

การใช้พืชน้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* spp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) บำบัดน้ำเสียจากของเสีย (Oreochromis niloticus) ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต

USING WATER MEAL *Wolffia globosa*, WATER Fern (*Azolla* spp.) AND DUCKWEED (*Lemna minor*) TO REDUCE METABOLIC WASTE OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) CULTURED IN CONCRETE TANK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ดำเนินการโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-081-227

การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* spp.) และแหนเปิดเล็ก (*Lemna minor*) บำบัดสิ่งขับถ่ายของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงใน บ่อคอนกรีต

USING WATER MEAL (*Wolffia globosa*), WATER FERN (*Azolla* spp.) AND DUCKWEED (*Lemna minor*) TO REDUCE METABOLIC WASTE OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) CULTURED IN CONCRETE TANK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-081-227

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* spp.) และแหนเปิดเล็ก (*Lemna minor*) บำบัดสิ่งขับถ่ายของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงใน บ่อคอนกรีต

USING WATER MEAL (*Wolffia globosa*), WATER FERN (*Azolla* spp.) AND DUCKWEED (*Lemna minor*) TO REDUCE METABOLIC WASTE OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) CULTURED IN CONCRETE TANK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-081-227

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**USING WATER MEAL (*Wolffia globosa*), WATER FERN (*Azolla* spp.) AND
DUCKWEED (*Lemna minor*) TO REDUCE METABOLIC WASTE OF
NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) CULTURED IN CONCRETE TANK**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2016

KMITL-2016-AG-M-081-227

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* spp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) บำบัดสิ่งขับถ่ายของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต
Using water meal (*Wolffia globosa*), water fern (*Azolla* spp.) and duckweed (*Lemna minor*) to reduce metabolic waste of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in concrete tank

นักศึกษา นายจิระพงศ์ ผดุงปรมาณ
รหัสประจำตัว 54640902
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ	
ดร.พิกุล จิรวาณิชไพศาล	
ผศ.ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์	
รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ	
ผศ.ดร.อัจฉรี เรืองเดช	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 25 กรกฎาคม 2559

สถานที่สอบ ห้องประชุม A 208 (ชั้น 2 ตึกเจ้าคุณทหาร)

คณบดีรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 26 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่หรือใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ไข่น้ำ (<i>Wolffia globosa</i>) แหนแดง (<i>Azolla</i> spp.) และ แหนเป็ดเล็ก (<i>Lemna minor</i>) บำบัดสิ่งขับถ่ายของปลานิล (<i>Oreochromis niloticus</i>) ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต
นักศึกษา	นายจิระพงศ์ ผดุงปราม
รหัสประจำตัว	54640902
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

บทคัดย่อ

การเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์นิยมเลี้ยงแบบหนาแน่น โดยปล่อยปลานิลขนาดเล็กลงเลี้ยง การเติบโตทำให้ปลานิลมีขนาด และความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยง และการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะทำให้ของเสียถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* spp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) ลดปริมาณของเสียจากปลานิล เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลต่อการขับถ่ายของเสียของปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ปลานิลน้ำหนัก 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600 และ 700 กรัม ปล่อยที่ความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าปริมาณมูลปลานิล แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัสรวม และสารแขวนลอย มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับขนาดของปลานิล และปริมาณ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม สูงสุดในปลานิลขนาด 50 กรัม เท่ากับ 529.92 ± 3.55 , 62.71 ± 1.19 , 66.73 ± 0.10 , 664.10 ± 0.35 , 15.42 ± 0.23 และ 18.76 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับการขับถ่ายของเสียของปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าปริมาณมูลปลานิล แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัสรวม และสารแขวนลอย มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับความหนาแน่นที่เลี้ยงปลานิล และปริมาณมูลปลานิล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดในความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 20.75 ± 1.74 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกิโลกรัม ต่อวัน เช่นกัน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรที่-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัสรวม และสารแขวนลอย เท่ากับ 578.36 ± 0.14 , 26.81 ± 1.71 , 91.39 ± 1.43 , 467.87 ± 1.25 , 18.27 ± 0.01 , 28.14 ± 1.56 และ 6.11 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ระยะเวลาการย่อยสลาย มูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอนินทรีย์ใน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่า ปริมาณแอมโมเนียลดลงเป็น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม สูงสุดในมูลปลานิลระดับความเข้มข้น 2.0 กรัมมูลปลาน้ำหนักแห้งต่อลิตร เท่ากับ 6.28 ± 0.02 , 6.41 ± 0.32 , 7.00 ± 0.39 และ 7.13 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลของน้ำหมักมูลปลาต่อการเติบโต การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก พบว่า แหนแดงมีการเติบโต ดีที่สุดมีน้ำหนัก 3.24 ± 0.05 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารดีที่สุด สามารถลด ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมได้ 99.03 ± 0.02 , 85.80 ± 0.01 , 97.33 ± 0.01 และ 89.21 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก สามารถนำไปใช้เพื่อบำบัดของเสียจากปลานิลได้

Thesis	Using water meal (<i>Wolffia globosa</i>), water fern (<i>Azolla</i> spp.) and duckweed (<i>Lemna minor</i>) to reduce metabolic waste of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) cultured in concrete tank
Student	Mr. Jirapong Phadungpran
Student	ID.54640902
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Somchai Wangwibulkit

ABSTRACT

The commercial Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture is the intensive system to release the juvenile fishes. The growth of fish is cause of increasing fish size and density. The waste excretion of Nile tilapia affect to water resources in everonment. Using water meal (*Wolffia globosa*) water fern (*Azolla* spp.) and duckweed (*Lemna minor*) were studied on nutrient absorption in metabolic waste of Nile tilapia. The relationship between Nile tilapia at 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600 and 700 g for 3 kg/m³ and metabolic waste excretion, and water quality for 24 hours. The quantity of faeces, ammonia, nitrite, nitrate, total nitrogen, orthophosphate, total phosphorus and suspended solid have correlated on Nil tilapia weight. The quantity of ammonia, nitrite, nitrate, total nitrogen, orthophosphate and total phosphorus were maximum as 529.92±3.55, 62.71±1.19, 66.73±0.10, 664.10±0.35, 15.42±0.23 and 18.76±0.05 mg/kg/day, respectively of 50 g fish weight. The relationship between densities Nile tilapia at 3, 6, 9, 12, 15, and 18 kg/m³ and metabolic waste excretion, and water quality for 24 hours. The quantity of faeces, ammonia, nitrite, nitrate, total nitrogen, orthophosphate, total phosphorus and suspended solid have correlated on Nil tilapia densities. The maximum quantity of faeces as 20.75±1.74 g dry weight/kg/day, ammonia, nitrite, nitrate, total nitrogen, orthophosphate, total phosphorus and suspended solid were 578.36±0.14, 26.81±1.71, 91.39±1.43, 467.87±1.25, 18.27±0.01, 28.14±1.56 and 6.11±0.33 mg/kg/day, respectively at 3 kg/m³ fish density. The water quality of fermented faeces of Nile tilapia at 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 g dry weight/L were studied for 24 days. The results found that ammonia and nitrite was decreased to 0 mg/L. The maximum of nitrate, total nitrogen, orthophosphate and total phosphorus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ III อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of fermented faeces of Nile tilapia at 2.0 g faeces dry weight/L were 6.28 ± 0.18 , 6.41 ± 0.32 , 7.00 ± 0.54 and 7.13 ± 0.16 mg/L, respectively. The growth and nutrient absorption of water meal, water fern and duckweed in fermented faeces of Nile tilapia for 24 days were suggested the water fern growth was the maximum weight as 3.24 ± 0.05 g dry weight and water meal, water fern and duckweed can be used to absorb nutrients in fermented faeces of Nile tilapia. The water fern has the maximum absorption efficiency of nitrate, total nitrogen orthophosphate and total phosphorus as 99.03 ± 0.02 , 85.80 ± 0.01 , 97.33 ± 0.01 and $89.21 \pm 0.04\%$, respectively. Water meal, water fern and duckweed can be used to reduce metabolic waste of Nile tilapia.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำให้กำลังใจ และช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัยนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ ถูกต้องสมบูรณ์พร้อมทั้งคำปรึกษา ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณท่าน รศ.ดร.นงนุช เลาะหะวิสุทธิ์ ศศ.ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์ ศศ.ดร.อัจฉรี เรืองเดช ดร.พิกุล จิรวาณิชไพศาล ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคุณบุปผา จงพัฒน์ ที่ช่วยแนะนำเทคนิค รวมถึงอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในการทดลองต่างๆ

ขอขอบคุณ น้องๆ ปริญาโท ที่คอยช่วยเหลือเวลาทำงานทดลอง ทั้งยังให้กำลังใจเป็นที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดของข้าพเจ้า และมอบโอกาสทางการศึกษาให้แก่ข้าพเจ้าโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่ยรักและเคารพยิ่งตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

จิระพงศ์ ผดุงปราน

กรกฎาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	VI
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	VI
กิตติกรรมประกาศ.....	VI
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	
2.1 ปลานิล (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	
2.2 สิ่งขับถ่ายหรือของเสียจากปลานิล.....	3
2.2.1 การขับถ่ายแอมโมเนียในโตรเจน (ammonia nitrogen, NH ₃ -และ NH ₄ ⁺).....	3
2.2.2 การขับถ่ายฟอสฟอรัส (phosphorus, P).....	4
2.2.3 ของเสียในรูปของแข็งหรือมูลปลา.....	4
2.3 พืชน้ำ.....	6
2.3.1 ไข่น้ำ (<i>Wolffia globosa</i>).....	6
2.3.2 แหนแดง (<i>Azolla</i> spp.).....	7
2.3.3 แหนเป็ดเล็ก (<i>Lemna minor</i>).....	7
2.4 ธาตุอาหารหลักของพืช.....	8
2.4.1 การลำเลียงธาตุอาหาร.....	8
2.4.2 บทบาทของไนโตรเจนในพืช.....	8
2.4.3 บทบาทของฟอสฟอรัสในพืช.....	9
2.4.4 การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของไข่น้ำ.....	10
2.4.5 การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแหนแดง.....	10
2.4.6 การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแหนเป็ดเล็ก.....	11

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.7 การดูดซับไนโตรเจนของพืชน้ำชนิดอื่น.....	12
2.4.8 การดูดซับฟอสฟอรัสของพืชน้ำชนิดอื่น.....	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	
3.1 สัตว์และพืชน้ำทดลอง.....	15
3.2 อุปกรณ์และสารเคมี.....	15
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง.....	15
3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง.....	15
3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง.....	17
3.3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายมูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอนินทรีย์ในโตรเจน และฟอสฟอรัส.....	19
3.3.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลปลานิลต่อการเติบโต และการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก.....	19
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	21
3.5 สถานที่ทำการวิจัย.....	21
3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	
4.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง.....	22
4.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง.....	29
4.3 ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายมูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอนินทรีย์ในโตรเจน และฟอสฟอรัส.....	36
4.4 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลปลานิลต่อการเติบโต และการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก.....	41

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การวิจารณ์ผล.....	47
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	53
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก.....	62
ภาคผนวก ก. สารเคมีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	63
ภาคผนวก ข. ภาพการทดลอง.....	66
ประวัติผู้เขียน.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ปริมาณมูลปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากการเลี้ยงปลานิล ขนาดต่างๆ.....	28
4.2	ปริมาณมูลปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากการเลี้ยงปลานิลที่ ความหนาแน่นต่างๆ.....	35
4.3	คุณภาพน้ำของน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อ ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง.....	40
4.4	คุณภาพน้ำในน้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก เมื่อสิ้นสุด การทดลอง.....	44
4.5	การเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก (น้ำหนักแห้ง) ที่เลี้ยงในน้ำหมัก มูลปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง.....	45
4.6	ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็กที่เลี้ยงใน น้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน.....	46

