รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture friendly to the environment

นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ
นางสาวอัจฉรี เรืองเดช

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2557
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
แหล่งเงิน งบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 398,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2557
หัวหน้าโครงการ นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ
ผู้ร่วมโครงการวิจัย นางสาวอัจฉรี เรืองเดช
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระลาดบัง

บทคัดย่อ

มูลปลานิลที่นำของเสียจากการเลี้ยงสามารถนำมาใช้เลี้ยงแหนเป็ด และแหนแดงหลังจากนั้นนำแหนเป็ดและแหนแดงมาผสมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลานิล เพื่อใช้ทดแทนอาหารสำเร็จรูป โดยทดลองใช้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กและขนาดกลาง อาหารสำเร็จรูปผสมแหนเป็ด และแหนแดง เลี้ยงปลานิลขนาด 14.31±0.08 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก มีการเติบโตสูงสุด 97.27±2.36 กรัม แตกต่างกับปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนเป็ด และแหนแดง ส่วนปลานิลขนาด 43.82±0.43 กรัม ที่ใช้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง และอาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนเป็ด เลี้ยงปลานิลเป็นระยะเวลา 35 วัน พบว่ามีการเติบโต 99.09±1.25 และ 97.88±0.12 กรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสามารถทดแทนอาหารสำเร็จรูปได้ คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง พบว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.33±0.03 ถึง 28.73±0.03 °C ออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 6.56±0.01 ถึง 7.74±0.03 mg/l ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.17±0.03 ถึง 7.56±0.02 ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.11±0.00 ถึง 0.16±0.00 mg/l การนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.24±0.00 ถึง 0.35±0.00 µS/cm ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 60.00±0.00 ถึง 83.33±3.33 mg/l แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.329±0.031 ถึง 0.624±0.058 mg/l ไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.0011±0.000 ถึง 0.194±0.011 mg/l ค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 2.88±0.00 ถึง 7.05±0.00 mg/l และออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.042±0.000 ถึง 1.523±0.032 mg/l

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก *Ankistrodesmus* sp. ที่เลี้ยงในปุ๋ยหมักมูลปลานิล โดยวางแผนการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของมูลปลานิล 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมต่อลิตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เป็นเวลา 8 วัน สังเกตการเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 2.0 กรัมต่อลิตร มีจำนวนเซลล์มากที่สุด 540.33 ±10.73 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่ามูลปลานิลสามารถนำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กได้ และทำการศึกษาการเติบโตของไรน้ำนางฟ้า (*Streptocephalus siamensis*) โดยเลี้ยงด้วย *Ankistrodesmus* sp. ที่ระดับความหนาแน่น 3, 6, 9, 12, 15 และ18 ตัวต่อลิตร ในน้ำ 2 ลิตร ทำการทดลอง 4 ซ้ำ พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยความหนาแน่น 18 ตัวต่อลิตร จะมีอัตรารอด สูงสุด 97.91 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพน้ำความเป็นกรด -ด่าง ความเป็นด่าง มีเหมาะสม แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท มีปริมาณสูงเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การเลี้ยงปลานิล ระบบหมุนเวียนน้ำ สิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
สารบัญ	II
สารบัญตาราง	III
สารบัญภาพ	II
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการวิจัย	26
บทที่ 5 สรุป	46
บรรณานุกรม	47
ประวัติคณะผู้วิจัย	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	โภชนศาสตร์ (% น้ำหนักแห้ง) ในแหนเป็ด	6
2	ผลพารามิเตอร์ต่างๆ ในบ่อที่มี และไม่มีแหนเป็ด	7
3	พารามิเตอร์คุณภาพน้ำของระบบน้ำหมุนเวียน	8
4	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อที่มีและไม่มีแหน	8
5	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของ azolla ที่แตกต่างกันโดยประมาณจากการเพาะเลี้ยงในสถานที่จริง	10
6	ความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาว น้ำหนักของปลาที่เลี้ยงในบ่อทดลอง	10
7	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่แตกต่างกันในถังทดลอง	11
8	ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) และปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ที่มีอยู่ในอาหาร กระชัง ปลา ของเสีย และอัตราของการนำของเสียกลับไปใช้ประโยชน์	12
9	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของไรน้ำนางฟ้าไทย (กรัม) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ตั้งแต่อายุ 5จนถึงอายุ 20 วัน	18
10	อัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าไทย (ร้อยละ) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ตั้งแต่อายุ 5 จนถึงอายุ 20 วัน	19
11	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ตั้งแต่อายุ 5 วันจนถึงอายุ 20 วัน	19
12	การวิเคราะห์องค์ประกอบค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า แสดงให้ เห็นเป็นเปอร์เซ็นต์ในไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae*) ไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) ไรน้ำนางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis*) เมื่อเทียบกับไรทะเล *(Artemia)*	20
13	โภชนศาสตร์ในอาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กและอาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนเป็ดและแหนแดง (% น้ำหนักแห้ง)	26
14	น้ำหนักลูกปลานิล (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กและผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	20
15	น้ำหนักลูกปลานิลขนาดกลาง (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางและผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	28
16	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	29
17	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ความเป็นกรด-ด่าง ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	31
19	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	32
20	การนำไฟฟ้า (μ S/cm) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	33
21	ค่าความเป็นด่าง (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	34
22	ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	35
23	ปริมาณไนไตรท์ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	36
24	ปริมาณ COD (mgO_2/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	37
25	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	38
26	การเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก *Ankistrodesmus* sp. ในระดับของการใช้มูลปลาที่แตกต่างกัน ($x10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	40
27	น้ำหนักและอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าที่เลี้ยงด้วย *Ankistrodesmus* sp. ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลปลานิล	41
28	ค่าการนำไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)	42
29	ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่างในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)	43
30	แสดงปริมาณค่าความเป็นด่างในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)	44
31	แอมโมเนียในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)	44
32	ไนไตรท์ในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)	45
33	ไนเตรทในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปปลานิล *Oreochromis nilotica*	5
2	ลักษณะทั่วไปแหนเป็ด : *Lemna perpusilla* Torrey	6
3	ลักษณะทั่วไปแหนแดง (*Azolla pinnata* R.Br.)	9
4	คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เหล็ก และอะลูมิเนียมในตะกอนดินและในตัวดักตะกอน (น้ำหนักแห้ง) เมื่อทำการหยุดให้อาหารวันที่ 51 และเริ่มให้ใหม่วันที่ 65	13
5	กราฟการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียว	16
6	ภาพแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด ในตะกอนบริสุทธิ (PIW) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง (DIW) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง + ไนโตรเจน (DIW) (+N) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง + ฟอสฟอรัส (DIW) (+P) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง + ซิลิก้า (DIW) (+Si) และชุดที่ + NPSi และคอนเวย์	17
7	น้ำหนักเฉลี่ยลูกปลานิล (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	27
8	น้ำหนักเฉลี่ยลูกปลานิล (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	28
9	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	29
10	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	30
11	ความเป็นกรด -ด่าง ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	31
12	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	32
13	การนำไฟฟ้า (μ S/cm) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	33
14	ค่าความเป็นด่าง (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	34
15	ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	35
16	ปริมาณไนไตรท์ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ปริมาณ COD (mgO_2/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	38
18	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง	39
19	การเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นที่ระดับของการใช้มูลปลาที่แตกต่างกัน	40
20	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของไรน้ำนางฟ้าที่เลี้ยงในความหนาแน่นที่ต่างกันที่เลี้ยงด้วย *Ankistrodesmus* sp.	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายและมีผู้นิยมบริโภคจำนวนมาก ทำให้มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายภายในประเทศ ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลนิยมเลี้ยงในบ่อดินและในกระชัง ยังมีการควบคุมปริมาณของเสียไม่ให้ลงสู่สิ่งแวดล้อมน้อยมากทำให้ในอนาคตจะส่งผลกระทบต่อระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม แต่ถ้าระบบการเลี้ยงปลานิลมีการจัดการของเสียที่ดีจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถ ช่วยรักษาคุณภาพน้ำในธรรมชาติให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้เป็นระยะเวลานานและมีความยั่งยืน ทำให้ได้ผลผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพ ดังนั้น การศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ระบบการเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำที่มีระบบรวบรวมตะกอนและน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า ซึ่งเป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทำให้ได้ผลผลิตไรน้ำนางฟ้าเพิ่มจากผลผลิตปลานิล นอกจากนี้ยังใช้ตะกอนและน้ำทิ้งเป็นปุ๋ยเลี้ยงแหนแดงและ นำมาอบแห้งผสมกับอาหารสำเร็จรูปทำให้สามารถลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิล วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการควบคุมระบบการเลี้ยงปลานิลแบบชีวภาพที่นำตะกอน และน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่แทนการปล่อย ลงสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงปลานิลที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล นักวิจัย นักวิชาการ สถาบันการศึกษาและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลผลิตและอัตรารอดของปลานิลที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ไม่ปล่อยของเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม (เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม)
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแบบระบบหมุนเวียนน้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อศึกษา การนำตะกอนมูลปลานิลและน้ำทิ้ง ไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า แหนเป็ด และแหนแดงในระบบการเลี้ยงปลานิลแบบระบบหมุนเวียนน้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลนิยมเลี้ยงในบ่อดินและในกระชัง ซึ่งมีการควบคุมปริมาณของเสีย จากการเลี้ยงปลานิลไม่ให้ลงสู่สิ่งแวดล้อมยังมีน้อยมาก ทำให้ในอนาคตจะส่งผลกระทบกลับมายังระบบการเลี้ยงและธรรมชาติ การศึกษาระบบเลี้ยงปลานิลที่สามารถจัดการของเสียในระบบการเลี้ยงไม่ให้ปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม จะเป็นวิธีช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำในธรรมชาติมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในระบบการเลี้ยงได้เป็นระยะเวลานาน และมีความยั่งยืนต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้น การศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลที่เป็นมิตร กับสิ่งแวดล้อม โดยใช้ระบบการเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำที่มีระบบรวบรวมตะกอน และน้ำทิ้งกลับมาไปใช้ประโยชน์สำหรับเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กและนำมาเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าซึ่งเป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทำให้ได้ผลผลิตไรน้ำนางฟ้าเพิ่มจากผลผลิตปลานิล นอกจากนี้ยังใช้ตะกอนและน้ำทิ้งเป็นปุ๋ยเลี้ยงแหนแดงและ นำมาอบแห้งผสมกับอาหารสำเร็จรูปทำให้สามารถลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลได้ วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการควบคุมระบบการเลี้ยงปลานิลแบบชีวภาพที่สามารถนำตะกอน และน้ำทิ้งกลับมาใช้แทนการปล่อย ลงสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงปลานิลที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล นักวิจัย นักวิชาการ สถาบันการศึกษาและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายและมีผู้นิยมบริโภคจำนวนมาก ทำให้มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายภายในประเทศ ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลนิยมเลี้ยงในบ่อดินหรือในกระชังในบ่อดิน และในกระชังในแหล่งน้ำธรรมชาติมีการให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดลอยน้ำมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ (Chareontesprasit and Jiwyam, 2001; Saber et al., 2004) เกษตรกร ผู้เลี้ยงบางรายมีการให้แหนแดง หรือแหนเป็ดซึ่งมีโปรตีนอยู่ในช่วง 15-35 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารเสริมระหว่างการเลี้ยง (Bairagi et al., 2002; Azim and Wahab, 2003; Saber et al., 2004; Ariyaratne, 2010) การเลี้ยงปลานิลในบ่อดินหรือเลี้ยงในกระชัง ที่อยู่ในบ่อดินจะใช้การเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งมีตะกอนที่มีธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสตกค้างอยู่มาก ส่วนการเลี้ยงในกระชังตามแม่น้ำการไหลของกระแสน้ำจะพัดพาไปตามธรรมชาติ ซึ่ง ยากในการควบคุมปริมาณของเสียจากการเลี้ยงปลานิลไม่ให้ไหลลงสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวิธีการเลี้ยงที่สามารถควบคุมปริมาณตะกอนและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องอาศัยระบบการเลี้ยงปลานิลในระบบหมุนเวียนน้ำ มีระบ บรวมตะกอน และระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยใช้ไรน้ำนางฟ้าและแหนแดงมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจะทำให้การเลี้ยงปลานิลเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากแหนแดงจะช่วยดูดซับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไปใช้ในการเติบโต (Bairagi et al., 2002; Azim and Wahab, 2003) นอกจากนี้ตะกอนและน้ำทิ้งยังสามารถนำไปใช้เลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า ซึ่งเป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสารสีที่ช่วยกระตุ้นการเร่งสีของสัตว์น้ำ (นุกูล และละออศรี, 2547; ละออศรี และคณะ, 2549; Murugan et al., 1995) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันไรน้ำนางฟ้ายังมีราคาสูง ดังนั้น การใช้แหนแดงและการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าจะเป็นแนวทางที่ช่วยลดปริมาณสารตกค้างในตะกอนและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปลาในกลุ่มปลานิลหรือที่นิยมเรียกว่า tilapia เป็นกลุ่มปลาที่อยู่ในวงศ์ Cichlidae ประกอบด้วยปลาในสกุล tilapia, sarotherodon และ oreohcromis ส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ปลาในกลุ่มนี้สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย (Nelson, 1994) ปัจจุบันปลาในกลุ่มนี้โดยเฉพาะปลานิล (*Oreohcromis niloticus*) จัดว่ามีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างสูง เห็นได้จากมีคนนิยมนำมาเลี้ยงและบริโภคกันอย่างกว้างขวาง ลักษณะพิเศษของปลานิลคือ ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวนครีบหลังมีเพียง 1 ครีบ ประกอบด้วยก้านครีบแข็งและก้านครีบอ่อนเป็นจำนวนมาก ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล บริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบก้นและครีบหาง จะมีจุดสีขาวและสีดำตัดขวาง สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพแวดล้อม เพาะเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปริมาณความดกของไข่สูง ให้ผลผลิตและมีความต้านทานโรคสูง การแพร่ขยายพันธุ์ปลานิล สามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้ตลอดทั้งปี โดยเฉลี่ยวางไข่ 2-3 เดือนต่อครั้ง ปลาเพศผู้ มีหน้าที่สร้างรังไข่ในการวางไข่ผสมพันธุ์ เมื่อไข่ผสมพันธุ์กับน้ำเชื้อแล้วปลาเพศเมียจะอมไข่และฟักไข่ในปากต่อไป ปริมาณไข่ที่ได้จะอยู่ระหว่าง 50-600 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่ปลา ไข่ของปลานิลจะเป็นไข่ประเภทจม สีเหลืองอมน้ำตาล การวางไข่ของแม่ปลาจะแตกต่างกันตามขนาดและฤดูกาล จำนวนไข่และลูกปลาที่เกิดขึ้นจากการวางไข่ของแม่ปลาขนาด 13-17 เซนติเมตร. จะอยู่ระหว่าง 64-655 ฟอง (ทัศนีย์, 2524) นอกจากนี้ พรรณี (2526) กล่าวว่า ขณะที่ปลานิลวางไข่ปลาตัวผู้จะปล่อยน้ำเชื้อเข้าผสม เมื่อไข่ถูกผสมเรียบร้อย แม่ปลาจะเก็บไข่ไว้ในช่องปาก พฤติกรรมนี้สามารถนำไปใช้เป็นหลักการสังเกตการวางไข่ของปลานิลได้ โดยดูว่าปากตัวเมียตัวไหนขยายกว้างกว่าปลาปกติ และมีอาการเคี้ยวเอื้องตลอดเวลาคล้ายกับอมอะไรในปาก อีกประการหนึ่งคือ ไม่ยอมกินอาหาร แสดงว่าปลาตัวเมียตัวนั้นวางไข่

สายพันธุ์ปลานิล

ปัจจุบันปลานิลไทย (ภาพที่ 1) ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์จากหน่วยงานของรัฐ และบริษัทเอกชน ทำให้เกิดเป็นปลานิลสายพันธุ์ใหม่ๆ ประมาณ 7 สายพันธุ์ ดังนี้

1. สายพันธุ์จิตรลดา เป็นปลานิลที่เจ้าชายอากิฮิโตมกุฎราชกุมารแห่งราชอาณาจักรญี่ปุ่นทูลเกล้าถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ซึ่งพระกรุณาโปรดเกล้าให้เลี้ยงไว้ที่ตำหนักจิตรลดารโหฐาน พร้อมกับพระราชทานชื่อว่า “ปลานิล” ต่อมาทรงพระราชทานปลานิลให้กรมประมงนำไปเพาะพันธุ์ขยายให้แก่เกษตรกรทั่วประเทศ

2. สายพันธุ์จิตรลดา 1 เป็นสายพันธุ์ปลาที่กรมประมงทำการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการคัดพันธุ์จากปลานิลในพระตำหนักจิตรลดารโหฐาน ประมาณ 7 ชั่วอายุ ทำให้ได้ปลาสายพันธุ์ใหม่ที่มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าสายพันธุ์เดิม ประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์

3. สายพันธุ์จิตรลดา 2 (genefically male tilapia; GMT) เป็นปลาได้จากพันธุกรรมในปลานิลสายพันธุ์อียิปต์ให้พ่อพันธุ์มีโครโมโซมเพศเป็น YY ที่เรียกว่า YY – male หรือพ่อพันธุ์ซุปเปอร์เมล (YY) ซึ่งเมื่อนำไปผสมกับแม่พันธุ์ปกติจะได้ลูกปลานิลเพศผู้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สายพันธุ์จิตรลดา 3 (genefically improved farmel tilapis Line; GIFT) เป็นปลานิลปรับปรุงพันธุ์ด้วยการคัดพันธุ์ปลานิล 8 สายพันธุ์ ประมาณ 5 ชั่วอายุ (F5) ซึ่งกรมประมงนำเข้ามาจากประเทศฟิลิปปินส์ แล้วทำการคัดพันธ์ต่อประมาณ 2 ชั่วอายุ ได้ปลานิลที่มีหัวเล็ก ตัวกว้าง เนื้อหนา เจริญเติบโตเร็วได้ขนาด 3-4 ตัวต่อกิโลกรัม ภายใน 6-8 เดือน ผลผลิตสูงกว่าปลาทั่วไป 40 เปอร์เซ็นต์ อัตรารอดสูงกว่าปลานิลปกติ 24 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ปลานิลจิตรลดา 3 จึงเป็นพันธุ์ที่กรมประมงส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงในปัจจุบัน

