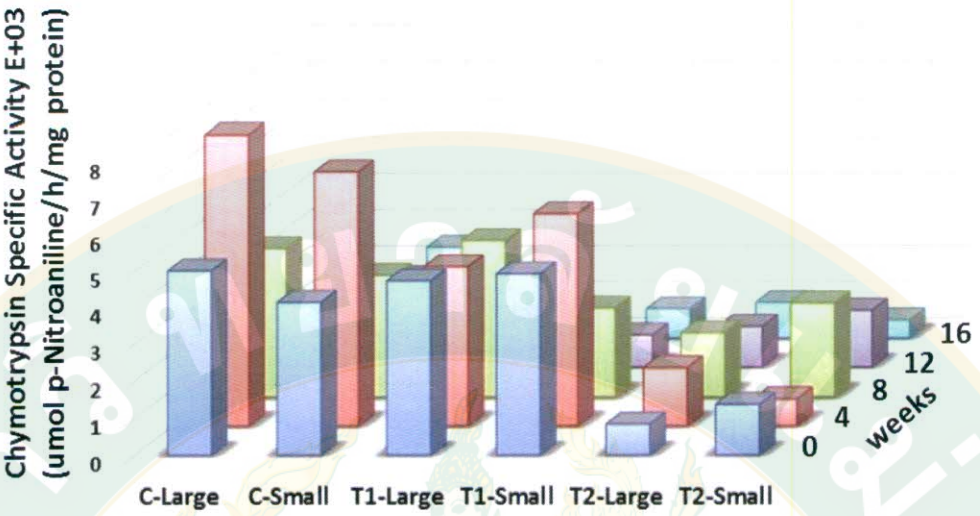
ภาพที่ 45 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปลาขนาดใหญ่ ปลาขนาดเล็ก

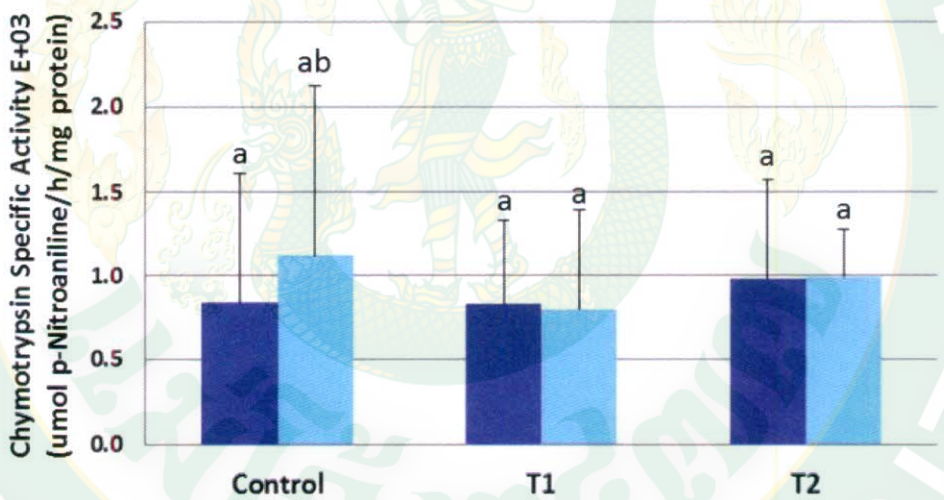
ตารางที่ 70 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	Chymotrypsin Specific Activity (E+03 umol p-Nitroaniline/h/mg protein) / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	4.01±0.92[a]	4.96±2.88[b]	4.06±1.56[b]	2.46±0.51[b]	2.52±0.78[b]
C-Small	4.14±2.42[a]	4.96±2.14[b]	3.31±1.93[b]	0.83±0.91[a]	0.83±1.00[a]
T1-Large	4.73±2.77[a]	4.33±2.39[b]	4.28±1.00[b]	0.83±0.50[a]	0.80±0.50[a]
T1-Small	4.92±2.34[a]	5.80±2.62[b]	2.40±1.36[a]	0.87±0.25[a]	0.98±0.60[a]
T2-Large	4.83±0.77[a]	1.56±2.01[a]	1.72±1.22[a]	1.10±0.78[a]	0.98±0.59[a]
T2-Small	4.37±1.84[a]	1.73±0.33[a]	2.54±1.42[a]	1.55±0.47[a]	0.49±0.28[a]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 46 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



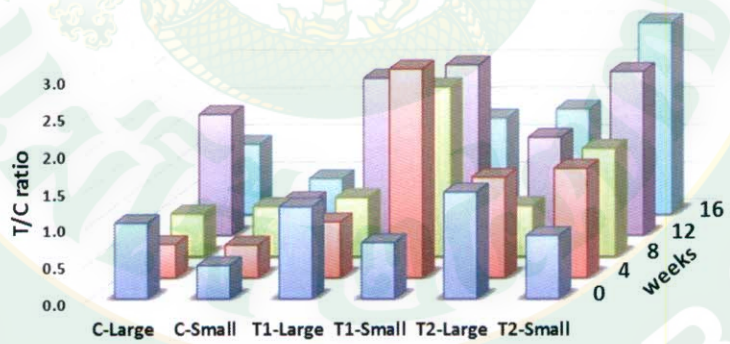
ภาพที่ 47 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปลาขนาดใหญ่ ปลาขนาดเล็ก

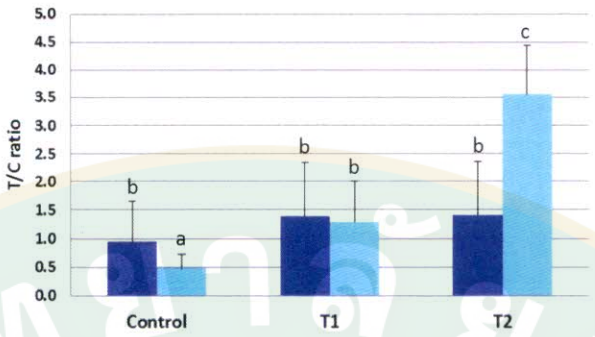
ตารางที่ 71 ค่า T/C ratio ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ

Treatment	T/C ratio / Weeks				
	0	4	8	12	16
C-Large	1.03±1.54[b]	0.45±0.67[a]	0.58±0.33[a]	1.63±1.37[b]	0.94±0.71[b]
C-Small	0.45±0.67[a]	0.44±0.35[a]	0.68±0.58[a]	0.47±0.32[a]	0.48±0.25[a]
T1-Large	2.25±1.95[b]	0.76±0.87[a]	0.80±0.54[a]	2.11±1.79[c]	1.39±0.95[b]
T1-Small	0.76±0.87[b]	2.81±1.12[c]	2.28±1.62[b]	2.29±1.83[c]	1.29±0.72[b]
T2-Large	2.45±1.53[b]	1.36±0.96[b]	0.69±0.47[a]	1.32±0.78[b]	1.41±0.95[b]
T2-Small	1.36±0.96[b]	1.48±1.17[b]	1.46±0.56[ab]	2.20±1.52[c]	2.56±1.39[c]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวยก ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวสดมภ์



ภาพที่ 48 ค่า T/C ratio ของกลุ่มปลานิลที่ช่วงสัปดาห์ต่างๆ



ภาพที่ 49 ค่า T/C ratio ของปลานิลแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จุลกายวิภาคของลำไส้ปลานิล

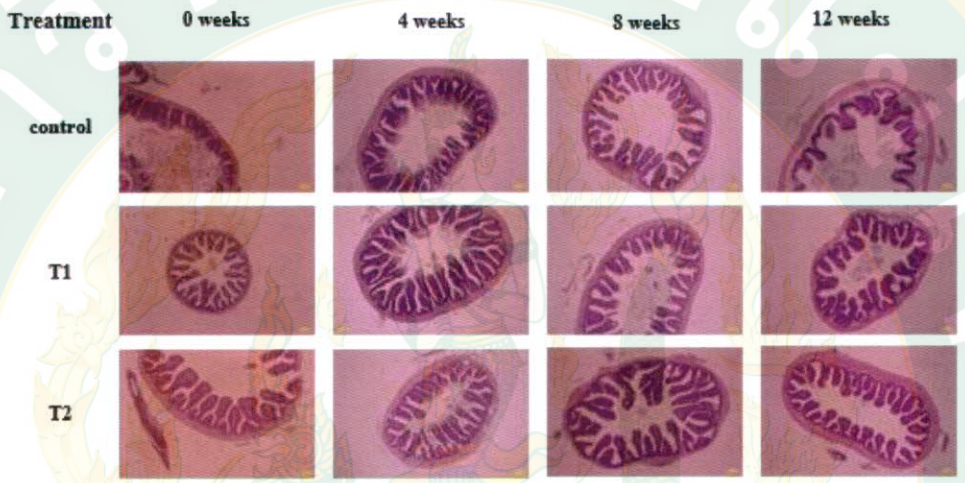
ผลการศึกษาระบบย่อยอาหารในปลานิลอินทรีย์ต่อจุลกายวิภาคศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งแบ่งเป็น ปลาขนาดใหญ่ และปลาขนาดเล็ก (C-Large, C-Small) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

การเปลี่ยนแปลง จุลกายวิภาคของลำไส้

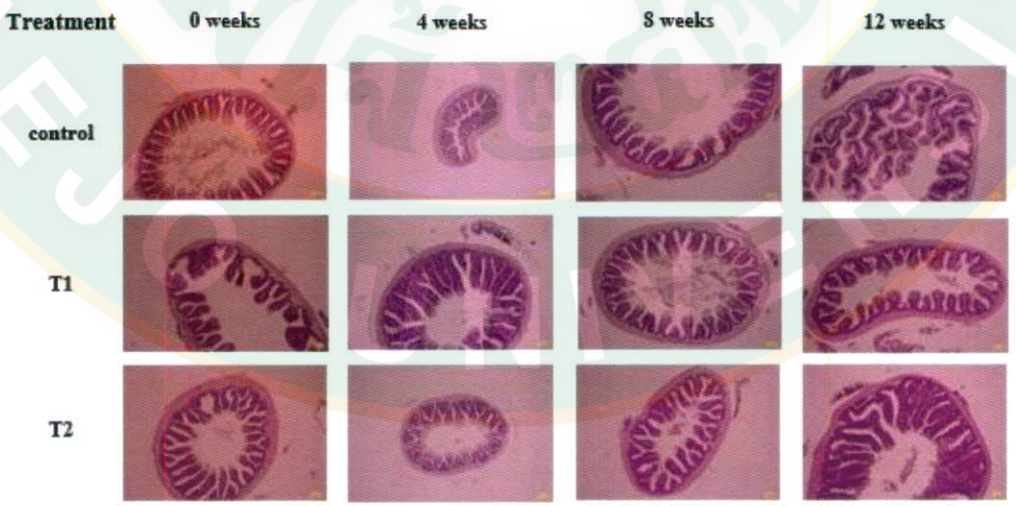
พบว่า ทั้งในกลุ่มปลานิลขนาดใหญ่ และกลุ่มปลานิลขนาดเล็ก ปลานิลในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 23, 24) โดยในสัปดาห์เริ่มต้น กลุ่มปลาขนาดใหญ่ และปลานิลขนาดเล็ก (C-Large, T1-Large, T2-Large, C-Small, T1-Small และ T2-Small) มีลักษณะ villi ที่สมบูรณ์ ไม่แตกต่างกัน (C-Small, T1-Small และ T2-Small) เมื่อทดลองให้ปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่นๆ มีความยาวของวิลไลในลำไส้ส่วนกลางเฉลี่ย เท่ากับ 0.071±0.027 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกับอาหารกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 2, ภาพที่ 17)

อภิชัย และคณะ (2552) รายงานว่า การใช้ขมิ้นชันในสูตรอาหารสุกรมีผลต่อลักษณะความยาวของวิลไลและการพัฒนาของเซลล์บุผิวส่วนปลายยอดของวิลไลของลำไส้ ซึ่งพบว่ามีการพัฒนาสูงสุดในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันระดับ 0.2% จะมีการขยายขนาดและรอยแบ่งเซลล์ชัดขึ้น มัลลิกา และคณะ (2558) ทำการเสริมสารสกัดกระเทียม ขมิ้นชันและกวาวเครือขาว ในการอนุบาลปลาบู่ พบว่า การใช้สารสกัดทุกชนิด เสริมในอาหารสำเร็จรูป ที่ความเข้มข้น 0.3-1.0 % (w/w) เลี้ยงปลาบู่ทรายขนาด 2.5–3.5 กรัม เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทำให้ผนังของทางเดินอาหารทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ หลอดคอ กระเพาะอาหาร ลำไส้ส่วนกลาง และ ลำไส้ส่วนปลาย ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4

ชั้น คือ mucosa, submucosa, muscularis และ serosa ของปลาบู่ที่ได้รับสารสกัดสมุนไพรไทย มีความสมบูรณ์ของโครงสร้างของเนื้อเยื่อทั้ง 4 ชั้น มากกว่ากลุ่มควบคุม รวมทั้งมีการเพิ่มจำนวนและความยาวของวิลไลในลำไส้ส่วนกลาง และลำไส้ส่วนปลาย เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของลำไส้ให้มีประสิทธิภาพในการดูดซึมและการย่อยอาหารได้ดีขึ้น และมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 30-70 %/วัน นอกจากนี้ ยังสังเกตว่าลูกปลาบู่ทรายมีพฤติกรรมตอบสนองในการกินอาหารเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นได้



ภาพที่ 50 จุลกายวิภาคของลำไส้ส่วนกลางกลุ่มปลาขนาดใหญ่ ที่กำลังขยาย 10x, scale bar = 0.25 mm

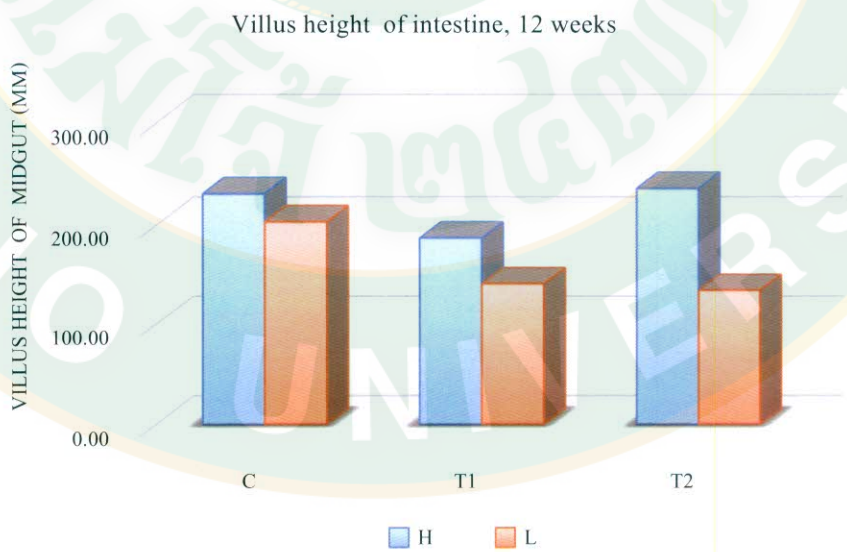


ภาพที่ 51 จุลกายวิภาคของลำไส้ส่วนกลางกลุ่มปลาขนาดเล็ก ที่กำลังขยาย 10x, scale bar = 0.25 mm