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	วัฏจักรไนโตรเจนในแหล่งน้ำ.....	6
2.2	กระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนชนิดอื่น จากกลูตามัท.....	9
3.1	ระบบการเลี้ยงปลานิลในการเก็บข้อมูล ก. ชุดรวบรวมมูลปลา ข. สายยางพร้อมหัวทราย.....	16
4.1	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณมูลปลา ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	22
4.2	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	23
4.3	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	23
4.4	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	24
4.5	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณไนโตรเจนรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	25
4.6	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณออร์โธฟอสเฟต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	25
4.7	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับฟอสฟอรัสรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	26
4.8	ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณสารแขวนลอย ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	27
4.9	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณมูลปลา ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	29
4.10	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	30
4.11	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	30
4.12	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	31
4.13	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณไนโตรเจนรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และXองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.14	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณออร์โธฟอสเฟต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	32
4.15	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	33
4.16	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับสารแขวนลอย ในระยะเวลา 24 วัน	33
4.17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิล เป็น ระยะเวลา 24 วัน.....	36
4.18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิล เป็น ระยะเวลา 24 วัน.....	37
4.19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิล เป็น ระยะเวลา 24 วัน.....	37
4.20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน.....	38
4.21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน.....	38
4.22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน.....	39
4.23	การดูดซับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิลเป็นระยะเวลา 12 วัน.....	41
4.24	การดูดซับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน.....	42
4.25	การดูดซับปริมาณไนโตรเจนรวมของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็กที่เลี้ยง ในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน.....	42
4.26	การดูดซับปริมาณออร์โธฟอสเฟตของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็กที่เลี้ยง ในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน.....	43
4.27	การดูดซับปริมาณฟอสฟอรัสรวมของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็กที่เลี้ยง ด้วยน้ำหมักมูลปลานิล ในระยะเวลา 12 วัน.....	43
4.28	การเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันนิยมเลี้ยงแบบหนาแน่น โดยปล่อยปลานิลขนาดเล็กลงเลี้ยงเมื่อปลาเติบโตทำให้มีขนาดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งจับขายในช่วง 800-900 กรัม นอกจากนี้เกษตรกรยังปล่อยเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน ขนาดและความหนาแน่นมีผลต่อปริมาณของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของปลานิล ประกอบด้วยของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยง และการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะทำให้ของเสียถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณของเสียที่ปลาขับถ่ายประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ (Dosdat *et al.* 1996; Lemarie *et al.* 1998; Xu *et al.* 2007; Yang *et al.* 2011; Morgan and Hicks. 2013; Golombieski *et al.* 2013) Mungkrandee *et al.* (2005) พบว่ามูลปลานิลประกอบด้วยไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เท่ากับ 16.20-18.20 และ 22.20-25.80 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วน Rafiee and Saad (2005) ศึกษาสารประกอบในมูลปลา red tilapia พบว่ามีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวม 19.44-23.64 และ 6.59-6.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อมูลปลาเกิดการย่อยสลายจะทำให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีปริมาณสูง เป็นสาเหตุทำให้เกิดปริมาณธาตุอาหารมากในแหล่งน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว (Johansson *et al.* 1998; Cheng *et al.* 2003; Saker *et al.* 2007; Morgan and Hicks. 2013) เนื่องจากธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในของเสียเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ DNA (deoxyribo nucleic acid) และ RNA (ribo nucleic acid) ซึ่งสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์โปรตีนและการสร้างสารพันธุกรรม เป็นต้น ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก เป็นพืชน้ำที่มีความสามารถในการช่วยดูดซับธาตุอาหารในแหล่งน้ำ มีการทดลองใช้พืชน้ำดูดซับธาตุอาหาร Soda *et al.* (2013) พบ *Wolffia arrhiza* สามารถดูดซับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต เท่ากับ 51, 99 และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ *Azolla filiculoides* สามารถดูดซับปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจน เท่ากับ 46.9 และ 584.0 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Costa *et al.* 1999) *Lemna minor* สามารถดูดซับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต เท่ากับ 2.53 และ 0.181 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับ (Zhao *et al.* 2014) นอกจากนี้พืชน้ำทั้ง 3 ชนิดได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากไข่น้ำมีปริมาณโปรตีนถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ (Fujita *et al.* 1999; Supadit. 2011; Soda *et al.* 2013; Panpong *et al.* 2014) แหนแดงมีปริมาณโปรตีน 20-40 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Zhao *et al.* 1999; Costa *et al.* 1999; Bennicelli *et al.* 2004; Arora and Sexna. 2005) และแทนเป็ดเล็กมีปริมาณโปรตีน 15-45 เปอร์เซ็นต์ (Cheng *et al.* 2002; Zhao *et al.* 2015) นอกจากนี้ยังมีการนำแทนเป็ดเล็กไปผลิต bioethanol (Zhao *et al.* 2014) และแทนแดงผสมในดินเป็นปุ๋ยพืชสด (Adhikari *et al.* 2015) ในการศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองนำไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็ก มาใช้ในการบำบัดสิ่งขับถ่ายของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตเพื่อลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดจากการขับถ่ายของปลานิล

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายมูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส
- 1.2.4 เพื่อศึกษาผลของน้ำหมักมูลปลานิลต่อการเติบโต และการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็ก

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สมการความสัมพันธ์ของขนาดและความหนาแน่นกับปริมาณของเสียจากปลานิลมาใช้เพื่อประมาณการณ์ สำหรับการจัดการระบบการเลี้ยง และทราบประสิทธิภาพของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็กในการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เกิดจากของเสียจากมูลปลานิล

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

ปลานิลจัดอยู่ในวงศ์ Cichlidae สกุล *Oreochromis* มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกาพบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบ ในประเทศซูดาน อุแกนดา แทนแกนยิกา เป็นต้น ปลาชนิดนี้เลี้ยงง่าย เติบโตเร็ว จึงมีผู้สนใจเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ปลานิลมีลักษณะคล้ายปลาหมอเทศริมฝัปกบและล่างเสมอกัน มีเกล็ด 4 แถวตรงบริเวณแก้ม ลายพาดขวางลำตัวประมาณ 9-10 แถบ ปลานิลมีนิสัยชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูง สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย ปลานิลมีความทนทานต่อความเค็มเกินกว่า 15 ppt (HuuNinh *et al.* 2014) และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของฤดูกาลในรอบปี (Abdel and Wafeek. 2014) จึงทำให้ปลานิลเจริญเติบโตได้ดีในธรรมชาติหรือเหมาะต่อการนำมาเพาะเลี้ยง (Qiang *et al.* 2013)

2.2 สิ่งขับถ่ายหรือของเสียจากปลา

ของเสียในปลากระดูกแข็งที่ขับถ่ายออกมามี 3 รูปคือ สารละลาย ของแข็ง และก๊าซ ซึ่งในรูปสารละลายส่วนใหญ่คือ แอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen, NH_3 และ NH_4^+) (Dosdat *et al.* 1996; Lemarie *et al.* 1998; Engin *et al.* 2013; Golombieski *et al.* 2013) และ ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate, PO_4^{3-}) (Yang *et al.* 2011; Morgan and Hicks. 2013; Golombieski *et al.* 2013) นอกจากนี้ของเสียในรูปของแข็งคือ มูลที่ประกอบไปด้วยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ สารอินทรีย์และเมื่อจากระบบทางเดินอาหาร (Xu *et al.* 2007; Ai *et al.* 2007; Xu *et al.* 2007; Engin *et al.* 2013)

2.2.1 การขับถ่ายแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen, NH_3 และ NH_4^+)

ของเสียไนโตรเจนที่ปลากระดูกแข็งขับถ่ายออกมาโดยส่วนใหญ่ 70-90 เปอร์เซ็นต์คือ แอมโมเนีย โดยขับออกทางเหงือกเป็นหลัก (Wright and Wood. 1985; Dosdat *et al.* 1996; Lemarie *et al.* 1998; Engin *et al.* 2013; Golombieski *et al.* 2013) ซึ่งความสามารถการขับถ่ายขึ้นอยู่กับปริมาณแอมโมเนียภายนอกตัวปลา (Lim *et al.* 2015) แอมโมเนียในปลาเกิดจากการทำงานของ catabolism โปรตีนจากอาหารที่กินเข้าไปโดยกระบวนการ deamination of amino acid (Dosdat *et al.* 1996; Zakes *et al.* 2006) โดยส่วนใหญ่แอมโมเนียที่ขับออกจากร่างกายสร้างภายในตับโดยกระบวนการ transamination of amino acid และกระบวนการ deamination of glutamate (Dosdat *et al.* 1996; Golombieski *et al.* 2013) กระบวนการย่อยโปรตีนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระเพาะอาหารโปรตีนจะถูกย่อยโดย pepsin เกิดขึ้นในกระเพาะอาหาร โดย pepsin เกิดการเปลี่ยนแปลงของ pepsinogen ที่ได้จาก chief cell เพื่อย่อยโปรตีนเป็น polypeptide จากนั้น trypsinogen จะถูกหลั่งออกมาเปลี่ยนแปลงเป็น trypsin ย่อย polypeptide เป็นกรดอะมิโนอิสระ จากนั้นกรดอะมิโนจะถูกนำไปใช้โดยผ่านการกระบวนการ deamination of amino acid เป็นกระบวนการนำไนโตรเจนออกจากกรดอะมิโนซึ่งไนโตรเจนที่ถูกนำออกจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ส่วนกรดอะมิโนที่ถูกดึงไนโตรเจนออกจะเปลี่ยนแปลงเป็นหมู่อะมิโนร่วมกับ alpha-ketogutarate และผ่านกระบวนการ transamination of amino acid กระบวนการนี้ใช้ enzyme aminotransferase และ pyridoxal phosphate (PLP) เป็น co-factor กระบวนการเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ cytosol ของเซลล์ตับ (Dostad *et al.* 1996) ซึ่งจะได้ keto acid แอมโมเนีย และกรดอะมิโน ที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตซึ่งแอมโมเนียที่ได้ส่วนใหญ่จะนำไปขับออกทางเหงื่อ (Wright and Wood. 1985; Dostad *et al.* 1996; Lemarie *et al.* 1998; Engin *et al.* 2013; Golombieski *et al.* 2013) และส่วนน้อยเปลี่ยนแปลงเป็น urea โดยกระบวนการ urea cycle และขับออกทางเหงื่อหรือไต (Dostad *et al.* 1996)

2.2.2 การขับถ่ายฟอสฟอรัส (phosphorus, P)

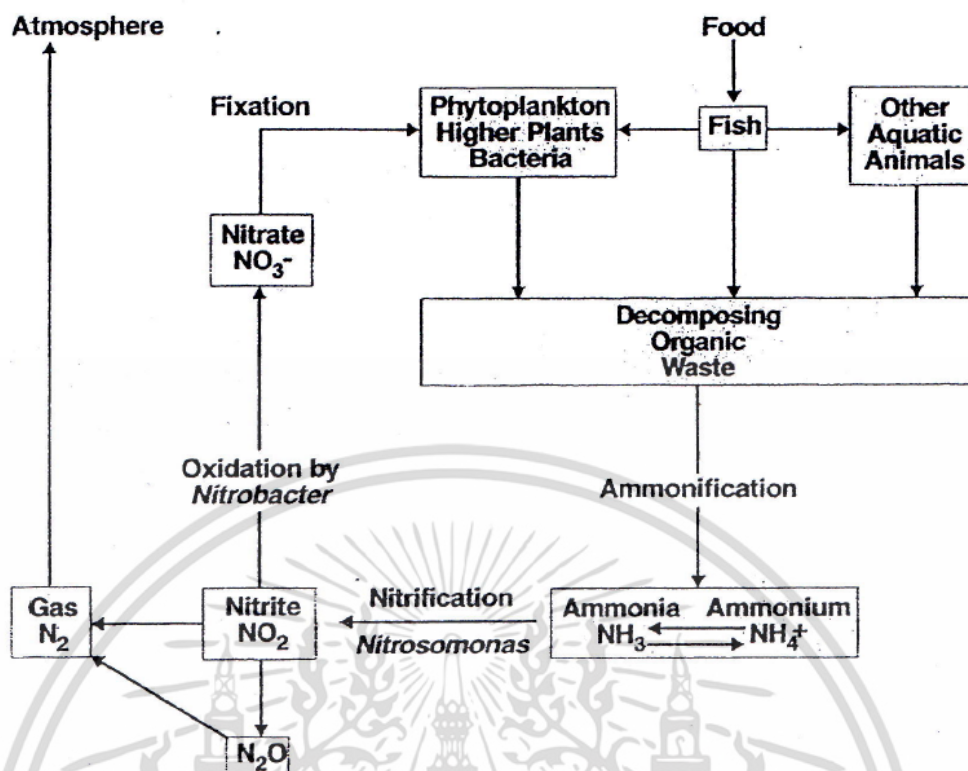
ฟอสฟอรัสที่ปลานำเข้าร่างกายจะได้อาการกินอาหาร ซึ่งพบได้ทั่วไปในร่างกายและมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสในร่างกายพบที่กระดูกถึง 80-85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฟอสฟอรัสรวม ส่วนฟอสฟอรัสที่เหลือจะอยู่ในรูปของสารประกอบฟอสเฟตซึ่งเป็นองค์ประกอบในกระบวนการเมทาบอลิซึม เช่น ammoniagenesis, glycolysis และ gluconeogenesis (Roy and Lall. 2004; Sarker *et al.* 2007; Prasad and Bhadauria. 2013) ที่สำคัญเป็นองค์ประกอบหลักของ nucleic acid, DNA และ RNA พลังงานในกระบวนการขนส่งแร่ธาตุ ATP และ phospholipid ในผนังเซลล์ (McDaniel *et al.* 2005; Sarker *et al.* 2007) เมื่อฟอสฟอรัสมีปริมาณเกินความต้องการจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการหายใจของ mitochondria กระบวนการ oxidative phosphorylation และ ปริมาณ ATP ลดลง (McDaniel *et al.* 2005) ปริมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสรวมที่นำเข้าร่างกาย จะถูกดูดซับที่ลำไส้ในส่วน duodenum และ jejunum ปริมาณฟอสฟอรัสที่เกินความต้องการจะถูกขับออกในรูปของ urine (Prasad and Bhadauria. 2013) ฟอสฟอรัสรวมที่ถูกขับถ่าย 69-86 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปของ urine (Golombieski *et al.* 2013; Sugiura *et al.* 2006) เมื่อ urine ถูกย่อยสลายจะทำให้เกิดออร์โทฟอสเฟต McDaniel *et al.* (2005) รายงานออร์โทฟอสเฟตถูกขับถ่ายมีถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสในอาหารที่รับเข้าร่างกาย

2.2.3 ของเสียในรูปของแข็งหรือมูลปลา

มูลปลา คือ ของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมาในรูปของแข็งซึ่งประกอบไปด้วยอาหารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เมื่อจากระบบทางเดินอาหาร และสารอินทรีย์ (Xu *et al.* 2007) มูลปลาที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับถ่ายมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามขนาดของปลา โดยปลานิลขนาด 100-500 กรัมจับถ่ายมูลปลา 0.53-1.18 กรัม น้ำหนักแห้งต่อวัน มีปริมาณไนโตรเจนรวม 16.20-18.20 กรัมต่อกิโลกรัมมูลปลา น้ำหนักแห้ง และปริมาณฟอสฟอรัส 22.20-25.80 กรัมต่อกิโลกรัมมูลปลาน้ำหนักแห้ง (Mungkrandee *et al.* 2005) นอกจากนี้ยังพบในโตรเจน และฟอสฟอรัสในมูลปลาชนิดอื่น มูลปลา rainbow trout มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ 1.13 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ (Coloso *et al.* 2001) มูลปลา rainbow trout ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ 1.1 เปอร์เซ็นต์ (Coloso *et al.* 2003) มูลปลา rainbow trout มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 24.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักปลาต่อวัน ตามลำดับ (Dosdat *et al.* 1996) มูลปลา rainbow trout มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ 1.08 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ (McDaniel *et al.* 2005) มูลปลา rainbow trout มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ 130 กรัมต่อกิโลกรัมมูลปลาน้ำหนักแห้ง (Meriac *et al.* 2015) มูลปลา rainbow trout ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 3.97 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 2.87 เปอร์เซ็นต์ (Moccia *et al.* 2007) มูลปลา rainbow trout ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 2.83 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 2.54 เปอร์เซ็นต์ (Naylor *et al.* 1999) มูลปลา rainbow trout มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ 0.35 และ 3.00 กรัมต่อหน่วยการทดลองตามลำดับ (Rodehutsord *et al.* 2000) มูลปลา rainbow trout มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ 24.0 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักมูลปลาแห้ง (Saker *et al.* 2011) เมื่อมูลปลาเกิดการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่หลั่งโดยแบคทีเรียทำให้ได้อินทรีย์ไนโตรเจนที่ขนาดเล็กลง และดูดซับไปใช้ในการเติบโตผ่านกระบวนการเมทาบอลิซึมจึงเกิดแอมโมเนีย (ภาพที่ 2.1) หากมีออกซิเจนเพียงพอจะเกิดกระบวนการ nitrification โดย ammonia จะเกิด ammoniaoxidation เปลี่ยนเป็นไนไตรท์โดย *Nitrosomonas* sp. ด้วยเอนไซม์ ammonia monooxygenase หลังจากนั้นไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทโดย *Nitrobacter* sp. ด้วยเอนไซม์ nitrite oxidoreductase (Van kessel *et al.* 2010) นอกจากนี้ Luo *et al.* (2014) รายงานว่าปลานิลที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนแบบไม่เปลี่ยนน้ำ 87 วัน พบว่าปริมาณไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง ปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่าปริมาณไนเตรทสูงขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง (Long *et al.* 2015) ปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 1, 2 และ 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เลี้ยงเป็นระยะเวลา 70 วัน พบว่าปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลองและระดับความหนาแน่น (Luna *et al.* 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 วงจรไนโตรเจนในแหล่งน้ำ
ที่มา: Parker (1995)

2.3 พืชน้ำ

2.3.1 ใต้น้ำ (*Wolffia* sp.)