5. สายพันธุ์ CP เป็นปลานิลสีดำลูกผสมจากปลานิล 3 ชนิด คือ *Oreochromis niloticus, O. mosamlicus, O. ausres* ของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์ อาหารสัตว์จำกัด (มหาชน) ปลานิลนี้ถูกพัฒนาด้วยการคัดพันธุ์ต่อมาเรื่อยๆ จนได้ปลานิลลูกผสมที่มีลำตัวกว้าง เนื้อหนา สามารถทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง จึงถูกนำไปเลี้ยงแทนที่กุ้งกุลาดำระบบปิด เพื่อทำให้ที่ควบคุมปริมาณพรรณไม้น้ำ

6. สายพันธุ์นิลแดง จากการตรวจสอบโดยมหาวิทยาลัยสเตอร์ลิ่งและมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ด้วยวิธี electorphoresis พบว่าปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยในปัจจุบันเป็นลูกผสมระหว่างปลานิล *Oreochromis niloticus* และปลาหมอเทศ *O. mosamlicus* มีรูปร่างเหมือนปลานิล มีสีแดง สีแดงส้ม สีขาว สีส้ม สามารถเลี้ยงได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และทะเล เนื่องจากมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถอยู่ในน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 11-35 ppt

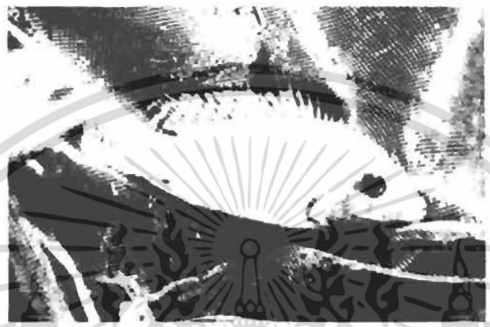
7. นิลแดงสายพันธุ์ทับทิม เป็นปลานิลสีแดงที่คัดพันธุ์มาจากปลานิล 3 ชนิด คือ *Oreochromis niloticus, O. mosamlicus* ของบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหารสัตว์ จำกัด (มหาชน) ปลานิลนี้ถูกพัฒนาด้วยการคัดพันธุ์ต่อมาเรื่อยๆ จนได้พันธุ์ปลาที่มีความสามารถในการกินสูง จึงโตเร็ว สามารถทนความเค็มได้ถึง 30 ppt เป็นปลาที่มีเนื้อขาว ให้ผลผลิตสูงถึง 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ภายในเวลา 3 เดือน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

เจษฎา และคณะ (2549) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตและต้นทุนการผลิตของการ เลี้ยงปลานิล และปลาเปคูแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาดุก (ที่จำหน่ายตามท้องตลาด)มีระดับ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารทดลองที่มีแหนและผักตบชวาเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานที่ย่อยได้ (non – protein energy) ในระดับที่ดีที่สุด โดยนำปลานิลที่มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 23 กรัม มาปล่อยลงเลี้ยงในคอกขนาด 90 ตารางเมตร คอกละ 600 ตัว จำนวน 6 คอก ทำการทดลองเลี้ยง 40 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร และประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหาร พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลา 1 กิโลกรัม พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และพบว่ามีอัตราการรอดตายเท่ากับ 80.67 เปอร์เซ็นต์ และ 77.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนต้นทุนการผลิตทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 8,460.84 บาทต่อคอก (หรือเท่ากับ 35.07 บาทต่อกิโลกรัม) และ 6,559.71 บาทต่อคอก (หรือเท่ากับ 27.58 บาทต่อกิโลกรัม)ตามลำดับ และจะให้จุดคุ้มทุนต่อรุ่น แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 33.76 และ 25.70 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และจะให้จุดคุ้มทุนต่อปี แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 35.07 และ 27.58 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลโดยรวมแล้วพบว่าอาหารทดลองที่มีแหนและผักตบชวาเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานที่ย่อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(non – protein energy) ในระดับ 137.50 mgP/Kcal จะให้ผลที่ดีกว่าและประหยัดต้นทุนการผลิตได้ดีกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาดุกที่จำหน่ายตามท้องตลาดมาก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Oreochromis nilotica*
ชื่อสามัญ : nile tilapia
ชื่อไทย : ปลานิล



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปปลานิล *Oreochromis nilotica*

ลักษณะทั่วไปของแหนเป็ด

duckweed จัดอยู่ในวงศ์ Lemnaceae ในประเทศไทยพบ 3 ชนิด (species) ได้แก่ แหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor* L.) ดังภาพที่ 2 แหนเป็ดใหญ่ (*Spirodela polyrhiza* (L.) และไข่น้ำหรือผำ (*Wolffia arrhiza* L.) เป็นพืชที่ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง ขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและ ไม่อาศัยเพศ แต่ส่วนใหญ่ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกแผ่นใบใหม่ สภาพแหล่งน้ำธรรมชาติที่แหนเป็ดเล็ก แหนเป็ดใหญ่ และไข่น้ำเจริญเติบโต พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22.08–31.55 ^{0}C ค่าความเป็นกรด –ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.83–11.27 การนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 182.7-206.0 $\mu S.cm^{-1}$ ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 7.90–30.07 NTU ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) อยู่ในช่วง 0.167–1.556 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) อยู่ในช่วง 0.004 – 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร แหนเป็ด เป็นพืชลอยน้ำ มักพบเป็นแพ ลักษณะเป็นแผ่นใบเล็กๆ ลอยที่ผิวน้ำ มีรากเห็นเป็นเส้นดิ่งไม่แตกแขนง 1 เส้น ใบ อาจอยู่เดี่ยวๆ หรือเชื่อมกันเป็นกระจุก 2-5 ใบ สีเขียวอ่อน รูปใบไม่สมมาตร รูปไข่กลับ หรือรูปไข่แกมขอบขนาน ดอกมีขนาดเล็กออกเป็นช่อในถุงที่ขอบใบ แหนเป็ดเป็นพืชน้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์ได้ ซึ่งพบกระจายอยู่ทั่วไปตามแหล่ง นิศานาถ และคณะ (2549)

Leng *et al.* (1995) แหนเป็ดได้รับความนิยมนำมาเลี้ยงสัตว์และปลาเพื่อเป็นอาหารเสริมส่วนใหญ่จะให้ปริมาณโปรตีนที่สูง ผลผลิตของปลาสามารถกระตุ้นด้วยการให้แหนเป็ดเป็นอาหาร สามารถเพิ่มน้ำหนักให้ปลาจาก 2-3 ร้อยกิโลกรัม/เอกเตอร์/ปี จนถึง 10 ตัน/เอกเตอร์/ปี แหนเป็ดเติบโตในสภาวะที่

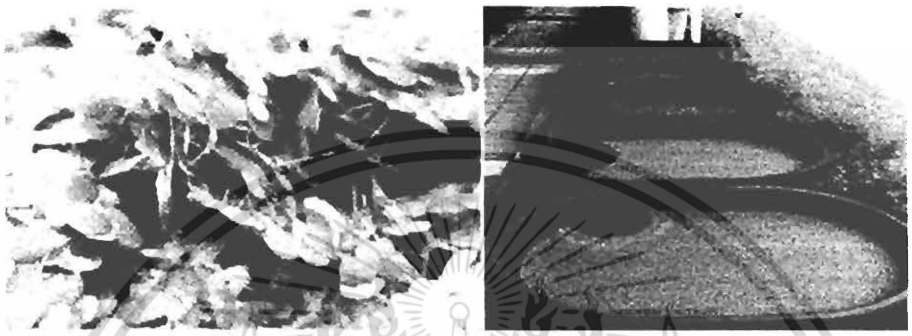
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมทำให้มีปริมาณเยื่อใยจาก 5 เป็น 15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน จาก 35 เป็น 43 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณไขมันอิ่มตัว จากปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (ตารางที่ 1)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Lemna perpusilla* Torrey

ชื่อวงศ์ : Lemnaceae

ชื่อไทย : แหนเป็ด



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปแหนเป็ด (*Lemna perpusilla* Torrey)

ตารางที่ 1 โภชนศาสตร์ (% น้ำหนักแห้ง) ในแหนเป็ด

	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย
บ่อธรรมชาติ	15-35	4.4	15	14-25
เจริญเติบโตในน้ำเสีย	40-43	5.4	13	5

ที่มา : Leng *et al.* (1995)

1. การใช้แหนเป็ดผสมในอาหารต่อการเติบโตของปลา

Saber *et al.* (2004) ทำการศึกษาทดลองการทดแทนปลาป่น ข้าวโพด ข้าวสาลี รำข้าวสาลี และน้ำมันปลาโดยใช้ แหนเป็ดอบแห้ง 2 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในรูปแบบแห้งและสด อาหารที่ให้ในทรีทเม้นท์ที่ 1 และ 2 ประกอบด้วยแหนเป็ดแห้ง 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในทรีทเม้นท์ที่ 3 และ 4 จะได้รับอาหารที่ผสมด้วยแหนเป็ดสดในอัตราส่วนเท่ากัน ในทรีทเม้นท์ที่ 5 จะเป็นทรีทเม้นท์ควบคุม ซึ่งให้เป็นอาหารปกติ ค่า SGR ของปลาที่ออกมาในทรีทเม้นท์ควบคุมและทรีทเม้นท์ที่ 1 ถึง 4 นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทรีทเม้นท์ควบคุมกับทรีทเม้นท์ที่ให้แหนเป็ด 20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ทรีทเม้นท์อื่นให้ค่า SGR ที่ต่ำกว่า (ตารางที่ 2)

Azim *et al.* (2003) ผลผลิตของปลาแสดงอัตรารอดไม่แตกต่างกันในทุกทรีทเม้นท์ แต่จะมีความแตกต่างเกี่ยวกับการเติบโตของปลาทุกชนิด ยกเว้น rohu ซึ่งพบระหว่างสองทรีทเม้นท์ แต่เมื่อมีการเลี้ยงรวมกับแหนเป็ด ให้ผลไม่แตกต่างกันกับทรีทเม้นท์ที่ไม่ได้เลี้ยงรวมกับแหนเป็ด (ตารางที่ 3) ในทรีท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม้นท์ควบคุมและทรีทเม้นท์ที่ 1 ถึง 4 นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่าง ทรีทเม้นท์ควบคุมกับทรีทเม้นท์ที่ให้แหนเป็ด 20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ทรีทเม้นท์อื่นให้ค่า SGR ต่ำกว่า

Bairagi *et al.* (2002) น้ำหนักเฉลี่ยของปลาเพิ่มขึ้น ในอาหารปลาทุกสูตร เมื่อเทียบกับอาหารควบคุมยกเว้นในทรีทเม้นท์ D4 ซึ่งมีส่วนผสมของแหนเป็ดอย่างเดียว 40 เปอร์เซ็นต์ โดยในสูตร D7 จะให้น้ำหนักปลาสูงสุด (% การเพิ่มของน้ำหนัก) และ SGR สูงสุด ค่า FCR ต่ำที่สุด (ตารางที่ 4) ในทรีทเม้นท์ที่ใช้ อาหารปลาสูตร D7 และสูงสุดที่อาหารสูตรอ้างอิง คือ D4

ตารางที่ 2 ผลพารามิเตอร์ต่างๆ ในบ่อที่มี และไม่มีแหนเป็ด

Species/parameters	Duckweed	Non-duckweed
Rohu		
Survival (%)	53	71
Individual weight gain (g)	67.33	56.10
SGR (% bwd $^{-1}$)	2.77	2.63
Net yield (kg ha $^{-1}$)	86.83	97.24
Catla		
Survival (%)	57	60
Individual weight gain (g)	107.91[a]	86.78[b]
SGR (% bwd $^{-1}$)	2.65[a]	2.47[b]
Net yield (kg ha $^{-1}$)	149.62	125.47
Common carp		
Survival (%)	85	84
Individual weight gain (g)	241.07[a]	189.88[b]
SGR (% bwd $^{-1}$)	2.93[a]	2.74[b]
Net yield (kg ha $^{-1}$)	511.49	395.79
Silver barb		
Survival (%)	75	75
Individual weight gain (g)	68.27[a]	52.05[b]
SGR (% bwd $^{-1}$)	3.10[a]	2.88[b]
Net yield (kg ha $^{-1}$)	126.31	96.05
Combined net yields (kg ha $^{-1}$ 120 day $^{-1}$)	874.25	714.55

ที่มา : Azim *et al.* (2003)

กรดอะมิโนอิ๊สระและกรดไขมันเพิ่มขึ้นของปลา rohu ที่ได้รับอาหารผสมแหน ในการทดลองเป็นเวลา 80 วัน เมื่อเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารปกติ โดยปกติของการเจริญเติบโตนั้น ค่า FCR และ PER ของอาหารที่ผสมแหนเป็ดปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด ต่อปลาที่นำมาเลี้ยง ซึ่งการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของอาหารผสมที่นำมาเลี้ยงปลาจะมีมากกว่าอาหารที่ไม่ได้ผสมแหนเป็ด ปริมาณโปรตีนที่ย่อยมีค่า (APD) ลดลงตามระดับอาหารที่เพิ่มขึ้นในทุกๆ ทรีทเม้นท์ ค่า APD ในอาหารที่ไม่ได้ผสมแหนเป็ดนั้นมีค่าต่ำในทุกระดับ (ตารางที่ 5) เมื่อเทียบกับอาหารที่ได้รับการผสม ซึ่งมีการบันทึกเกี่ยวกับโปรตีนและไขมันที่เหลือสูงสุดในอาหารปลาที่มีการผสมแล้วที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การผสมแหนเป็ดรวมกับอาหารสามารถรวมกับอาหารของปลาชนิดนี้ได้ถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณอาหารที่ให้เป็นหลัก 10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saber *et al.* (2004) องค์ประกอบของปลานิลที่เริ่มต้นและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าปลานิลที่เลี้ยงมีการควบคุมอาหารโปรตีนต่ำ (กรัมโปรตีนหรือไขมันต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง) ในขณะที่แหนแห้งโปรตีน ไขมันต่ำกว่าในปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมที่มีแหน ปลานิลที่เลี้ยงอาหารเถ้าสูงขึ้น ไขมันและโปรตีนสูงกว่าในปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

2. คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่มีอาหารผสมแหน

Saber *et al.* (2004) พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เข้าและออกโดยการหมุนเวียนของน้ำ ของปลานิลที่สมดุลกับความต้องการ

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำของระบบน้ำหมุนเวียน

Water sample	Temperature (°C)	pH	DO (mg O_2 L^{-1})	EC (μ mhos cm^{-1})	Ammonia (mg N L^{-1})	Nitrite (mg N L^{-1})	Nitrate (mg N L^{-1})
Inlet	27.4–29	6.9–8.2	7.7 ± 0.4	227 ± 29	Not detected	0.02 ± 0.02	7.1 ± 4.4
Outlet	27.2–29	6.5–7.6	6 ± 0.4	226 ± 28	0.07 ± 0.09	0.06 ± 0.02	7.1 ± 4.4

ที่มา : Saber *et al.* (2004)

Azim *et al.* (2003) อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ปริมาณของแข็งในน้ำ ปริมาณแอมโมเนียรวม (NH_3-N) ไนโตรเจนไนเตรท (NO_3-N) ฟอสฟอรัสฟอสเฟต (PO_4-P) และคลอโรฟิลล์ของน้ำในบ่อเลี้ยง ในการสุ่มตัวอย่างแต่ละวัน การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยเครื่อง (YSI รุ่น 58) ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดค่าด้วยเครื่อง pH meter (รุ่น jenway 3020) ความกระด้างใช้วิธี titrimetric method ตัวอย่างน้ำที่กรองได้นำมาวิเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ และวัดค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer (Milton roy spectronic รุ่น 1001) สกัดด้วยอะซีโตน คุณภาพน้ำไม่มีผลกระทบต่อปลา ยกเว้นความกระด้างโดยรวมในบ่อที่มีแหนสูงกว่าในบ่อที่ไม่มีแหน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อที่มีและไม่มีแหน

Parameters	Duckweed	Non-duckweed
Temperature (°C)	22.6 (18.2–27.8)	22.7 (18.0–28.0)
Secchi (cm)	22.5 (9.0–42.0)	24.4 (15.0–39.0)
pH	7.4–9.2	7.5–8.9
Dissolved oxygen (mg l^{-1})	6.0 (2.2–10.0)	5.4 (2.5–9.2)
Total hardness (mg l^{-1})	131 (100–180)[a]	123 (80–160)[b]
Total ammonia-N (mg l^{-1})	0.59 (0.0–1.34)	0.63 (0.0–2.03)
Nitrate-N (mg l^{-1})	1.16 (0.6–2.2)	1.04 (0.5–1.8)
Orthophosphate-P (mg l^{-1})	1.12 (0.11–2.86)	0.93 (0.09–2.89)
Chlorophyll *a* (μg l^{-1})	136 (5–694)	126 (4–709)

ที่มา : Azim *et al.* (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

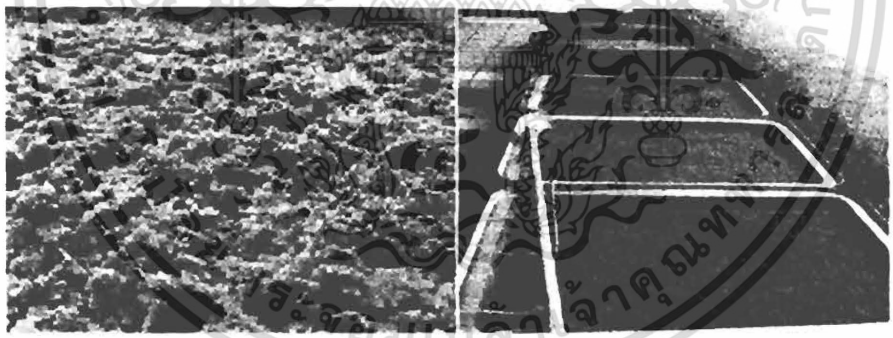
ลักษณะทั่วไปของแหนแดง

Ashton (1977) แหนแดง เป็นพืชลอยน้ำขนาดเล็ก จำพวกเฟิน มักแตกสาขาแผ่คลุมผิวน้ำเป็นวงกว้าง ใบ ขนาดเล็ก 1–2 มิลลิเมตร เรียงซ้อนทับกัน เป็นสองแถว ใบอ่อนมีสีเขียว รากเป็นรากพิเศษ ยาว อยู่ทางด้านใต้ ใบ ต้นแก่ที่ได้รับแสงเต็มที่จะเป็นสีแดงคล้ำ (ภาพที่ 3) เจริญได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส แหนแดงเจริญเติบโตได้ดีที่มีแสงประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ แหนแดงเป็นพืชน้ำขนาดเล็ก จำพวกเฟิร์น ขึ้นอยู่ตามแหล่งน้ำนิ่งทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น สามารถเจริญเติบโตอย่างเร็วในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมจะให้น้ำหนักเท่าตัวได้ภายในเวลา 3-7 วันทั้งนี้เพราะภายในโพรงใบของแหนแดงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน anabaena อยู่รวมด้วย สาหร่ายนี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนให้แหน แดงนำไปใช้การเจริญเติบโต การขยายพันธุ์ของแหนแดงมีสองวิธี คือ การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และการขยายพันธุ์แบบมีเพศ การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เป็นการขยายพันธุ์โดยการแตกกิ่ง เมื่อต้นแหนเจริญเติบโตเต็มที่ ส่วนที่เป็นไรโซม (rhizome) จะมีลักษณะสีเขียวเข้มแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งแสดงว่าไรโซมเดิมตายลง กิ่งแขนงย่อยจะหลุดออกมาเป็นต้นเล็กๆ จะเจริญเติบโตต่อไป ในการขยายพันธุ์แบบมีเพศ แหนแดงจะสร้างสปอร์ขึ้นมา จะต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมการผสมพันธุ์ ประโยชน์ของแหนแดงสามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยชีวภาพ

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Azolla pinnata* R.Br.