ตารางที่ 72 ความยาวของ villi บริเวณลำไส้ส่วนกลาง ในลูกปลานิลที่ได้รับอาหารต่างๆ เป็นเวลา 4, 8 และ 12 สัปดาห์

Treatment	Villous height in intestine (mm)/weeks			
	0	4	8	12
C-Large	188.20±63.55^{a}	182.69±23.96^{a}	216.71±38.33^{ab}	230.86±52.21^{a}
C-Small	134.94±27.93^{a}	101.97±19.52^{b}	225.12±29.46^{a}	203.47±15.99^{a}
T1-Large	159.13±86.25^{ac}	179.92±25.12^{a}	150.57±19.23^{b}	187.19±56.12^{a}
T1-Small	170.04±17.05^{abc}	174.94±60.71^{a}	218.57±39.31^{a}	140.93±16.20^{b}
T2-Large	191.19±3.70^{a}	204.23±29.66^{a}	257.70±45.49^{a}	236.03±64.47^{a}
T2-Small	203.20±32.90^{a}	165.95±32.20^{a}	240.63±55.81^{a}	134.22±17.16^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ±SD และตัวอักษรตัวยกภาษาอังกฤษแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 52 ความยาว villi บริเวณลำไส้ส่วนกลางในลูกปลานิลที่ได้รับอาหารต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สรุปผลการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 1. การประมาณค่าทางพันธุกรรมและการศึกษาระดับโมเลกุลเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลจากระบบไบโอฟลอคเข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์โดยการคัดเลือก

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมจากประชากรปลานิลเริ่มต้น 109 ครอบครัว องค์ประกอบความแปรปรวนถูกประมาณค่าด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) โดยใช้ Average Information (AI) Algorithm ร่วมกับแบบจำลองสัตว์ (animal model) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักปลานิลมีความแตกต่างไปตามช่วงอายุ โดยที่อายุ 2-3 เดือนค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวมีค่า 0.05 ± 0.03 ซึ่งมีค่าต่ำ ที่อายุ 4-5 เดือนค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวมีค่า 0.40 ± 0.15 ซึ่งมีค่าสูงและมีค่ามากกว่าที่อายุ 2-3 เดือน ที่อายุ 6-8 เดือนค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวมีค่า 0.46 ± 0.14 ซึ่งมีค่าสูงและมีค่ามากกว่าที่อายุ 2-3 และ 4-5 เดือน โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกให้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นได้ ในขณะที่ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวตัวทั้งหมดที่อายุ 6-8 เดือนมีค่าเท่ากับ 0.53 ± 0.14 ซึ่งมีค่าสูงเช่นเดียวกันกับค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 6-8 เดือน และมีค่าสหสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวสูงด้วยเช่นกัน โดยค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักตัวและความยาวตัวทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.92 ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวและความยาวตัวทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.96 แสดงให้เห็นว่า มีความสัมพันธ์กันสูงระหว่างน้ำหนัก และความยาวตัวทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกให้มีน้ำหนักตัวและความยาวตัวที่เพิ่มขึ้นได้

การศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม จากค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genotypic correlation) ของ น้ำหนักปลาแต่ละครอบครัวที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด มีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงให้เห็นว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ สามารถคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาที่โตดีและน่าจะให้ลูกที่โตดี ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารชนิดใดก็ตามย่อมโตดีและให้ลูกที่โตดีเช่นเดียวกัน

การศึกษาในระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบเลือด ประสิทธิภาพของเอนไซม์ย่อยโปรตีน และยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตในตับและกล้ามเนื้อ พบว่า ปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยแหนเป็ดและมีการเจริญเติบโตต่ำ (T2Low) มีค่าเลือด ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ และปริมาณยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ในช่วงที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปอินทรีย์และมีการ

เจริญเติบโตสูง (T1High) มีค่าระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตต่างๆ และคุณค่าการผสมพันธุ์ สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 2. ผลของอาหารผสมสารสกัดกระเทียมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตของปลานิลเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

ภายใต้สภาวะการทดลองสามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

1. ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17α-MT มีค่าอัตราการแปลงเป็นเพศผู้ดีที่สุด คือ 99.00$\pm$0.89 เปอร์เซ็นต์ แต่ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าที่ใกล้เคียงกับชุดการทดลองดังกล่าว คือ 89.50$\pm$1.00 เปอร์เซ็นต์
2. ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าทุกชุดการทดลอง
3. ลูกปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด คือ 0.35±0.01 บาท/ตัว แต่ไม่แตกต่างกับลูกปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.36±0.03 และ 0.38±0.01 บาท/ตัว

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 3. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมเสริมอาหารในการเลี้ยงปลานิลเพื่อการผลิตอาหารปลอดภัย

การศึกษาวิจัยใช้สารสกัดสมุนไพรเสริมอาหารเพื่อเพิ่มผลผลิตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารอินทรีย์ โดยใช้สารสกัดกระเทียม และสูตรสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น 0.5 % (w/w) เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มควบคุม (C) ได้น้ำหนักปลารวมทั้งหมด เท่ากับ 51.6 kg กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดกระเทียม (T1) ได้น้ำหนักปลารวมทั้งหมด เท่ากับ 52.1 kg กลุ่มปลาที่ได้รับสูตรสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น (T2) ได้น้ำหนักปลารวมทั้งหมด เท่ากับ 62.3 kg ดังนั้นจากการทดลองนี้ กลุ่ม T2 ได้น้ำหนักปลารวมเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุม เท่ากับ 20.7 % ซึ่งสามารถสรุปว่าปลาที่ได้รับสารสกัดกระเทียมและสมุนไพรอื่น ช่วยเพิ่มผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารอินทรีย์ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในการทดลองและเก็บตัวอย่าง ทำการทดลองเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มปลาการใช้สารสกัดกระเทียม และสูตรสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น และทำการเก็บตัวอย่างปลากลุ่มละ 2 ขนาด (ขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก) สรุปผลได้ดังนี้

ค่าการเจริญเติบโต

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (16 สัปดาห์) พบว่า ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย (weight, g) ปลากลุ่ม T2-Large มีขนาดใหญ่กว่าปลากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าสัดส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) ปลาขนาดเล็กที่ได้รับสารสกัดกระเทียม (T1-Small) และสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น (T2-Small) มีสัดส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปลาขนาดเล็กของกลุ่มควบคุม (C-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คาดว่าสารสกัดสมุนไพรสามารถเร่งการเจริญเติบโตในปลาขนาดเล็กได้

ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate : SGR) กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Large, T1-Small, T2-Large และ T2-Small) มีค่า SGR สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain : ADG) ของปลาแต่ละกลุ่ม ใน พบว่าปลากลุ่ม T2-Large มีค่าสูงกว่าปลากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประสิทธิภาพของเลือด

ทำการตรวจวัดค่าเลือด ได้แก่ ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) และค่าเอนไซม์ SOD ได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดอัดแน่น (haematocrit) ที่สัปดาห์ 16 สิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาขนาดใหญ่ทุกกลุ่ม (C-Large T1-Large และ T2-Large) มีค่าเม็ดเลือดอัดแน่นสูงกว่าปลาขนาดเล็กทุกกลุ่ม (C-Small T1-Small และ T2-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ไลโซซาม (lysozyme activity) ของเลือดปลา เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่า ปลาขนาดใหญ่ที่ได้รับสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น (T2-Large) มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ส่วนค่าเฉลี่ยเอนไซม์ SOD ในเลือดของปลาแต่ละกลุ่ม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มปลาขนาดใหญ่ที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร T1-Large และ T2-Large มีค่า SOD ในเลือด สูงกว่าปลากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประสิทธิภาพของระบบย่อยอาหาร

ทำการตรวจวัดค่ากิจกรรมเอนไซม์ย่อยอาหารจากระบบย่อยอาหารรวม ได้แก่ อะไมเลส (amylase) ไลเปส (lipase) ทริปซิน (trypsin) และไคโมทริปซิน (chymotrypsin) พบว่า

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน โดยในสัปดาห์เริ่มต้น กลุ่มปลาขนาดใหญ่ (C-Large, T1-Large และ T2-Large) มีค่าสูงกว่ากลุ่มปลาขนาดเล็ก (C-Small, T1-Small และ T2-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Large T1-Small T2-Large และ T2-Small) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ในสัปดาห์เริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อทดลองให้สารสกัดสมุนไพรเสริมอาหาร พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดกระเทียมผสมสมุนไพรอื่น (T2-Large และ T-Small) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กลุ่ม T2-Large มีค่าสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน ในสัปดาห์เริ่มต้น กลุ่มปลาขนาดใหญ่ (C-Large, T1-Large และ T2-Large) มีค่าสูงกว่ากลุ่มปลาขนาดเล็ก (C-Small, T1-Small และ T2-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร พบว่า กลุ่มปลาขนาดเล็กที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Small และ T2-Small) มีค่ากิจกรรมเอนไซมทริปซิน สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 พบว่า ปลาขนาดใหญ่

ของกลุ่มควบคุม (C-Large) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ทริปซินต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยกิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน ในแต่ละช่วงสัปดาห์ มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 9 และภาพที่ 19) โดยในสัปดาห์เริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อปลาได้รับสารสกัดสมุนไพร พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มปลาขนาดเล็กที่ได้รับสารสกัดกระเทียม (C-Large C-Small และ T1-Large) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 พบว่า ปลาขนาดใหญ่ของกลุ่มควบคุม (C-Large) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซินสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยสัดส่วนกิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน/กิจกรรมเอนไซม์ไคโมทริปซิน (T/C ratio) พบว่า กลุ่มปลาที่มีค่า T/C ratio ต่ำ จะเป็นกลุ่มปลาขนาดเล็ก (C-Small, T1-Small และ T2-Small) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 กลุ่มปลา T2-Small มีค่า T/C ratio สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในทุกช่วงสัปดาห์ กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร (T1-Large T1-Small T2-Large และ T2-Small) จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (C-Large และ C-Small) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุลกายวิภาคของลำไส้ปลานิล

ปลานิลขนาดใหญ่และขนาดเล็กที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียมและสารสกัดอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของ ลำไส้ ให้ความสมบูรณ์ของโครงสร้างเนื้อเยื่อสมบูรณ์มากกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารในกลุ่มทดลองอื่นๆ

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคในบริเวณลำไส้ ในปลานิลขนาดใหญ่ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดกระเทียมและสารสกัดอื่นๆ มีความยาวของ villi สูงสุด ในสัปดาห์ที่ 12 เท่ากับ 236.03 ± 64.47^{a} มิลลิเมตร แตกต่างกับกลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และ.ในกลุ่มปลานิลขนาดลกที่ได้รับอาหารปลานิลอินทรีย์ปกติ มีความยาว villi สูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 เท่ากับ

203.47±15.99[a] มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกับอาหารกลุ่มต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 4 ศักยภาพของพืชสมุนไพรไทยและจุลินทรีย์โปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันของปลานิลในระบบการผลิตปลานิลอินทรีย์

ผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้สารสกัดจากมะขามป้อม เสริมในอาหารทดลองอัตรา 0.79 % เลี้ยงปลานิลแทนการใช้วิตามินซี โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา และภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และ การใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* 0.2% หรือใช้ *S. cerevisiae* 0.2% ร่วมกับจุลินทรีย์ probiotic *L. acidophilus* 0.2% ผสมในอาหารทดลอง ช่วยเสริมประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในการเลี้ยงปลานิล

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหาร และการตอบสนอง ต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อน

งานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหาร และการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อนในปีแรก (2562) ทำการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์เฉพาะถิ่นในระบบทางเดินอาหารของปลานิลจากฟาร์มเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงรายรวม 4 แหล่ง โดยส่วนใหญ่ลักษณะการเลี้ยงแบบผสมผสานและเชิงเดี่ยว สามารถคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ทั้งหมด 9 ไอโซเลท คัดเลือกเชื้อโปรไบโอติกส์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด 2 ไอโซเลทคือ CR4-1 และ CR10-5

การศึกษาศักยภาพการใช้เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (พรีไบโอติกส์) เสริมในอาหารทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันในการอนุบาลลูกปลานิล พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ในอาหารที่เสริมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟทั้ง 6 สูตร มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของอาหารเสริมทั้ง 7 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ Hui-yuan และคณะ (2007) ที่เสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของฟรุกโต

โอลิโกแซคคาไรด์ ส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลา ในอาหารเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟทั้ง 6 สูตร มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ จิณณพัต และคณะ (2551) พบว่าการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนัก ความยาว และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัยของลูกปลานิล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในงานวิจัยนี้ได้นำเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟมาใช้ในการศึกษา เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก เป็นสิ่งที่ใกล้ตัว และมีปริมาณมาก โดยนำเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟมาปรับสภาพขั้นต้นด้วยการหมักเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone จนได้น้ำตาลโอลิโกแซกคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสมบัติหนึ่งที่สำคัญของการเป็นสารพรีไบโอติกส์ สารพรีไบโอติกส์คือ อาหารที่ไม่ถูกดูดซับได้ในระบบทางเดินอาหารแต่ถูกย่อยได้โดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ภายในลำไส้ โดยจะกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในลำไส้

งานวิจัยนี้ศึกษาชนิดของน้ำตาลโอลิโกแซกคาไรด์ที่พบในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone และ CR cone ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง (thin layer chromatography; TLC) วิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นน้ำตาลของสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ (Sugar cane syrup) วิธี High performance liquid chromatography (HPLC) และทดสอบสมบัติการเป็นสารพรีไบโอติกส์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ และการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค

น้ำตาลที่ได้จากการหมักเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone โดยการวิเคราะห์ชนิดของผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค TLC คือ น้ำตาลฟรุตโตส (Fructose), น้ำตาลซูโคลส (Sucrose) และน้ำตาลนีสโตส (Nystose) และน้ำตาลโมเลกุลขนาดใหญ่ ส่วนชนิดน้ำตาลที่เกิดจากการหมักเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เซลลูเลส CR cone ไม่พบน้ำตาลกลูโคส (Glucose), น้ำตาลฟรุตโตส (Fructose), น้ำตาลซูโคลส (Sucrose), น้ำตาลคีสโตส (Kestose), น้ำตาลนีสโตส (Nystose) และน้ำตาลฟรุกโตฟูราโนซิลนิสโตส (Fructofuranosylnystose) และพบน้ำตาลกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่ แต่มีปริมาณน้อยกว่าการหมักด้วยเอนไซม์ Ultra cone แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการปรับสภาพขั้นต้นของเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟเปลี่ยนแปลงเหมาะสมต่อการเข้าทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone จึงทำให้พบน้ำตาลกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่มีปริมาณสูงกว่าเอนไซม์เซลลูเลส CR cone แต่อย่างไร เพื่อให้ทราบถึงชนิดของน้ำตาลกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่อื่นๆ ที่พบ และปริมาณที่แน่นอนของน้ำตาลชนิดนั้นๆ ในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟที่ผ่านการหมัก

ด้วยเอนไซม์ งานวิจัยลำดับต่อไปจึงควรวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยใช้เทคนิค HPLC หรือ HPAEC-PAD เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่มีการปรับความเข้มข้นให้แตกต่างกัน