ใต้น้ำ (water meal) เป็นพืชน้ำที่จัดอยู่ในวงศ์ Lemnaceae สกุล *Wolffia* ใต้น้ำดำรงชีวิตโดยการลอยอยู่บนผิวน้ำแบบเป็นกลุ่ม หรือลอยปนกับพืชชนิดอื่น เช่น แหนเป็ด (*Lemna* sp.) และ แหนแดง (*Azolla* sp.) ใต้น้ำมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร สีเขียว ไม่มีราก ไม่มีใบ ประกอบด้วยเซลล์ parenchyma เป็นส่วนใหญ่ และมีช่องอากาศแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ทำให้ลอยตัวอยู่ในน้ำได้ (Zhao *et al.* 2014; Zhang *et al.* 2009) ใต้น้ำพบได้หลายประเทศทั้งในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศไทย พบ *Wolffia arrhiza* (Panpong *et al.* 2014; Suppadit *et al.* 2011) ประเทศจีนพบ *Wolffia globosa* (Zhao *et al.* 2014; Zhang *et al.* 2009) ประเทศญี่ปุ่นพบ *Wolffia arrhiza* (Fujita *et al.* 1999) ทวีปยุโรป เช่น ประเทศสวีเดนพบ *Wolffia arrhiza* (Soda *et al.* 2013) เป็นต้น ใต้น้ำมีความสามารถในการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วมีส่วนประกอบของโปรตีน 40-50 เปอร์เซ็นต์ (Fujita *et al.* 1999; Supadit 2011; Soda *et al.* 2013; Panpong *et al.* 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ flavonoid สูง (Zhao *et al.* 2014) สามารถนำไปเป็นอาหารของสัตว์น้ำหลายชนิดได้ (Fujita *et al.* 1999; Supadit 2011; Soda *et al.* 2013; Panpong *et al.* 2014)

2.3.2 แหนแดง (*Azolla* spp.)

แหนแดง (water fern) เป็นพืชน้ำขนาดเล็กอยู่ในวงศ์ Azollaceae สกุล *Azolla* อาศัยลอยบนผิวน้ำ ต้นแก่ที่ได้รับแสงเต็มที่มีสีแดงคล้ำ ต้นอ่อนหรือต้นที่ได้รับแสงไม่เต็มที่จะมีสีเขียว มีการแตกกิ่งแบบขนนก รากอยู่ทางด้านล่างของลำต้น ทั้งต้นและกิ่งมีใบขนาดเล็กปกคลุมเรียงสลับซ้อนกัน แต่ละใบแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่ากัน ด้านบนใบหน้ามีสีเขียวหรือสีแดงด้านล่างใบบางอยู่ใต้น้ำไม่ค่อยมีสีเขียว และใบล่างสุดจะสร้าง sporocarp 2-4 อัน ที่แกนของใบด้านใต้ภายในมีเมกะสปอร์และไมโครสปอร์ โดยใบของแหนแดงมีโพรงขนาดใหญ่เป็นที่อาศัยของ *Anabena* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถดึงไนโตรเจนจากอากาศได้ และแหนแดงจะได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนตามไปด้วย สามารถพบแหนแดงได้ทั่วไปในเขตร้อนและเขตอบอุ่น แหนแดงมีความสามารถในการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว สามารถนำไปเป็นอาหารของสัตว์น้ำ แหนแดงมีปริมาณโปรตีน 20-40 เปอร์เซ็นต์ (Zhao *et al.* 1999; Costa *et al.* 1999; Bennicelli *et al.* 2004; Arora and Saxena, 2005) และใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวแทนปุ๋ยเคมี (Zhao *et al.* 1999; Costa *et al.* 1999; Bennicelli *et al.* 2004; Arora and Saxena, 2005)

2.3.3 แหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*)

แหนเป็ดเล็ก (duckweed) เป็นพืชน้ำขนาดเล็กในวงศ์ Lemnaceae สกุล *Lemna* ประกอบด้วย thallus ขนาดเล็กมีสีเขียวอยู่แบบเดี่ยวหรืออยู่ติดกันเป็นกลุ่มตั้งแต่ 1 ถึงหลาย thallus ซึ่งส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นใบและลำต้น ใบมีลักษณะเป็นรูปวงรีเล็กประมาณ 0.2 เซนติเมตรมีสีเขียวเป็นมันเชื่อมติดกัน 2-3 ใบ ใต้น้ำไม่มีรากฝอย ดอกจะออกเป็นช่อเกิดอยู่ในช่องตรงขอบ thallus มีเยื่อบางล้อมรอบช่อดอกไว้ พบดอกตัวผู้ 1-2 อัน แต่ละอันมีอับเรณู 1-2 ช่อ ดอกตัวเมียจะมีจะพวงไข่ภายใน 1 ช่อ และมีไข่อ่อนเพียง 1 ใบ สามารถพบแหนเป็ดได้ทั่วไปในหลายประเทศทั่วโลก แหนเป็ดเล็กมีปริมาณโปรตีน 15-45 เปอร์เซ็นต์ (Cheng *et al.* 2002; Zhao *et al.* 2015) จึงมีการนำไปผสมอาหารเลี้ยงสัตว์ (Reddy and Busk, 1985) นำไปผลิต bioethanol (Zhao *et al.* 2014) และผสมในดินเป็นปุ๋ยพืชสด (Adhikari *et al.* 2015) เนื่องจากแหนเป็ดเล็กมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารที่ดียเยี่ยม (Xu and Sheng 2010) โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Mohedano *et al.* 2012) จึงทำให้แหนเป็ดเล็กสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วโดยการแตกหน่อ

2.4 ธาตุอาหารหลักของพืช

พืชต้องการธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยเฉพาะจะจงเพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนา ซึ่งไม่สามารถใช้ธาตุอาหารอื่นทดแทนได้ กล่าวคือธาตุนั้นจะเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลหรือสารประกอบอินทรีย์ในพืช เช่น ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน (ลิลลี่ กาวีตะ และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552)

2.4.1 การลำเลียงธาตุอาหาร

ธาตุอาหารที่พืชสามารถดูดซึมนำไปใช้ได้ทันทีจะอยู่ในรูปของไอออนในสารละลาย โดยไอออนจะถูกดูดซึมผ่านทางรากหรือเซลล์ของชั้น epidermis และเคลื่อนย้ายผ่านชั้นเซลล์ของรากเข้าไปจนกระทั่งถึง xylem แล้วจึงลำเลียงไปพร้อมกับน้ำเพื่อไปยังส่วนอื่นๆ (ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552) การเคลื่อนย้ายไอออนหรือสารละลายผ่านชั้นเซลล์มี 2 วิธีคือ

(1) passive absorption เป็นการเคลื่อนที่ของไอออนหรือสารละลายโดยไม่ต้องใช้พลังงาน และเป็นการเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยการแพร่จากด้านที่มีพลังงานอิสระของไอออนสูงไปยังด้านที่มีพลังงานอิสระไอออนต่ำกว่า เช่น แอมโมเนีย โดยผ่านชั้นลิปิดไบเลเยอร์ของเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง (simple diffusion) หรือผ่านโปรตีนที่แทรกอยู่ในชั้นลิปิดไบเลเยอร์ (facilitated diffusion) (ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552)

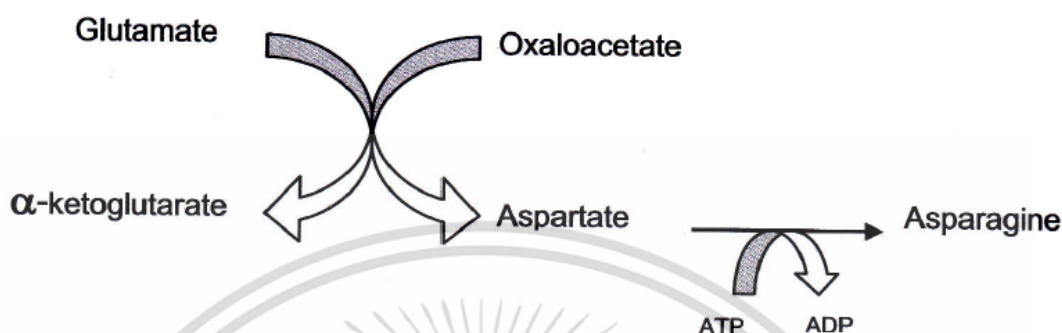
(2) active absorption เป็นการเคลื่อนย้ายไอออนผ่าน carrier protein โดยอาศัยพลังงานที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม การเคลื่อนย้ายไอออนด้วยวิธีนี้จึงสามารถเคลื่อนย้ายจากบริเวณที่มีพลังงานอิสระต่ำไปยังบริเวณที่มีพลังงานอิสระสูงได้โดย ATP phosphohydrolase (ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552)

2.4.2 บทบาทของไนโตรเจนในพืช

พืชมีไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์อัลคาลอยด์ โคเอ็นไซม์ ฮอร์โมน และพลังงาน ATP (ลิลลี่ กาวีตะ และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552) ซึ่งมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีนในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโต ไนโตรเจนในแหล่งน้ำมี 2 รูป ได้แก่ อินทรีย์ไนโตรเจนเป็นพวกสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตนอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบในของเสียที่ขับถ่ายโดยสิ่งมีชีวิต เมื่อเกิดการย่อยสลายจะพบไนโตรเจนอีกรูปคือ อนินทรีย์ไนโตรเจนประกอบด้วยแอมโมเนีย แอมโมเนียม ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งพืชสามารถดูดซับแอมโมเนียไปใช้ได้โดยตรง (ศรีสม.2552) หากพืชดูดซับไนเตรทเข้าไปในเซลล์จะถูก reduce ให้เป็นแอมโมเนียโดยเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส ซึ่งแอมโมเนียจะผ่านกระบวนการ

ammonia assimilation ได้กลูตามีนเพื่อนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโน (ภาพที่ 2.2) จากกระบวนการ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

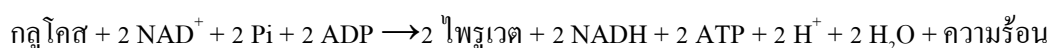
transamination โดยเอนไซม์ aminotransferase เช่น กลูตามัท ทำปฏิกิริยากับ oxaloacetate ได้ aspartate กับ alpha-ketoglutarate จากนั้นเกิดการสังเคราะห์ asparagine จาก aspartate โดยเอนไซม์ asparagine synthetase เป็นต้น กระบวนการนี้เกิดขึ้นที่คลอโรพลาสต์ (ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552)



ภาพที่ 2.2 กระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนชนิดอื่น จากกลูตามัท
ที่มา: ศรีสม สุวรรณวงศ์ (2552)

2.4.3 บทบาทของฟอสฟอรัสในพืช

ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีอยู่ 2 รูปเช่นเดียวกับไนโตรเจน ได้แก่อนินทรีย์ฟอสเฟต คือ ฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต รวมถึงสิ่งขับถ่ายจากสัตว์และซากพืชซากสัตว์อีกรูป คือ อนินทรีย์ฟอสเฟตหรือออร์โธฟอสเฟตซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถดูดซับไปใช้ได้โดยตรง ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญสำหรับพืชและพืชน้ำ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของ sugarphosphate นิวคลีโอไทด์ฟอสโฟไลปิดของเยื่อหุ้มเซลล์ phosphorylated organic acid และพลังงาน ATP ซึ่งพลังงาน ATP มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์ (ลิลลี่ กาวิตะ และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552) ATP สามารถสร้างได้จากกระบวนการทางเมแทบอลิซึมในเซลล์เพื่อเปลี่ยนสารอาหารเป็นพลังงาน เช่น กระบวนการไกลโคไลซิสเป็น กระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดในไซโทซอลของเซลล์กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้แม้อยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน ไกลโคไลซิสเป็นกระบวนการเปลี่ยนกลูโคส 1 โมเลกุลเป็นไพรูเวต 2 โมเลกุล และสร้างพลังงานออกมาในรูปของ ATP สุทธิ 2 โมเลกุล กระบวนการนี้ได้ ATP ออกมา 4 โมเลกุลแต่มีการใช้ ATP 2 โมเลกุลในระหว่างการเตรียมฟอสโฟริเลชันขั้นต้นของกลูโคสซึ่งจะทำให้โมเลกุลของกลูโคสไม่เสถียรเพื่อแยกออกเป็นไพรูเวต 2 โมเลกุล ระหว่างขั้นตอนจะได้พลังงานคืน ซึ่งกระบวนการนี้มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเป็นต้น และปฏิกิริยารวมเขียนได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของไข่น้ำ