ชื่อวงศ์ : Azollaceae

ชื่อไทย : แหนแดง



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปแหนแดง (*Azolla pinnata* R.Br.)

Datta (2011) จากการศึกษาองค์ประกอบของ *Azolla pinnata* พบว่ามีปริมาณจำนวนเถ้า 18.3 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.9 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 14.7 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาในปัจจุบัน คือ เถ้า 17.2 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.3 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 15.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าคล้ายกับค่าที่มีการรายงานในบริเวณพื้นที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาสรุปได้ว่าปัจจุบัน azolla เป็นแหล่งของโปรตีนที่ดีและสามารถให้ได้ไม่เกินระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารของ labeo นอกจากนี้ azolla ในอาหารปลาจะช่วยลดปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อของปลาได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของ azolla ที่แตกต่างกันโดยประมาณจากการเพาะเลี้ยงในสถานที่จริง

Species	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Crude Fibre (%)	Crude Ash (%)
Azolla pinnata	20.4	3.3	15.5	17.2
Azolla microphylla	20.2	3.5	15.8	16.3
Azolla filiculoides	19.7	4.2	10.3	18.5
Azolla rubra	19.0	4.1	14.2	15.5
Azolla caroliniana	18.8	3.9	14.0	16.7
Azolla maxicana	18.6	3.8	15.1	17.2

ที่มา : Datta. (2011)

1 การใช้แหนแดงผสมในอาหารต่อการเติบโตของปลา

Datta (2011) ความยาวน้ำหนักจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมตลอดระยะเวลาการทดลองจาก 150 วัน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเริ่มต้นและขั้นสุดท้าย (กรัม) ความยาวความสัมพันธ์ของน้ำหนักปลาที่เลี้ยงในบ่อที่แตกต่างกัน พบว่าการศึกษาแตกต่างกันระหว่าง 2.515-2.776 ผลที่ได้ ระบุว่าค่าของเลขชี้กำลังมากกว่า 3 หรือน้อยกว่า 3 ของการเจริญเติบโตจะเท่ากันซึ่งหมายความว่าหากเลขชี้กำลังน้อยกว่า 3 ชนิดจะกลายเป็นน้ำหนักสำหรับความยาวการเติบโตของปลาอีกต่อไป ผลการศึกษาในปัจจุบัน สอดคล้องกับ Le Cren (1951) ปลาปกติรูปร่างไม่เหมือนกันความถ่วงจำเพาะของเนื้อเยื่อไม่เท่ากันไม่อย่างมีนัยสำคัญ ค่าได้จากการคำนวณดัชนี ponderal สรุปได้ว่าการบันทึกค่าของปลา ปัจจัย ของน้ำหนักเฉลี่ยของปลา ปัจจัยนี้เป็นตัวบ่งชี้ความทนทาน ของปลาค่าของปัจจัยสภาพ 'K' บันทึกไว้ในการศึกษาปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 1.2237, 1.2292, 1.2326และ 1.2294 ใน Tk1, TK2, Tk3 และ Tk4 ตามลำดับ และการเลี้ยงปลาภายในบ่อที่ให้อาหารปลาด้วย azolla ใน Tk2, Tk3, Tk4 มีค่าสูงกว่า Tk1 ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกันของส่วนผสม azolla มีประสิทธิภาพมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ควบคุมใน Tk1

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาว น้ำหนักของปลาที่เลี้ยงในบ่อทดลอง

Tank	Initial average weight (g)	Final average weight (g)	Specific growth rate (%/day)	Logarithmic equation	Correlation coefficient 'r'	Coefficient of determination r^2
Tk_1	110.4	247.81	0.5390	Log W = -1.6068 + 2.7760 log L	0.9746	0.9498
Tk_2	109.4	279.9	0.6263	log W = -1.2415 + 2.5155 log L	0.9805	0.9614
Tk_3	110.0	337.22	0.7468	log W = -1.5777 + 2.7618 log L	0.9815	0.9633
Tk_4	109.2	290.75	0.6529	log W = -1.2573 + 2.5281 log L	0.9732	0.9471

ที่มา : Datta (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คุณภาพน้ำในแหนแดง

อาหารธรรมดาและอาหารผสมของ *Labeo rohita* ค่าเฉลี่ย ± SD ของค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ค่าความแปรปรวน ($P>0.05$) พบว่าไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและความเป็นด่าง ปริมาณของออกซิเจนที่ละลาย ปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทุกถังอยู่ในช่วง 5.9-6.8 สังเกตเห็นว่าช่วงความเป็นด่างจาก 100-120 ppm การเจริญเติบโตของปลาดีกว่า ความเป็นด่างในถังทดลองแตกต่างกัน 103-120 ppm (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่แตกต่างกันในถังทดลอง

ถังทดลอง	อุณหภูมิ (^{0}C)	pH	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	ความเป็ดด่าง (ppm)
TK1	20.35±3.090	7.41±0.209	6.32±0.249	107.50±3.233
TK2	20.25±3.105	7.32±0.204	6.30±0.231	108.91±3.449
TK3	20.21±3.107	7.32±0.237	6.38±0.241	109.83±4.344
TK4	20.27±3.112	7.32±0.224	6.37±0.195	114.66±3.915

ที่มา : Datta (2011)

ปลานิล (nile tilapia) เป็นปลาที่มีการขับถ่ายของเสียจำนวนมากจึงทำให้เกิดของเสียลงสู่ธรรมชาติเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันมีการนำของเสียที่เกิดจากปลานิลมาใช้ประโยชน์โดยนำไปเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพราะในมูลของปลานิลนั้นอุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กและสาหร่ายที่ได้ก็จะมีดูดซับปริมาณของเสียจากมูลปลานิลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทำให้ปริมาณของเสียลดลงและในตัวของสาหร่ายขนาดเล็กก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า

ไรน้ำนางฟ้า (fairy shrimp) เป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งมีลักษณะคล้ายกุ้ง มีชื่อเรียกพื้นบ้านว่า แมงอ่อนซ้อย แมงหางแดงและแมงน้ำฝน อาหารของไรน้ำนางฟ้า ส่วนมากเป็นสาหร่ายขนาดเล็ก ที่สำคัญที่สุดคือคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) แบคทีเรีย ซากสารอินทรีย์ รวมถึงแพลงก์ตอนขนาดเล็ก ไรน้ำนางฟ้า อาจใช้อาหารอื่นทดแทนทดแทนกุ้งฝอยและอาร์ทีเมีย (*Artemia* sp.) เพื่อใช้เป็นอาหารอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนหรือปลาสวยงาม เพื่อลดต้นทุนการผลิต เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนพบว่าไรน้ำนางฟ้าโปรตีนสูงถึง 64 - 69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาร์ทีเมียมีโปรตีนเพียง 56 เปอร์เซ็นต์ และรวมถึง กรดอะมิโน กรดไขมัน แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำจึงมีการนำไรน้ำนางฟ้ามาอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนทดแทน อาร์ทีเมีย เพื่อช่วยลดการนำเข้าอาร์ทีเมีย

ปัจจุบันมีการเลี้ยงปลานิลในประเทศอย่างแพร่หลายและในการเลี้ยงทำให้มีของเสียที่เกิดจากมูลของปลานิลเป็นจำนวนมากลงสู่ธรรมชาติจึงทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียและการเสียมโทรมของธรรมชาติจึงได้นำของเสียที่ได้จากการเพาะเลี้ยงปลานิลนำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพราะในมูลปลานั้นมีปริมาณของไนโตรเจนที่สูงซึ่งมีความสำคัญในการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในมูลปลานิล

ผลการศึกษาของ Montealegreet *al.* (2002) โดยทำการเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน 1.5 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรโดยที่ก้นบ่อเป็นทรายและมีตัวเก็บตะกอนในบ่อเลี้ยงโดยทำการศึกษาปริมาณของตะกอนก้นบ่อและในตัวดักตะกอนหลังจากหยุดให้อาหารใน 51 และทำการเริ่มให้อาหารใหม่ในวันที่ 65 ทำการศึกษาปริมาณ คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เหล็ก และอะลูมิเนียมในตะกอนดิน (ภาพที่ 4)

Yang *et al.* (1996) ทดลองโดยการเลี้ยงปลานิลในกระชังและกระชังที่ใช้เลี้ยงอยู่ในบ่อปูนซึ่งแต่ละชุดการทดลองมีปริมาณความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

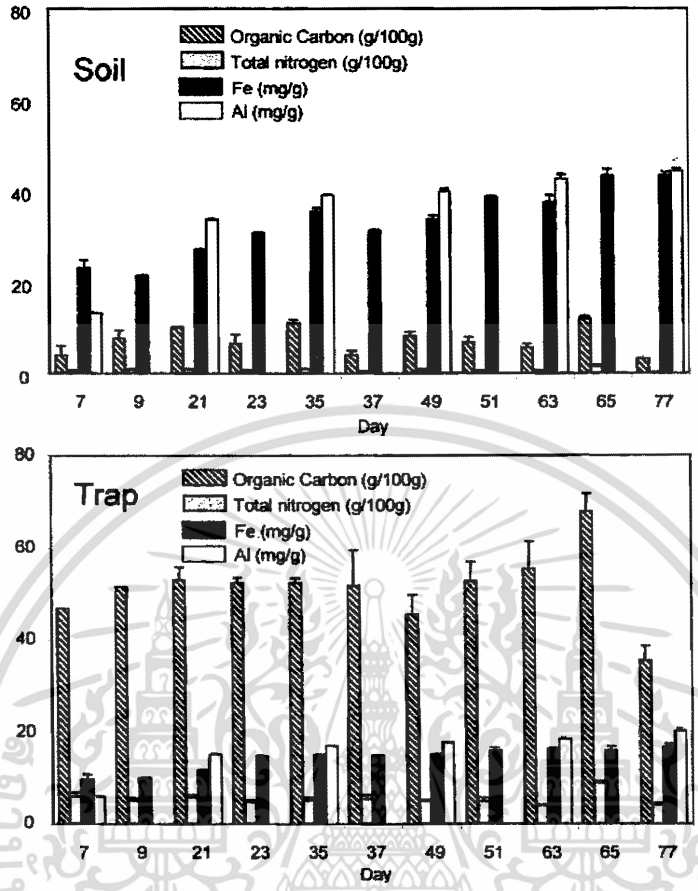
ตารางที่ 8 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) และปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ที่มีอยู่ในอาหาร กระชัง ปลา ของเสีย และอัตราของการนำของเสียกลับไปใช้ประโยชน์

Treatments (tilapia m^{-3} in cage)	30	40	50	60	70
In feed					
TN (kg per pond)	2.91 ± 0.06	3.58 ± 0.18	4.49 ± 0.22	4.90 ± 0.19	4.85 ± 0.09
TP (kg per pond)	0.67 ± 0.01	0.82 ± 0.04	1.03 ± 0.05	1.12 ± 0.04	1.11 ± 0.02
In tilapia carcasses					
TN (kg per pond)	1.07 ± 0.05	1.40 ± 0.07	1.74 ± 0.10	1.67 ± 0.05	1.76 ± 0.12
TP (kg per pond)	0.30 ± 0.01	0.39 ± 0.02	0.49 ± 0.03	0.47 ± 0.01	0.49 ± 0.03
In wastes					
TN (kg per pond)	1.84 ± 0.07	2.18 ± 0.12	2.75 ± 0.16	3.23 ± 0.24	3.09 ± 0.16
TP (kg per pond)	0.37 ± 0.02	0.43 ± 0.03	0.54 ± 0.04	0.65 ± 0.06	0.62 ± 0.04
Fertilization rates from wastes					
N (kg ha^{-1} day^{-1})	0.62 ± 0.02	0.73 ± 0.04	0.93 ± 0.06	1.09 ± 0.08	1.04 ± 0.06
P (kg ha^{-1} day^{-1})	0.12 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.22 ± 0.02	0.21 ± 0.01
N:P ratios	5.03 ± 0.06	5.11 ± 0.03	5.10 ± 0.05	4.95 ± 0.07	5.01 ± 0.09

ที่มา:Yang *et al.* (1996)

โดยมีชุดทดลองที่มีความหนาแน่นของปลานิล 60 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณไนโตรเจนในของเสียสูงที่สุด คือ 3.23±0.24 กิโลกรัมต่อปอนด์ ปริมาณไนโตรเจนในของเสียรองลงมาคือ 3.09±0.16, 2.75±0.16, 2.18±0.12 และ 1.84±0.07 กิโลกรัมต่อปอนด์ ที่ความหนาแน่น 70, 50, 40 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 8 และพบว่าชุดทดลองที่มีความหนาแน่นของปลานิล 60 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณฟอสฟอรัสในของเสียสูงที่สุดคือ 0.65±0.06 กิโลกรัมต่อปอนด์ ปริมาณฟอสฟอรัสในของเสียรองลงมาคือ 0.62±0.04, 0.54±0.04, 0.43±0.03 และ 0.37±0.02 กิโลกรัมต่อปอนด์ ที่ความหนาแน่น 70, 50, 40 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสในของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เหล็ก และอะลูมิเนียมในตะกอนดินและในตัวดักตะกอน (น้ำหนักแห้ง) เมื่อทำการหยุดให้อาหารวันที่ 51 และเริ่มให้ใหม่วันที่ 65

ที่มา: Montealegre*et al.* (2002)

การนำมูลปลาไปใช้ประโยชน์

มูลปลานั้นอุดมไปด้วยธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กจึงได้มีการนำมูลปลาไปใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กโดยทั่วไปธาตุอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

ธาตุอาหารหลัก (Macronutrient)

1.คาร์บอน (carbon) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงการเพิ่มสารอาหารที่จำเป็นต่างๆมากขึ้นจะไม่มีผลทำให้ปริมาณเซลล์ของสาหร่ายเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอนถูกจำกัด

2.ไนโตรเจน (nitrogen)ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับเมทาบอลิซึมภายในเซลล์แหล่งไนโตรเจนหลักๆ ได้แก่เกลือแอมโมเนียไนเตรทและยูเรียซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยูเรียจะถูกสาหร่ายรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียมก่อนที่จะนำเข้าสู่เซลล์เพื่อไปสังเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนของเซลล์ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่หลักคือช่วยในการสังเคราะห์แสง สร้างรงควัตถุ เช่น ช่วยในกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปไนโตรเจน มีประมาณ 7-10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งของเซลล์ (ยกเว้นไดอะตอมจะมีน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มอื่น) สาหร่ายที่ขาดไนโตรเจนจะสร้างองค์ประกอบของคาร์บอนขึ้นมาแทน เช่น สร้างขึ้นมาในรูปของน้ำมันหรือแป้ง การใช้ไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงสาหร่ายจะใช้ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น ยูเรียเอไมด์กลูตามีนและในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และรูปแก๊สไนโตรเจน (เฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเท่านั้นที่นำไปใช้ได้)

3.ฟอสฟอรัส (phosphorus) เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายทอดพลังงาน กระบวนการสร้างกรดนิวคลิอิกของสาหร่าย โดยทั่วไปสาหร่ายต้องการใช้ฟอสฟอรัสในรูปของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (แต่ในน้ำธรรมชาติอยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัสมากกว่า) และยังเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์สารมากมายหลายชนิดได้แก่ฟอสโฟไลปิดมีบทบาทในกระบวนการต่างๆภายในเซลล์รวมทั้งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ช่วยให้ค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างคงที่ถ้าขาดฟอสฟอรัสจะทำให้ปริมาณโปรตีน คลอโรฟิลล์เอ อาร์เอนเอ ดีเอนเอของสาหร่ายลดลง ส่วนปริมาณแป้งและคาร์โบไอเดรทเพิ่มขึ้น ทำให้รูปร่างของเซลล์สาหร่ายเปลี่ยนแปลงไป

4.แมกนีเซียม (magnesium) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ไรโบโซมและโครโมโซมรูปที่เป็นประโยชน์คือแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) นอกจากนั้นแมกนีเซียมยังจำเป็นในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์

5. ซัลเฟอร์ (sulpher) ทั้งหมดของซัลเฟอร์ต้องการโดยสาหร่ายส่วนใหญ่สามารถนำไปใช้โดยการรีดิวซ์ซัลเฟตซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของโปรตีนบางชนิด

6.คลอไรด์ (chloride) หน้าที่หลักของคลอไรด์เกี่ยวกับกิจกรรมของคลอโรพลาสในสาหร่ายต้องการคลอไรด์สำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง

7.แคลเซียม (calcium) แคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตสำหรับสาหร่ายสีเขียวโดยมีส่วนเกี่ยวข้องในการสร้างโครงสร้างของสาหร่ายโดยเฉพาะในสาหร่ายทะเลและมีบทบาทในการสร้างผนังเซลล์ของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ซึ่งปริมาณแคลเซียมที่พืชต้องการขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารชนิดอื่นด้วยเช่น แมกนีเซียมเหล็กสังกะสีโคบอลท์ทองแดงโมลิบดีนัมนิคเกิลอะลูมิเนียมโซเดียมปรอทเงินและตะกั่วเป็นต้น

8. โพแทสเซียม (potassium) โพแทสเซียมเป็นส่วนประกอบหลักของเซลล์คลอเรลลาร้อยละ 1-2 และเป็นองค์ประกอบหลักของ cytoplasmic cation ในเซลล์รูปที่เป็นประโยชน์คือโพแทสเซียมไอออน (K+) ซึ่งจำเป็นสำหรับเอนไซม์สำหรับสังเคราะห์แป้งและ pyruvate kinase

9.โซเดียม (sodium) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต้องการใช้โซเดียมมากกว่าสาหร่ายกลุ่มอื่นโดยเกี่ยวกับกิจกรรมของเอนไซม์