จากผลการทดสอบสมบัติความเป็นสารพรีไบโอติกส์ที่ได้จากการหมักเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส L Ultra cone (CSSp-L) โดยผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (Bacillus subtilis) พบว่า CSSp-L ช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (Bacillus subtilis) ที่แสดงกิจกรรมการเพิ่มขึ้นของการเจริญของแบคทีเรียเทียบเท่ากับการเติมผงบุก (กลูโคแมนแนน: MOS 1%) และเจริญเติบโตได้สูงกว่าเมื่อเทียบกับพรีไบโอติกส์ทางการค้า (ฟรุกโตโอลิโกแซกคาไรด์: FOS 1%) และอาหารชุดควบคุม ($p<0.05$) ในขณะที่ความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค Aeromonas hydrophila และ Streptococcus agalactiae โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร พบว่า การเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค Aeromonas hydrophila ในชุดการทดลอง CSSp-L มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าชุดควบคุม MOS 1% และ FOS 1% ในขณะที่ชุดการทดลอง CSSw-L มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค Aeromonas hydrophila สูงกว่าชุดควบคุมและ FOS 1% ส่วนจุลินทรีย์ก่อโรค Streptococcus agalactiae ที่ชุดการทดลอง CSSp-L และ CSSw-L มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าชุดการทดลอง MOS 1% และ FOS 1% แต่มีการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุม

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 6 การบริหารจัดการการผลิตและสุขภาพปลานิลเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อความมั่นคั่งและยั่งยืนของธุรกิจ

จากการสุ่มสำรวจข้อมูลการเลี้ยงปลานิลในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน พิษณุโลก กำแพงเพชร ตากและแม่ฮ่องสอน พบว่า เกษตรกรไม่ได้ปรับรูปแบบการเลี้ยงที่จะส่งผลให้ศักยภาพการผลิตสูงขึ้นอย่างชัดเจน มีบางรายติดตั้งเครื่องเติมอากาศแต่ก็ยังใช้งานไม่ถูกต้อง ขาดการบันทึกข้อมูล ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้อง จากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่า อัตรารอดที่เกิดขึ้นเนื่องจากบางครั้งเกษตรกรพบปัญหาปลาตายระหว่างการเลี้ยงแต่ก็ไม่ได้มีการส่งวินิจฉัยโรคที่ชัดเจน มีการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อแก้ไขปัญหา หรือบางรายงดการให้อาหารจนกว่าปลาจะหยุดตาย ยังไม่มีการใช้เกลือช่วยลดความเครียดระหว่างการเลี้ยงที่ชัดเจน รวมทั้งไม่มีแบบแผนในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จึงควรปรับความรู้ให้เกษตรกรมีความเข้าใจในส่วนของการเลี้ยงที่ต้องปรับตัวเนื่องจากการขาดแคลนน้ำทั้งปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งการบริหารการ

จัดการตลาดที่อาจจะต้องเปลี่ยนไปหลังโรคระบาดโควิด นอกจากนั้นควรให้ความรู้แก่ผู้เลี้ยงรายใหม่ที่มีประสบการณ์น้อยเพื่อที่จะลดความเสียหายระหว่างการเลี้ยงปลานิล

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 7 การปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่ด้วยสาหร่ายไปรูลิน่า

หลังการให้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ แต่ส่งผลดีในการปรับปรุงคุณภาพไข่โดยการใช้ที่ระดับ 0.10 - 0.20 % ช่วยเพิ่มสีของไข่แดง และลดปริมาณเถ้ารวมในไข่ทั้งฟองและการใช้ที่ระดับ 0.15% ช่วยเพิ่มระดับกรดอะมิโนที่สำคัญคือ ทริปโตเฟน และ ฮิสติดีน และการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.15 และ 0.20% ทำให้ปริมาณ Eicosatrienoic acid เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสามารถนำสาหร่ายสไปรูลิน่าเสริมในอาหารไก่ไข่เพื่อปรับปรุงคุณภาพไข่ไก่โดยระดับการใช้ที่เหมาะสมคือ 0.15 % และสามารถนำไข่ไก่จากแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15 % ไปพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชั่น (Functional food) สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่มีความต้องการเป็นพิเศษได้

ชื่อโครงการวิจัย ย่อยที่ 8 รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่เป็นอาหารเลี้ยงปลาช่อนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์

ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้รูปแบบที่เหมาะสมในการใช้เศษเหลือปลาจากกระบวนการผลิตปลาส้มและหอยเชอรี่แหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในการอนุบาลและเลี้ยงปลาช่อนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคส์ เข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ จากขนาด 3 นิ้ว จนได้ขนาดตลาดด้วยอาหารผสมที่ผลิตเองพบว่าช่วงการอนุบาลระยะ 3 – 6 นิ้ว การใช้อาหารสำเร็จรูปจะช่วงเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกปลาช่อนได้ดีที่สุดที่ 76 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าสูตรอาหารที่ผสมเศษเหลือปลาจะให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายต่ำที่สุด และช่วงการเลี้ยงปลาช่อนให้ได้ขนาดตลาดพบว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปก็ให้อัตราการรอดตายที่สูงสุดที่ 64.58±5.17 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการใช้เศษเหลือปลาและหอยเชอรี่เพื่อทดแทนปลาป่นสำหรับการอนุบาลและเลี้ยงปลาช่อนได้แต่ให้ผลการเจริญเติบและอัตรารอดการรอดตายที่ต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูป

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2554. **คู่มือการประเมินน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ**. กรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ. 67 หน้า.

กรมประมง. 2550. **การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์**. เข้าถึงเมื่อ 22 กันยายน 2557 *http://www.fisheries.go.th/ extension/ group/thai/organic.htm*

จงกล พรมยะและขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2548. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลน่าเพื่อสุขภาพ.** ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

จงกล พรมยะและนิวุฒิ หวังชัย. 2546. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไรน่าเพื่อเป็นอาหารปลาสำเร็จรูป**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ร่วมกับภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 76 น.

จงกล พรมยะและศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร.2553. การผลิตรงควัตถุ กรดไขมัน คุณค่าทางโภชนาการและต้นทุนการผลิตในการเพาะเลี้ยง *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler: โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีประมง** 4(2)ซ44-53.

จงกล พรมยะ ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร และสมโภชน์ จันทร์ลอย. 2548. Meat quality improvement of Sharp Tooth African Catfish (*Clarias gariepinus)* using *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6 ระหว่างวันที่ 19-20 พฤษภาคม 2548 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2556. โรคปลานิล. **เชียงใหม่สัตวแพทยสาร**, 11(1): 75-86.

เทพพิทักษ์ บุญทา ชนกันต์ จิตมนัส และจงกล พรมยะ. 2555. ผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าสาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเจริญเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวในกบนา. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

พิมพกานต์ เลอเบล ชนกันต์ จิตมนัส นิวุฒิ หวังชัย จงกล พรมยะ พัชราวลัย ศรียะศักดิ์ และหลุยส์ เลอเบล. 2557. ผลกระทบของน้ำท่วมและภัยแล้งต่อการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำ. **วารสารวิจัย มข.** 19(4): 539-549.

มะลิ บุณยรัตผลิน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ และจารุรัตน์ วรรณโกวัฒน์. 2533. **ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อเสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลากะพงขาว**. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ, สงขลา.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ, 214 หน้า.

ราชกิจจานุเบกษา (2551) **ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด**. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 125 ตอนพิเศษ 21 ง: 16-19.

วุฒิพร พรหมขุนทอง. 2539. ผลของวิตามินซีระดับต่างๆต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง.**วารสารสงขลานริินทร์สาขาวิทยาศาสตร์** 18(4): 413-420.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, อภิญญา ส่งประดิษฐ์ และปิยวรรณ สังฆมานาคิน. 2541. การใช้แอสคอบิล-2-ซัลเฟต เป็นแหล่งของวิตามินซีสำหรับปลากดเหลือง. **วารสารสงขลานครินทร์ สาขาวิทยาศาสตร์** 20(2): 149-156.

ศจีรา คุปพิทยานันท์. 2547. ผลของการเสริมกระเทียม *(Allium sativum Linn.)* ในอาหารต่อลักษณะเพศในไก่เนื้อ. งานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2553. คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณรงควัตถุของ *Spirulina platensis* ที่เลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 4(2); 34-43.

สุภฎา คีรีรัฐนิคมรัตติยา สะอุ และอัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี. 2548.**ระดับของสาหร่ายสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*)**.สงขลานครินทร์ 27(1): 133-139

สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2555. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์. สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มทก), 97 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2555. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ Organic Standard 2012. เข้าถึงเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2556. *http://www.actorganic-cert.or.th/download/organic-standards*

Abid, A., S.J. Davies, P. Waines, M. Emery, M. Castex, G. Gioacchini, O. Carnevali, R. Bickerdike, J. Romero and D.L. Merrifield. 2013. Dietary synbiotic application modulates Atlantic salmon (*Salmo salar*) intestinal microbial communities and intestinal immunity. **Fish & Shellfish Immunology**, 35: 1948-1956.

Addo, S. 2013. Effects of pre- and probiotics on pond production, growth and disease susceptibility of channel catfish *Ictalurus punctatus* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Ph.D. dissertation, the Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama. 162 pp.

Ai, Q., H. Xu, K.Mai, W. Xu, J. Wang and W. Zhang. 2011. Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performance, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker, *Larimichthys crocea*. **Aquaculture**, 317: 155-161.

Allan G. L., Parkinson S., Booth M. A., Stone D. A. J., Rowland S. J., Frances J., Warner-Smith R. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture** 186: 293-310.

Anderson, D.W., C. Tang and E. Ross. The xanthophylls of *Spirulina* and their effect on egg yolk pigment 1, 2. **Poultry Science**, 70; 115-119.

Aniansson, G., B. Andersson, R. Lindstedt and C. Svanborg. 1990. Anti-adhesive activity of human casein against *Streptococcus pneumoniae* and *Haemophilus influenzae*. **Microbial Pathogenesis**, 8 (5): 315-323.

AOAC, 1990. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 1298 pp.

Cerezuela, C., Meseguer, J. and A. Esteban. 2011. Current knowledge in synbiotic use for fish aquaculture: a review. **Aquac. Res Dev**. S1-008.

Daniela N, Tarnchalanukit W, Chunkao K, Maleewong M. Fish Growth Model for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Wastewater Oxidation Pond, Thailand. **Procedia Environmental Sciences**. 2010;13(0):513-24.

Degani, G., Ben-Zvi, Y., Levanon, D., 1989. The effect of different protein levels and temperatures on growth and feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Aquaculture** 76: 293–301.

Dehaghani, P. G., M.J. Baboli, A.T. Moghadam, S. Ziaei-Nejad and M. Pourfarhadi. 2015. Effect

of synbiotic dietary supplementation on survival, growth performance, and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. **Czech J. Anim. Sci.**, 60(5): 224–232.

Devanathan, J. and N. Ramanthan. 2012. Pigment production from *Spirulina platensis* using seawater supplemented with dry poultry manure. **Journal of Algal Biomass Utilization**, 2(4); 66-73.

El-Barabay, M.I. and Mehrim A.I. 2009. Protective effect of antioxidant medicinal herbs, Rosemary and Parsley, on sub-acute aflatoxicosis in Nile Tilapia, *O. niloticus*). **J of Fisheries and Aquatic Science** 4(4):178-190.

Eleraky, W., M. Yahya, R.M. Reda and S. Eletreby. 2014. Evaluation of prebiotic and probiotic dietary supplementation on growth performance and some blood parameters of *Cyprinus carpio* frys. Egypt. J. Aquat. Biol. & Fish., 18(2): 29- 38.

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

Firouzbakhsh F., Z. Mehrabi, M. Heydari, M. K. Khalesi and M. A. Tajick. 2014. Protective effects of a synbiotic against experimental *Saprolegnia parasitica* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, 45: 609–618.

Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. **J. Appl.Bacteriol.**, 66, 365-378.

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

Ghiraldelli, L., Martins, L.M., Adamante, B.W., & M. 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(4): 369–375.

Gomez-Gil, B.; Roque, A.; Turnbull, J. F. 2000. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. Aquaculture. 191, 259-270.

Gram, L.; Melchiorsen, J; Spanggaard, B; Huber, I; Nielsen, T. F. 1999. Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* AH2, a possible probiotic treatment of fish. Appl. Environ. Microbiol., 65, 969-973.

Harikrishnan R, Nisha Rani M, Balasundaram C. 2003. Hematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for *Aeromonas hydrophila* infection. **Aquaculture** 221:41-50

Harikrishnan R, Balasundaran C, Bhuvaneswari R. 2005. Restorative effect of *Azadirachta indica* aqueous leaf extract dip treatment on haematological parameter changes in *Cyprinus carpio* (L.) experimentally infected with *Aphanomyces invadans* fungus. **J Appl Ichthyol** 21: 410-414

Harikrishnan, R., Balasundaramb, C., Heo, M.S., 2010 ก. Herbal supplementation diets on hematology and innate immunity in goldfish against *Aeromonas hydrophila*. **Fish & Shelfish Immunology** 28: 354-361.

Harikrishnan, R., Heo, J., Balasundaramb, C., Kima, M.C., Kima, J.S., Han, Y.J., Heo, M.S., 2010 ข. Effect of traditional Korean medicinal (TKM) triherbal extract on the innate immune system and disease resistance in *Paralichthys olivaceus* against *Uronema marinum*. **Veterinary Parasitology** 170: 1–7.

Harikrishnan, R., Kima, M.C., Kima, J.S., Balasundaramb, C., Heo, M.S., 2011. Probiotics and herbal mixtures enhance the growth, blood constituents, and nonspecific immune response in *Paralichthys olivaceus* against *Streptococcus parauberis*. **Fish & Shellfish Immunology** 31: 310-317.

Hassaan, M.S., M.A. Soltan and M.M.R. Ghonemy. 2014. Effect of synbiotics between *Bacillus licheniformis* and yeast extract on growth, hematological and biochemical indices of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Egyptian Journal of Aquatic Research, 40: 199–208.

Imorou Toko, I., Fiogbe, E.D., Koukpode, B., Kestemont, P., 2007. Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos): effect of stocking density on growth, production and body composition. **Aquaculture** 262: 65–72.

Imorou Toko, I., Fiogbe, E.D., Koukpode, B., Kestemont, P., 2008. Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. **Aquaculture** 275: 298-305.

Mehrabi, Z., F. Firouzbakhsh and A. Jafarpour. 2012. Effects of dietary supplementation of synbiotic on growth performance, serum biochemical parameters and carcass composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 96(3):474-481.

Nekoubin, H. and M. Sudagar. 2012. Assessment of the effects of synbiotic (*Biomin imbo*) via supplementation with artificial diet (with different protein levels) on growth performance and survival rate in Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) . World Journal of Zoology, 7 (3): 236-240.

Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P. 2014. Use of plant extracts in fish aqua-culture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. **Aquaculture** 433: 50–61.

Robertson, P. A. W.; O. Dowd, C; Burrells, C; Williams, P; Austin, B. 2000. Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). Aquaculture, 185: 235-243.

Rodriguez-Estrada, U., S. Satoh, Y. Haga, H. Fushimi and J. Sweetman. 2009. Effects of single and combined supplementation of *Enterococcus faecalis*, mannanoligosaccharide and polyhydrobutyric acid on growth performance and immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquacult Sci**, 57: 609-617.