Fujita *et al.* (1999) ศึกษาไข่ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 13.3 มิลลิกรัมต่อลิตรและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ *Wolffia arrhiza* ไข่หนักเริ่มต้น 14 กรัม ในระยะเวลา 7 วัน สามารถสร้างน้ำหนักรวมได้ 36 กรัม แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของไข่น้ำ สามารถเพิ่มน้ำหนักเกิน 1 เท่าตัวของน้ำหนักรวมเริ่มต้น และสามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเหลือ 3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือ 1.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับ 81.7 เปอร์เซ็นต์

Soda *et al.* (2013) ศึกษาไข่ที่มีปริมาณแอมโมเนีย 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท 7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต 7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ *Wolffia arrhiza* ไข่หนักเริ่มต้น 70 กรัม ดูดซับธาตุอาหารในระยะเวลา 9 วัน สร้างน้ำหนักรวมได้ 160 กรัม น้ำหนักสด แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของไข่น้ำสามารถเพิ่มน้ำหนักเกิน 1 เท่าตัวของน้ำหนักรวมเริ่มต้น และสามารถลดปริมาณแอมโมเนียไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตในน้ำลดลงเหลือ 1.8, 0.5 และ 3.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 51, 99, และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สามารถดูดซับแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตได้ 0.002, 0.008 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสดต่อวัน ตามลำดับ

Suppadit (2011) ศึกษาประสิทธิภาพความหนาแน่นของ *Wolffia arrhiza* ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 4, 8, 12 และ 16 มิลลิกรัมต่อลิตร ดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงนกกระทามีปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดเริ่มต้นที่ 0.950, 0.760, 30.2 และ 2.30 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ไข่ที่ความหนาแน่น 12 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจาก 30 วัน สามารถดูดซับธาตุอาหารได้ดีที่สุด ซึ่งปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือ 0.10, 0.05, 1.00 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

Zhao *et al.* (2014) ศึกษา *Wolffia globosa* ดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียจากบ้านเรือนและการเกษตรมีอัตราการเจริญเติบโต 3.30 กรัม/น้ำหนักรวมต่อตารางเมตรต่อวันสามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 0.44 และ 0.065 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ

2.4.5 การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแห่นางแมว

Costa *et al.* (1999) รายงานว่า *Azolla filiculoides* ความหนาแน่น 175 กรัม/น้ำหนักรวมในแม่น้ำกัวเดียน่าดูดซับปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 584 และ 46.9 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวันตามลำดับ สร้างน้ำหนักรวมได้ 18.6 กรัม/น้ำหนักรวมต่อตารางเมตรต่อวัน *Azolla filiculoides* ความหนาแน่น 258 กรัม/น้ำหนักรวมในทะเลสาบออลเวอกาดูดซับ

ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณไนโตรเจนได้ 119 และ 718 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ สร้างน้ำหนักได้ 27.4 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวัน

Rai and Rai (2003) พบว่า *Azolla pinnata* ควบคุมไนเตรทสูงสุดที่ 2 ชั่วโมงปริมาณการดูดซับ 2500 ไมโครโมลต่อกรัมน้ำหนักสด หลังจากนั้นอัตราการดูดซับคงที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง

Forni *et al.* (2001) ศึกษา *Azolla filiculoides* น้ำหนักสดเริ่มต้น 4 กรัม ควบคุมธาตุอาหารในอาหารฮอกแลนค์ น้ำจากบ่อน้ำ และน้ำเสียจากฟาร์มปลาที่มีปริมาณไนเตรท 4, 31 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 37.2, 0.3 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจาก 12 วัน สามารถสร้างน้ำหนักได้ 2.3, 1.9 และ 1.7 กรัมน้ำหนักสดต่อลิตร สามารถลดปริมาณไนเตรทเหลือ 3, 26 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สามารถลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตเหลือ 32.5, 0.3 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของແහນແຂງถึงแม้ว่าในน้ำจากบ่อน้ำ และน้ำเสียจากฟาร์มปลามีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมากกว่าอาหารฮอกแลนค์

Song *et al.* (2012) ศึกษา *Azolla japonica* โดยมีน้ำหนักสดเริ่มต้น 1 กรัม ควบคุมธาตุอาหารในอาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.272 และ 15.382 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจาก 20 วัน สามารถสร้างน้ำหนักได้ 0.45 กรัมน้ำหนักแห้ง สามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือ 0.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในกลุ่มการทดลองน้ำเสียจากบ้านเรือนหลังจาก 20 วัน สามารถสร้างน้ำหนักได้ 0.39 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 2.599 และ 0.312 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือ 3.5 และ 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในน้ำที่ต่างกันส่งผลต่อการเจริญเติบโตของແහນແຂງ ถึงแม้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียจากบ้านเรือนจะมากกว่า

2.4.6 การดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของແහນແຂງ

Adhikari *et al.* (2015) รายงานว่า *Lemna minor* สามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 194.9 ± 18.9 และ 13.0 ± 3.0 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ

Reddy and Busk. (1985) รายงานว่า *Lemna minor* ในช่วงฤดูร้อนสามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 292 และ 87 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ในช่วงฤดูหนาวสามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 76 และ 18 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ

Zhao *et al.* (2015) ศึกษา *Lemna japonica* น้ำหนักสดเริ่มต้น 4.125 มิลลิกรัม ควบคุมธาตุอาหารในน้ำเสียจากบ้านเรือนช่วงฤดูหนาวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสทั้งหมดเริ่มต้น 19.33 ± 2.80 , 18.65 ± 3.21 และ 3.67 ± 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าการเจริญเติบโต 3.27 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวัน สามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือ 12.29 ± 1.83 , 10.30 ± 2.12 และ 2.59 ± 0.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 0.41 และ 0.064 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีการเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุอาหารน้อยกว่าในช่วงฤดูร้อนซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสทั้งหมดเริ่มต้น 25.26 ± 6.41 , 17.13 ± 2.82 และ 3.12 ± 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าการเจริญเติบโต 6.10 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวัน สามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือ 11.14 ± 1.00 , 5.24 ± 1.00 และ 1.22 ± 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 0.83 และ 0.112 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ

Zhao *et al.* (2014) ศึกษา *Lemma minor* น้ำหนักสดเริ่มต้น 3 กรัม ดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียจากฟาร์มหมูมีปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 51 ± 1.37 และ 11.2 ± 0.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับในระยะเวลา 12 วัน สามารถลดปริมาณแอมโมเนียและออร์โธฟอสเฟตเหลือ 0 และ 0.06 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าการเจริญเติบโต 16.20 กรัมน้ำหนักสดต่อวัน ประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณแอมโมเนียและออร์โธฟอสเฟต 0.15 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับ

2.4.7 การดูดซับไนโตรเจนของพืชน้ำชนิดอื่น

Jianbo *et al.* (2008) ทำการทดลองโดยใช้ผักตบชวา (*water hyacinth*) ลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงเป็ดที่มีพื้นที่ทั้งหมด $53,360$ ตารางเมตร พื้นที่ปกคลุมด้วยน้ำ $13,340$ ตารางเมตร พื้นที่สำหรับผักตบชวาเริ่มต้น 400 ตารางเมตร พบประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 21.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก่อนการทดลองในน้ำมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายในน้ำ 12.72 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายในน้ำเหลือ 9.95 มิลลิกรัมต่อลิตร พื้นที่ของผักตบชวาเพิ่มขึ้นถึง 700 ตารางเมตร

Wang *et al.* (2013) ทำการทดลองโดยใช้ *Echhornia crassipes* ลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียจากบ้านเรือนในทะเลสาบ Caohai พื้นที่ทั้งหมด 10.5 ตารางกิโลเมตร ทะเลสาบลึก 2.5 เมตร พื้นที่ *Echhornia crassipes* ปกคลุม 4.3 ตารางกิโลเมตร หลังจากระยะเวลา 6 เดือน พบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลงจาก 157.6 ตัน เหลือ 108.2 ตัน ไนโตรเจนที่สะสมในพืชน้ำ 485.6 ตัน หรือประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยพืชน้ำได้ 63.8 เปอร์เซ็นต์

Li *et al.* (2015) ศึกษา *Oenanthe javanica* และ *Iris pseudacorus* L. ดูดซับธาตุอาหารในน้ำที่มีแอมโมเนีย 5 ระดับ คือ 2.0 , 4.0 , 10.0 , 15.0 และ 20.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า *Oenanthe javanica* เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอัตราการดูดซับแอมโมเนีย 0.01, 0.03, 0.06, 0.08 และ 0.09 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อ ชั่วโมง ตามลำดับ *Iris pseudacorus* L. มีอัตราการดูดซับปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ 0.01, 0.03, 0.07, 0.07 และ 0.08 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งในพืชน้ำ ทั้งสองชนิดมีอัตราการดูดซับเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ ในการทดลองเดียวกัน *Oenanthe javanica* และ *Iris pseudacorus* L. ดูดซับธาตุอาหารในน้ำที่มีปริมาณไนเตรทละลาย ในน้ำ 4 ระดับ 4.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 มิลลิกรัมต่อลิตร *Oenanthe javanica* มีอัตราการดูดซับ ไนเตรทที่ละลายในน้ำ 0.005, 0.008, 0.009 และ 0.010 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ *Iris pseudacorus* L. ดูดซับปริมาณไนเตรทที่ละลายในน้ำ 0.001, 0.002, 0.003 และ 0.007 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งในพืชน้ำทั้งสองชนิดมีอัตราการดูดซับ เพิ่มขึ้นตามปริมาณไนเตรทที่ละลายในน้ำ

2.4.8 การดูดซับฟอสฟอรัสของพืชน้ำชนิดอื่น

Chen *et al.* (2010) รายงานผักตบชวา (water hyacinth) ปกคลุมพื้นที่ 22.5 ตารางเมตร ในน้ำ เสียจากฟาร์มหมูช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 36 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เริ่มต้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจาก 30 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ลดลงเหลือ 8.2 มิลลิกรัมต่อ ลิตร มีประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถดูดซับได้มากกว่าช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ย 15 องศาเซลเซียส ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเริ่มต้น 45 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจาก 30 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงเหลือ 17 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการดูดซับ ฟอสฟอรัส 62 เปอร์เซ็นต์

Jianbo *et al.* (2008) ทำการทดลองใช้ผักตบชวา (water hyacinth) ลดปริมาณฟอสฟอรัส ทั้งหมดที่ละลายในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงเป็ดที่มีพื้นที่ทั้งหมด 53,360 ตารางเมตร พื้นที่ปกคลุม ด้วยน้ำ 13,340 ตารางเมตร พื้นที่สำหรับผักตบชวาเริ่มต้น 400 ตารางเมตร มีประสิทธิภาพการ ดูดซับฟอสฟอรัสรวม 23.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก่อนการทดลองในน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ละลาย ในน้ำ 8.86 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ละลายในน้ำเหลือ 6.82 มิลลิกรัมต่อลิตร และพื้นที่ของผักตบชวาเพิ่มขึ้นถึง 700 ตารางเมตร

Li *et al.* (2015) ศึกษา *Oenanthe javanica*, *Iris pseudacorus* L., *Canna lily* และ *Potamogeton crippus* ดูดซับปริมาณออร์โธฟอสเฟต 4 ระดับ คือ 4.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 มิลลิกรัมต่อลิตร *Oenanthe javanica* พบว่าอัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต 0.003, 0.004, 0.005, และ 0.006 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ *Iris pseudacorus* L. พบ อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต 0.001, 0.003, 0.004 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อ ชั่วโมง ตามลำดับ *Canna lily* พบอัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต 0.001, 0.002, 0.002 และ

0.002 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ และ *Potamogeton crippus* พบว่าอัตราการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดซับออร์โธฟอสเฟต 0.001, 0.001, 0.001 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับออร์โธฟอสเฟตเพิ่มขึ้นตามปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำในพีชน้ำทั้ง 4 ชนิด

Sooknah and Wilkie (2004) รายงาน water hyacinth, penny worth และ water lettuce น้ำหนักแห้งเริ่มต้น 292, 160 และ 90 กรัมตามลำดับ ดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียมี ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเริ่มต้น 16.5, 17.7 และ 16.6 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ หลังจาก 31 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงเหลือ 0.24, 5.08 และ 5.95 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการดูดซับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 98, 77 และ 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถึงแม้ว่า water hyacinth มีความสามารถในการดูดซับปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงแต่น้ำหนักแห้งเริ่มต้นสูงสุดเช่นกัน ในการทดลอง เดียวกันในน้ำเสียที่มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้น 9.61, 9.01 และ 9.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจาก 31 วัน สามารถลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตเหลือ 0.34, 3.52 และ 5.51 มิลลิกรัม ต่อลิตร มีประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณออร์โธฟอสเฟต 96, 61 และ 44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ water hyacinth มีความสามารถในการดูดซับปริมาณออร์โธฟอสเฟตสูงสุดแต่น้ำหนักแห้งเริ่มต้น สูงสุดเช่นกัน

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 สัตว์และพืชน้ำทดลอง

3.1.1 ปลาไนล (Oreochromis niloticus)

3.1.2 ใต้น้ำ (Wolffia globosa)

3.1.3 แหนแดง (Azolla spp.)

3.1.4 แหนเป็ดเล็ก (Lemna minor)

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 อุปกรณ์

3.2.1.1 ชุดสายยางให้ออกซิเจน และหัวทราย

3.2.1.2 โหลแก้ว

3.2.1.3 โถดูดความชื้น (desicator)

3.2.1.4 ถ้วย (crucible)

3.2.1.5 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ gemmy industrial รุ่น yco - n01

3.2.1.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver instrument รุ่น si - 234

3.2.1.7 เครื่องวัด conductivity-TDS-°C ยี่ห้อ hanna รุ่น hi 98312

3.2.1.8 เครื่องวัด pH-°C ยี่ห้อ hanna รุ่น hi 98128

3.2.1.9 เครื่องวัด DO-°C ยี่ห้อ ysi รุ่น 550a

3.2.1.10 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV-spectrophotometer) ยี่ห้อ jasco รุ่น v-630

3.2.1.11 เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifuge) ยี่ห้อ heltich รุ่น rototfix 32

3.2.2 สารเคมี

3.2.2.1 สารเคมีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (ภาคผนวก ก.)