ธาตุอาหารรอง (Micronutrient)

1.เหล็ก (iron) เป็นธาตุอาหารที่ช่วยดูดซึมไนโตรเจนและเหล็กเป็นองค์ประกอบของรงควัตถุและยังเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดเช่นเฟอริดอกซิน (ferredoxin) คะตะเลส (catalase) อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของไซโตโครม (cytochrome) และพอไฟริน (porphyrins)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.แมงกานีส (manganise) เป็นธาตุที่จำเป็นต่อสาหร่ายเซลล์เดียวหลายชนิดซึ่งแมงกานีสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายมีรายงานการเติมแมงกานีสลงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายพบว่ามีผลในการเพิ่มอัตราการเติบโตของสาหร่าย

3.สังกะสี (zinc) เป็นธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งมีผลต่อการเติบโตของ *Stichococus bacillaris* ในอาหารเลี้ยงสาหร่ายหลายชนิดจะมีสังกะสีอยู่ในความเข้มข้นประมาณ 0.01-0.1 มิลลิกรัม/ลิตรโดยมี EDTA เป็นคีเลเตอร์ นอกจากนี้เมื่อปริมาณสังกะสีลดลงจะทำให้การสร้างคลอโรฟิลล์ลดลง

4.ทองแดง (copper) พบในเอนไซม์สำหรับกระบวนการออกซิเดชั่น นอกจากนี้ทองแดงยังมีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจโดยพบว่าการหายใจลดลงเมื่อปริมาณทองแดงลดลง

5.โบรอน (boron) ยังไม่ทราบหน้าที่ชัดเจนของโบรอนแต่พบว่าเมื่อใส่โบรอนลงไปในอาหารเลี้ยงสาหร่ายแล้วสาหร่ายบางชนิดเจริญเติบโตได้ดีกว่าในอาหารที่ไม่ได้ใส่โบรอนมาก โดยในเฉพาะสาหร่ายบางกลุ่มเท่านั้น เช่นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไดอะตอม

6.โมลิบดินัม (molibdinum) มีหน้าที่ตรึงไนโตรเจน (ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ในการสังเคราะห์แสง)

7.โคบอลท์ (cobalt) เป็นส่วนประกอบสำคัญของวิตามินบี 12 ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

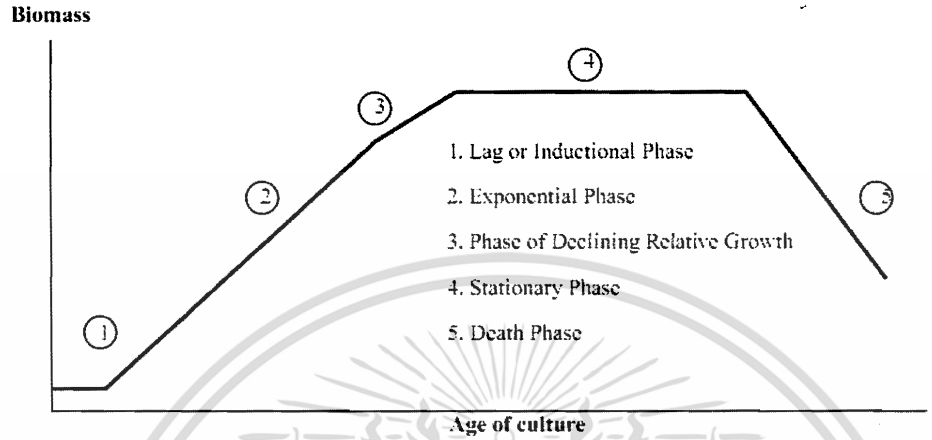
การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก

การเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดที่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวการเจริญเติบโตของมันนั้นไม่ได้หมายความว่าขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นแต่หมายถึงการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ภายในเซลล์การเจริญเติบโตเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตเซลล์แต่ละเซลล์มีช่วงอายุที่จำเพาะเจาะจงสำหรับสายพันธุ์หนึ่งๆการเติบโตของประชากรนั้นสามารถที่จะตรวจสอบได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์หรือมวลชีวภาพ (biomass) ของประชากรต่อหนึ่งหน่วยเวลาซึ่งเรียกว่า “อัตราการเจริญเติบโต ” (growth rate) เวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนประชากรจากเดิมเป็น 2 เท่าเรียกว่า generation time (doubling time) จะแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ในสภาวะแวดล้อมหนึ่งๆการเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวทั้งนี้การวัดการเจริญเติบโตนั้นต้องเทียบกับหน่วยเวลาสาหร่ายเซลล์เดียวจะเติบโตเพิ่มจำนวนด้วยการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 binary fission เซลล์รุ่นลูกแต่ละเซลล์มีลักษณะเหมือนเซลล์แม่ทุกประการเมื่อการแบ่งเซลล์สิ้นสุดลงจำนวนเซลล์หรือมวลชีวภาพจะเพิ่มเป็น 2 เท่าของเมื่อก่อนการแบ่งเซลล์การเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียว (Lavens and Sorgeloos, 1996)สามารถศึกษาได้จากกราฟการเติบโต (growth curve) โดยที่กราฟการเติบโตปกติ (typical growth curve) จะแสดงให้เห็นถึงระยะการเติบโต 5 ขั้น (ภาพที่ 5)

การเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดที่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวการเจริญเติบโตของมันนั้นไม่ได้หมายความว่าขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นแต่หมายถึงการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ภายในเซลล์การเจริญเติบโตเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตเซลล์แต่ละเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีช่วงอายุที่จำเพาะเจาะจงสำหรับสายพันธุ์หนึ่งๆการเติบโตของประชากรนั้นสามารถที่จะตรวจสอบได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์หรือมวลชีวภาพลัดดา (2543)



ภาพที่ 5 กราฟการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียว
ที่มา: ลัดดา (2543)

1) ระยะ lag phase (1) เซลล์อยู่ในช่วงการปรับตัวก่อนแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน

2) ระยะ exponential phase (2) เซลล์มีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่จำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นแบบ Exponential

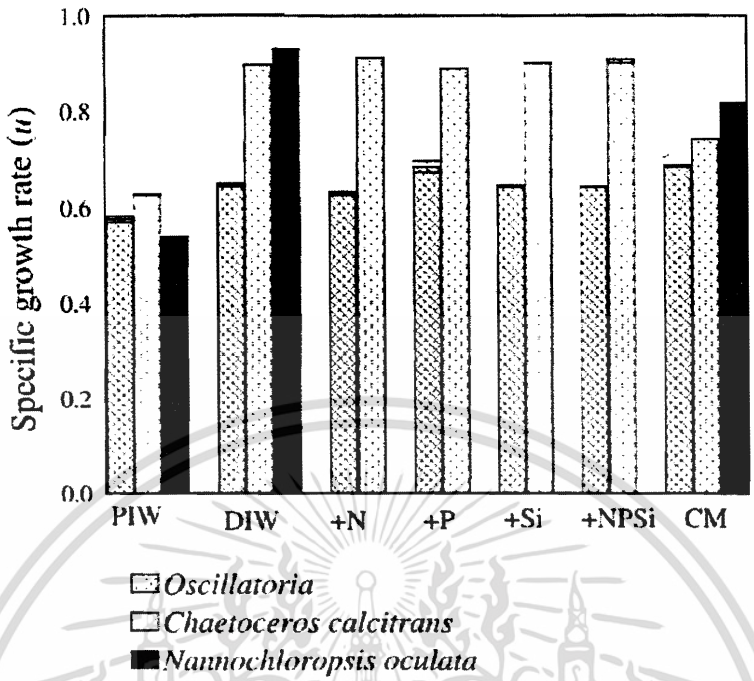
3) ระยะ phase of declining relative growth (3) การแบ่งเซลล์ช้าลงเมื่อสารอาหารแสง , พีเอชหรือปัจจัยทางกายภาพและเคมีอื่นๆเริ่มที่จะจำกัดการเจริญเติบโต

4) ระยะ stationary phase (4) ปัจจัยด้านสารอาหารมีจำกัดและอัตราการเติบโตเป็น 0 ซึ่งผลในความหนาแน่นเซลล์ค่อนข้างคงที่

5) ระยะ death phase (5) สารอาหารหมดลงความหนาแน่นของเซลล์ลดลงอย่างรวดเร็วและจำนวนของเซลล์ที่มีชีวิตลดลงอัตราการเพิ่มจำนวนน้อยกว่าอัตราการตาย

Yang *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งว่ามีปริมาณของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ ซิลิก้า และได้นำตะกอนมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กคือ *Oscillatoria* sp. *Chaetoceros calcitrans, Nannochloropsis oculata* โดยการแยกเป็นหลายชุดการทดลองแสดงให้เห็นถึงว่าในชุดการทดลองที่นำตะกอนจากบ่อเลี้ยงมาเจือจาง (DIW) มีผลทำการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กดีที่สุดเพาะถ้ามีปริมาณธาตุอาหารที่สูงเกินไปก็ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กได้ (ภาพที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด ในตะกอนบริสุทธิ (PIW) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง (DIW) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง + ไนโตรเจน (DIW) (+N) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง + ฟอสฟอรัส (DIW) (+P) ตะกอนที่ถูกฆ่าเชื้อและเจือจาง + ซิลิก้า (DIW) (+Si) และชุดที่ + NPSi และคอนเวย์

ที่มา: Yang *et al.* (2001)

ไรน้ำนางฟ้า

ไรน้ำนางฟ้า เป็นสัตว์น้ำจืดชนิดหนึ่งคล้ายกุ้ง คนพื้นบ้านเรียก แมงอ่อนช้อย แมงแงว แมงหางแดง และแมงน้ำฝน จัดอยู่ใน ไฟลัม Arthrpooda อยู่ในกลุ่ม Crustacea คลาส Branchiopoda อันดับ Anostraca จัดอยู่ในสกุล *Streptocephalus* แต่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้ม จัดอยู่ในประเภท สัตว์โบราณ เนื่องจากมีขาว่ายน้ำจำนวน 11 คู่ และมีพฤติกรรมว่ายน้ำแบบหงายท้องโดยใช้ขาช่วยกรรเชียงนำโบกพัดอาหารเข้าปาก ตัวผู้มีขนาดใหญ่ กว่าตัวเมียเล็กน้อย ลำตัวยาวโดยเฉลี่ย 2 เซนติเมตร ส่วนหางแยกเป็นสองแฉกมีสีแดงส้ม บริเวณหัวมีตาขนาดใหญ่ มีก้านตายาว 1 คู่ มีหนวด 2 คู่ หนวดคู่ที่ 2 ของตัวผู้เปลี่ยนแปลงไปใช้สำหรับการจับตัวเมีย เวลาผสมพันธุ์และใช้เพื่อการจำแนกชนิด ตัวเมียมีถุงไข่ 1 ถุง อยู่บริเวณกลางลำตัวด้านท้อง ไข่ที่ตัวเมียสร้างขึ้นจะพัฒนาให้มีเปลือกหนา เป็นการปรับตัวเพื่อที่จะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำชั่วคราว เช่น คลองข้างถนน นาข้าว และปลักควายที่มีน้ำขังเฉพาะหน้าฝนเท่านั้น สำหรับอาหารของไรน้ำนางฟ้า ได้แก่ แพลงก์ตอนสัตว์ โปรโตซัวอินทรียสารและแพลงก์ตอนพืชไรน้ำนางฟ้าที่สำรวจพบในประเทศไทยมีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae*)ลำตัวใสหรือสีฟ้า หางแดง ลำตัวยาวประมาณ 1.5-3.0 เซนติเมตร ไข่เป็นรูปวงกลมคล้ายตะกร้อเป็นชนิดที่แพร่หลาย

ไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) มีลำตัวสีส้มแดงตลอดทั้งตัวตัวยาประมาณ 1.7-4.0 เซนติเมตร ไข่เป็นรูปวงกลมคล้ายตะกร้อแต่มีขนาดใหญ่กว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธร

ไรน้ำนางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis*) ลำตัวใสหรือสีฟ้าอ่อน คล้ายไรน้ำนางฟ้าสิรินธร แต่มีขนาดเล็กกว่า โดยมีตัวยาวประมาณ 1.1-2.0 เซนติเมตร ไข่คล้ายปิระมิด

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า

การทดลองของ โฆษิต (2012) เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยอายุ 20 วัน ด้วยอาหารสูตรต่างๆ ดังนี้ สาหร่ายคลอเรลลา อาหารสำเร็จรูป และสาหร่ายคลอเรลลาร่วมกับอาหารสำเร็จรูป พบว่าไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยสูตรสาหร่ายคลอเรลลาร่วมกับอาหารสำเร็จรูป มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.047 ± 0.005 กรัม (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของไรน้ำนางฟ้าไทย (กรัม) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ตั้งแต่อายุ 5จนถึงอายุ 20 วัน

อายุไรน้ำนางฟ้า (วัน)	น้ำหนักของไร้น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร		
	T1 (คลอเรลลา)	T2 (อาหารผง)	T3 (อาหารผง:คลอเรลลา)
5	0.013^{a} ±0.003	0.008^{a} ±0.001	0.012^{a} ±0.004
10	0.022^{a} ±0.002	0.020^{a} ±0.005	0.017^{a} ±0.003
15	0.026^{a} ±0.005	0.023^{a} ±0.003	0.028^{a} ±0.006
20	0.032^{b} ±0.004	0.041^{ab} ±0.008	0.047^{a} ±0.005

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแนวนอนกันแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: โฆษิต (2012)

อัตรารอดของไรน้ำนางฟ้า

ผลการทดลองของ โฆษิต (2012) เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย อายุ 20 วัน พบว่าอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าไทยที่ตั้งแต่อายุ 5 วันจนถึงอายุ 20 วัน ในทุกการทดลองแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่วันที่ 20 พบว่าอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลาร่วมกับอาหารสำเร็จรูปแตกต่าง จากสูตรอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งมีอัตรารอดสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 62.00 ± 3.00 (ตารางที่ 10) ซึ่ง Jawahar and Henri (2002) ได้มีการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (*Streptocephalus proboscideus*) ด้วยรำข้าวที่ความหนาแน่นที่ 50 ตัวต่อลิตร ในน้ำ 6 ลิตรแสดงให้เห็นเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 อัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าไทย (ร้อยละ) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ตั้งแต่อายุ 5 จนถึงอายุ 20 วัน

อายุไรน้ำนางฟ้า (วัน)	อัตรารอดของไร้น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร		
	T1 (คลอเรลลา)	T2 (อาหารผง)	T3 (อาหารผง:คลอเรลลา)
5	100^{a}±0.00	100^{a}±0.00	100^{a}±0.00
10	89.16^{a}±3.61	81.5^{b}±2.29	92.00^{a}±1.80
15	63.66^{a}±6.02	58.16^{b}±7.00	67.83^{a}±5.50
20	54.66^{ab}±4.50	50.00^{b}±5.00	62.00^{a}±3.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแนวนอนกันแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: โฆษิต (2012)

คุณภาพน้ำของไรน้ำนางฟ้า

การทดลองของ โฆษิต (2012) เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย อายุ 5 - 20 วัน ด้วยอาหารสูตรต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 5 วัน พบว่าค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ย ดังตารางที่ 11 ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง และค่าความเป็นด่างในบ่อที่เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยทุกการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า พบว่าการทดลองมีค่าแอมโมเนียที่แตกต่างกัน โดยการเลี้ยงที่ใช้คลอเรลลาเป็นอาหารมีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียต่ำที่สุด 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตรเนื่องจากเป็นอาหารมีชีวิตซึ่งไม่ก่อให้เกิดการเน่าเสียส่วนการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากมีเศษอาหารตกค้างมากที่สุด แต่พบว่าการเลี้ยงที่ใช้อาหารทั้งสองชนิดร่วมกันมีค่าแอมโมเนียอยู่ในระดับปานกลาง 0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) และจากการศึกษาของ Walscheet *al.* (1991) ทำการศึกษาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า *Streptocephalus proboscideus*ที่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยทำการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่อุณหภูมิ 26-31 องศาเซลเซียสพบว่าในช่างอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียสทำให้ไรน้ำนางฟ้ามีการเจริญเติบโตที่ดีอัตรารอดที่สูง

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ตั้งแต่อายุ 5 วัน จนถึงอายุ 20 วัน

อายุไรน้ำนางฟ้า (วัน)	อัตรารอดของไร้น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร		
	T1 (คลอเรลลา)	T2 (อาหารผง)	T3 (อาหารผง:คลอเรลลา)
ความเป็นกรดด่าง(pH)	7.0 - 7.6 (7.2)	7.0 - 8.2 (7.3)	7.0 - 8.2 (7.5)
แอมโมเนียรวม (mg/L)	0.2 - 0.5 (0.28)	0.2 - 1.0 (0.45)	0.2 - 0.5 (0.35)
ความเป็นด่าง (mg/L)	30 - 50 (40.6)	30 - 50 (42)	30 - 50 (42)

หมายเหตุ: ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บหมายถึงค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย
ที่มา: โฆษิต (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางอาหาร

ปัจจุบันได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงไรน้ำ นางฟ้าจนสามารถดำเนินการในเชิงธุรกิจได้ 2 ชนิด คือการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย และไรน้ำนางฟ้าสิรินธรจึงได้มีการนำไรน้ำนางฟ้าไปใช้เป็นอาหารของปลาสวยงามซึ่งพบว่าในไรน้ำนางฟ้ามีคุณค่าทางอาหารที่สูงสามารถกระตุ้นการเกิดสีของปลาได้ดีเทียบเท่าอาหารที่มีจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดและยังเป็นอาหารสดที่สามารถเพาะเลี้ยงขึ้นเองนุกูล (2550) มีการศึกษาของ Dararat *et al*. (2012) ได้ทำการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยคลอเรลลาที่ความเข้มข้นที่ 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้ 1 – 2 ครั้งต่อวันโดยทำการเลี้ยงเป็นเวลา 14 วันและนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในไรน้ำนางฟ้าที่เลี้ยงด้วย คลอเรลลาในไรน้ำนางฟ้าสิรินธรมีโปรตีนสูงสุด (74.41%) เมื่อเทียบกับ ไรทะเลที่ (56.25%) และยังแสดงให้เห็นว่าเส้นใยและเถ้าที่สูงในไรน้ำนางฟ้าไทยที่ (5.12%) และ (6.42%) และเปอร์เซ็นต์ไขมันที่สูงที่สุดในไรน้ำนางฟ้าสยามที่ (9.34%) และคาร์โบไฮเดรตที่ (32.69%) ในไรน้ำนางฟ้าสยาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณค่าทางอาหารในไรน้ำนางฟ้าสามารถนำมาทดแทนไรทะเลได้ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์องค์ประกอบค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า แสดงให้เห็นเป็นเปอร์เซ็นต์ในไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae*) ไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) ไรน้ำนางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis*) เมื่อเทียบกับไรทะเล *(Artemia)*