Shiau, S.Y., Hsu, T.S.L., 1995. Ascorbyl-2-sulfate has equal antiescorbutic activity as ascorbyl-2-monophosphate for tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. **Aquaculture** 133(2):147-157.

Silversides F.G. 1994. The Hough unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. **Journal of Applied Poultry Research**, 3; 120-126.

Stickney, R.R., Mc Geachin, R.B., Lewis, D.H., Mazks, J., Riggs, A., Robinson, E.H., Wurts, W., 1984. Response of tilapia aurea (*Oreochromis aureus*) to dietary vitamin C. **Journal world Mariculture society** 15: 179-185.

Sun, Y., H. Yang, Z. Ling, J. Chang and J. Ye. 2009 Gut microbiota of fast and slow growing grouper *Epinephelus coioides*. Afr J Microbiol Res, 3: 713-720.

Tondiew, C. 2007. Effect of Noni (*Morinda citrifolia*) and Fahtalaijons (*Andrographis paniculata*) on pigmentation and phagocytosis in goldfish (*Carassius auratus*). MSc thesis, Bangkok: Kasetsart University.

Ungsethaphand, T., Y. Peerapornpistal, N. Whangchai and U. Sardsud. 2010. Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis* x *O. niloticus*). **Maejo International Journal of Science and Technology**, 4; 331-336.

Wongsasak, U., S. Chaijamrus, S. Kumkhong and S. Boonanuntanasarn. 2015. Effects of dietary supplementation with β-glucan and synbiotics on immune gene expression and immune parameters under ammonia stress in Pacific white shrimp. **Aquaculture**, 436: 179–187.

Wutiporn, P., 1994. Effect of vitamin C levels on growth performance, feed conversion rates, survival rates and histopathology of gill, liver and kidney of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Songkhlanakarin J. Sci. Technol**. 16(2): 113-124.

Yin, G., Ardo, L., Thompson, K.D., Adams, A., Jeney, Z., Jeney, G., 2009. Chinese herbs (*Astragalus* radix and *Ganoderma lucidum*) enhance immune response of carp, *Cyprinus carpio*, and protection against *Aeromonas hydrophila*. **Fish & Shellfish Immunology** 26, 140–145.

Zahroojian, N., H. Moravej and M. Shivazad. 2011. Comparison of marine algae (*Spirulina platensis*) and synthetic pigment in enhancing egg yolk colour of laying hens. **British Poultry Science**, 52; 584-588

Zaki, M. A.; Labib, E. M.; Nour, A. M.; Tonsy, H. D.; Mahmoud, S. H., 2012. Effect some medicinal plants diets on mono sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), growth performance, feed utilization and physiological parameters. **APCBEE Procedia**, 4: 220-227

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โครงการย่อย 1 เรื่องการประมาณค่าทางพันธุกรรมและการศึกษาระดับโมเลกุลเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลจากระบบไบโอฟลอคเข้าสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์โดยการคัดเลือก

Genetic parameter estimation and molecular marker for genetic improvement in Nile tilapia from biofloc system to organic aquaculture by selection

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิล และจำนวนลูกที่ได้

วันที่เคาะไข่	คู่ผสมที่	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์	วันที่ลงอนุบาล	กระชังที่	จำนวนลูกปลา
3/8/62	1	220	284	9/8/62	-	-
	2	228	251		-	-
	3	370	184		-	-
	4	129	122		1	88
	5	185	182		3	253
	6	185	179		2	141
	7	187	164		4	78
	8	187	191		5	1484
	9	152	194		6	405
	10	153	193		-	-
	11	210	215		-	-
	12	209	206		-	-
	13	279	276		-	-
9/8/62	14	99	26	16/8/62	8	782
	15	140	No Tag		7	273
	16	137	102		15	554
	17	129	No Tag		10	50
	18	187	191		18	54
	19	152	No Tag		17	548
	20	174	157		16	365
	21	210	198		14	255
	22	239	225		-	-
	23	247	212		9	48
	24	237	236		10	50
	25	268	259		11	518
	26	295	282		12	1096

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิล และจำนวนลูกที่ได้

วันที่เคาะไข่	คู่ผสมที่	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์	วันที่ลงอนุบาล	กระชังที่	จำนวนลูกปลา
16/8/62	27	056	022	23/8/62	19	274
	28	100	059		-	-
	29	086	No Tag		-	-
	30	104	109		20	520
	31	124	141		-	-
	32	144	No Tag		-	-
	33	129	No Tag		-	-
	34	185	No Tag		25	838
	35	187	No Tag		-	-
	36	153	No Tag		23	1254
	37	173	No Tag		-	-
	38	210	No Tag		-	-
	39	230	No Tag		22	1303
	40	204	No Tag		-	-
	41	218	No Tag		21	11
	42	209	No Tag		-	-
	43	280	No Tag		-	-
	44	279	No Tag		24	398
	45	295	No Tag		32	242
23/8/62	46	064	087	30/8/62	-	-
	47	063	009		38	980
	48	099	026		-	-
	49	031	No Tag		-	-
	50	097	No Tag		-	-
	51	185	No Tag		26	816
	52	210	No Tag		-	-
	53	247	212		-	-
	54	250	No Tag		-	-
	55	237	236		-	-
	56	295	292		29	574

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิล และจำนวนลูกที่ได้

วันที่เคาะไข่	คู่ผสมที่	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์	วันที่ลงอนุบาล	กระชังที่	จำนวนลูกปลา
30/8/62	57	056	022	6/9/62	-	-
	58	056	024		-	-
	59	086	053		28	93
	60	187	191		-	-
	61	177	No Tag		37	835
	62	177	190		31	781
	63	152	180		-	-
	64	230	No Tag		41	987
	65	279	272		35	1358
	66	295	282		34	78
6/9/62	67	031	251	13/9/62	27	436
	68	086	No Tag		44	889
	69	051	No Tag		30	1362
	70	140	No Tag		33	945
	71	140	No Tag		36	1101
	72	124	141		39	1222
	73	124	106		40	98
	74	129	112		42	735
	75	161	175		43	1345
	76	187	164		50	823
	77	173	186		49	1036
	78	204	No Tag		48	1263
	79	209	206		51	712
	80	280	228		47	1110
	81	293	No Tag		45	956
	82	293	288		46	1329
	83	279	276		52	1204
	84	295	269		53	116

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิล และจำนวนลูกที่ได้

วันที่เคาะไข่	คู่ผสมที่	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์	วันที่ลงอนุบาล	กระชังที่	จำนวนลูกปลา
13/9/62	85	066	No Tag	20/9/62	56	562
	86	086	053		57	784
	87	185	No Tag		58	160
	88	152	No Tag		55	732
	89	210	215		54	1298
	90	230	211		59	579
13/9/62	85	066	No Tag	20/9/62	56	562
	86	086	053		57	784
	87	185	No Tag		58	160
	88	152	No Tag		55	732
	89	210	215		54	1298
	90	230	211		59	579
20/9/62	91	025	No Tag		60	1050
	92	137	102		61	259
	93	124	106		62	989
	94	124	141		63	1037
	95	144	121		-	-
	96	129	112		-	-
	97	185	No Tag		70	1000
	98	161	171		64	729
	99	187	191		65	898
	100	152	180		69	1056
	101	239	225		-	-
	102	239	208		68	898
	103	293	No Tag		67	729
	104	279	277		66	1000

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิล และจำนวนลูกที่ได้

วันที่เคาะไข่	คู่ผสมที่	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์	วันที่ลงอนุบาล	กระชังที่	จำนวนลูกปลา
27/9/62	105	100	No Tag	5/10/62	75	372
	106	003	No Tag		76	1211
	107	086	053		74	348
	108	152	194		77	868
	109	153	199		78	774
	110	174	157		73	671
	111	173	186		79	648
	112	230	211		80	713
	113	237	226		72	412
	114	279	272		81	327
	115	295	282		82	1327
	116	295	269		71	136
5/10/62	117	064	087	12/10/62		
	118	099	092			
	119	031	No Tag		83	152
	120	011	No Tag			
	121	097	No Tag		84	421
	122	051	No Tag			
	123	140	No Tag			
	124	137	102			
	125	124	106			
	126	124	No Tag			
	127	129	112			
	128	185	182		85	81
	129	152	No Tag		86	681
	130	239	225		87	467
	131	279	376			

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ปลานิล และจำนวนลูกที่ได้

วันที่เคาะไข่	คู่ผสมที่	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์	วันที่ลงอนุบาล	กระชังที่	จำนวนลูกปลา
12/10/62	132	161	171	18/10/62	88	215
	133	152	No Tag		89	978
	134	153	No Tag		91	510
	135	174	No Tag			
	136	173	No Tag			
	137	230	211		90	492
	139	209	232		92	1083
	140	209	216		93	1017
	141	237	226		94	183
	142	237	236		95	895
	143	280	228		96	1023
	144	268	No Tag		97	871
	145	295	282		98	1098
18/10/61	148	063	No Tag	26/10/62	109	1012
	149	099	026		110	912
	150	100	059		101	839
	151	031	No Tag		102	561
	152	051	No Tag		103	1096
	153	140	No Tag		111	124
	154	127	No Tag		112	786
	155	124	106		104	762
	157	153	199		105	1018
	158	173	No Tag		106	702
	159	239	225		107	324
	161	292	260		108	401
26/10/62	162	161	175	1/11/62	99	473
	163	152	194		100	1011

ภาพผนวกที่ 1 แสดงการเตรียมบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลานิลในระบบไบโอฟลอค

ภาพผนวกที่ 2 แสดงการจัดตั้งระบบผสมพันธุ์ปลานิลในบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร 180 ตัน จำนวน 2 บ่อ

ภาพผนวกที่ 3 แสดงการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการสร้างฟลอคเพื่อใช้ในระบบผสมพันธุ์ปลานิล ในระบบไบโอฟลอค

ภาพผนวกที่ 4 แสดงการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลานิลเพื่อจับคู่ผสมพันธุ์ในระบบไบโอฟลอค

ภาพผนวกที่ 5 แสดงการติดตั้งกระชังฟักและอนุบาลลูกพันธุ์ปลานิลอินทรีย์ภายใต้ระบบไบโอฟลอคในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร 180 ตัน จำนวน 2 บ่อ

ภาพผนวกที่ 6 แสดงการตรวจสอบแม่ปลาอมไข่และเคาะไข่ออกจากแม่พันธุ์ปลานิลอินทรีย์ที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคนำมาฟักในระบบฟักไข่ เพื่อผลิตลูกพันธุ์ปลานิลอินทรีย์ต่อไป

ภาพผนวกที่ 7 แสดงอุปกรณ์ในและวิธีการระบุหมายเลขปลาแต่ละตัวด้วยเครื่องหมายไมโครชิป (PIT tag)

ภาพผนวกที่ 8 แสดงการเก็บข้อมูลปลาแต่ละตัวที่ทำการติดเครื่องหมายไมโครชิพเพื่อการประเมินค่าทางพันธุกรรมเพื่อการคัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

ภาคผนวก ก โครงการย่อย 2 เรื่องผลของอาหารผสมสารสกัดกระเทียมต่อการเหนี่ยวนำให้เป็นเพศผู้ การเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตของปลานิลเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

Effect of garlic extract on sex reversal, growth performance and cost benefit of production Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) for food safety

ตารางผนวกการเจริญเติบโตของลูกปลานิล

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของลูกปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	หน่วยการทดลอง					
	ชุดควบคุม	17α-MT	กระเทียม 25%	กระเทียม 50%	กระเทียม 75%	กระเทียม 100%
เริ่มต้น	0.010±0.000^{ns}	0.010±0.000^{ns}	0.010±0.000^{ns}	0.010±0.000^{ns}	0.010±0.000^{ns}	0.010±0.000^{ns}
7 วัน	0.040±0.008^{ns}	0.051±0.001^{ns}	0.047±0.006^{ns}	0.053±0.006^{ns}	0.050±0.010^{ns}	0.050±0.010^{ns}
14 วัน	0.053±0.005^{b}	0.063±0.002^{ab}	0.062±0.003^{ab}	0.070±0.010^{ab}	0.072±0.003^{ab}	0.080±0.020^{a}
21 วัน	0.098±0.006^{ns}	0.097±0.009^{ns}	0.103±0.006^{ns}	0.110±0.017^{ns}	0.110±0.026^{ns}	0.182±0.025^{ns}
28 วัน	0.150±0.014^{b}	0.183±0.007^{a}	0.179±0.001^{a}	0.185±0.006^{a}	0.183±0.005^{a}	0.182±0.007^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/ตัว) ของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	หน่วยการทดลอง					
	ชุดควบคุม	17α-MT	กระเทียม 25%	กระเทียม 50%	กระเทียม 75%	กระเทียม 100%
เริ่มต้น	10.03±0.02^{ns}	10.03±0.02^{ns}	10.03±0.02^{ns}	10.03±0.02^{ns}	10.034±0.01^{ns}	10.04±0.01^{ns}
7 วัน	13.38±0.65^{b}	13.45±0.26^{b}	14.34±0.63^{a}	13.37±0.32^{b}	13.79±0.46^{ab}	13.98±0.34^{ab}
14 วัน	15.20±1.09^{c}	15.96±0.85^{abc}	15.76±0.43^{bc}	16.14±0.32^{abc}	17.22±0.35^{a}	16.83±0.69^{ab}
21 วัน	16.78±2.30^{b}	18.06±0.59^{ab}	17.78±0.60^{ab}	19.42±1.12^{a}	18.63±0.92^{ab}	18.79±1.16^{ab}
28 วัน	21.61±0.89^{ns}	21.51±1.57^{ns}	21.37±0.36^{ns}	21.74±1.03^{ns}	21.89±1.76^{ns}	22.17±0.76^{ns}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลองในแต่ละชุดการทดลองของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เป็นเวลา 28 วัน

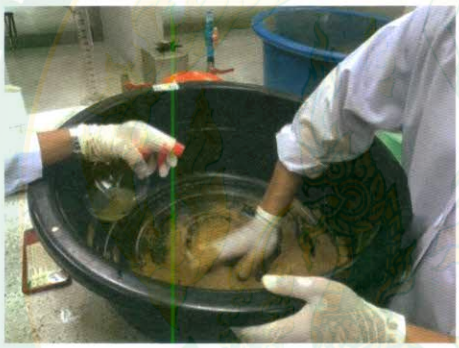
การเจริญเติบโต	ชุดการทดลอง					
	ชุดควบคุม	17α-MT	กระเทียม 25%	กระเทียม 50%	กระเทียม 75%	กระเทียม 100%
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	0.140±0.018^{b}	0.173±0.008^{a}	0.169±0.001^{a}	0.175±0.006^{a}	0.173±0.005^{a}	0.172±0.007^{a}
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.0050±0.0005^{b}	0.0062±0.0002^{a}	0.0060±0.0000^{a}	0.0062±0.0002^{a}	0.0062±0.0002^{a}	0.0062±0.0002^{a}
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	2.701±0.114^{b}	2.906±0.045^{a}	2.887±0.006^{a}	2.916±0.030^{a}	2.909±0.026^{a}	2.903±0.037^{a}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (หน่วย)	2.86±0.37^{ns}	2.80±0.17^{ns}	2.61±0.14^{ns}	2.63±0.13^{ns}	2.75±0.12^{ns}	2.90±0.10^{ns}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	57.00±1.63^{ns}	51.00±4.32^{ns}	50.00±4.58^{ns}	52.33±4.04^{ns}	58.67±3.79^{ns}	56.33±6.65^{ns}
อัตราการแปลงเป็นเพศผู้ (เปอร์เซ็นต์)	61.40±2.12^{f}	99.00±0.89^{a}	69.40±1.58^{e}	89.50±1.00^{b}	84.64±1.71^{c}	80.90±1.44^{d}
ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัว)	0.35±0.01^{cd}	0.82±0.02^{a}	0.36±0.03^{bc}	0.38±0.01^{bc}	0.39±0.02^{b}	0.41±0.03^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาพผนวกการดำเนินการทดลอง