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลาไนกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลาไนในบ่อเลี้ยง

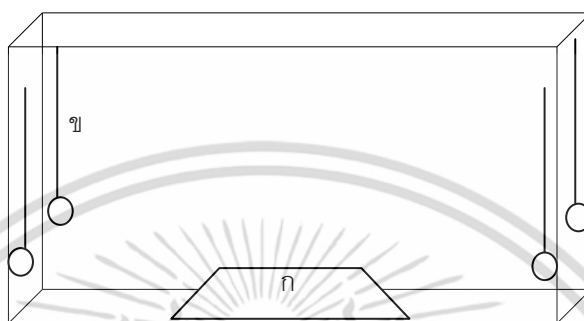
3.3.1.1 การเตรียมปลาไน

ปล่อยปลาไนขนาดประมาณ 10 กรัม เลี้ยงในบ่อขนาด 175x275x100 เซนติเมตร ให้อาหารเม็ดเล็กสำเร็จรูปแบบลอยน้ำ วันละ 2 มื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การเตรียมระบบการเลี้ยง

เตรียมบ่อคอนกรีตขนาด 98x148x80 เซนติเมตร ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ นำชุดรวบรวมมูลปลานิลขนาด 35x47x17 เซนติเมตร วางในบ่อแล้วเติมน้ำปริมาตร 1000 ลิตร และเดินสายยางพร้อมหัวทราย 4 มุมของบ่อทดลอง ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ระบบการเลี้ยงปลานิลในการเก็บข้อมูล ก. ชุดรวบรวมมูลปลา ข. สายยางพร้อมหัวทราย

3.3.1.3 วิธีการทดลอง

(1) เมื่อปลานิลในบ่อเลี้ยงรวมได้ขนาด 50 กรัม ทำการลุ่มปลาจำนวน 60 ตัว ลงบ่อที่เตรียมไว้ ตามหัวข้อ 3.3.1.2 และให้ปลาปรับสภาพ 1 วัน หลังจากนั้นเปลี่ยนถ่ายน้ำ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบลอยน้ำเวลา 09.00 และ 15.00 น. เก็บมูลปลานิลชั่วโมงที่ 24 จากชุดรวบรวมมูลปลานิล โดยใช้วิธีการลึกลงน้ำด้วยสายยางจากภายในชุดรวบรวมมูลปลานิล และเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้น และ 24 ชั่วโมง

(2) หลังจากนั้นนำปลานิลที่เก็บมูลปลาแล้ว กลับไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงรวม

(3) ดำเนินการเก็บมูลปลา และคุณภาพน้ำของปลานิลขนาด 100, 200, 300, 400, 500, 600 และ 700 กรัม ที่ความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามขั้นตอน (1) และ (2)

3.3.1.4 การบันทึกข้อมูล

(1) บันทึกปริมาณของเสียในรูปของแข็ง โดยรวบรวมมูลปลานิลในชั่วโมงที่ 24 จากชุดรวบรวมมูลปลานิล (ภาคผนวก ข.) และกวนให้กระจายจากนั้นนำไปวิเคราะห์ตะกอนมูลปลานิลตามวิธีการหาปริมาณสารแขวนลอยในน้ำของ APHA (2005) จากนั้นวัดปริมาตรมูลปลานิลที่เหลืออยู่ โดยกระบอกตวงปริมาตร 1 ลิตร

(2) เก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้น และสุดท้าย นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 และ NH_4^+) ไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2^- -N) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3^- -N) ออร์โธฟอสเฟต (soluble reactive phosphorus; SRP) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) ไนโตรเจนทั้งหมด (total kjeldahl nitrogen) และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ (total suspended solid) ตามวิธีการ APHA (2005)

3.3.1.4 การวิเคราะห์ผล

(1) นำข้อมูลจากสูตรคำนวณมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับการจับถ่ายมูลปลานิล ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้งมูลปลานิลทั้งหมด (กรัม น้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ปริมาตรมูลปลาทั้งหมด (มิลลิลิตร)} \times \text{ค่าวิเคราะห์ตะกอนมูลปลา}}$$

10

$$\text{ปริมาณมูลปลานิลแห้งเฉลี่ย (กรัมต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{ปริมาณมูลปลานิลแห้งทั้งหมด}}{\text{ความหนาแน่น}}$$

(2) นำข้อมูลจากคำนวณมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำและปลานิลขนาดต่างๆ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

$$\text{คุณภาพน้ำที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด (มิลลิกรัม)} = (B - A) \times \text{ปริมาตรน้ำที่เลี้ยง}$$

$$\text{คุณภาพน้ำที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{คุณภาพน้ำที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด}}{\text{ความหนาแน่น}}$$

เมื่อ A = คุณภาพน้ำเริ่มต้น

B = คุณภาพน้ำสุดท้าย

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณของเสียจากการจับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง

3.3.2.1 การเตรียมปลานิล

ปล่อยปลานิลขนาดประมาณ 10 กรัม เลี้ยงในบ่อขนาด 175x275x100 เซนติเมตร ให้อาหารเม็ดเล็กสำเร็จรูปแบบลอยน้ำ วันละ 2 มื้อ

3.3.2.2 การเตรียมระบบการเลี้ยง

เตรียมบ่อคอนกรีตขนาด 98x148x80 เซนติเมตร ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ นำชุดรวบรวมมูลปลานิลขนาด 35x47x17 เซนติเมตร วางในบ่อแล้วเติมน้ำปริมาตร 1,000 ลิตร และเดินสายยางพร้อมหัวทราย 4 มุมของบ่อทดลอง ดังภาพที่ 3.1

3.3.2.3 วิธีการทดลอง

(1) เมื่อปลานิลในบ่อเลี้ยงรวมได้ขนาด 50 กรัม ทำการสุ่มปลาจำนวน 60 ตัว ลงบ่อที่เตรียมไว้ ตามหัวข้อ 3.3.1.2 และให้ปลาปรับสภาพ 1 วัน หลังจากนั้นเปลี่ยนถ่ายน้ำ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบลอยน้ำเวลา 09.00 และ 15.00 น. เก็บมูลปลานิลชั่วโมงที่ 24 จากชุดรวบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลปลานิล โดยใช้วิธีการลบน้ำด้วยสายยางดูดจากภายในชุดรวบรวมมูลปลานิล และเก็บตัวอย่างน้ำ เริ่มต้น และ 24 ชั่วโมง

(2) หลังจากนั้นนำปลานิลที่เก็บมูลปลาแล้ว กลับไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงรวม

(3) ดำเนินการเก็บมูลปลา และคุณภาพน้ำของปลานิลที่ความหนาแน่น 6, 9, 12, 15 และ 18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามขั้นตอน (1) และ (2)

3.3.2.4 การบันทึกข้อมูล

(1) บันทึกข้อมูลของเสียในรูปของแข็ง โดยรวบรวมมูลปลานิลในชั่วโมงที่ 24 จากชุดรวบรวมมูลปลานิล (ภาคผนวก ข.) กวนให้กระจายจากนั้นนำไปวิเคราะห์ตะกอนมูลปลานิล ตามวิธีการหาปริมาณสารแขวนลอยในน้ำของ APHA (2005) จากนั้นวัดปริมาตรมูลปลานิลที่เหลืออยู่ โดยกระบอกตวงปริมาตร 1 ลิตร

(2) เก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้น และสุดท้ายวิเคราะห์คุณภาพน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัสทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ ตามวิธีการ APHA (2005)

3.3.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

(1) นำข้อมูลจากสูตรคำนวณมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับการขับถ่ายมูลปลานิลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้งมูลปลานิลทั้งหมด (กรัม น้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ปริมาตรมูลปลาทั้งหมด (มิลลิลิตร)} \times \text{ค่าวิเคราะห์ตะกอนมูลปลา}}{10}$$

$$\text{ปริมาณมูลปลานิลแห้งเฉลี่ย (กรัมต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{ปริมาณมูลปลานิลแห้งทั้งหมด}}{\text{ความหนาแน่น}}$$

(2) นำข้อมูลจากสูตรคำนวณมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำและปลานิลที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

$$\text{คุณภาพน้ำที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด (มิลลิกรัม)} = (B - A) \times \text{ปริมาณน้ำที่เลี้ยง}$$

$$\text{คุณภาพน้ำที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{ปัจจัยคุณภาพน้ำที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด}}{\text{ความหนาแน่น}}$$

เมื่อ A = คุณภาพน้ำเริ่มต้น

B = คุณภาพน้ำสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายมูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็น สารอนินทรีย์ในโตรเจน และฟอสฟอรัส

3.3.3.1 วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ มูลปลานิลความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อลิตร ชุดทดลอง 3 ซ้ำ

3.3.3.2 การดำเนินการทดลอง

(1) การเตรียมมูลปลานิล โดยรวบรวมจากชุดรวบรวมมูลปลานิลในบ่อเลี้ยง (ภาคผนวก ข.) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตะกอนมูลปลา ตามวิธีการหาปริมาณสารแขวนลอยในน้ำของ APHA (2005) หลังจากได้ค่าตะกอนมูลปลา แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณมูลปลานิลตามชุดการทดลองดังนี้

ปริมาณมูลปลาที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง (กรัมแห้ง) =

$$\frac{\text{น้ำหนักแห้งที่ใช้ทั้งหมดในชุดการทดลอง} \times \text{ปริมาตรมูลปลาที่นำไปวิเคราะห์}}{\text{ค่าวิเคราะห์ตะกอนมูลปลา}}$$

(2) ตวงปริมาตรมูลปลานิลใส่โหลแก้วทรงกระบอกสูง 35 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร และปรับปริมาตรน้ำให้ได้ 5 ลิตร ให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 3 วัน ระยะเวลาทำการทดลองทั้งหมด 24 วัน ชุดทดลองมูลปลาความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อลิตร ใช้มูลปลานิลปริมาตร 41.67, 83.33, 125.00 และ 166.67 มิลลิลิตร ตามลำดับ

3.3.3.3 การบันทึกข้อมูล

(1) เก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 วัน นำมาวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม ตามวิธีการ APHA (2005)

3.3.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลปลานิลต่อการเติบโต และการดูดซับไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก

3.3.4.1 วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ น้ำหมักมูลปลานิล (ชุดควบคุม) ไข่น้ำเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล แหนแดงเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล และแหนเป็ดเล็กเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 วิธีการดำเนินงาน

(1) รวบรวมไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* spp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) จากแหล่งน้ำริมถนนชุมชนทอง-ลำต้อยตั้ง 1 แขวงลำต้อยตั้ง เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร นำมาคัดแยกและทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณในถังพลาสติกปริมาตร 120 ลิตร โดยใช้อาหารผสม (ปุ๋ยนา 20 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 20 กรัม ปุ๋ยฟอสเฟต 2 กรัม และปูนขาว 2 กรัม) เป็นแหล่งธาตุอาหาร

(2) การเตรียมน้ำหมักมูลปลานิล โดยรวบรวมมูลปลานิล และสูตรคำนวณตามการทดลองที่ 3.3.3 ข้อ 3.3.3.2 (1) ใส่ถังพลาสติกไฟเบอร์แบบมีฝาปิดปริมาตร 100 ลิตร (4.5 กรัมมูลปลาน้ำหนักแห้งต่อลิตร) หมักในสภาวะที่มีออกซิเจนเป็นระยะเวลา 24 วัน

(3) นำน้ำส่วนบนที่ผ่านการตกตะกอน ในถังหมักมูลปลานิลผสมกับน้ำประปา อัตราส่วน 1:2 (1.5 กรัมมูลปลาน้ำหนักแห้งต่อลิตร) กวนให้น้ำหมักกระจายตัวเท่ากัน จากนั้นตวงใส่ถังพลาสติกความจุ 12 ลิตร และปรับปริมาตร 7 ลิตร (พื้นที่ผิว 700 ตารางเซนติเมตร)

(4) ชั่งน้ำหนักไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก 10 กรัมใส่ถังตามชุดการทดลอง แล้วนำถังไปตั้งรับแสงแดดตามธรรมชาติ จัดชุดการทดลอง โดย ชุดทดลองที่ 1 น้ำหมักมูลปลานิล ชุดควบคุม ชุดทดลองที่ 2 ไข่น้ำเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล ชุดทดลองที่ 3 แหนแดงเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล และชุดทดลองที่ 4 แหนเป็ดเล็กเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล

3.3.4.3 การเก็บข้อมูล

(1) การเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก โดยชั่งน้ำหนักสดทุก 3 วัน และสิ้นสุดการทดลอง หลังจากชั่งน้ำหนักสด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

(2) เก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 วัน นำมาวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม ตามวิธีการ APHA (2005)

(3) นำข้อมูลมาวิเคราะห์คำนวณตามสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้น (กรัม)} = \text{น้ำหนักแห้งสุดท้าย} - \text{น้ำหนักแห้งเริ่มต้น}$$

$$\text{น้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัมต่อวัน)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ระยะเวลาทำการทดลอง}}$$

การดูธาตุอาหารทั้งหมด =

$$(A - B) \times \text{ปริมาตรน้ำหมักมูลปลาทั้งหมดที่ใช้ในชุดทดลอง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์) =
 (การดูดธาตุอาหาร^uทั้งหมด x 100)

A

เมื่อ A = คุณภาพน้ำเริ่มต้น

B = คุณภาพน้ำสุดท้าย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลจากการทดลองที่ 1 และ 2 มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 การทดลองที่ 3 และ 4 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน 8 เดือน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 4.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณของเสียจากการ ขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดของปลานิล กับปริมาณมูลปลานิลในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปลานิลที่มีขนาดต่างกันจะขับถ่ายต่อน้ำหนักตัวต่างกัน โดยปลาที่มีขนาดเพิ่มขึ้น จะขับถ่ายมูลปลานิลลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