Proximate composition	*S. sirindhornae*	*S. siamensis*	*B. thailandensis*	*Artemia* sp.
Moisture	89.90 ± 0.25^{b}	87.51 ± 1.05^{a}	90.22 ± 0.30^{b}	88.10 ± 1.05^{1}
Protein	74.41 ± 1.04^{a}	50.24 ± 1.03^{c}	64.65 ± 0.66^{b}	56.25 ± 1.04^{2}
Lipid	6.13 ± 0.15^{b}	9.34 ± 0.28^{a}	7.57 ± 0.26^{c}	13.49 ± 0.52^{2}
Carbohydrate	12.53 ± 0.38^{c}	32.69 ± 1.26^{a}	16.24 ± 0.60^{b}	14.63 ± 0.86^{2}
Fiber	2.84 ± 0.14^{b}	2.65 ± 0.16^{b}	5.12 ± 0.12^{a}	0.37 ± 0.13^{2}
Ash	4.43 ± 0.15^{c}	5.08 ± 0.13^{b}	6.42 ± 0.21^{a}	15.26 ± 1.09^{2}

ที่มา: Dararat *et al.*(2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสง UV-vis spectophotometer (รุ่น v-160)
2. เครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสง (spectrophotometer รุ่น genesis 20 D)
3. หม้อนึ่งไอน้ำ (autoclave Hirayama รุ่น HVE-50)
4. เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Gerhardt รุ่น 7620)
5. ตู้อบไอร้อน (hot air oven Shellab รุ่น 4350 FY)
6. อ่างทำความร้อน (water bath) (Memmert รุ่น WD-14)
7. เครื่องสกัดไขมัน (falc รุ่น BE4250)
8. เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย (gerhardt)
9. เตาเผาอุณหภูมิสูง (hood รุ่น Lenton)
10. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ph meter) (HANNA รุ่น HI 98129)
11. เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO meter) (รุ่น YSI 550)
12. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (TDS meter) (HANNA รุ่น HI 98311)
13. เตาให้ความร้อน (hot pate)
14. ไมโครไปเปต (micropipete)
15. ควีเวท (cuvette)
16. เครื่องชั่ง (balance) แบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง แบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง
17. บิวเรต (burette)
18. ตู้กระจกขนาด 30x30x38 เซนติเมตร จำนวน 9 ตู้
19. ชุดให้อากาศจำนวน 9 ชุด
20. ชุดกรองจำนวน 9 ชุด
21. ขวดพลาสติกขนาด 240 มิลิลิตร จำนวน 9 ขวด
22. ลูกปลานิล จำนวน 120 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

1) ศึกษาผลผลิต อัตรารอดของปลานิล และ คุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแบบระบบหมุนเวียนน้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การนำตะกอนมูลปลานิลและน้ำทิ้ง ไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า แหนเป็ด และแหนแดงในระบบการเลี้ยงปลานิล

เตรียมระบบการเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำทีมีระบบรวบรวมตะกอน และระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ทำการทดลองที่หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์การประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. การเตรียมถังเลี้ยงปลานิล

ขนาดตู้ปลาทดลองขนาด 50x50x40 เซนติเมตร จำนวน 9 ตู้ ภายในตู้ประกอบด้วยชุดกรองและชุดให้อากาศ เติมปริมาตร 15 ลิตร น้ำในตู้ทดลองพักทิ้งไว้ 1 คืน พร้อมให้อากาศตลอดเวลาก่อนนำลูกปลาลงปล่อย

2. การเตรียมลูกปลานิล

นำลูกปลานิลแยกจากพ่อแม่พันธุ์นำมาอนุบาลเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ จนสามารถกินอาหารสำเร็จรูปได้ ทำการคัดลูกปลานิลที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวน 120 ตัว สุ่มลูกปลาจำนวน 9 ตัว ชั่งหนักใส่ลงตู้ แต่ละชุดการทดลองพร้อมให้อากาศตลอดการเลี้ยง

3. การเตรียมอาหารทดลอง

นำแหนเป็ดและแหนแดงที่เพาะเลี้ยงไว้มาอบที่อุณหภูมิ 105^{0}C นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดเก็บไว้ในถุงพลาสติกละแช่ตู้เย็น นำแป้งมันมาละลายในน้ำปริมาตร 4 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มบน hot plate จนใสทิ้งไว้ให้เย็น นำอาหารสำเร็จรูปมาเคลือบด้วยแหนเป็ดและแหนแดงที่ปั่นจนละเอียด ในปริมาตรอาหาร 10 กรัมต่อแหนเป็ดและแหนแดง 5 กรัม โดยใช้แป้งมันสุกเป็นตัวผสม แล้วนำมาผึ่งลมให้แห้ง เก็บแช่ตู้เย็น

4. การเก็บข้อมูล

4.1 ข้อมูลทางโภชนศาสตร์

4.1.1 การวิเคราะห์โปรตีน

4.1.2 การวิเคราะห์การสกัดไขมัน โดยวิธี Shoclex

4.1.3 การวิเคราะห์เยื่อใย

4.1.4 การวิเคราะห์เถ้า

4.1.5 การวิเคราะห์ความชื้น

4.2 เก็บข้อมูลการเติบโต

ชั่งน้ำหนักปลาแต่ละตู้ทดลองทุกๆ 7 วัน และบันทึกข้อมูลแต่ละสัปดาห์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลที่ใช้แหนเป็ดและแหนแดงผสมในอาหารสำเร็จรูป

วิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง (alkalinity) โดยวิธีติเตรท

วิเคราะห์แอมโมเนีย (NH^{-}_{3}-N) และไนไตรท์ (NO^{-}_{2}-N)

COD และออร์โธฟอสเฟต (SRP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยวิธี pH meter
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยวิธี DO meter
ปริมาณของแข็งในน้ำทั้งหมด โดยวิธี TDS meter
เก็บตัวอย่างน้ำก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 7 วัน

2) การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าโดยใช้สาหร่ายขนาดเล็กตอนที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

วางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 แบ่ง 5 ชุดการทดลองชุดละ 3 ซ้ำดังนี้

การทดลองที่ 1 การเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กโดยใช้มูลปลานิล

ชุดการทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุมโดยไม่ใส่มูลปลา
ชุดการทดลองที่ 2 เป็นชุดที่ใส่มูลปลา 0.5 กรัมต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 เป็นชุดที่ใส่มูลปลา 1.0 กรัมต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 เป็นชุดที่ใส่มูลปลา 1.5 กรัมต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 5 เป็นชุดที่ใส่มูลปลา 2.0 กรัมต่อลิตร

การทดลองที่ 2 การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าโดยใช้สาหร่ายขนาดเล็กตอนที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลโดยทำการทดลองแบบ (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งเป็น 6 ชุดการทดลองชุดละ 4 ซ้ำดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ความหนาแน่น 3 ตัวต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ความหนาแน่น 6 ตัวต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ความหนาแน่น 9 ตัวต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ความหนาแน่น 12 ตัวต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 5 เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ความหนาแน่น 15 ตัวต่อลิตร
ชุดการทดลองที่ 6 เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ความหนาแน่น 18 ตัวต่อลิตร

การทดลองที่ 1 การเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กโดยใช้มูลปลานิล

1. การรวบรวมมูลปลานิลและการเกิดของสาหร่ายขนาดเล็ก

รวบรวมมูลปลานิลจากบ่อเลี้ยงโดยใช้ผ้ากรองและเก็บรวบรวมมูลปลานิลนั้นลงในถังหมักในมูลปลานิลนั้นมีสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตสาหร่ายขนาดเล็กทำให้เกิดการบลูมของสาหร่ายขนาดเล็กในถังหมักเป็นจำนวนมากที่พบเป็น *Ankistrodesmus* sp. สาหร่ายขนาดเล็กจะมีความแต่ต่างกันตามแหล่งน้ำที่ใช้ร่วมในการหมักและนำสาหร่ายขนาดเล็กที่ได้มาใช้ใน การทดลองที่ 1

2. การเตรียมสาหร่ายขนาดเล็กในการทดลอง

นำน้ำจากถังหมักมากรองตะกอนออกโดยใช้ผ้ากรองใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากถังหมัก 500 มิลลิลิตร ผสมลงในน้ำสะอาดที่เตรียมไว้ 9500 มิลลิลิตรเพื่อเป็นน้ำที่ใช้ในการทดลองและทำการนับจำนวนเซลล์ในสไลด์นับเม็ดเลือด (haemocytometer) ทำการจดบันทึกเป็นจำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เตรียมมูลปลานิลที่ใช้ในการทดลองโดยการหาน้ำหนักแห้ง

3.1 ใช้ผ้ากรองกรองมูลปลานิลจากบ่อเลี้ยงและนำมูลปลานิลที่ได้มาหาน้ำหนักแห้งโดยการนำเอามูลปลานิลจากที่เก็บรวบรวมมาได้ใส่ในถ้วยดินเผา 1 มิลลิลิตรแล้วนำไปอบให้แห้งเพื่อจะหาน้ำหนักแห้งทำ 10 ซ้ำจะได้น้ำหนักแห้งเป็น 0.042 กรัมต่อมิลลิลิตรลิตรและไปคำนวณหาน้ำหนักสดที่จะใช้ในการทดลอง

3.2 มูลปลาที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง 0, 0.5 (4.76 มิลลิลิตร) 1.0 (9.52 มิลลิลิตร) 1.5 (14.29 มิลลิลิตร) และ 2.0 กรัมต่อลิตร (19.05 มิลลิลิตร)

4. เตรียมการทดลอง

4.1 เตรียมโหลแก้วขนาด 500 มิลลิลิตรเป็นภาชนะที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Ankistrodesmus* sp. พร้อมชุดให้อากาศพร้อมฝาปิดจำนวน 15 ชุดปริมาณที่ใช้ในการทดลอง 400 มิลลิลิตร

4.2 นำมูลปลานิลผสมน้ำตามอัตราส่วนตามการทดลองคือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมต่อลิตรผสมกับน้ำที่เตรียมไว้ให้ได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตรนำไปวางไว้ในที่ที่มีแสงและทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตโดยการนับโดยใช้สไลด์นับเม็ดเลือดทำการนับทุกๆ 2-3 วันทำการเก็บผล 4 ครั้งจนสิ้นสุดการทดลอง

การทดลองที่ 2 การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าโดยใช้สาหร่ายขนาดเล็กตอนที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

1.เตรียมชุดการทดลองในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า

เตรียมกล่องสี่เหลี่ยมขนาดความจุ 15 ลิตรมาเป็นให้ 6 ช่องโดยใช้ฟิวเจอร์บอ ร์ดสีดำเป็นตัวกั้นโดยในแต่ละช่องจะทำการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในความหนาแน่นที่ต่างกันคือ 3, 6, 9, 12, 15 และ18 ตัวต่อลิตร ในการเลี้ยงจะเลี้ยงในน้ำปริมาตร 2 ลิตร

2. เตรียมสัตว์ทดลอง

นำไข่ไรน้ำนางฟ้ามาตากแดดเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อเป็นการกระตุ้นการฝักไข่นำไข่ที่ผ่านการกระตุ้นใส่ลงในภาชนะที่มีน้ำเตรียมไว้ภายหลัง 1 วันตัวอ่อนของไรน้ำนางฟ้าจะฝักออกจากไข่และทำการเลี้ยงจนได้ขนาดที่ทำการทดลอง 1.5 เซนติเมตร

3. การเตรียมอาหาร

นำน้ำในถังหมักที่มีการ เติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก *Ankistrodesmus* sp. มาทำการขยายในโหล 10 ลิตร เพื่อให้มีอาหารเพียงพอต่อการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า

4. การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า

4.1 ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักก่อนเริ่มการทดลองปล่อยไรน้ำนางฟ้าลงในแต่ละช่องโดยการสุ่มปล่อยโดยในแต่ละกล่องจะมี 6 ช่องจะปล่อยในปริมาณ 3, 6, 9, 12, 15 และ18 ตัวต่อลิตรเลี้ยงในน้ำ 2 ลิตรให้อากาศในทุกช่องและทำการให้อาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของไรน้ำนางฟ้า

4.2 ทำการบันทึกอัตรารอดและเก็บผลน้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกๆ 3 – 4 วันเก็บค่าคุณภาพน้ำ ความเป็นกรด -ด่าง (pH) แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) ความเป็นด่าง (alkalinity) ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึกได้แก่ การเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กโดยใช้การนับเซลล์ในทุกๆ 3-4 วันตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลองและการทดลองขอไรน้ำนางฟ้าทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง ทำการบันทึกอัตรารอด และทำการวิเคราะห์ คุณภาพน้ำ ความเป็นกรด -ด่าง แอมโมเนียไนไตรไนเตรทความเป็นด่างค่าการนำไฟฟ้าระหว่างเลี้ยง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการวิเคราะห์ การเติบโต น้ำหนัก และอัตรารอด ของไรน้ำนางฟ้า คุณภาพน้ำ ความเป็นกรด-ด่างแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ความเป็นด่างค่าการนำไฟฟ้าระหว่างเลี้ยงใช้ค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองใช้วิธี Duncan' new multiple range test และการวิเคราะห์ด้วย One-Way Anovaด้วยโปรแกรม Statiscal Package for the Social Sciences (SPSS)

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ และห้องเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล
หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนตุลาคม 2556 – เดือนกันยายน 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1) ศึกษาการใช้แหนเป็ดและแหนแดงผสมในอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงลูกปลานิล

1.1 โภชนศาสตร์ในอาหารสำเร็จรูปผสมแหนเป็ด และแหนแดง

ผลการศึกษาอาหารสำเร็จรูป 2 ขนาด อาหารสำเร็จรูปผสมแหนเป็ดและแหนแดง พบว่าอาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กมีปริมาณโปรตีนสูงสุด 40.28±0.42 เปอร์เซ็นต์ แหนเป็ดมีปริมาณเถ้าสูงสุด 14.20±0.04 เปอร์เซ็นต์ และอาหารขนาดกลางผสมแหนเป็ดมีปริมาณเยื่อใยสูงสุด 9.26±0.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอาหารสำเร็จรูปขนาดกลางและอาหารสำเร็จรูปผสมแหนเป็ดมีปริมาณไขมัน 5.49±0.35 และ5.43±0.07 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) และพบว่าอาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง และอาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนเป็ดมีปริมาณโปรตีน ใกล้เคียงกัน 30.40±0.27 และ 30.52±0.28 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 โภชนศาสตร์ในอาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กและอาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนป็ดและแหนแดง (% น้ำหนักแห้ง)

ชุดการทดลอง	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย
อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก	40.28±0.42^{a}	3.59±0.01^{c}	11.13±0.16^{bc}	6.38±0.16^{d}
อาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง	30.40±0.27^{f}	5.49±0.35^{a}	9.50±0.11^{d}	8.20±0.09^{c}
แหนเป็ด	32.06 ±0.04^{e}	3.70±0.24^{c}	14.20±0.04^{a}	9.05±0.02^{ab}
อาหารขนาดเล็กผสมแหนเป็ด	38.60±0.20^{b}	4.33±0.10^{b}	10.60±0.42^{c}	6.00±0.20^{d}
อาหารขนาดกลางผสมแหนเป็ด	30.52±0.28^{f}	5.43±0.07^{a}	11.62±0.20^{b}	9.26±0.15^{a}
แหนแดง	33.29±0.31^{d}	2.70±0.04^{d}	11.89±0.05^{b}	8.40±0.01^{c}
อาหารขนาดเล็กผสมแหนแดง	37.59±0.17^{c}	3.68±0.02^{c}	11.21±0.03^{bc}	4.99±0.02^{e}
อาหารขนาดกลางผสมแหนแดง	29.27±0.08^{g}	4.31±0.15^{b}	9.40±0.47^{d}	8.59±0.42^{bc}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในคลอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.2 การเติบโตของลูกปลานิล

1.2.1 อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก

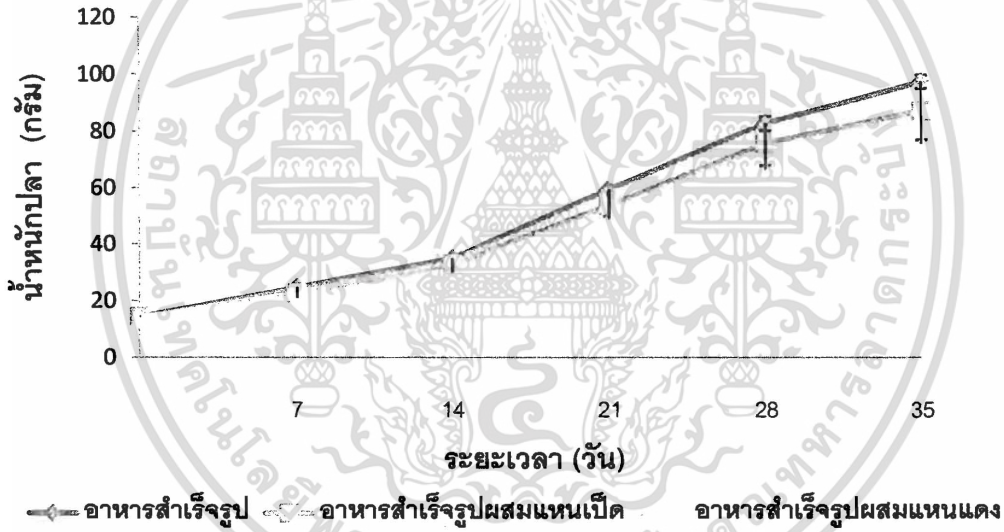
ผลการศึกษาโดยให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กพบว่าปลานิลที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กมีการเจริญเติบโตดีที่สุด 97.27±2.36 กรัม (ตารางที่ 14 และภาพที่ 7) ซึ่งแตกต่างจากปลานิลที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กที่ผสมแหนเป็ดและแหนแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 น้ำหนักลูกปลานิล (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กและผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนแดง
0	14.30±0.12^{a}	14.47±0.09^{a}	14.15±0.02^{a}
7	24.79±0.56^{a}	22.82±0.60^{ab}	21.15±0.77^{b}
14	34.88±0.32^{a}	32.89±0.61^{b}	29.89±0.92^{b}
21	59.36±1.08^{a}	53.57±0.82^{b}	49.08±0.97^{c}
28	82.60±2.52^{a}	75.48±1.18^{b}	66.49±1.24^{c}
35	97.27±2.36^{a}	87.01±1.37^{b}	75.53±1.23^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยลูกปลานิล (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กและผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