ภาพผนวก 9 การเตรียมสารละลายฮอร์โมนแปลงเพศ

ภาพผนวก 10 น้ำมันกระเทียมสกัด

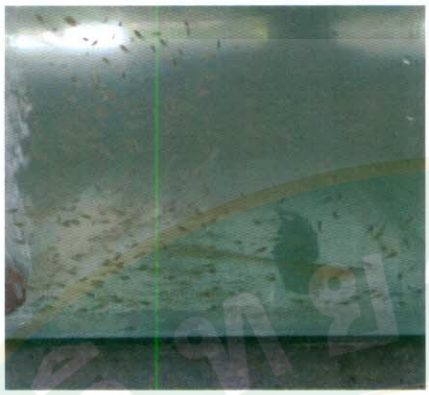


ภาพผนวก 11 การเตรียมอาหารผสมฮอร์โมนและกระเทียม

ภาพผนวก 12 การตากอาหารทดลอง

ภาพผนวก 13 การเตรียมตู้ทดลอง

ภาพผนวก 14 ปลาทดลองระยะถุงไข่แดงยุบ

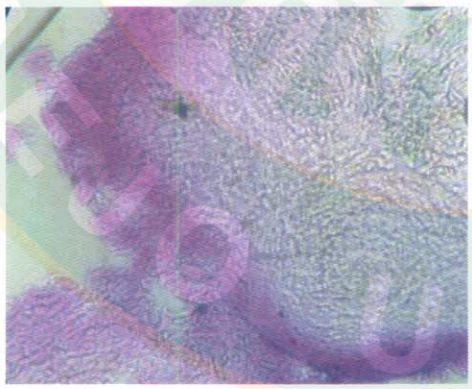


ภาพผนวก 15 ปลาระหว่างการทดลอง

ภาพผนวก 16 ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ภาพผนวก 17 การผ่าเอาอวัยวะสืบพันธุ์ของปลามาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศ

ภาพผนวก 18 การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแปลงเพศภายใต้กล้องจุลทรรศน์



ภาพผนวก 19 เซลล์สืบพันธุ์ของปลาทดลอง เพศผู้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 100 เท่า)

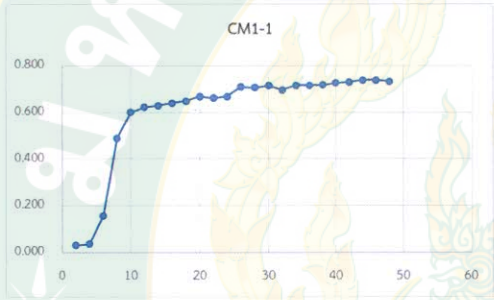
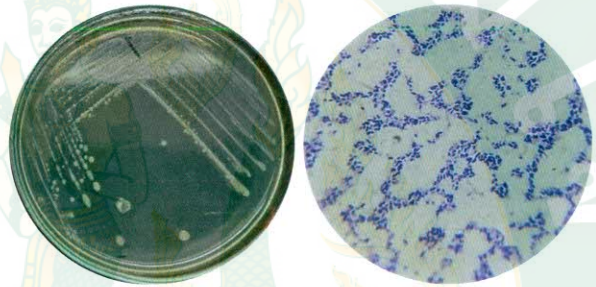
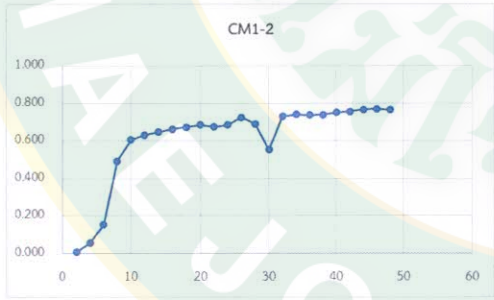
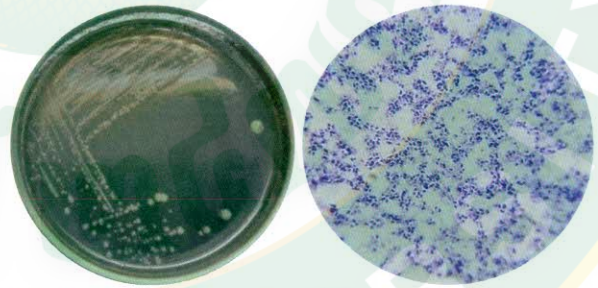
ภาพผนวก 20 เซลล์สืบพันธุ์ของปลาทดลอง เพศเมียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 100 เท่า)

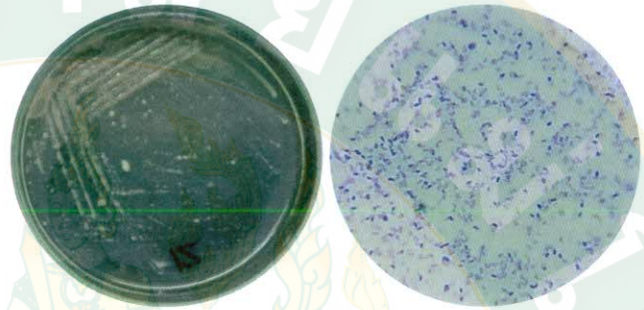
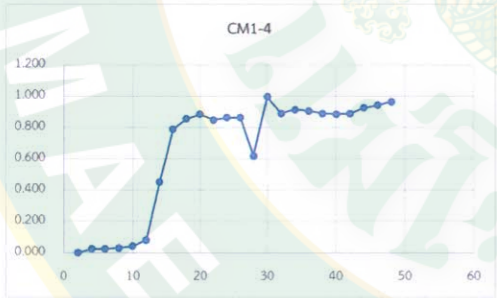
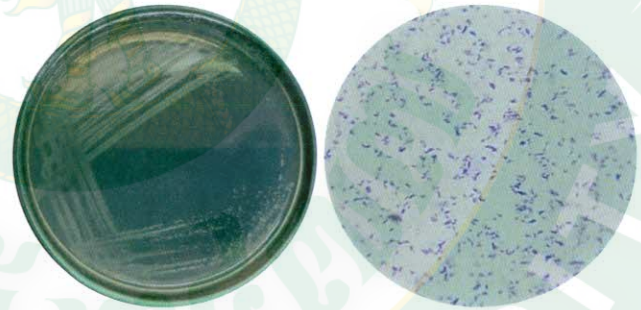
ภาคผนวก ก โครงการย่อย 3 เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพซินไบโอติกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การยับยั้งโรคติดเชื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหาร และการตอบสนอง ต่อระบบภูมิคุ้มกันในปลานิลวัยอ่อน

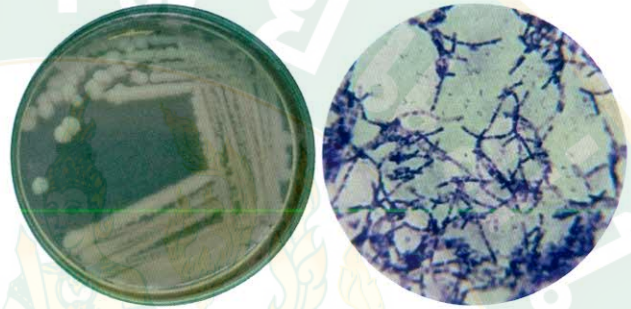
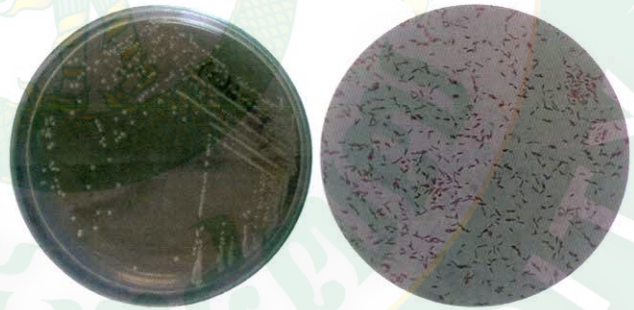
Development of synbiotics bioproducts affecting on growth performance, disease resistance, digestive enzyme activity and im¬munological response in fry Nile tilapia

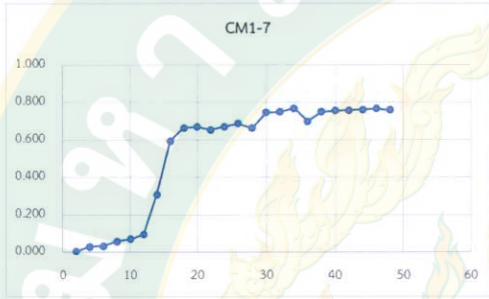
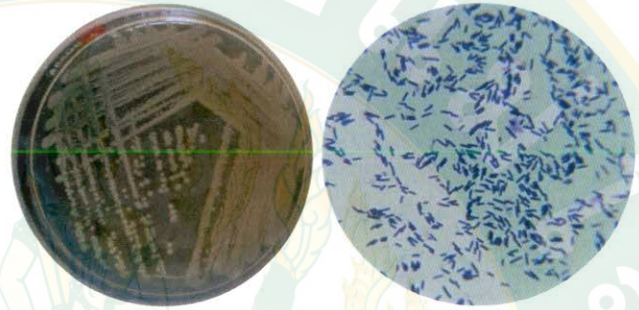
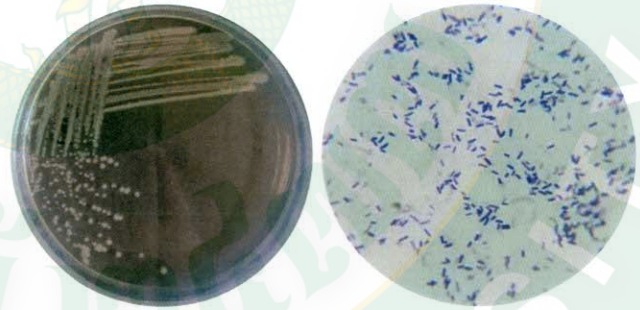
สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย

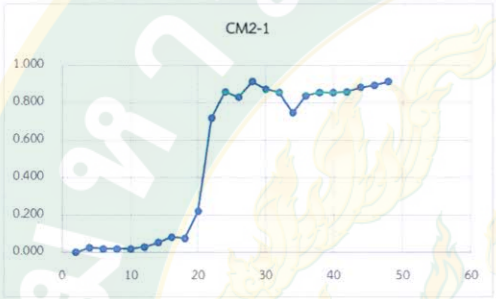
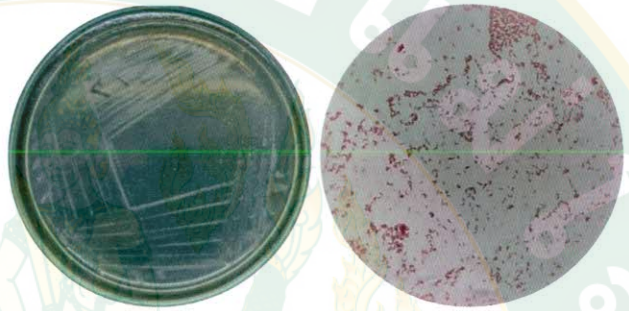
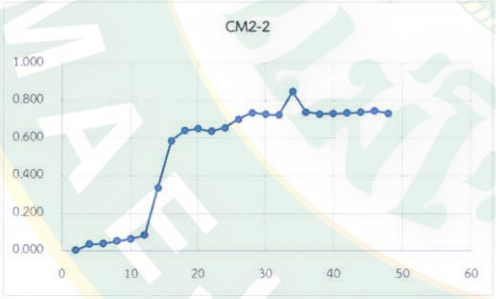
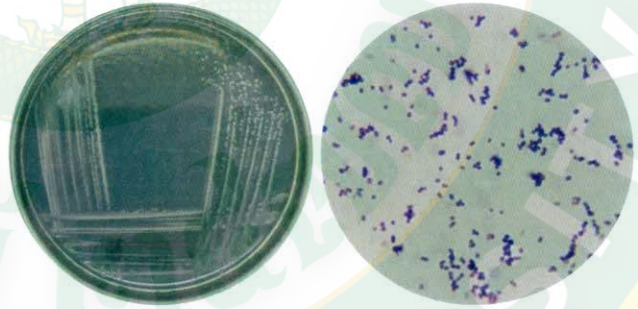
ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลโปรไบโอติกในปลานิลทั้งหมด

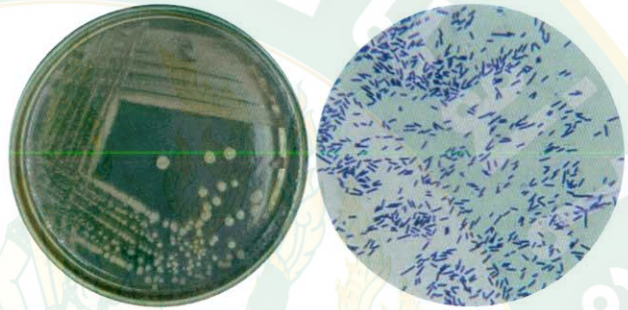
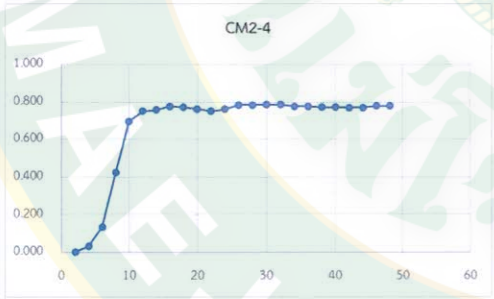
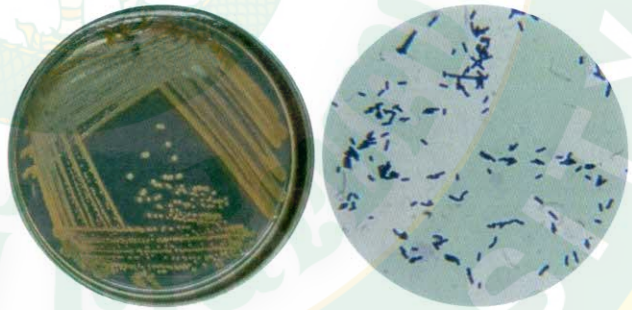
ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM1-1	ลำไส้ปลา		 โคโลนีรูปร่างกลม ขนาด 1-3mm สีขาวขุ่น ขอบเรียบ ผิวหน้ามันวาว ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1-2µm หนา 0.5µm อยู่เป็นกลุ่ม	สร้างสปอร์
CM1-2	ลำไส้ปลา		 โคโลนีรูปร่าง ขนาด 1-3mm ผิวหน้ามันวาว ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1-2µm หนา 0.5µm อยู่เป็นกลุ่ม	สร้างสปอร์