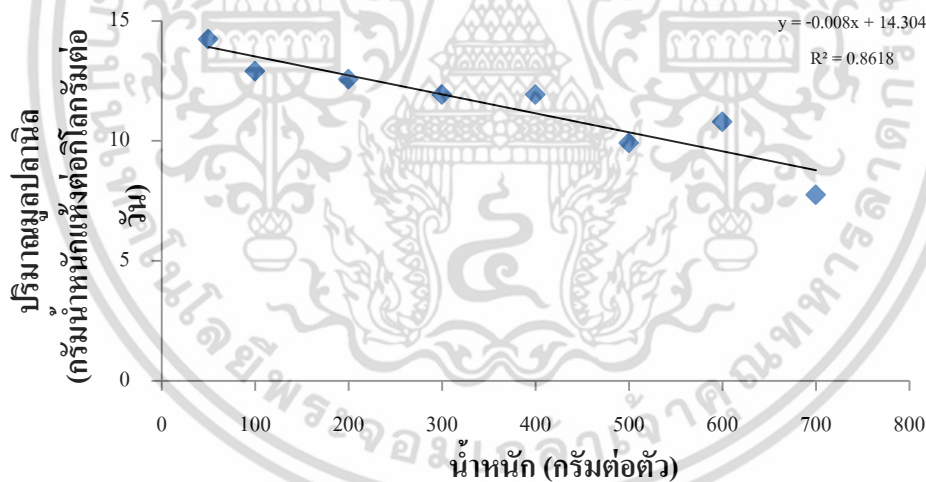
$$y = -0.008x + 14.304$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณมูลปลานิลแห้ง (กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

ดังภาพที่ 4.1

จากสมการสามารถใช้คำนวณในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณมูลปลา ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับคุณภาพน้ำ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่อน้ำหนักตัวมีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$y = -0.2944x + 501.14$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ หรือมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการสามารถใช้คำนวณในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

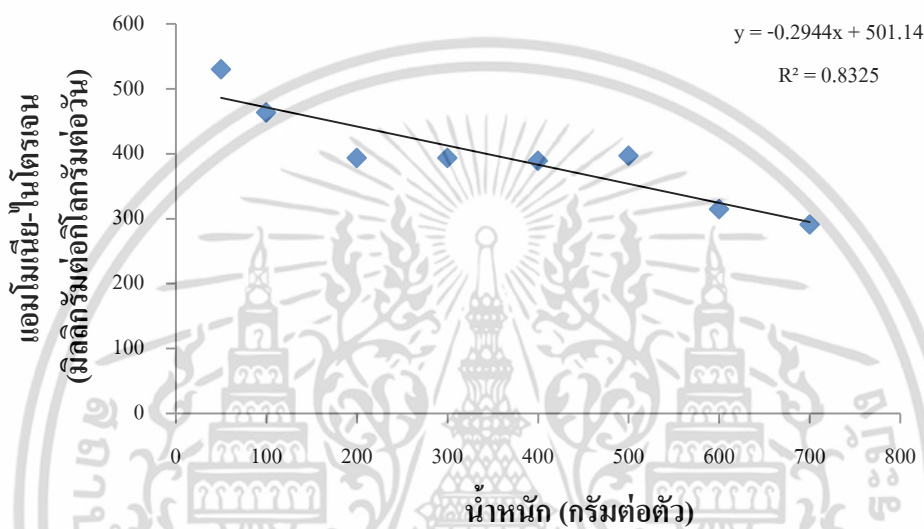
ไนโตรเจน-ไนโตรเจนต่อน้ำหนักตัวมีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$y = 67.034e^{-0.003x}$$

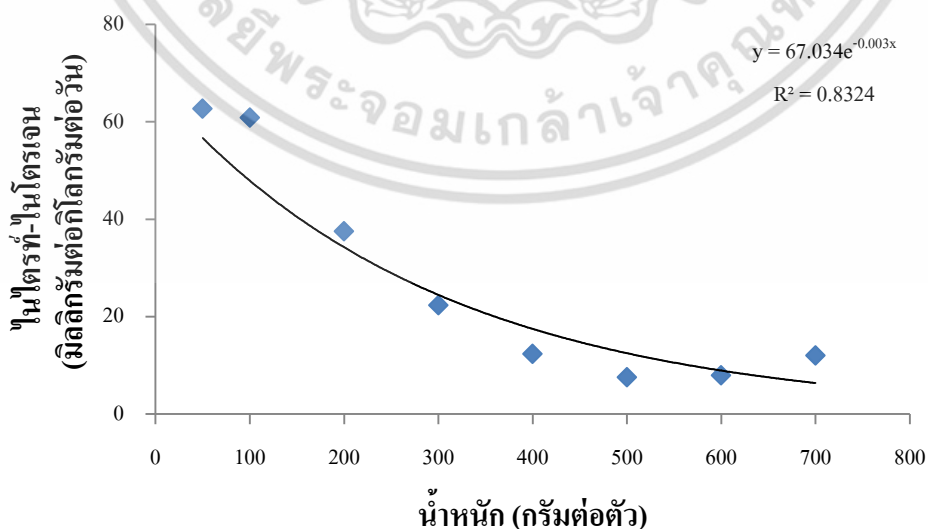
x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.3

จากสมการสามารถใช้คำนวณในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ไนเตรท-ไนโตรเจนต่อน้ำหนักตัวต่างกัน มีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

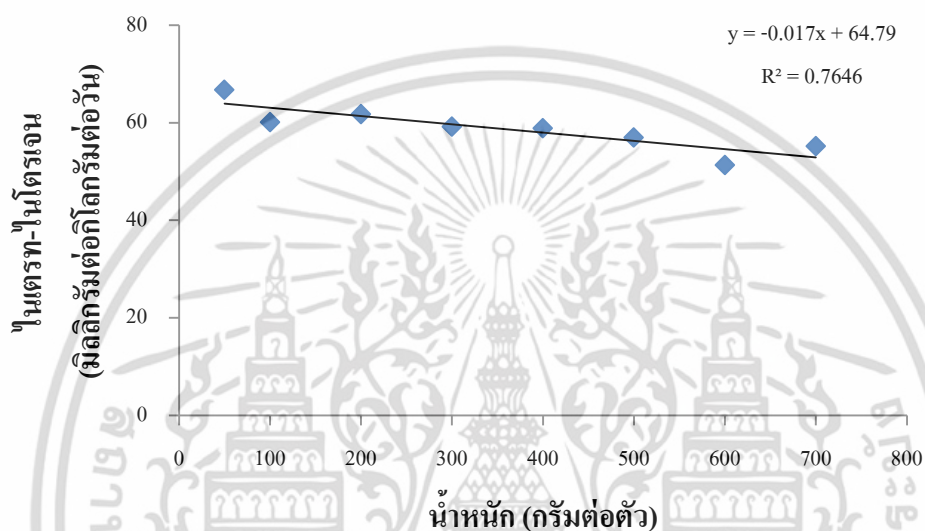
$$y = -0.017x + 64.79$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

ดังภาพที่ 4.4

จากสมการสามารถใช้คำนวณไนเตรทในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ขนาดปลานิลกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ไนโตรเจนรวมต่อน้ำหนักตัวต่างกัน มีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$y = -0.3365x + 638.91$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

ดังภาพที่ 4.5

จากสมการสามารถใช้คำนวณไนเตรทในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ออร์โธฟอสเฟตต่อน้ำหนักตัวต่างกัน มีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$y = -0.0107x + 16.007$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

ดังภาพที่ 4.6

จากสมการสามารถใช้คำนวณไนเตรทในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสรวมต่อน้ำหนักตัวต่างกัน มีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

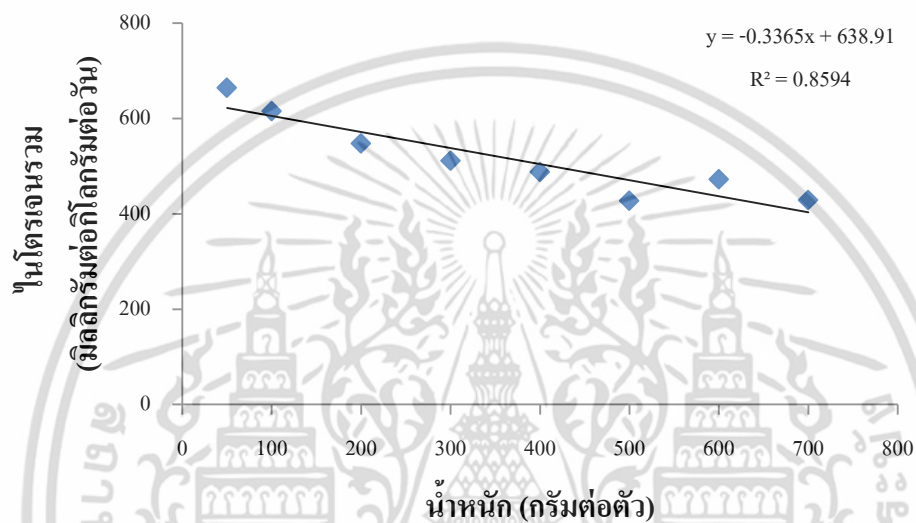
$$y = -0.0094x + 18.289$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

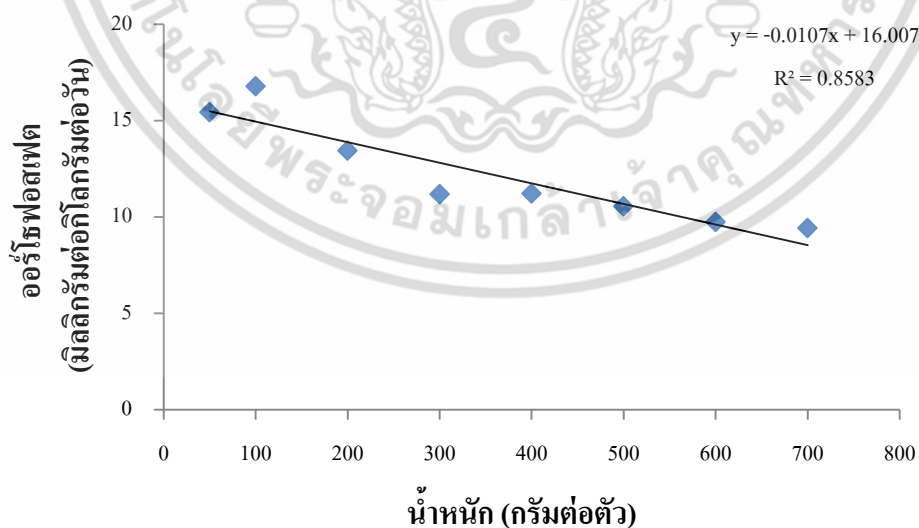
y = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน)

ดั่งภาพที่ 4.7

จากสมการสามารถใช้คำนวณในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณไนโตรเจนรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณออร์โทฟอสเฟต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารแขวนลอยต่อน้ำหนักตัวต่างกัน มีปริมาณลดลงตามขนาดตัวของปลานิล ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

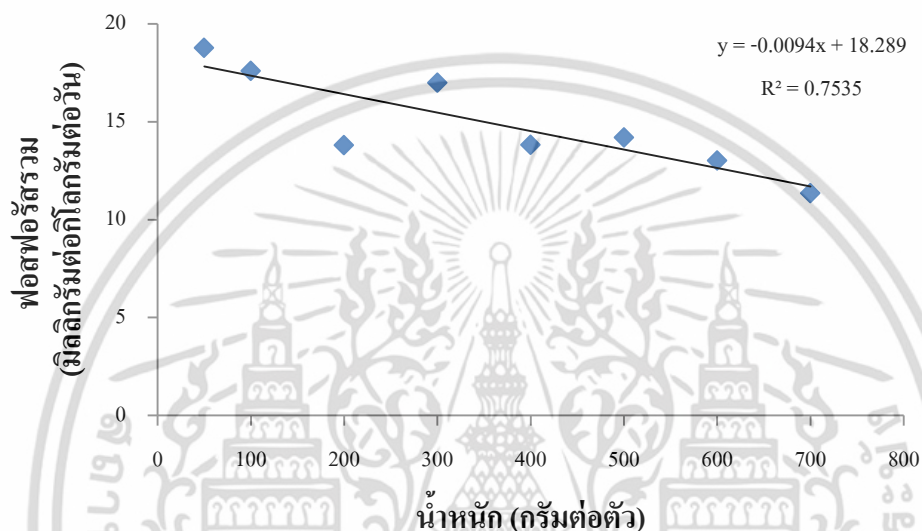
$$y = -0.007x + 6.0643$$

x = ขนาดปลานิล (กรัมต่อตัว)

y = ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

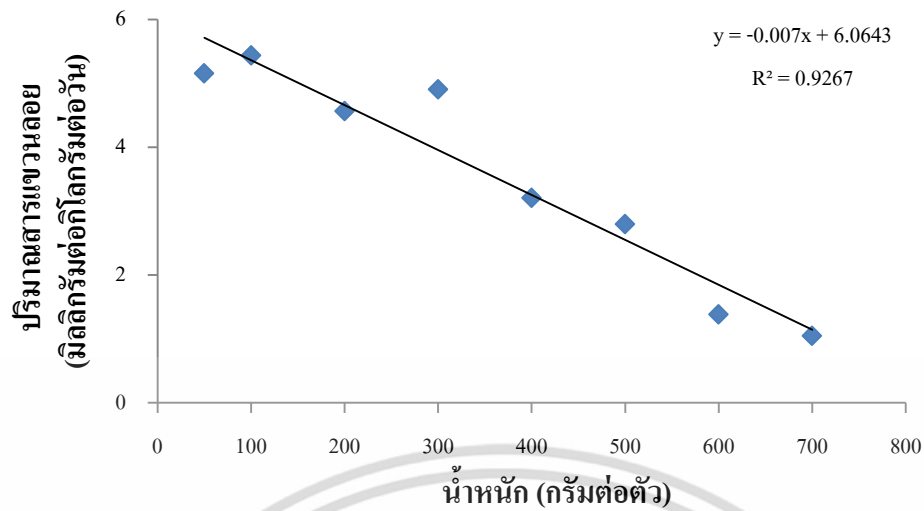
ดั่งภาพที่ 4.8

จากสมการสามารถใช้คำนวณในปลานิลขนาด 50-700 กรัม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับฟอสฟอรัสรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ผลความสัมพันธ์ของปลานิลขนาดต่างกับมูลปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการจับถ่ายมูลปลานิลมีปริมาณสูงสุดในปลานิลขนาด 50 กรัม เท่ากับ 14.22 ± 0.06 กรัม น้ำหนักแห้งต่อกิโลกรัมต่อวัน ส่วนแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม มีปริมาณสูงสุดในปลานิลขนาด 50 กรัม เท่ากับ 529.92 ± 3.55 , 62.71 ± 1.19 , 66.73 ± 0.10 , 664.10 ± 0 . และ 18.76 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ แต่ออร์โธฟอสเฟต และสารแขวนลอยมีปริมาณสูงสุดในปลานิลขนาด 100 กรัม เท่ากับ 16.75 ± 0.29 และ 5.43 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณสารแขวนลอย ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณมูลปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากการเลี้ยงปลานิลขนาดต่างๆ