1.2.2 อาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง

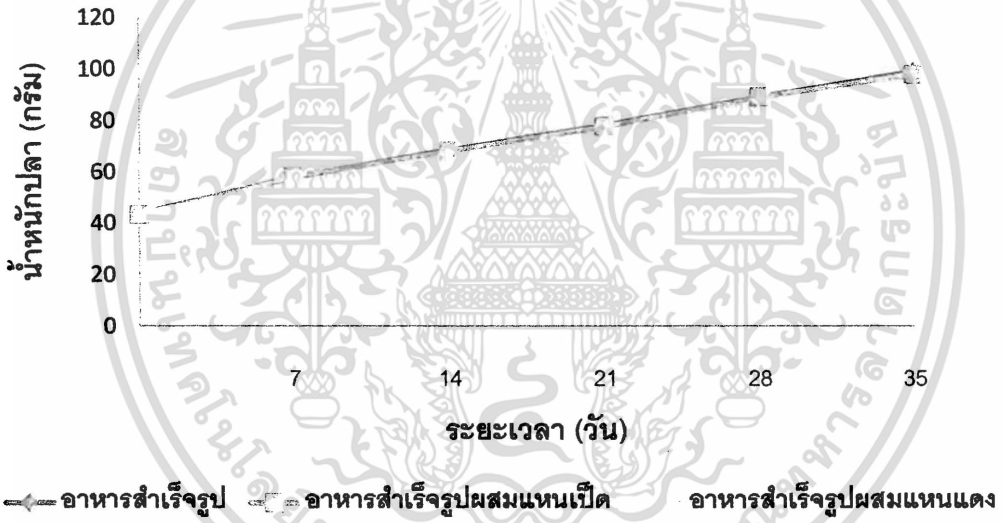
ผลการศึกษาโดยให้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง พบว่าปลานิลที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางและอาหารสำเร็จขนาดกลางผสมแหนเป็ดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) มีการเจริญเติบโตที่สูงใกล้เคียงกัน 99.09±1.25 และ 97.88±0.12 กรัม (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 8) ซึ่งแตกต่างจากอาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 น้ำหนักลูกปลานิลขนาดกลาง (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางและผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูปขนาดกลาง	อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนแดง
0	43.82±0.33[a]	43.59±0.51[a]	44.06±0.44[a]
7	58.12 ±0.70[a]	58.34±0.34[a]	54.76±0.21[b]
14	68.56 ±0.71[a]	68.18±0.85[a]	64.10±0.52[b]
21	78.11± 0.83[a]	77.75±0.92[a]	73.04±0.29[b]
28	89.25±1.78[a]	89.22±0.53[a]	82.50±0.74[b]
35	99.09±1.25[a]	97.88±0.12[a]	91.52±0.59[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ยลูกปลานิล (กรัม) ที่ให้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางและผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2. ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิล

2.1 อุณหภูมิ (temperture)

ผลการศึกษาอุณหภูมิในการเลี้ยงปลานิล พบว่าอุณหภูมิของอาหารต่างชนิด โดยมีอุณหภูมิ อยู่ในช่วง 27.33±0.03-28.73±0.03 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 16 และภาพที่ 9) อุณหภูมิระหว่างการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) จากการทดลองแนวโน้มของอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยในช่วงระยะเวลาของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 อุณหภูมิ (°C) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูป ขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนแดง
0	27.33±0.03^{a}	27.36±0.03^{a}	27.40±0.03^{a}
7	28.73±0.03^{ab}	28.75±0.03^{a}	28.77±0.03^{a}
14	28.66±0.03^{a}	28.56±0.03^{a}	28.65±0.03^{a}
21	27.53±0.03^{a}	27.43±0.03^{a}	27.43±0.03^{a}
28	27.76±0.03^{a}	27.72±0.03^{a}	27.76±0.03^{a}
35	27.87±0.03^{a}	27.77±0.03^{a}	27.72±0.03^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ภาพที่ 9 อุณหภูมิ (°C) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

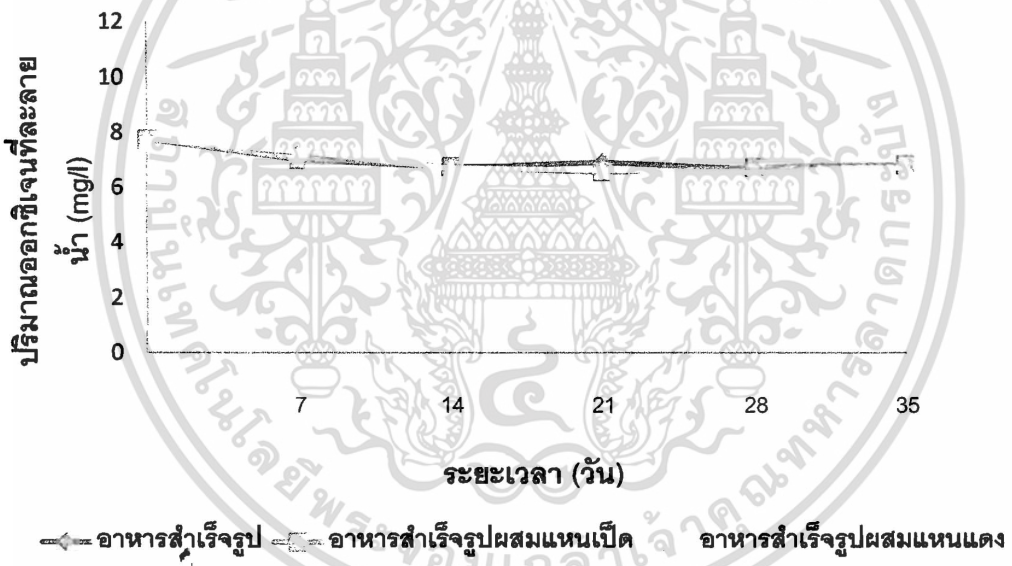
ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าปริมาณออกซิเจนตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 6.56±0.01-7.74±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 7 และ 21 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 10) แต่ในวันที่ 0, 14, 28 และ 35 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูป ขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนแดง
0	7.74±0.01[a]	7.74±0.01[a]	7.74±0.03[a]
7	7.25±0.01[a]	7.10±0.02[a]	7.30±0.04[b]
14	7.25±0.04[a]	6.75±0.03[a]	6.69±0.06[a]
21	7.25±0.02[a]	6.56±0.01[b]	6.62±0.01[c]
28	7.25±0.05[a]	6.72±0.04[a]	6.57±0.04[a]
35	7.25±0.04[a]	6.81±0.04[a]	6.72±0.04[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 10 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง

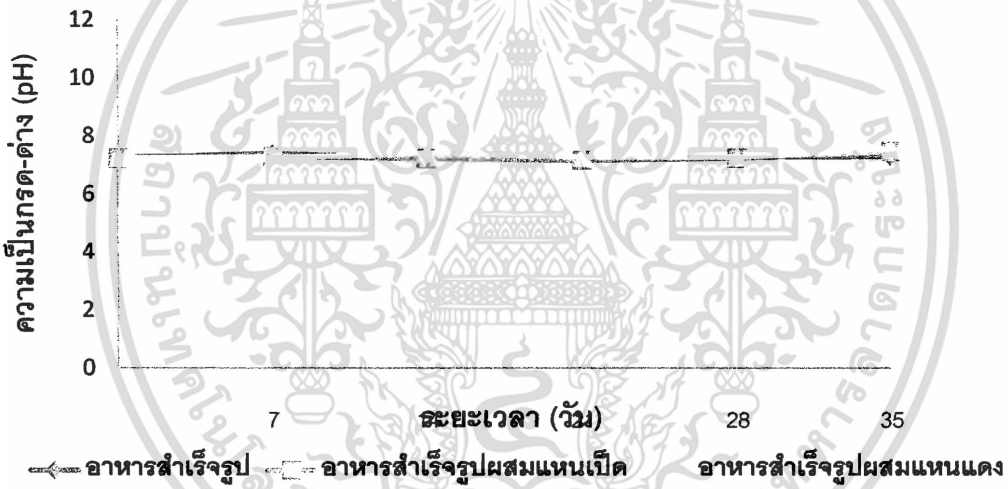
ผลการศึกษาความเป็นกรด -ด่าง ในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิดอยู่ในช่วง 7.17±0.03-7.56±0.02 เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าในวันที่ 7-21 และวันที่ 35 มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 18 และภาพที่ 11) แต่ในวันที่ 0 และ 28 ไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 ความเป็นกรด-ด่าง ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูป ขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนแดง
0	7.26±0.03^{a}	7.23±0.03^{a}	7.26±0.03^{a}
7	7.39±0.02^{a}	7.30±0.03^{ab}	7.25±0.03^{b}
14	7.23±0.03^{b}	7.30±0.03^{b}	7.43±0.03^{a}
21	7.17±0.03^{b}	7.17±0.03^{b}	7.29±0.04^{a}
28	7.28±0.03^{a}	7.24±0.03^{a}	7.28±0.03^{a}
35	7.30±0.03^{b}	7.47±0.03^{a}	7.56±0.02^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 11 ความเป็นกรด-ด่าง ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ

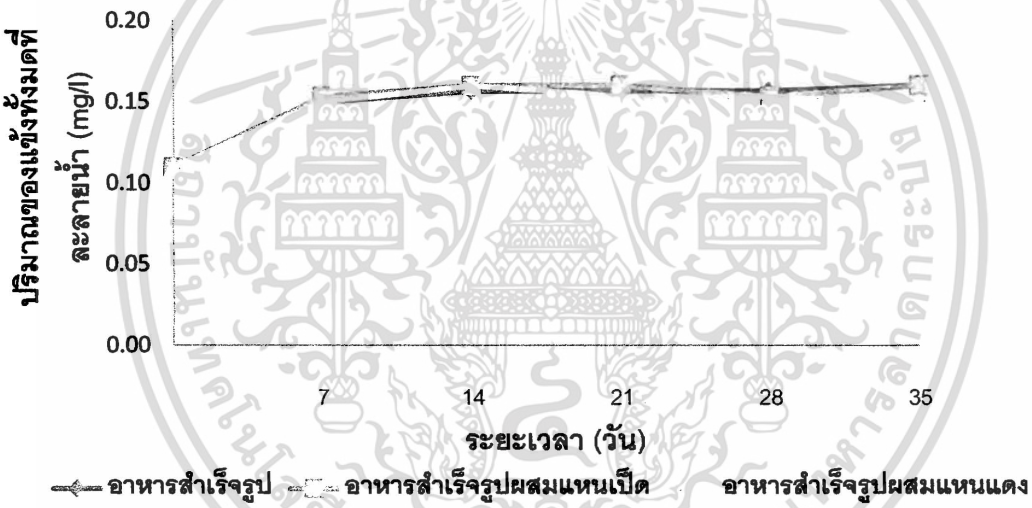
ผลการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดละลายน้ำในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิดพบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำไม่มีความแตกต่างกันโดยพบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.11±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 19 และภาพที่ 12) ซึ่งเกิดในช่วงเริ่มต้นของการทดลองและสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.16±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูป ขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนแดง
0	0.11±0.00[a]	0.11±0.00[a]	0.11±0.00[a]
7	0.15±0.00[a]	0.15±0.00[a]	0.15±0.00[a]
14	0.16±0.00[a]	0.16±0.00[a]	0.16±0.00[a]
21	0.16±0.00[a]	0.16±0.00[a]	0.15±0.00[a]
28	0.16±0.00[a]	0.15±0.00[a]	0.15±0.00[a]
35	0.16±0.00[a]	0.16±0.00[a]	0.15±0.00[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 12 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.5 ค่าการนำไฟฟ้า

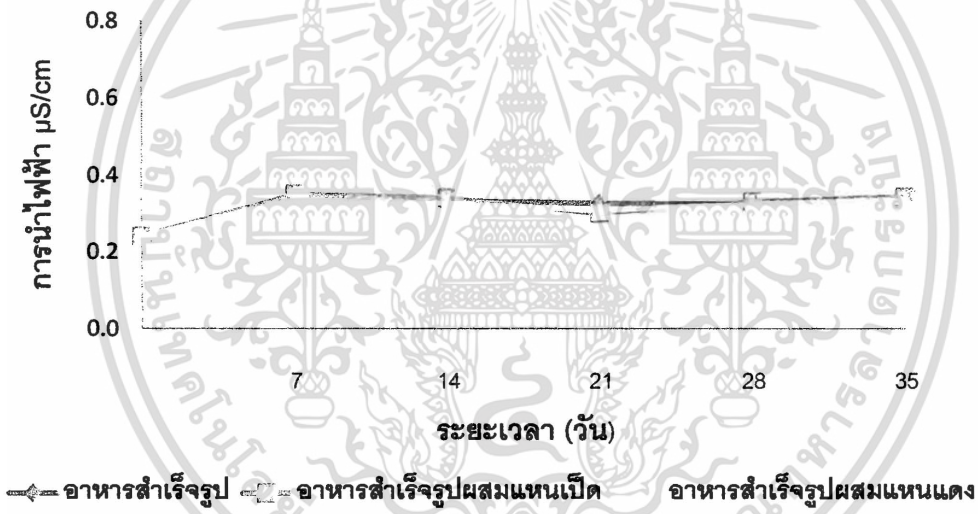
ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าวันที่ 14-21 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า 0.24±0.00 µS/cm และค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.35±0.00 µS/cm (ตารางที่ 20 และภาพที่ 13) และในวันที่ 0-7 และวันที่ 28-35 ไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 การนำไฟฟ้า (µS/cm) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูป ขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนแดง
0	0.24±0.00[a]	0.24±0.00[a]	0.24±0.00[a]
7	0.34±0.00[a]	0.35±0.00[a]	0.33±0.00[a]
14	0.34±0.01[a]	0.34±0.01[b]	0.32±0.00[b]
21	0.34±0.01[a]	0.31±0.00[b]	0.30±0.00[b]
28	0.34±0.01[a]	0.33±0.01[a]	0.32±0.01[a]
35	0.34±0.01[a]	0.34±0.01[a]	0.33±0.00[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 13 การนำไฟฟ้า (µS/cm) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.6 ความเป็นด่าง (alkalinity)

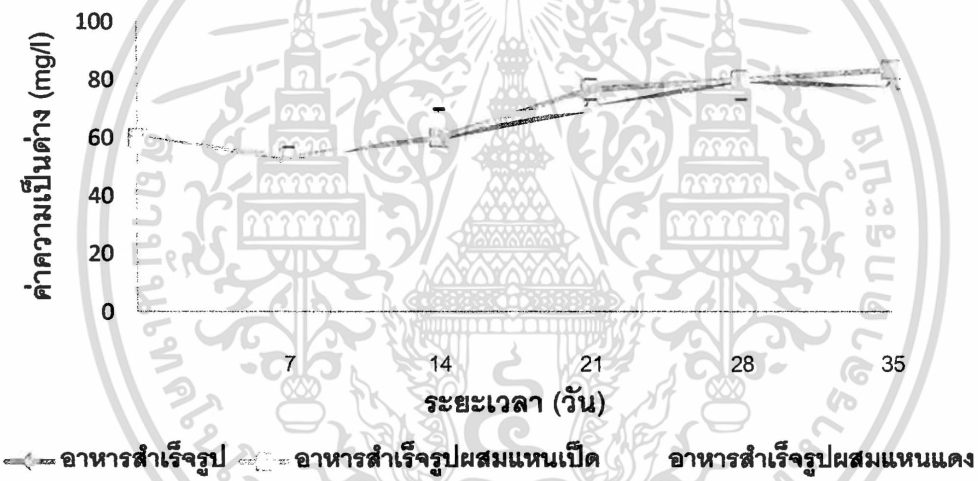
ผลการศึกษาค่าความเป็นด่างในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองความเป็นด่างอยู่ในช่วง 60.00±0.00-83.33±3.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 21 และภาพที่ 14) เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 ค่าความเป็นด่าง (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนแดง
0	60.00±0.00[a]	60.00±0.00[a]	60.00±0.00[a]
7	53.33±3.33[a]	53.30±0.00[a]	50.00±0.00[a]
14	60.00±0.00[a]	60.00±3.33[a]	66.67±3.33[a]
21	70.00±3.33[a]	76.67±0.00[a]	70.00±0.00[a]
28	80.00±0.00[a]	80.00±3.33[a]	76.67±3.33[a]
35	76.67±3.33[a]	83.33±3.33[a]	76.67±3.33[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 14 ค่าความเป็นด่าง (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.7 ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-N)

ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.329±0.031-0.624±0.058 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 22 และภาพที่ 15) วันที่ 0 14 และ 28 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในวันที่ 7 และ 35

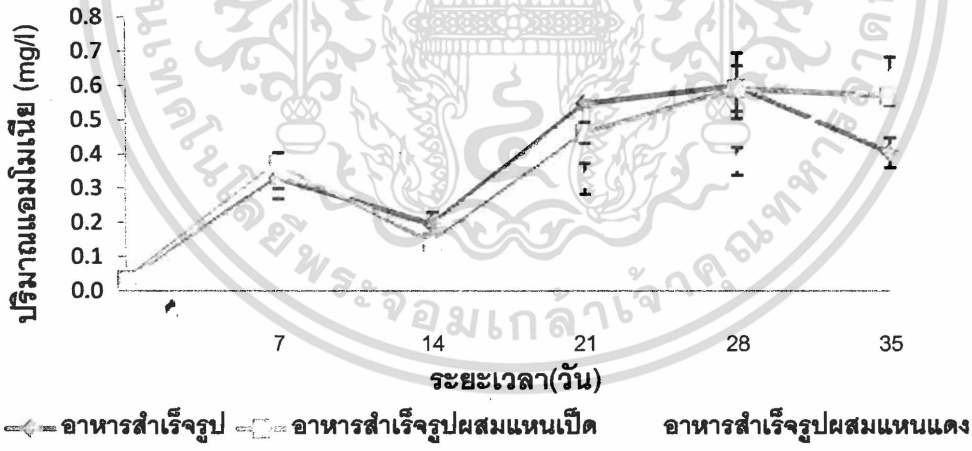
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูป ขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ผสมแหนแดง
0	0.032±0.000[a]	0.032±0.000[a]	0.032±0.000[a]
7	0.329±0.031[a]	0.372±0.0032[a]	0.243±0.026[b]
14	0.195±0.034[a]	0.142±0.013[a]	0.138±0.011[a]
21	0.548±0.010[a]	0.462±0.031[a]	0.327±0.046[b]
28	0.599±0.096[a]	0.591±0.066[a]	0.379±0.040[a]
35	0.404±0.040[b]	0.570±0.028[a]	0.624±0.058[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิดพบว่าปริมาณแอมโมเนียของอาหารทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 และ 21 ของการทดลอง และมีปริมาณลดลงในวันที่ 14ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียจะมีค่าคงที่ในช่วงวันที่ 21-28 ของการทดลอง การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณแอมโมเนีย เกิดการสะสมของของเสียเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาหารสำเร็จรูปและอาหารสำเร็จรูปผสมแหนเป็ดมีแนวโน้มลดลงลดลงอีกครั้งในวันที่ 35 ของการทดลอง