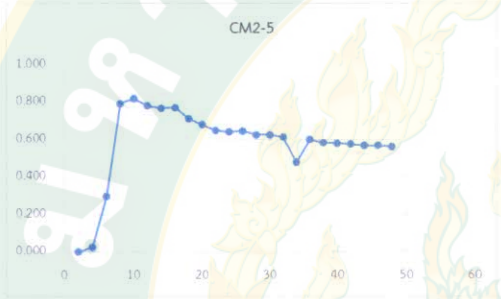
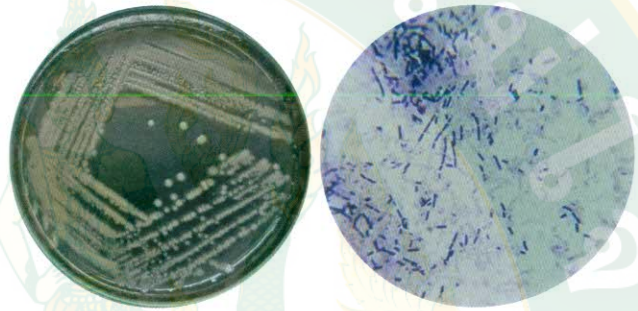
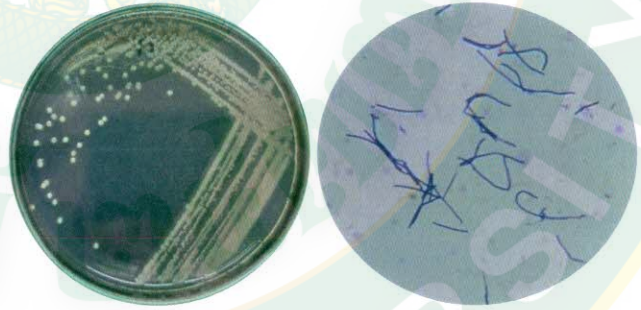
ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM1-3	ลำไส้ปลา		 โคโลนีรูปร่างกลม ขนาด 1-2mm สีขาว ขอบเรียบ ผิวหน้าเยิ้มมันวาว ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์ (เยอะมาก)
CM1-4	ลำไส้ปลา		 โคโลนีสีขาวใส รูปร่างกลม ขนาด 0.1-0.2 mm ขอบเรียบ ผิวหน้ามันวาว ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1-2.5µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	ไม่สร้างสปอร์

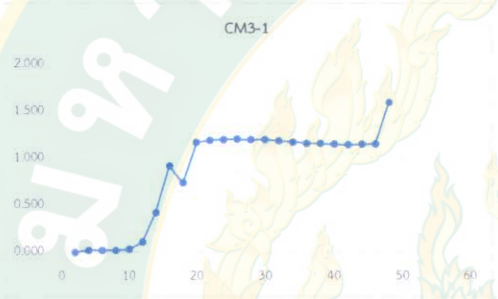
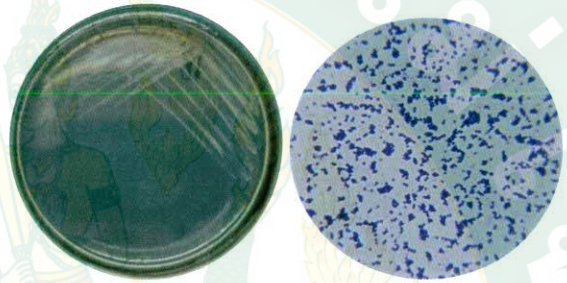
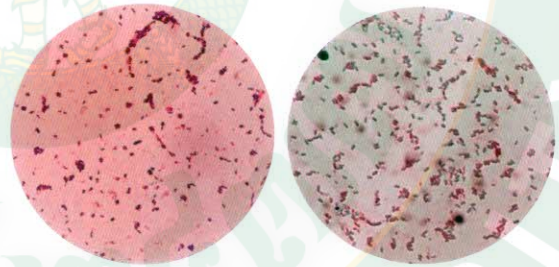
ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM1-5	ลำไส้ปลา		 โคโลนีรูปร่างกลม ขอบหยัก สีขาวขุ่น ขนาด 2-6mm ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 3-4µm หนา 1µm ต่อกันเป็นสายยาว	สร้างสปอร์
CM1-6	ลำไส้ปลา		 โคโลนีสีขาวขุ่น รูปร่างกลมผิวเรียบ ขนาด 0.5-1 mm ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 2-4µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์

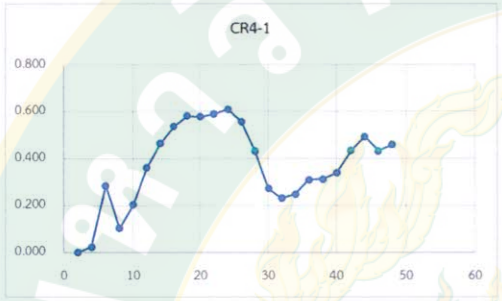
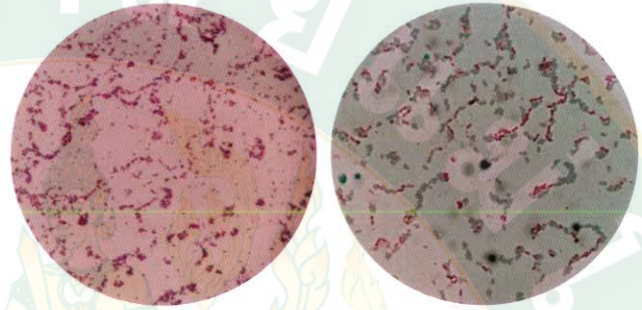
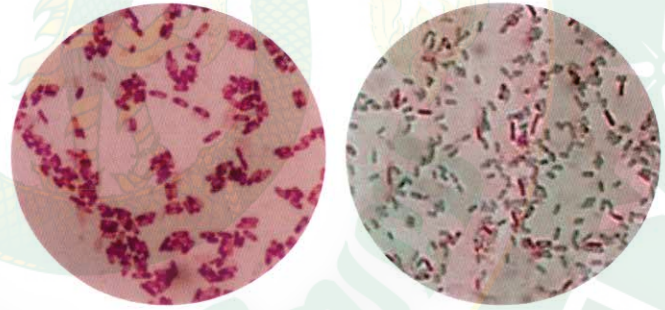
ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM1-7	ลำไส้ปลา		 โคโลนีสีเหลืองอ่อน รูปร่างกลมผิวเรียบ ขนาด 1-2 mm ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งยาว ความยาว 2-4µm หนา 1µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	ไม่สร้างสปอร์
CM1-8	ลำไส้ปลา		 โคโลนีสีขาวขุ่น รูปร่างกลม ขนาด 0.1-1 mm ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 2-3µm หนา 1µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์

ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM2-1	ดิน		 สีขาวใส รูปร่างกลม ขนาด 0.1-0.2 mm ขอบเรียบ ผิวหน้ามัน วาว ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1µm หนา 0.5µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์
CM2-2	ดิน		 สีขาวขุ่น รูปร่างกลม ขนาด 0.1-0.3 mm ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างกลม อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	ไม่สร้างสปอร์

ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM2-3	ดิน		 โคโลนีรูปร่างกลม ขนาด 1-3mm สีขาวขุ่น ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่งแท่งยาว ความยาว 2-4µm หนา 1µm อยู่เป็นเซลล์เดียว	สร้างสปอร์
CM2-4	ดิน		 โคโลนีรูปร่างกลม ขนาด 1-2mm สีเหลืองขุ่น ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งยาว ความยาว 2-4µm หนา 1µm อยู่เป็นกลุ่ม	สร้างสปอร์

ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM2-5	ดิน		 โคโลนีรูปร่างกลม ขนาด 1-2mm สีขาวขุ่น ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งยาว ความยาว 3-4µm หนา 1µm ต่อกันเป็นสายยาว	สร้างสปอร์
CM2-6	ดิน		 โคโลนีรูปร่างกลม ขนาด 1-2mm สีขาวขุ่น ขอบเรียบ ติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่งยาว ความยาว 5-8µm หนา 0.5µm ต่อกันเป็นสายยาว	ไม่สร้างสปอร์

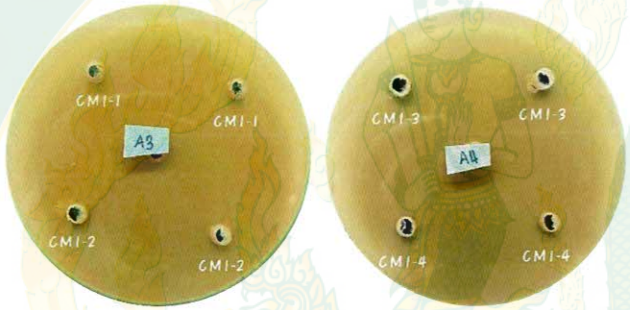
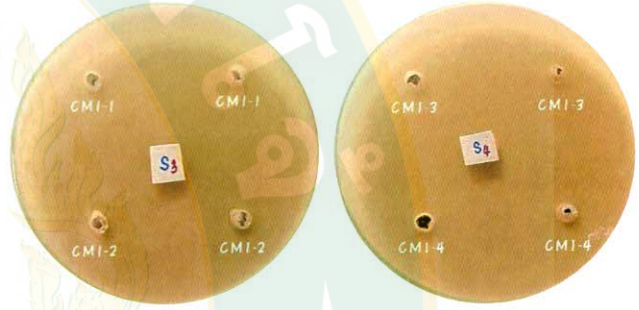
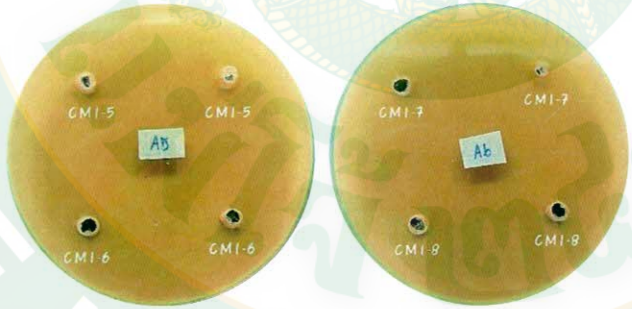
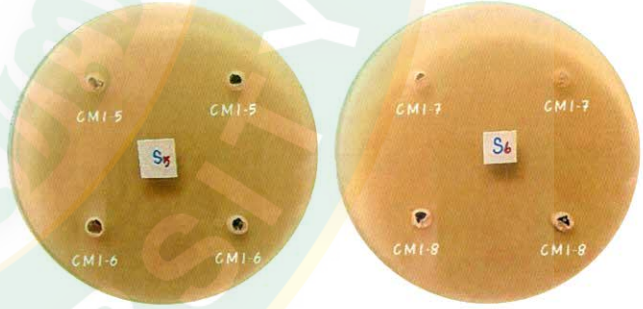
ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CM3-1	น้ำ		 โคโลนีสีขาวใส รูปร่างกลม ขนาด 0.1-0.2 mm ขอบเรียบ ผิวหน้ามันวาว ติดสีแกรมบวก รูปร่างกลม อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	ไม่สร้างสปอร์
CR1-2	ลำไส้		 สีขาวขุ่น กลม มันวาว ผิวเรียบ ขอบเรียบ แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ยาว 1.5-3 µm หนา 1 µm อยู่เปเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์

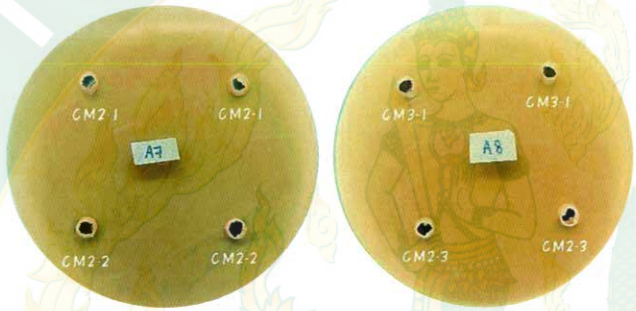
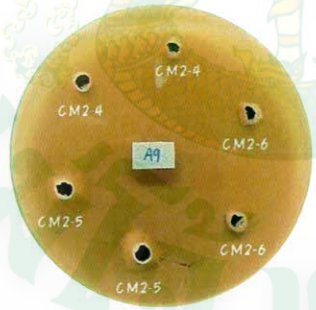
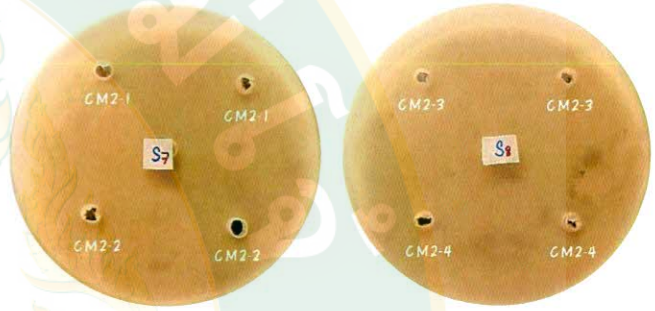
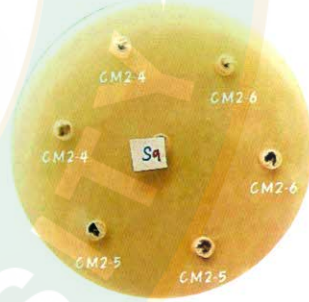
ตัวอย่าง*	แหล่งที่มา**	การเจริญเติบโต	โคโลนี,การติดสีแกรม	Endospore stain
CR4-1	ลำไส้		 สีขาว กลม มันวาวขอบเรียบ ผิวเรียบ แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1-2.5 µm หนา 0.5 µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์
CR10-5	ดิน		 สีขาวใส กลม ขอบเรียบ ผิวหยาบ แกรมบวก รูปร่างแท่งสั้น ความยาว 1.5-2.5 µm หนา 1 µm อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว	สร้างสปอร์

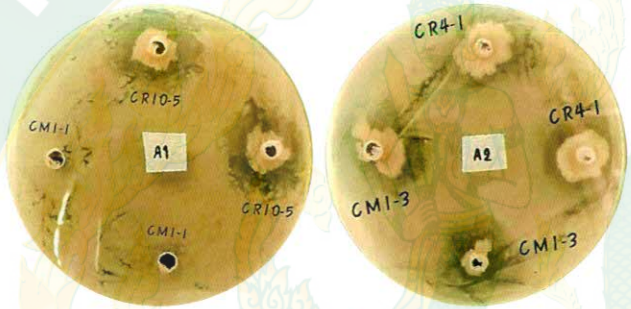
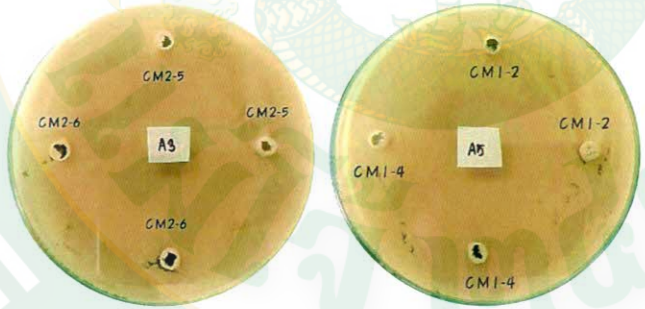
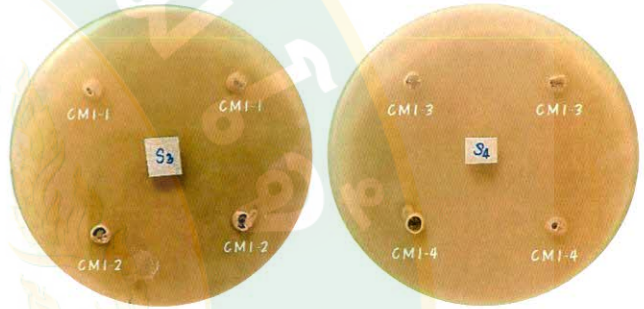
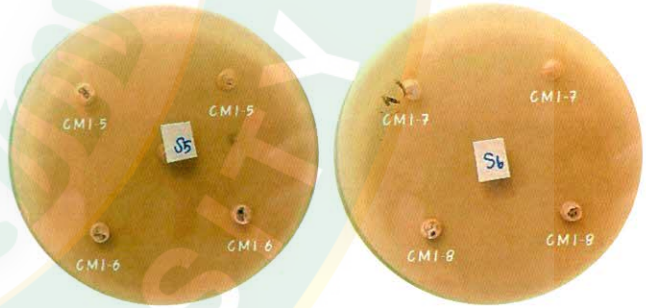
หมายเหตุ *ตัวอย่าง CM01: ลำไส้ปลา, CM02: ดิน, CM03 : น้ำ