น้ำหนักปลานิล (กรัม)	มูลปลา (กรัมน้ำหนัก แห้งต่อ กิโลกรัมต่อวัน)	คุณภาพน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)						
		แอมโมเนีย- ไนโตรเจน	ไนโตรท- ไนโตรเจน	ไนเตรท- ไนโตรเจน	ไนโตรเจนรวม	ออร์โธฟอสเฟต	ฟอสฟอรัสรวม	สารแขวนลอย
50	14.22±0.06	529.92±3.55	62.71±1.19	66.73±0.10	664.10±0.35	15.42±0.23	18.76±0.05	5.15±0.00
100	12.88±0.07	463.25±2.47	60.82±1.26	60.06±0.62	615.00±0.24	16.75±0.29	17.58±0.24	5.43±0.03
200	12.55±0.23	393.25±2.78	37.49±2.06	61.73±0.95	547.28±3.28	13.42±0.16	13.78±0.30	4.56±0.00
300	14.91±0.55	393.08±2.38	22.34±0.39	59.17±0.50	511.11±0.85	11.15±0.10	16.98±0.21	4.90±0.02
400	13.91±0.47	388.64±6.77	12.32±0.35	58.82±0.43	487.28±1.38	11.19±0.21	13.80±0.80	3.20±0.20
500	9.90±0.12	396.91±3.61	7.52±0.56	56.93±0.55	427.28±0.56	10.54±0.08	14.18±0.10	2.79±0.19
600	10.78±0.99	314.47±3.46	7.95±1.13	51.29±0.27	471.90±0.89	9.72±0.01	13.01±0.70	1.37±0.32
700	7.73±0.42	290.45±3.24	12.03±1.35	55.15±0.46	428.12±0.55	9.40±0.02	11.34±0.37	1.04±0.16

การทดลองที่ 4.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง

ผลของความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณมูลปลานิลใน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกันจะขับถ่ายมูลต่างกัน โดยปลานิลที่ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะมีการขับถ่ายต่อน้ำหนักลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

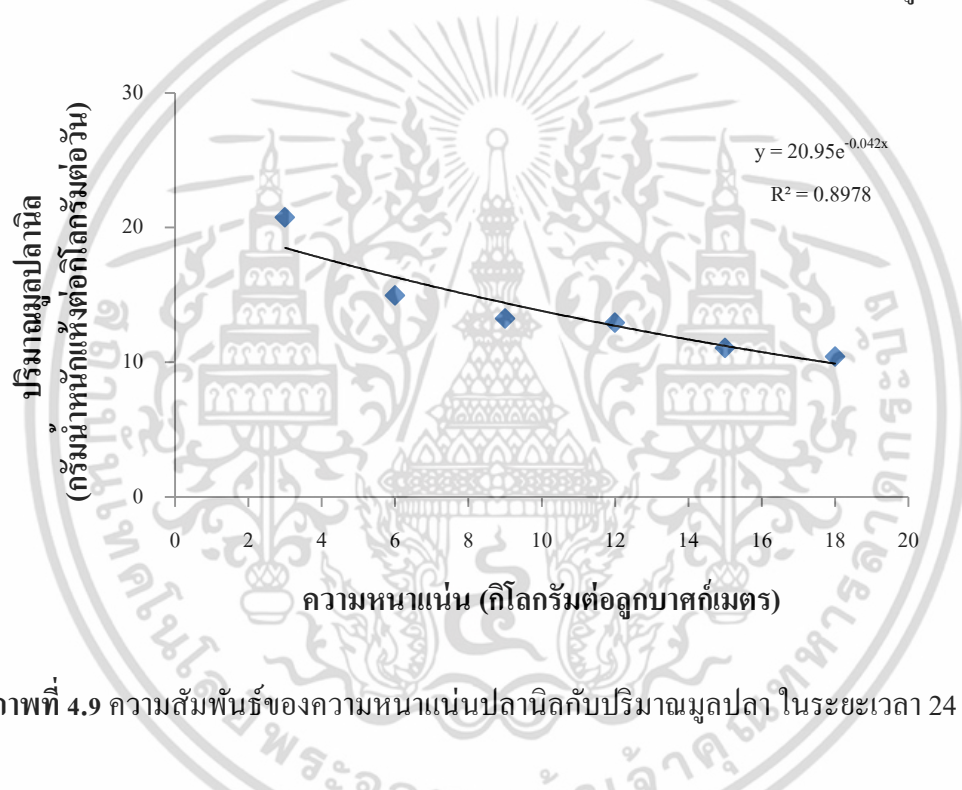
$$y = 20.95e^{-0.042x}$$

x = ความหนาแน่นของปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณมูลปลานิลแห้ง (กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

ดังภาพที่ 4.9

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณมูลปลา ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ผลของความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยปล่อยปลาหนาแน่น 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ ดังนี้

แอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามความหนาแน่นของปลานิลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$y = 526.87e^{-0.052x}$$

x = ความหนาแน่นของปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.10

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ไนโตรเจน-ไนโตรเจนต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามความหนาแน่นของปลานิลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$y = -1.13x + 31.72$$

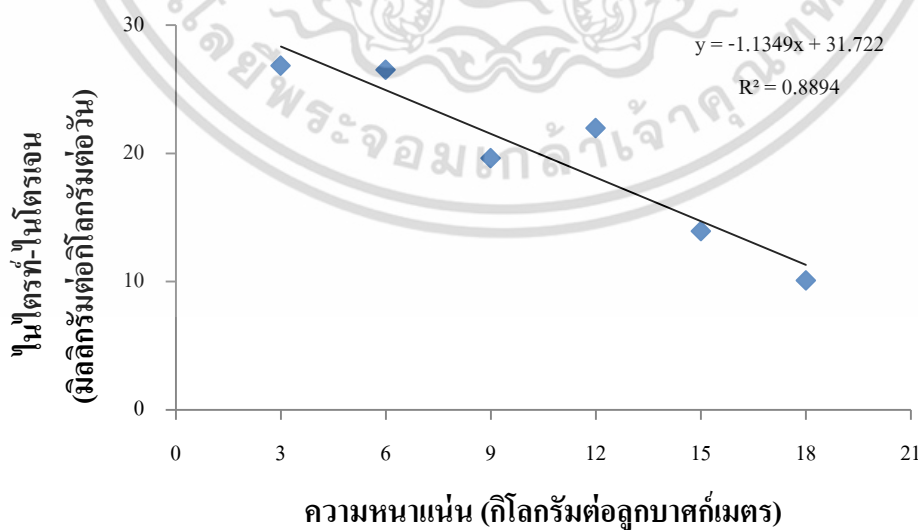
x = ระดับความหนาแน่นของปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.11

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน

ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนเตรท-ไนโตรเจนต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงสมการ

$$y = -2.20x + 95.85$$

x = ระดับความหนาแน่นของปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.12

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ไนโตรเจนรวมต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามความหนาแน่นของปลานิลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงสมการ

$$y = -6.43x + 468.97$$

x = ระดับความหนาแน่นของปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.13

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ออร์โทฟอสเฟตต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามระดับความหนาแน่นของปลานิลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงสมการ

$$y = -0.434x + 20.36$$

x = ระดับความหนาแน่นของปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณออร์โทฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.14

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงเวสท์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่หวังกำไรใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

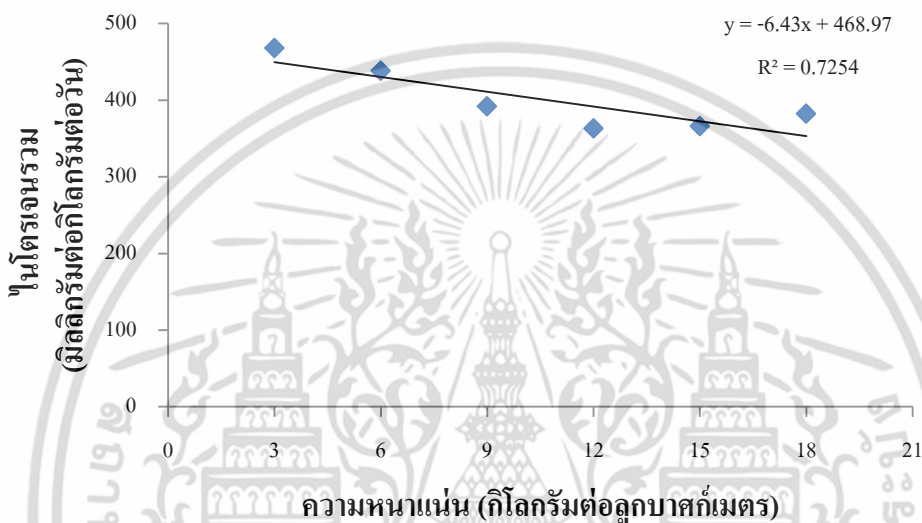
ฟอสฟอรัสรวมต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามระดับความหนาแน่นของปลานิลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$y = -0.86x + 30.39$$

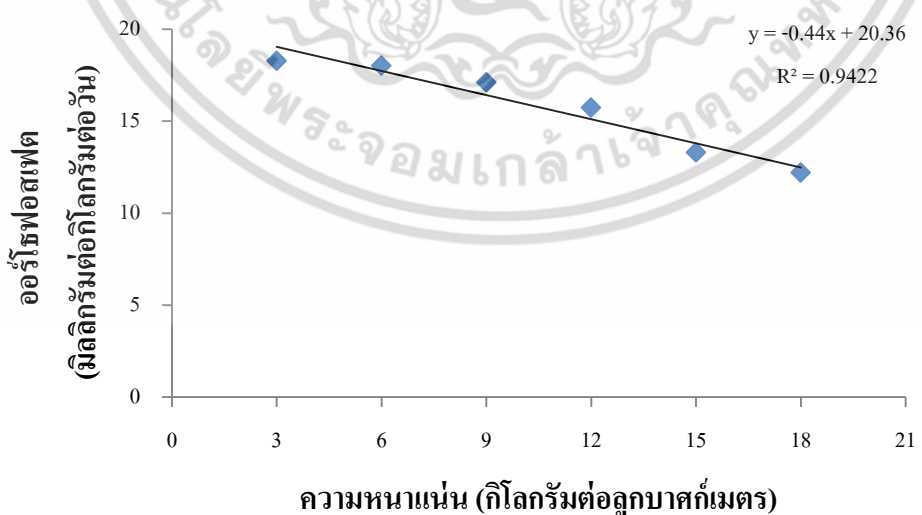
x = ระดับความหนาแน่นปลานิล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.15

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณไนโตรเจนรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของปลานิลกับปริมาณออร์โธฟอสเฟต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

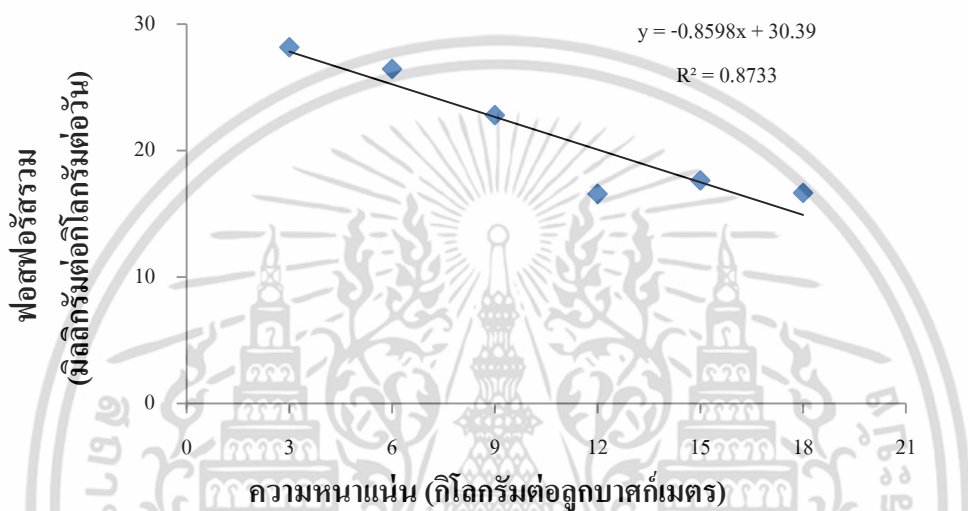
สารแขวนลอยต่อน้ำหนักมีปริมาณลดลงตามความหนาแน่นของปลานิลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$y = -0.27x + 6.54$$