ภาพที่ 15 ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ปริมาณไนไตรท์ (NO^{-}_{2}-N)

ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าปริมาณไนไตรท์มีค่าอยู่ในช่วง 0.0011±0.000-0.194±0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 23 และภาพที่ 16) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) วันที่ 7 และวันที่ 21-35 ของการทดลอง ยกเว้นในวันที่ 14 ของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ในสภาวะปกติไนไตรท์จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาบ่อยครั้งนัก นอกจากจะเกิดการสะสมจนถึงระดับที่เป็นพิษ

ตารางที่ 23 ปริมาณไนไตรท์ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนแดง
0	0.001±0.000	0.001±0.000	0.001±0.000
7	0.060±0.005^{ab}	0.063±0.002^{a}	0.044±0.005^{b}
14	0.077±0.002^{a}	0.082±0.023^{a}	0.086±0.014^{a}
21	0.194±0.011^{a}	0.174±0.012^{a}	0.116±0.010^{b}
28	0.107±0.011^{a}	0.122±0.014^{a}	0.033±0.001^{b}
35	0.137±0.013^{a}	0.143±0.014^{a}	0.041±0.005^{b}

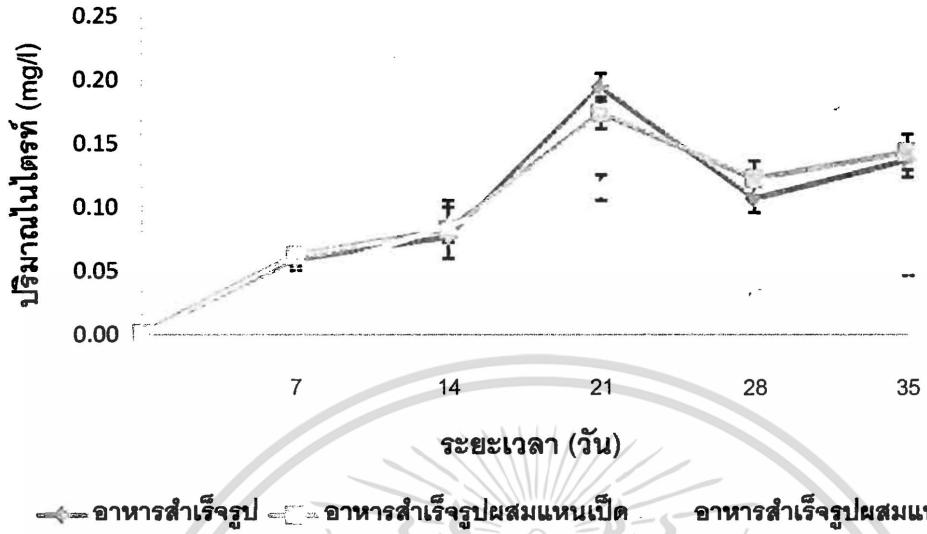
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการทดลองจะพบปริมาณของไนไตรท์มีค่าต่ำและจะมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 21 ของการทดลอง และมีค่าต่ำลงอีกครั้งในวันที่ 28-35 ของการทดลองและจะคงที่จนจบการทดลอง โดยการเพิ่มขึ้นและลดลงของไนไตรท์เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ และจากไนไตรท์กลายเป็นไนเตรท

2.9 ปริมาณซีโอดี

ผลการศึกษาปริมาณซีโอดี ในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าปริมาณ ซีโอดี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) วันที่ 28-35 และวันที่ 0-21 ของการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 17) ปริมาณ ซีโอดี มีค่าอยู่ในช่วง 2.88±0.00-7.05±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



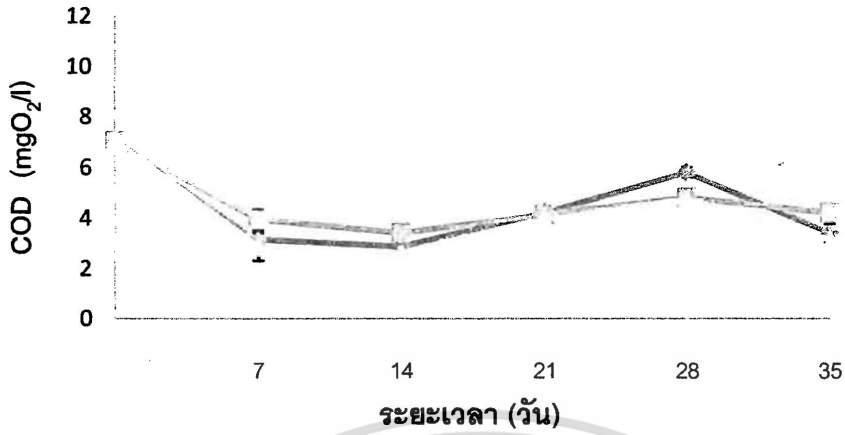
ภาพที่ 16 ปริมาณไนไตรท์ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ตารางที่ 24 ปริมาณ COD (mgO_2/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนแดง
0	7.05±0.00	7.05±0.00	7.05±0.00
7	3.15±0.19^{a}	3.95±0.38^{a}	2.88±0.57^{a}
14	2.88±0.00^{a}	3.41±o.19^{a}	2.61±0.19^{a}
21	4.21±0.19^{a}	4.15±0.33^{a}	3.95±0.19^{a}
28	5.81±0.19^{ab}	4.81±0.09^{a}	4.75±0.19^{b}
35	3.41±0.38^{ab}	4.21±0.19^{a}	3.15±0.19^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 ปริมาณ COD (mgO_2/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

2.9 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Soluble reactive phoshate)

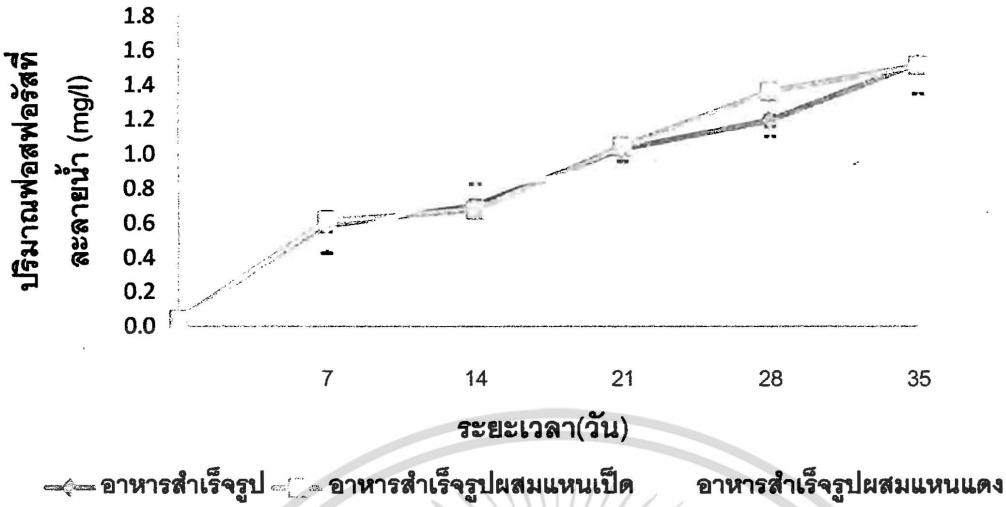
ผลการศึกษาปริมาณออร์โธฟอสเฟตในการเลี้ยงปลานิลที่ให้อาหารต่างชนิด พบว่าปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต ค่าอยู่ในช่วง 0.042±0.000-1.523±0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 25 และภาพที่ 18) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 25 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

ระยะเวลา (วัน)	ชนิดอาหาร		
	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็ก	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนเป็ด	อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กผสมแหนแดง
0	0.042±0.000	0.042±0.000	0.042±0.000
7	0.583±0.032^{a}	0.615±0.052^{a}	0.501±0.073^{a}
14	0.700±0.330^{b}	0.676±0.031^{b}	0.801±0.024^{a}
21	1.027±0.031^{a}	1.041±0.041^{a}	0.913±0.046^{a}
28	1.192±0.031^{b}	1.360±0.016^{a}	1.067±0.034^{c}
35	1.523±0.032^{a}	1.513±0.022^{a}	1.311±0.037^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (mg/l) ในการเลี้ยงลูกปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูป และผสมแหนเป็ดกับแหนแดง

การทดลองการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจากมูลปลานิลในปริมาณมูลปลาที่แตกต่างกันที่ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมต่อลิตรจะเห็นได้ว่าในวันแรกทุกชุดไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 26 และเมื่อวันที่ 8 ในชุดการทดลองที่ใช้มูลปลา 2.0 กรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตของเซลล์มากที่สุดมีค่าเท่ากับ $540.33\pm10.73 \times 10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งชุดการทดลองที่ใส่มูล 0 กรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ $197.33\pm25.10 \times 10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีค่าการเจริญเติบโตน้อยที่สุดเนื่องมาจากในชุดที่ไม่ได้ใส่มูลปลานั้นไม่มีสารอาหารที่จำนำมาใช้ในการเจริญเติบโตซึ่งต่างกับชุดการทดลองที่ใส่มูลปลาที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ในการเจริญเติบโต (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับ Yang *et al.* (2001) ในการทดลองได้นำตะกอนจากบ่อกุ้งมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กคือ *Oscillatoria* sp., *Chaetocero scalcitrans*, *Nannochloropsis oculata*โดยการแยกเป็นหลายชุดการทดลองแสดงให้เห็นถึงว่าในชุดการทดลองที่นำตะกอนจากบ่อเลี้ยงมาเจือจาง (DIW) มีผลทำการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กดีที่สุดเพราะถ้ามีปริมาณธาตุอาหารที่สูงเกินไปก็ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กได้

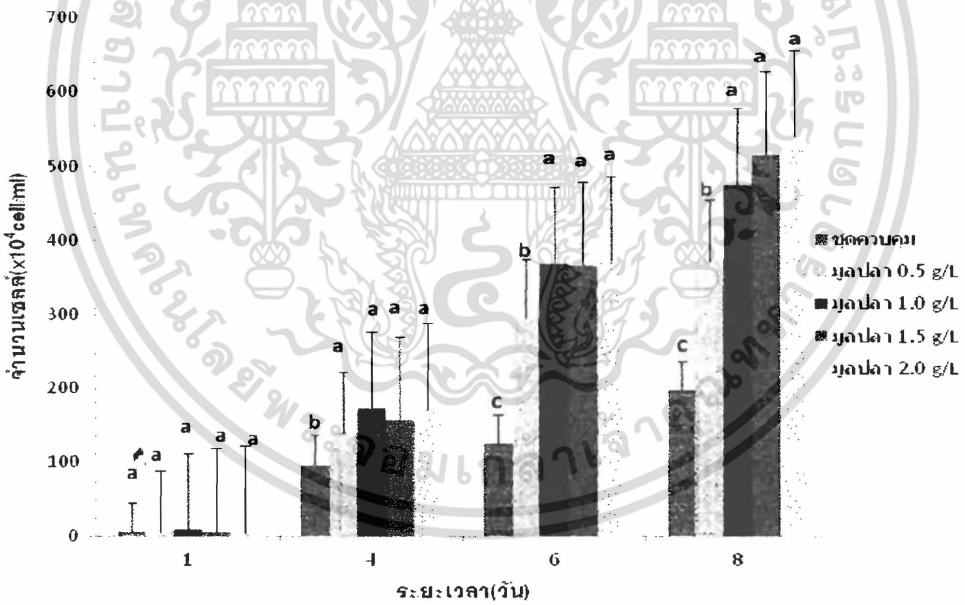
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 การเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก *Ankistrodesmus* sp. ในระดับของการใช้มูลปลาที่แตกต่างกัน (x10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

เวลา	ปริมาณมูลปลาที่ใช้ (กรัม)				
(วัน)	0	0.2	0.4	0.6	0.8
1	6±0.58^{a}	8.33±1.45^{a}	9±1.15^{a}	6.67±0.88^{a}	5.67±0.67^{a}
4	96.75±10.88^{b}	140±13.23^{a}	173±4.36^{a}	157±3.79^{a}	171.5±17.96^{a}
6	125.08±13.62^{c}	294.33±12.47^{b}	368.33±21.09^{a}	366.67±7.22^{a}	370.67±15.06^{a}
8	197.33±25.10^{c}	373.67±23.82^{b}	475±28.16^{a}	516±21.62^{a}	540.33±10.73^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ผลในชุดการทดลองที่มีการเพิ่มจำนวนของมูลปลามากขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กมากขึ้นตามไปด้วยเพราะในมูลปลานั้นอุดมไปด้วยไนโตรเจนซึ่งเหมาะสมในการเจริญเติบโต (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 การเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นที่ระดับของการใช้มูลปลาที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วย *Ankistrodesmus* sp. ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลปลานิลในระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ที่ 3 ,6, 9 , 12, 15, และ 18 ตัวต่อลิตร ในการเลี้ยงจะเลี้ยงในน้ำปริมาตร 2 ลิตร แสดงให้เห็นในในการเลี้ยงที่ความหนาแน่นที่ 3 ตัวต่อลิตร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.0093±0.001 แต่ไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นที่มากขึ้นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวจะน้อยลงแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นมีผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไรน้ำนางฟ้าน้ำหนักน้อยที่สุดที่ความหนาแน่น 18 ตัวต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 0.007 ±0.001 (ภาพที่ 20) และในน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแต่ละชุดการทดลองต่อวันมีค่ามากที่สุดในชุดการทดลองที่ 18ตัวต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 0.23±0.034 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อัตรารอดมากที่สุดที่ความหนาแน่น 18 ตัวต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 97.91เปอร์เซ็นต์ และในระดับความหนาแน่นอื่นมีค่าใกล้เคียงกันน้อยที่สุดที่ความหนาแน่น 9 ตัวต่อลิตร 88.89 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 27) เมื่อเปรียบเทียบกับ Jawahar and Henri (2002) ซึ่งมีการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (*Streptocephalus proboscideus*) ด้วยรำข้าวที่ความหนาแน่นที่ 50 ตัวต่อลิตร ในน้ำ 6 ลิตรแสดงให้เห็นเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์และการทดลอง โฆษิต (2012) เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย อายุ 20 วัน พบว่าอัตรารอดเท่ากับร้อยละ 62.00 ± 3.00 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 27 น้ำหนักและอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าที่เลี้ยงด้วย *Ankistrodesmus* sp. ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลปลานิล

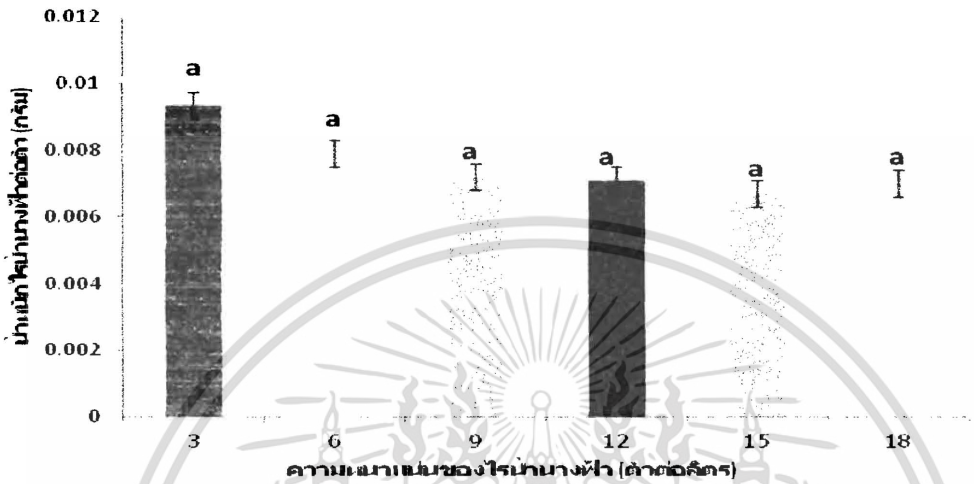
จำนวนตัวต่อลิตร	น้ำหนัก(กรัม)			Average Survival rate (%)
	น้ำหนักรวม	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/วัน	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/ตัว	
3	0.07±0.08^{b}	0.05±0.006^{c}	0.0093±0.001^{a}	95.83^{a}
6	1.08±0.05^{b}	0.08±0.003^{c}	0.0079±0.001^{a}	93.75^{a}
9	1.34±0.24^{b}	0.10±0.018^{c}	0.0072±0.001^{a}	88.89^{a}
12	2.03±0.18^{b}	0.16±0.014^{b}	0.0071±0.001^{a}	95.84^{a}
15	2.44±0.12^{ab}	0.19±0.009^{ab}	0.0072±0.001^{a}	92.71^{a}
18	2.96±0.44^{a}	0.23±0.034^{a}	0.007±0.001^{a}	97.91^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการทดลองการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ความเป็นกรด-ด่างแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ความเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้าโดยเก็บตัวอย่างใน 4 ชุดการทดลองใน 1 ชุดการทดลองเก็บน้ำ 1 ตัวอย่างระหว่างเลี้ยง ปริมาณค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นโดยในวันแรกในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแต่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในวันที่ 4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในชุดการทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.95±0.003 (µs/cm) และในวันที่ 7 มีค่ามากที่สุดที่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1.03±0.003(µs/cm) และในวันที่14 ค่าที่ลดลง การที่ค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวัน 1 – 7 ผลอันเนื่องมาจากอาหารที่ให้เนื่องจากในอาหารที่ให้นั้นเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่นำมาทำการขยายด้วยปุ๋ยเคมีจึงส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าในชุดทดลองมีค่าเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 28)



ภาพที่ 20 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของไรน้ำนางฟ้าที่เลี้ยงในความหนาแน่นที่ต่างกันที่เลี้ยงด้วย *Ankistrodesmus* sp.