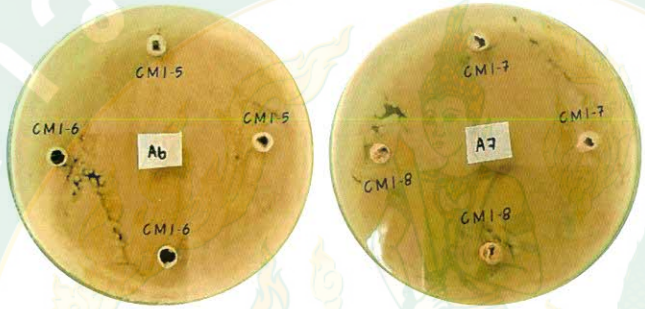
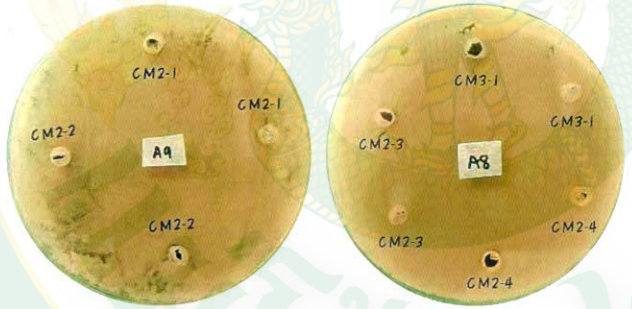
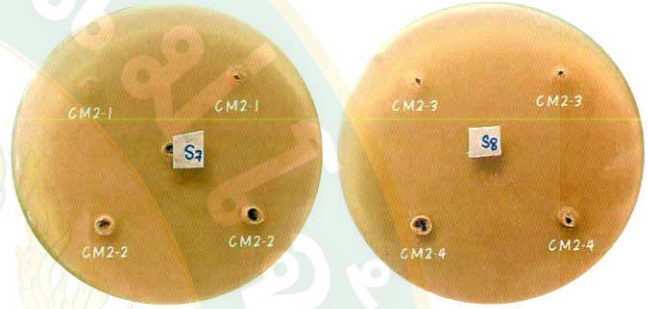
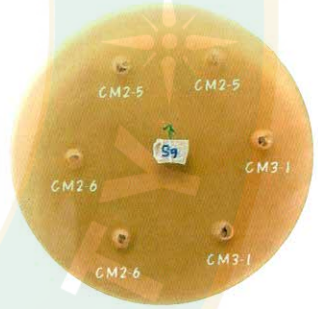
** แหล่งที่มาตัวอย่างบ่ออนุบาลปลานิลมหาวิทยาลัยแม่โจ้

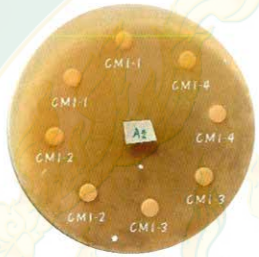
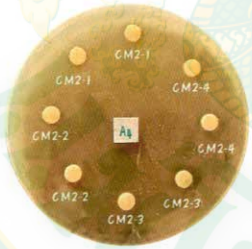
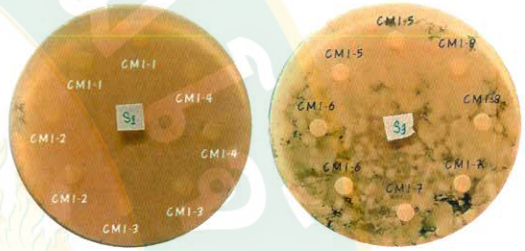
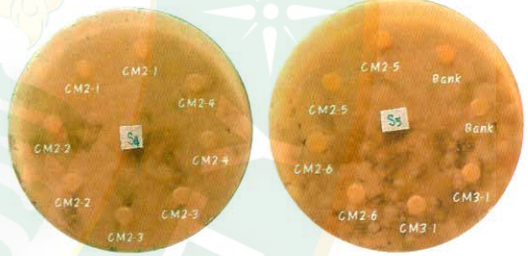
ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการเกิด Clear zone

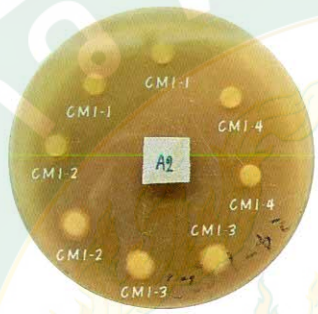
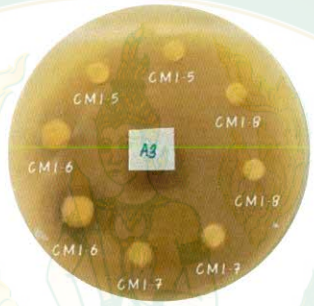
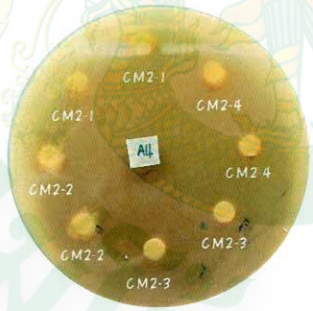
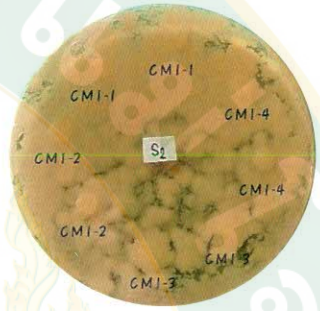
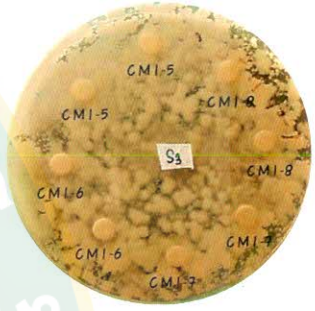
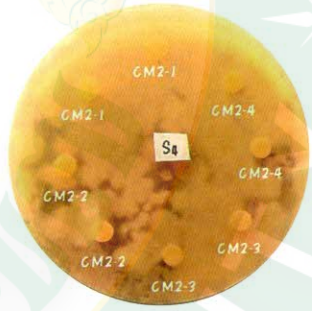
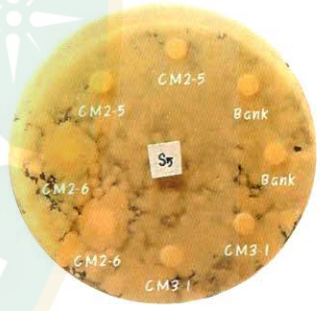
method	แหล่งที่มา**	การทดสอบกับเชื้อ *Aeromonas hydrophila*	การทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus agalectiae*
Agar well diffusion method	(1) Suppernatant 48 hr.	 รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-2, CM1-3 และ CM1-4 ไม่เกิดการ Clear zone	 รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-2, CM1-3 และ CM1-4 ไม่เกิดการ Clear zone
		 รหัสตัวอย่าง CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิดการ Clear zone	 รหัสตัวอย่าง CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิดการ Clear zone

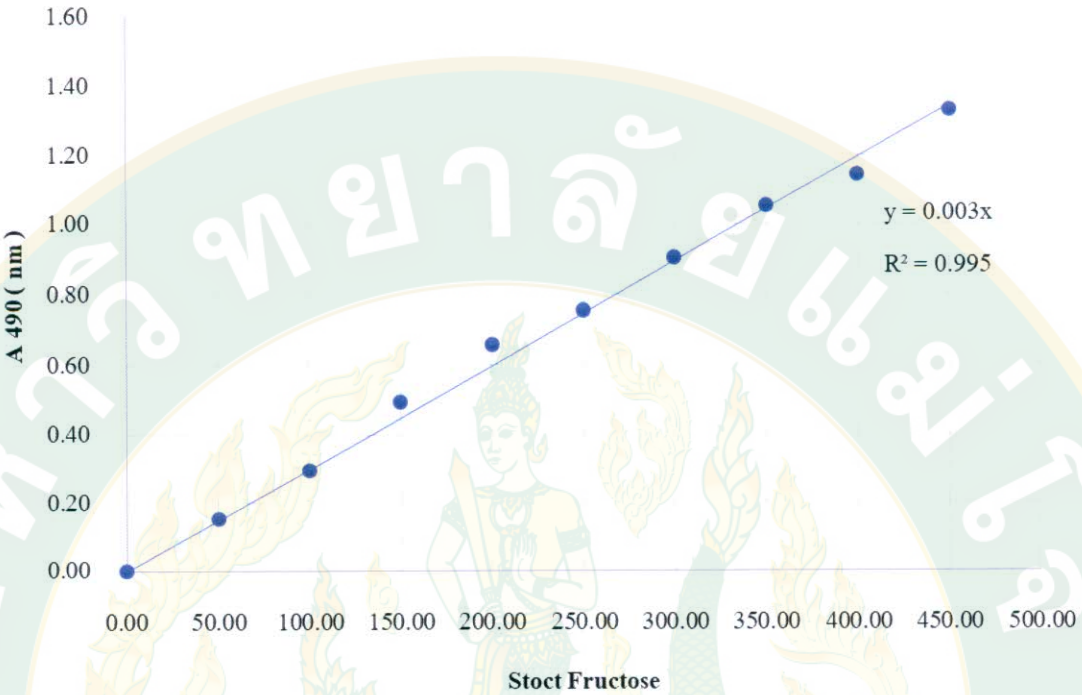
method	แหล่งที่มา**	การทดสอบกับเชื้อ ***Aeromonas hydrophila***	การทดสอบกับเชื้อ ***Staphylococcus agalectiae***
Agar well diffusion method	(1) Suppernatant 48 hr.	 รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM3-1 และ CM2-3 ไม่เกิดการ Clear zone  รหัสตัวอย่าง CM2-4, CM2-5 และ CM2-6 ไม่เกิดการ Clear zone	 รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM3-1 และ CM2-3 ไม่เกิดการ Clear zone  รหัสตัวอย่าง CM2-4, CM2-5 และ CM2-6 ไม่เกิดการ Clear zone

method	แหล่งที่มา**	การทดสอบกับเชื้อ *Aeromonas hydrophila*	การทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus agalectiae*
Agar well diffusion method	(2) Sedimen 48 hr.	 รหัสตัวอย่าง CM1-1 ไม่เกิดการ Clear zone และ CM1-3 เกิดการ Clear zone 10 mm  รหัสตัวอย่าง CM2-5, CM2-6, CM1-2 และ CM1-4 ไม่เกิดการ Clear zone	 รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-2, CM1-3 และ CM1-4 ไม่เกิดการ Clear zone  รหัสตัวอย่าง CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิดการ Clear zone

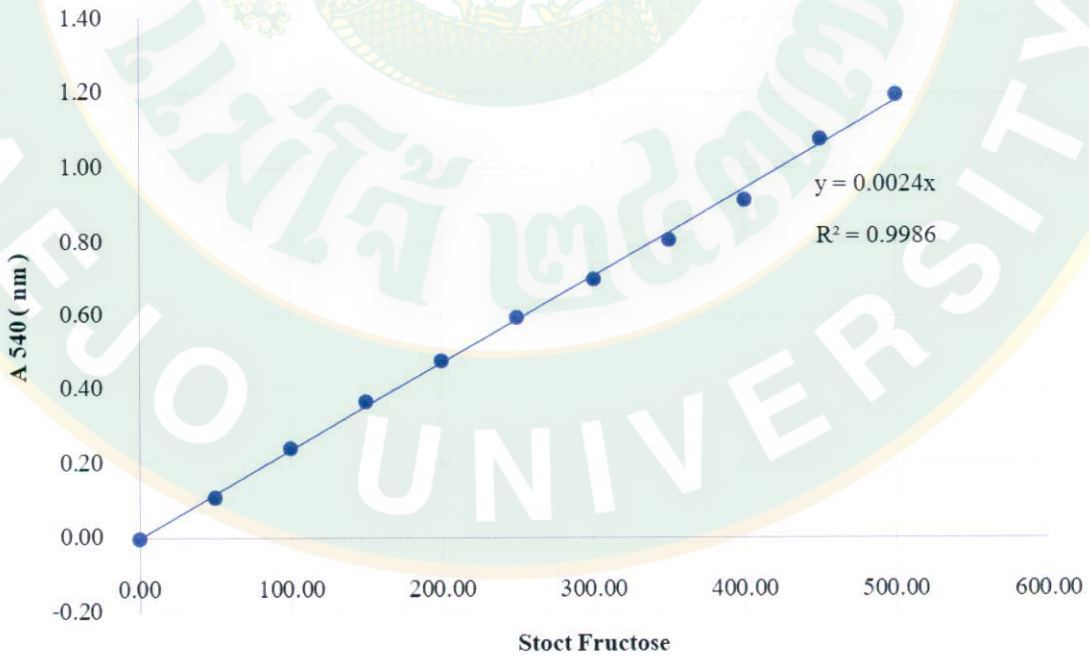
method	แหล่งที่มา**	การทดสอบกับเชื้อ *Aeromonas hydrophila*	การทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus agalectiae*
Agar well diffusion method	(2) Sedimen 48 hr.	 รหัสตัวอย่าง CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิดการ Clear zone  รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM3-1, CM2-3 และ CM2-4 ไม่เกิดการ Clear zone	 รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM2-3 และ CM2-4 ไม่เกิดการ Clear zone  รหัสตัวอย่าง CM2-5 และ CM3-1 ไม่เกิดการ Clear zone รหัสตัวอย่าง CM2-6 เกิดการ Clear zone

method	แหล่งที่มา**	การทดสอบกับเชื้อ ***Aeromonas hydrophila***	การทดสอบกับเชื้อ ***Staphylococcus agalectiae***
Agar disk diffusion method	(1) Suppernatant 48 hr.	 รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-4, CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิด Clear zone รหัสตัวอย่าง CM1-2 และ CM1-3 เกิด Clear zone 1 mm  รหัสตัวอย่าง CM2-1 เกิด Clear zone 1 mm รหัสตัวอย่าง CM2-3 และ CM2-4 เกิด Clear zone 2 mm รหัสตัวอย่าง CM2-2, CM3-1, CM2-5 และ CM2-6 ไม่เกิด Clear zone	 รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-2, CM1-3, CM1-4, CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิด Clear zone  รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM2-3, CM2-4, CM2-5, CM2-6 และ CM3-1 ไม่เกิด Clear zone

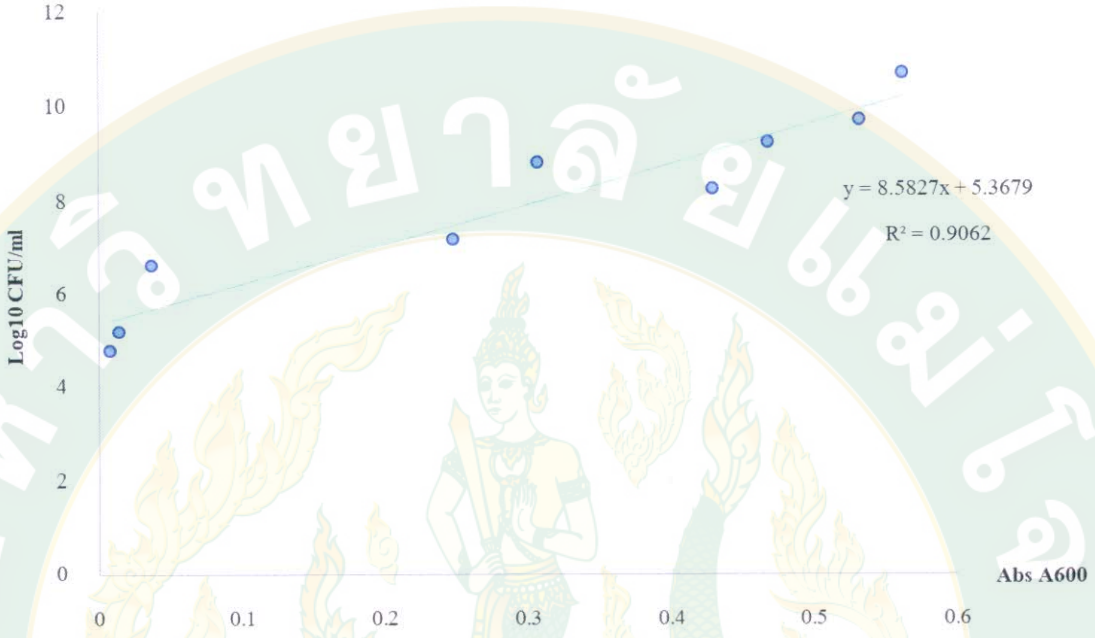
method	แหล่งที่มา**	การทดสอบกับเชื้อ *Aeromonas hydrophila*	การทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus agalectiae*
Agar disk diffusion method	(2) Sedimen 48 hr.	  รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-2, CM1-3, CM1-4, CM1-5, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิดการ Clear zone รหัสตัวอย่าง CM1-6 เกิดการ Clear zone 8 mm  รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM2-3, CM2-4, CM3-1, CM2-5 และ CM2-6 ไม่เกิดการ Clear zone	  รหัสตัวอย่าง CM1-1, CM1-2, CM1-3, CM1-4, CM1-5, CM1-6, CM1-7 และ CM1-8 ไม่เกิดการ Clear zone   รหัสตัวอย่าง CM2-1, CM2-2, CM2-3, CM2-4, CM3-1, CM2-5 และ CM2-6 ไม่เกิดการ Clear zone



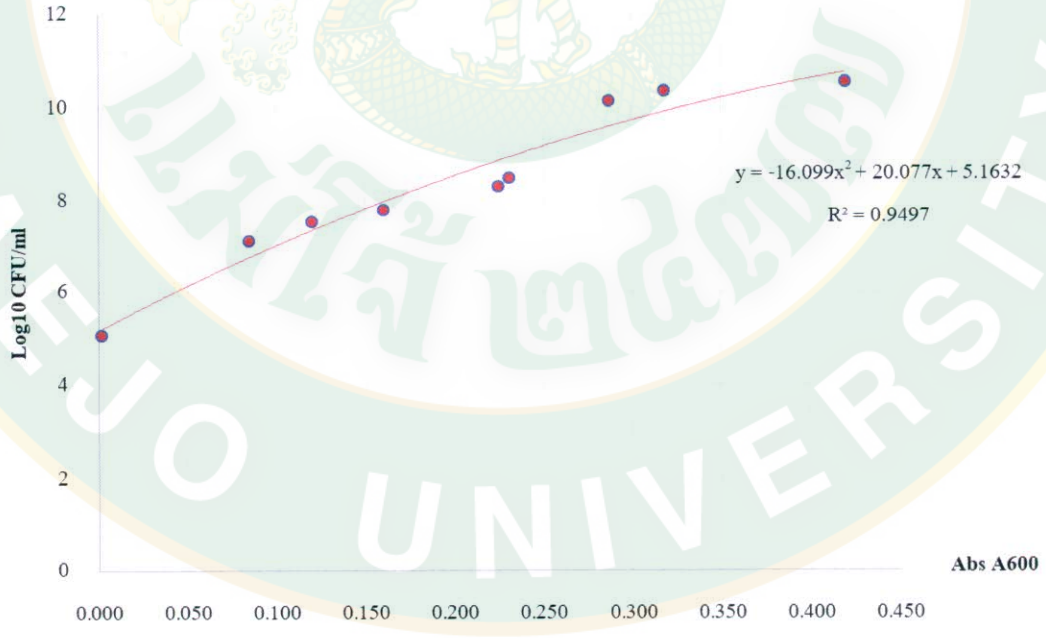
ภาพผนวกที่ 21 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลทั้งหมด



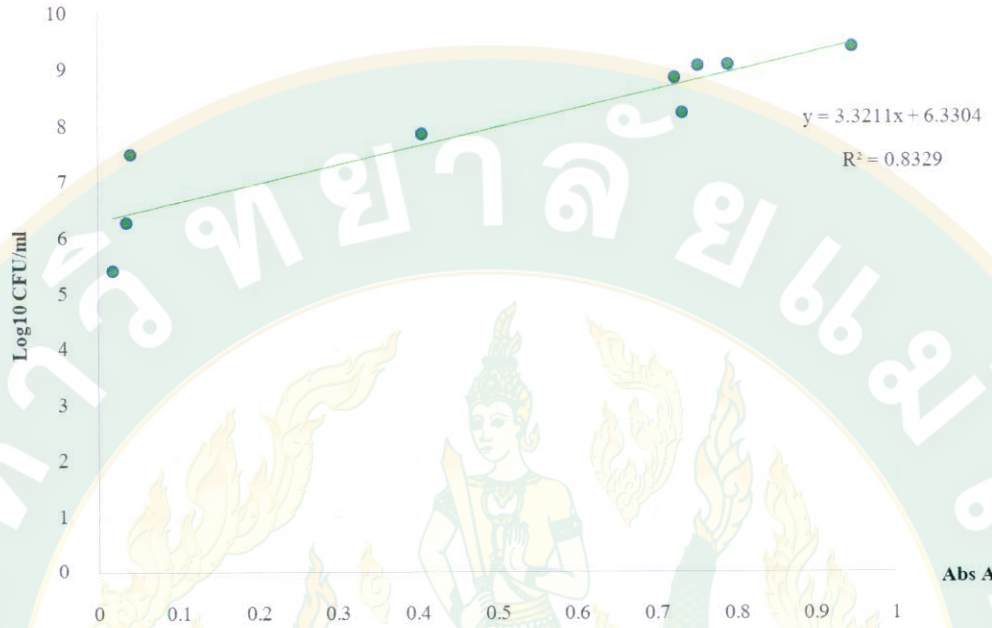
ภาพ 22 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์ DNS



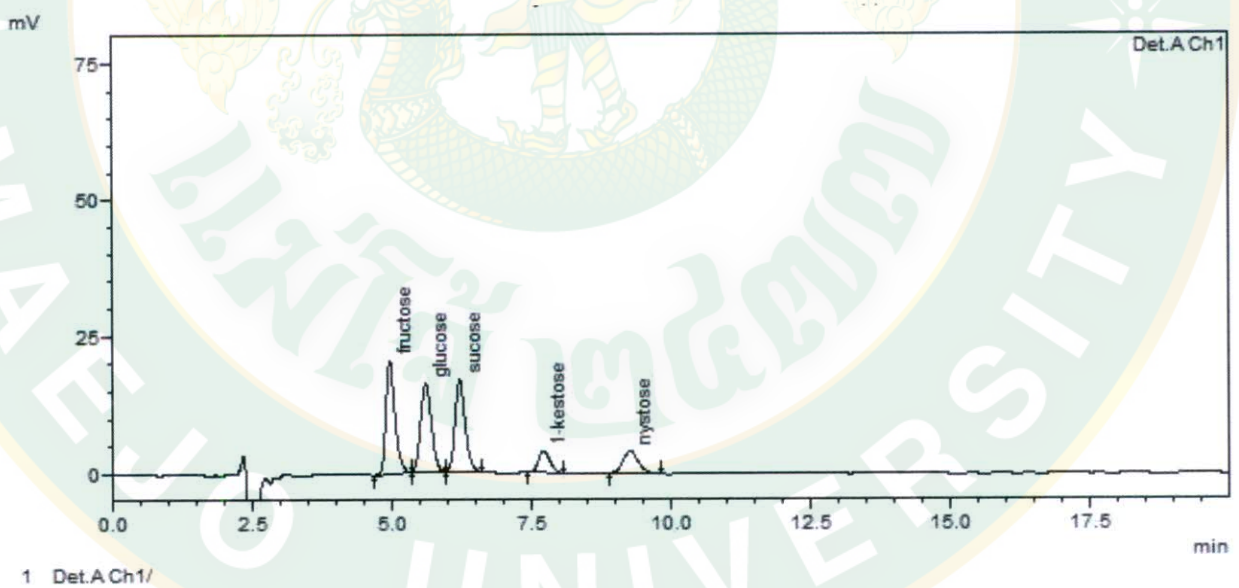
ภาพ 23 กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis*



ภาพ 24 กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Aeromonas hydrophila*



ภาพ 25 กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus agalactiae*



ภาพ 26 กราฟมาตรฐานโครมาโทแกรมแสดงชนิดของน้ำตาลด้วยเทคนิค HPLC

ภาคผนวก ก โครงการย่อย 4 เรื่องการบริหารจัดการการผลิตและสุขภาพปลานิลเพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อความมั่นคั่งและยั่งยืนของธุรกิจ

Production and Health Management of Tilapia for Prosperous and Sustainable Business

ภาพการลงพื้นที่สำรวจและการตรวจโรคสัตว์น้ำ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างพื้นฐาน

ภาพผนวกที่ 27 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน อ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่

ภาพผนวกที่ 28 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน พรทิพย์ฟาร์ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

ภาพผนวกที่ 29 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน ฟาร์มพี่เบล อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

ภาพผนวกที่ 30 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดตาก

ภาพผนวกที่ 31 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดกำแพงเพชร

MAEJO UNIVERSITY

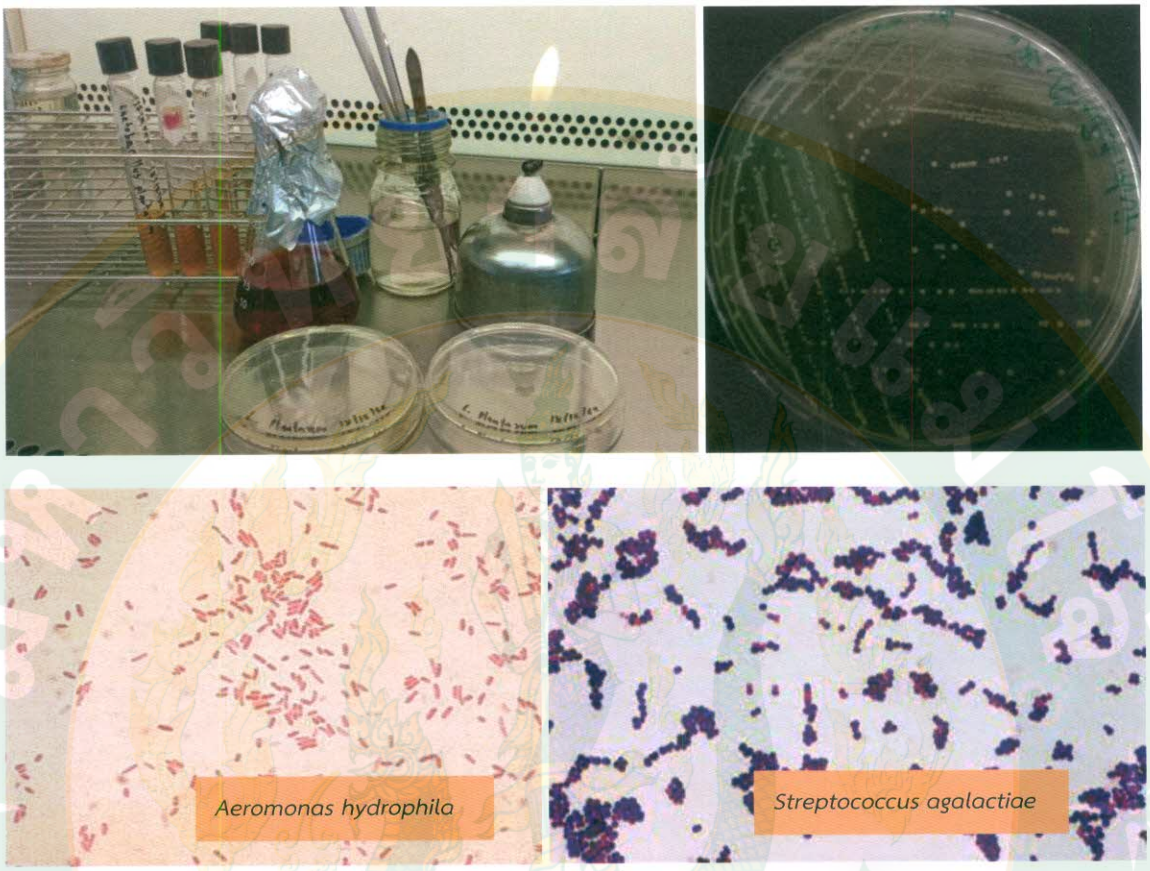
ภาพผนวกที่ 32 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดพิษณุโลก

ภาพผนวกที่ 33 ลงพื้นที่สำรวจการเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

MAEJO UNIVERSITY

ภาพผนวกที่ 34 การตรวจสอบปรสิตภายนอกและภายในของปลานิล

MAEJO UNIVERSITY



ภาพผนวกที่ 35 การแยกเชื้อแบคทีเรียบนอาหารวุ้น TSA (Gibco) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 °C เป็นเวลา 24 – 36 ชั่วโมง เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้จะถูกจัดจำแนกชนิดตามลักษณะการย้อมสีผนังเซลล์และลักษณะทางชีวเคมีเบื้องต้น

MAEJO UNIVERSITY

ภาพผนวกที่ 36 การทดสอบความไวของยาปฏิชีวนะจากเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากปลาที่เป็นโรค โดยใช้วิธี Disk diffusion technique