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 28 ค่าการนำไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)

ระยะเวลา	ชุดการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า(ซ้ำ)			
(วัน)	1	2	3	4
1	0.63 ± 0.003^{a}	0.62 ± 0.006^{a}	0.63 ± 0.003^{a}	0.62 ± 0.005^{a}
4	0.95 ± 0.003^{c}	0.9 ± 0.003^{a}	0.913 ± 0.003^{b}	0.91 ± 0.005^{ab}
7	1.03 ± 0.003^{b}	0.96 ± 0.005^{a}	0.96 ± 0.003^{a}	1.02 ± 0.003^{b}
12	0.97 ± 0.003^{c}	0.98 ± 0.003^{d}	0.93 ± 0.003^{a}	0.95 ± 0.003^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในการเก็บค่าความเป็นกรด-ด่างในการทดลองวันที่ 1-12 ค่าความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าทั้ง 4 ชุดการทดลองสอดคล้องกับ โฆษิต (2012) ในการทดลองเลี้ยงไรน้ำนางฟ้ามีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 7.0 - 8.2 อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (ตารางที่ 4) โดยมีค่ามากที่สุดกับ 8.25±0.01 และค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 7.11±0.01 (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่างในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า ด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)

ระยะเวลา	ชุดการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (ซ้ำ)			
(วัน)	1	2	3	4
1	8.24±0.01^{a}	8.25±0.01^{b}	8.22±0.01^{a}	8.22±0.003^{a}
4	7.39±0.003^{a}	7.42±0.06^{a}	7.45±0.05^{a}	7.53±0.03^{a}
7	7.12±0.01^{b}	7.18±0.03^{a}	7.11±0.01^{b}	7.1±0.01^{b}
12	7.82±0.003^{c}	7.74±0.003^{b}	7.72±0.003^{a}	7.71±0.003^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างในวันที่ 1 – 14 มีค่ามากที่สุดในวันที่ 1 มีค่าเท่ากับ 108.18±2.52 และค่าจะค่อยๆลดลงและมีน้อยที่สุดในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 80.13±1.64 ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 30 ซึ่งแต่ต่างกับการทดลองของ โฆษิต (2012) ที่ค่าความเป็นด่างอยู่ที่ 30–50 มิลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนียในวันนี้แรกมีค่าน้อยที่สุดในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.10±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงขึ้นในวันที่ 4 และ7 ลดลงในวันที่ 12 ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียไปอยู่ในรูปของไนไตรและไนเตรทส่งผลให้ค่าไนไตรและไนเตรทมีค่าเพิ่มมากขึ้น สาเหตุที่แอมโมเนียมากเป็นผลมาจากการสะสมขอขอเสียบริเวณก้นถังทดลองเพราะในการทดลองนั้นไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและรวมเศษซากของไรน้ำนางฟ้าที่ตายจึงทำให้มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่สูง (ตารางที่ 31) ซึ่งต่างกับการทดลองของ โฆษิต (2012) ที่มีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ที่ 0.2-0.5มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 30 ปริมาณค่าความเป็นด่างในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)

ระยะเวลา	ชุดการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (ซ้ำ)			
(วัน)	1	2	3	4
1	98.11±0.00^{b}	100.63±1.26^{b}	108.18±2.52^{a}	99.37±1.26^{b}
4	91.82±1.26^{a}	93.08±1.26^{a}	89.31±1.26^{a}	83.02±2.18^{b}
7	89.93±4.33^{ab}	91.57±1.64^{a}	81.76±1.64^{b}	81.76±1.64^{b}
12	88.30±0.00^{a}	89.94±1.64^{a}	81.76±1.64^{b}	80.13±1.64^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 31 แอมโมเนียในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)

ระยะเวลา	ชุดการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (ซ้ำ)			
(วัน)	1	2	3	4
1	0.33±0.002^{b}	0.26±0.007^{b}	0.11±0.008^{a}	0.10±0.004^{a}
4	6.25±0.02^{a}	6.94±0.006^{a}	7.27±0.008^{a}	7.36±0.003^{a}
7	6.07±0.02^{a}	6.15±0.002^{a}	6.36±0.001^{a}	6.86±0.001^{a}
12	0.93±0.07^{c}	0.51±0.05^{b}	0.51±0.05^{b}	0.23±0.02^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณไนไตรท์จะมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองในวันที่ 1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.07±0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่ามากที่สุดในวันที่ 12 มีค่ามากที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.72±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียมาเป็นไนไตรทำให้มีปริมาณไนไตรท์ที่สูงขึ้น (ตารางที่ 32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 32 ไนไตรท์ในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)

ระยะเวลา	ชุดการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (ซ้ำ)			
(วัน)	1	2	3	4
1	0.03±0.002[a]	0.03±0.003[a]	0.03±0.001[a]	0.07±0.001[b]
4	0.69±0.004[a]	0.72±0.02[a]	0.89±0.02[b]	1.02±0.007[c]
7	0.77±0.01[a]	0.97±0.008[b]	0.99±0.04[b]	1.01±0.04[b]
12	0.9±0.05[a]	0.99±0.02[a]	1.68±0.03[b]	1.72±0.1[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณไนเตรทในทุกชุดการทดลองมีค่าที่สูงขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนรูปของไนไตรและจะไม่มีการลดลงเพราะในการทดลองไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและไนเตรทจะไม่สามารถได้เนื่องจากในการทดลองมีการให้อากาศตลอดเวลาไนเตรทจึงไม่สามารถเปลี่ยนรูปและลดลงได้ไนเตรทมีค่าน้อยที่สุดในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ในวันที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.42±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่ามากที่สุดในวันที่ 12 ในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.6±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 33 ไนเตรทในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก (*Ankistrodesmus* sp.)

ระยะเวลา	ชุดการทดลองการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า (ซ้ำ)			
(วัน)	1	2	3	4
1	0.42±0.002[a]	0.42±0.007[a]	0.43±0.008[a]	0.44±0.004[a]
4	0.83±0.01[a]	0.84±0.006[a]	0.84±0.008[a]	0.85±0.003[a]
7	0.96±0.002[a]	0.97±0.001[a]	1±0.001[b]	1.03±0.001[c]
12	1.09±0.07[a]	1.13±0.05[a]	1.12±0.05[a]	1.09±0.02[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

การเลี้ยงปลานิลขนาด 14.31±0.08 กรัม ควรใช้อาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กซึ่งมีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ เพียงอย่างเดียว ส่วนปลานิลที่มีขนาดมากกว่า 43.82±0.43 กรัม สามารถใช้อาหารสำเร็จรูปขนาดกลางผสมแหนเป็ดซึ่งมีปริมาณโปรตีน 30.52±0.28 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนอาหารสำเร็จรูปได้บางส่วน คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.33±0.03 ถึง 28.73±0.03 °C ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 6.56±0.01 ถึง 7.74±0.03 mg/l ค่าความเป็นกรด -ด่างอยู่ในช่วง 7.17±0.03 ถึง 7.56±0.02 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.11±0.00 ถึง 0.16±0.00 mg/l ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในช่วง 0.24±0.00 ถึง 0.35±0.00 µS/cm ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 60.00±0.00 ถึง 83.33±3.33 mg/l ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.329±0.031 ถึง 0.624±0.058 mg/l ปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.001±0.000 ถึง 0.194±0.011 mg/l ปริมาณซีโอดีอยู่ในช่วง 2.88±0.00 ถึง 7.05±0.00 mg/l และปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.042±0.000 ถึง 1.523±0.032 mg/l

การใช้มูลปลานิลในระดับที่มากส่งผลให้การเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กให้เพิ่มขึ้นส่วนไรน้ำ นางฟ้าที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายขนาดเล็กที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลส่งผลให้การเติบโตเพิ่มมากขึ้นอัตรารอด 97.91 เปอร์เซ็นต์คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โฆษิต ศรีภูธร. 2012. ศึกษาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยโดยอาหารผงสำหรับทดแทนสาหร่ายคลอเรลลา . วารสาร มทร.อีสาน ปีที่ 6 ฉบับที่1: 66-80.

เจษฎา อิสเหาะ , สุภาวดี โกยดุล และปราโมทย์ สำราญกิจดำรงค์ . 2548. ผลของการใช้แหนและผักตบชวาเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานที่ย่อยได้ (non-protein energy) ต่างกัน ต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลานิล และปลาเปคูแดง.

ทัศนีย์ ภูพิพัฒน์. 2524. ชีวประวัติของปลานิล. เอกสารวิชาการ ฉบับที่. 7/2524 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติกองประมงน้ำจืด กรมประมง.

นุกูล แสงพันธุ์. 2548. การเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อการค้าในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น [ISBN 974-666-535-9]

นุกูล แสงพันธุ์ และละออศรี เสนะเมือง. 2547. การเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า. ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรรณี เชิดชูพันธุ์เสรี. 2528. การผสมพันธุ์ปลานิลข้ามพันธุ์ วารสารการประมง. 36(1):47-52.

ละออศรี เสนะเมือง ภัทยา ภาคมฤค และวาสนา ศิริแสน. 2549. ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร และอาร์ทีเมียอาหารเสริมของปลาหมอสี. จดหมายข่าวศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ 3(8):2-3.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน (พิมพ์ครั้งที่ 3) สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร . 2552. ศักยภาพการผลิตและการตลาดปลานิลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. เลขที่119.

Ariyaratne, M.H. 2010. Potential of duckweed (*Wolffia arrhiza*) and invasive aquatic plant as feed in tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry rearing. Pakistan Journal of Weed Science Research 16(3):321-333.

Ashton, P.J. 1977. Factor affecting the growth and development of Azolla ebiliculoides Lam. National weed Conference of South Africa Proc. 249-268.

Azim, M.E. and M.A. Wahab. 2003. Development of a duckweed-fed carp polyculture system in Bangladesh. Aquaculture 218:425-438.

Bairagi, A., K.S. Ghosh, S.K. Sen and A.K. Ray. 2002. Duckweed (*Lemnapoly rhiza*) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. Bioresource Technology 85:17-24.

Chareontesprasit, N. and W. Jiwyam 2001. An evaluation of wolffia meal (*Wolffia arrhiza*) in replacing soybean meal in some formulated rations of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Pakistan Journal of Biological Science 4(5):618-620.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dararat, W., K.Lomthaisong and L. Sanoamuang . 2012. Biochemical composition of three species of fairy shrimp (Branchiopoda, Anostraca) from Thailand. Journal of Crustacean Biology 32:81-87.

Fasakin, E.A.1999. Nutrient quality of leaf protein concentrates produced from waterfern (*Azolla africana*Desv) and duckweed (*Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden). Bioresource Technology 69 : 185-187.

Hanczakowsk, P. B., M. szymczyk and M. Wawrzy. 1995. Animal Feed Science and Technology 52: 339-343.

Jawahar, A. and Henri J. 2002.Larviculture of the fairy shrimp, *Streptocephalus proboscideus* (Crustacea:Anostraca): effect of food concentration and physical and chemical properties of the culture medium. Hydrobiologia 486: 249–254

Lavens, P. and P. Sorgeloos. 1996. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 361: 14-16.

Montealegre, M. Verdegem E. Jorge, Zamora, J. Verreth. 2002. Organic matter sedimentation and resuspension in tilapia (*Oreochromis niloticus*) ponds duringa production cycle. Aquacultural Engineering 26: 1–12.

Murugan, G., H.J. Nalis, H.J. Dumont and A.P. Leenheer. 1995. *Cis-* and *all-*trancanthaxanthin levels in fairy shrimps. Comp. Biochem Physiol. 110:799-803.

Nelson, J. 1994. Fishes of the world.3rd ed. John Wiley & Sons. New York. 600.

Saber, A.E., F.A. El-Gohary, J.A. Verreth, J. Schrama and H.I. Gijzen. 2004. Apparent digestibility of duckweed (*Lemma minor*), fresh and dry for nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture Reserch 35:574-586.

Surjya, N.D. 2011. Culture of Azolla and its efficacy in diet of *Labeo rohita*. Aquaculture 310 : 376 – 379.

Walsche, C.D., J. Mertens, H.J. Dumont. 1991. Observations on temperature optimum, cyst production, and survival of *Streptocephalus proboscideus* (Frauenfeld, 1873) (Crustacea: Anostraca), fed different diets. Hydrobiologia 212: 21-26.

Yang, Y., C. Kweilin and J. S. Diana. 1996. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages amd in ponds containing the cages. Aquaculture 146:205-215.

Yang, Y., H.B. Matias, Z. A. Khalid, Siew-MoiPhang. 2001. Culture of microalgae using interstitial water extracted from shrimp pond bottom sediments. Aquaculture 201: 263–270.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ
Mr. Somchai Wangwibulkit

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1104 00691 49 7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 0 2329 8157, โทรสาร 0 2329 8157 E-mail address kwsomcha@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2529	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) เกียรตินิยม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2531	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2551	วิทยาศาสตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การจัดการคุณภาพน้ำเพื่อการประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

การใช้วัสดุกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)

การศึกษาคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

เปรียบเทียบอาหาร 3 ชนิด ที่ใช้อนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ในบ่อคอนกรีต

ผลของระบบหมุนเวียนน้ำที่มีตัวกรองชีวภาพต่อการอนุบาลลูกปลาโรซีบาร์บ

ผลของวิตามิน B_1 และ B_{12} ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และการเจริญเติบโตของคลอเรลล่า

คุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในระบบปิด

การเลี้ยงปูทะเลด้วยระบบน้ำต่างกันในพื้นที่จำกัด

การเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) ในน้ำที่มีความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลาทอเรียระดับต่าง ๆ

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ . 2542. การใช้วัสดุกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). หน้า 97-106. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการในงานนิทรรศการ "30 ปี เกษตรเจ้าคุณทหารลาดกระบัง". คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และอัจฉรี เรืองเดช . 2542. การศึกษาคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ . วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.17(2):10-21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ นที ฮวดจีง และประเทือง ศุภลัษณ์วัจนะ . 2545. เปรียบเทียบอาหาร 3 ชนิด ที่ใช้อนุบาลลูกปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*) ในบ่อคอนกรีต. หน้า 161-170. ใน การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์. สงขลา.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ . 2545. ผลของระบบหมุนเวียนน้ำที่มีตัวกรองชีวภาพต่อการอนุบาลลูกปลาโรซีบาร์บ . (*Barbus conchonius*). หน้า 171-180. ใน การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ อัจฉรี เรืองเดช และบุปผา จงพัฒน์ . 2548. ผลของวิตามิน B_1 และ B_{12} ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และการเจริญเติบโตของคลอเรลล่า. หน้า 260-266. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2549. คุณภาพน้ำ การเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลานิล *(Oreochromis niloticus)* ที่เลี้ยงในระบบปิด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 17(2):10-21.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ . 2549. ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และฟอร์มาลินต่ออัตราการฟักและการพัฒนาตัวอ่อนของไข่กุ้งก้ามกรามที่แยกจากแม่กุ้ง. ใน การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2549. ณ ห้องประชุมกรมประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. และความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายต่อกลิ่นโคลนในกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ในบ่อเลี้ยง . วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 110 หน้า.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และบุปผา จงพัฒน์. 2549. การประเมินคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) ในน้ำที่มีอาหารกุ้งตกค้าง. หน้า 651-662. ใน การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และอนัญญา เจริญพรพิภัทธ. 2549. การเลี้ยงปูทะเลด้วยระบบน้ำต่างกันในพื้นที่จำกัด. ใน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และศรัณย์ มาประจง. 2550. ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) ต่อการตายของกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 3. โรงแรมตักสิลา, จังหวัดมหาสารคาม.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และกฤตพร รำจวนเกียรติ. 2551. ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซีสทีส (*Microcystis* sp.) ต่อการตายของกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ. ใน การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 4. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พะเยา.

Wangwibulkit, S., C. Limsuwan and N. Chuchird. 2008. Effects of salinity and pH on the blue-green algae, *Oscillatoria* sp. and *Microcystis* sp., isolated from pacific white shrimp *(Litopenaeus vannamei)* ponds. KU. Fish. Res. Bull. 32(1):1-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และปิยพงศ์ โชติพันธุ์ . 2541. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมสภาพแวดล้อมในบ่ออนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ. ซีดีรอม. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาประมง. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ภวรรณตรี สมบุญโต และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548. การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการผลิตผักสลัดแบบไร้ดินในระบบปิด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 36(5-6) ฉบับพิเศษ:1044-1047.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และมณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2550. ผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราส่วนเพศของลูกปลาหางนกยูง. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 3. โรงแรมตักสิลา, จังหวัดมหาสารคาม.

ประวัติผู้วิจัยร่วม

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวอัจฉรี เรืองเดช
   Ms. Uscharee Ruangdej
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 102201288 90 2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่สังกัดและสถานที่ติดต่อ
   ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
   โทรศัพท์ 0 2329 8157โทรสาร 0 2329 8157 E-mail kruschar@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2530	ปริญญาตรี	วท.บ. (ประมง) วิทยาศาสตร์บัณฑิต	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2535	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง)	วิทยาศาสตร์การประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2544	ปริญญาโท	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต M.Sc.	Aquatic Environmental Science	Kochi University	Japan
2547	ปริญญาเอก	Ph.D.	Aquatic Environmental Science	Ehime University	Japan

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
   สิ่งแวดล้อมทางทะเล การใช้ประโยชน์จากสารทุติยภูมิของสาหร่าย และพืชน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยสถานภาพในการวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.1.1 การเพิ่มมูลค่าสาหร่ายสีน้ำตาลจากการผลิตสารสกัดเพื่อใช้เป็นตัวเร่งความสมบูรณ์ของพืช

7.1.2 การเพิ่มภูมิคุ้มกันปลาเศรษฐกิจด้วยสารสกัดจากพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิ

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

อัจฉรี เรืองเดช ลำพึง พุ่มจันทร์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การเพิ่มสีของปลาหมอสีโดยใช้อาหารเสริมแอสตาแซทิน. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25–26 พฤษภาคม 2549 มหาวิทยาแม่โจ้ เชียงใหม่.

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การจำกัดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็กด้วยสารสกัดจากสาหร่ายเม็ดพริกไทย. การประชุมทางวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 28–29 มิถุนายน 2549 มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก. หน้า 717-724.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และอัจฉรี เรืองเดช . 2542. การศึกษาคุณภาพน้ำและแพลงค์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 17(2) : 10-21.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ อัจฉรี เรืองเดช และบุปผา จงพัฒน์ . 2548. ผลของวิตามินบี 1 และบี 12 ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและการเจริญเติบโตของคลอเรลล่า. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ สาขาประมง ระหว่างวันที่ 1–4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ลำพึง พุ่มจันทร์ และอัจฉรี เรืองเดช. 2549. การเร่งสีปลาทองโดยใช้สารสีจากธรรมชาติ. การประชุมทางวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 28–29 มิถุนายน 2549 มหา วิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก. หน้า 725-732.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง และสถานภาพในการทำวิจัย

7.4.1 การเพิ่มภูมิคุ้มกันปลาเศรษฐกิจด้วยสารสกัดจากพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้