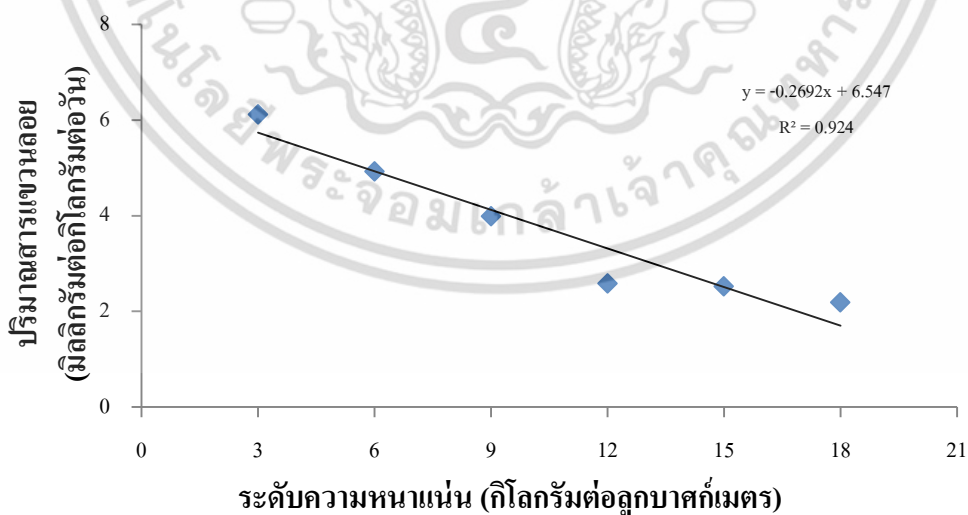
x = ระดับความหนาแน่นของปลาโดยน้ำหนัก (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

y = ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) ดังภาพที่ 4.16

จากสมการสามารถใช้คำนวณความหนาแน่นของปลานิลในช่วง 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลานิลกับสารแขวนลอย ในระยะเวลา 24 วัน

ผลของความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับปริมาณมูลปลานิล และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปลานิลจะขับถ่ายมูลมากที่สุด 20.75 ± 1.74 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกิโลกรัมต่อวัน ดังตารางที่ 4.2

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัสรวม และสารแขวนลอยมีปริมาณมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเฉลี่ยสูงสุดที่การเลี้ยงปลานิลความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 578.36 ± 0.14 , 26.81 ± 1.71 , 91.39 ± 1.43 , 467.87 ± 1.25 , 18.27 ± 0.01 , 2.29 ± 0.15 , 28.14 ± 1.56 และ 6.11 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวันตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

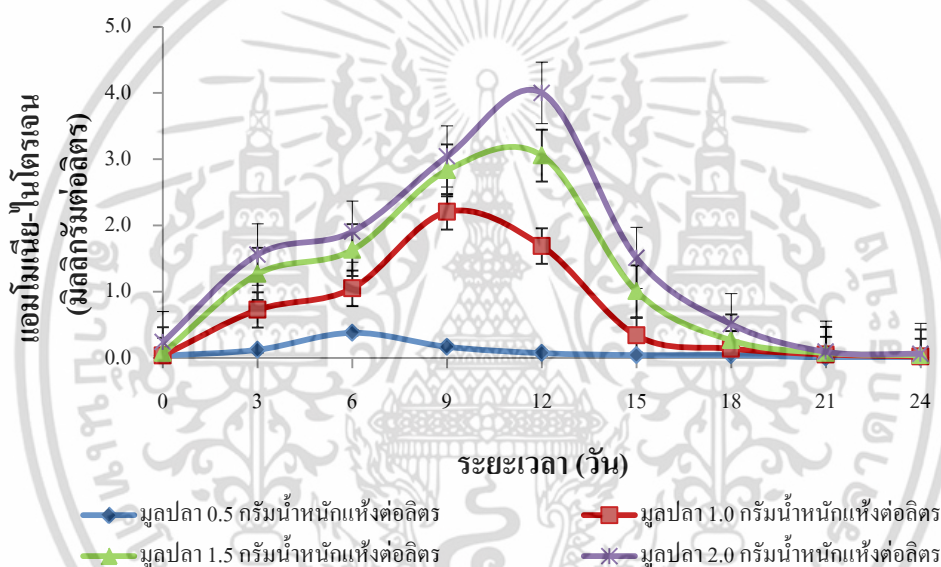
ตารางที่ 4.2 ปริมาณมูลปาลานิต และคุณภาพน้ำในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างๆ

ระดับความ หนาแน่น (กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร)	มูลปลา (กรัมน้ำหนักแห้ง ต่อกิโลกรัมต่อวัน)	คุณภาพน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)						
		แอมโมเนีย- ไนโตรเจน	ไนไตรท์- ไนโตรเจน	ไนเตรท- ไนโตรเจน	ไนโตรเจนรวม	ออร์โธฟอสเฟต	ฟอสฟอรัสรวม	สารแขวนลอย
3	20.75±1.74	578.36±0.14	26.81±1.71	91.39±1.43	467.87±1.25	18.27±0.01	28.14±1.56	6.11±0.33
6	11.97±1.65	330.70±0.17	26.48±1.30	88.76±1.17	438.14±1.65	18.00±0.21	26.44±1.45	4.92±0.43
9	13.23±0.92	323.78±0.15	19.60±1.62	68.82±1.25	391.93±1.68	17.10±0.17	22.78±1.18	3.99±0.40
12	12.94±1.25	256.86±0.17	21.94±1.30	62.25±1.10	363.09±1.56	15.72±0.12	16.56±1.67	2.58±0.66
15	11.05±1.25	222.17±0.21	13.91±1.80	63.68±1.58	365.70±3.60	13.29±0.43	17.62±1.05	2.51±0.78
18	10.42±1.53	238.13±0.34	10.06±1.67	61.55±1.96	382.11±1.21	12.19±0.15	16.63±1.69	3.18±0.42

การทดลองที่ 4.3 ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายมูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็น สารอินทรีย์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ผลการศึกษาการย่อยสลายน้ำหมักมูลปลานิลความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม น้ำหนักต่อลิตร หมักเป็นระยะเวลา 24 วัน การเปลี่ยนแปลงมูลปลานิลย่อยมาอยู่ในรูปไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ดังนี้

แอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของมูลปลานิล และมีปริมาณ สูงสุดในช่วงวันที่ 6-12 ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมูลปลาหลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียจะลดลง จนไม่พบปริมาณแอมโมเนียในวันที่ 21-24 ขึ้นอยู่กับปริมาณมูลปลานิลที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.17)



ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน

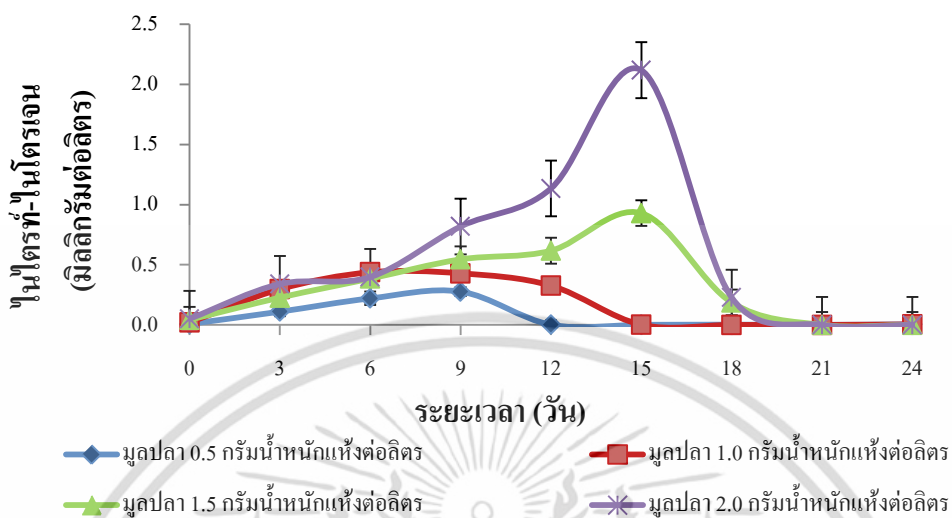
ไนโตรท-ไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 6 และ 15 ขึ้นอยู่กับปริมาณมูลปลานิล ที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณลดลง (ภาพที่ 4.18)

ไนเตรท-ไนโตรเจนเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 12 ในทุกความเข้มข้นของ มูลปลานิล หลังจากนั้นปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.19)

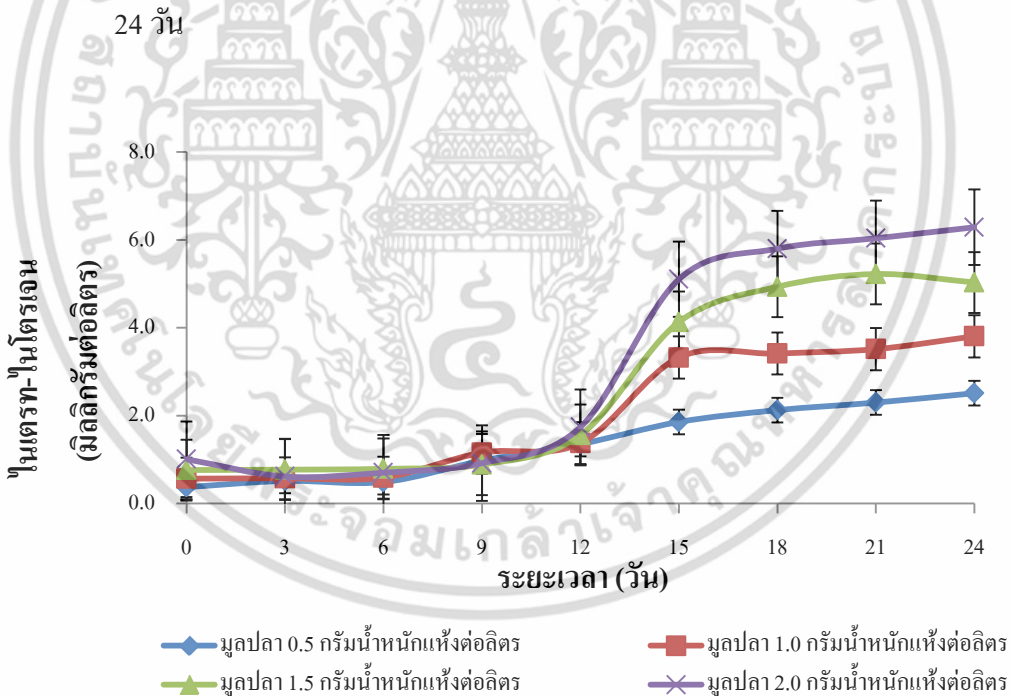
ไนโตรเจนรวมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ทุกความเข้มข้นของมูลปลานิล (ภาพที่ 4.20)

ออร์โทฟอสเฟตมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ทุกความเข้มข้นของมูลปลานิล (ภาพที่ 4.21)

ฟอสฟอรัสรวมเปลี่ยนแปลงน้อยตามระยะเวลาการทดลอง ทุกความเข้มข้นของมูลปลานิล (ภาพที่ 4.22)

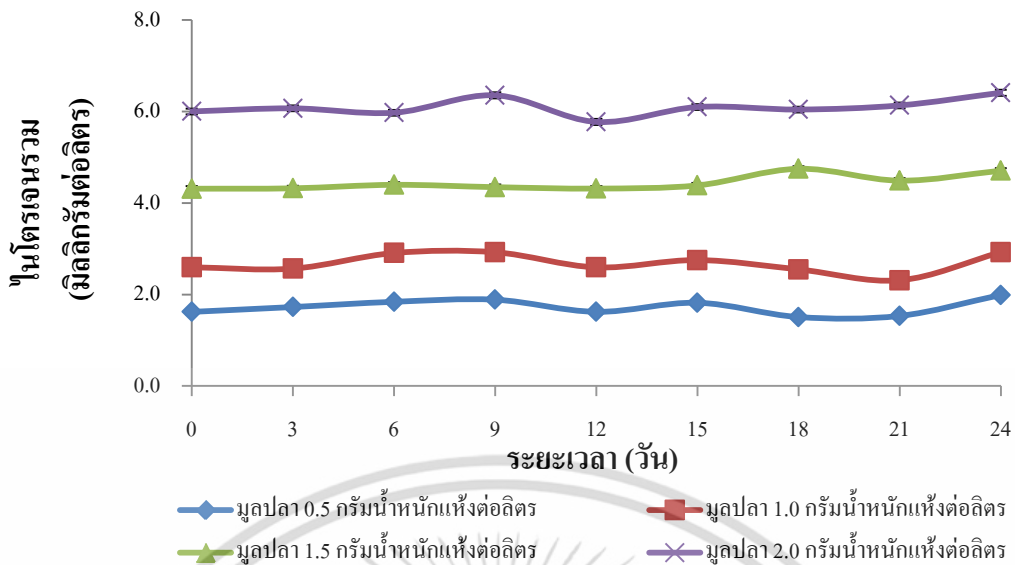


ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน

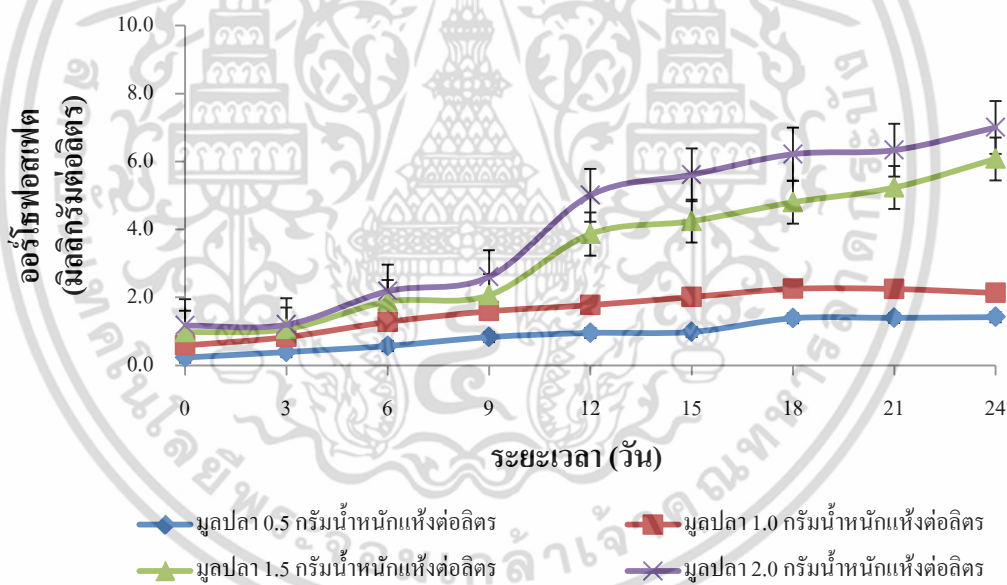


ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

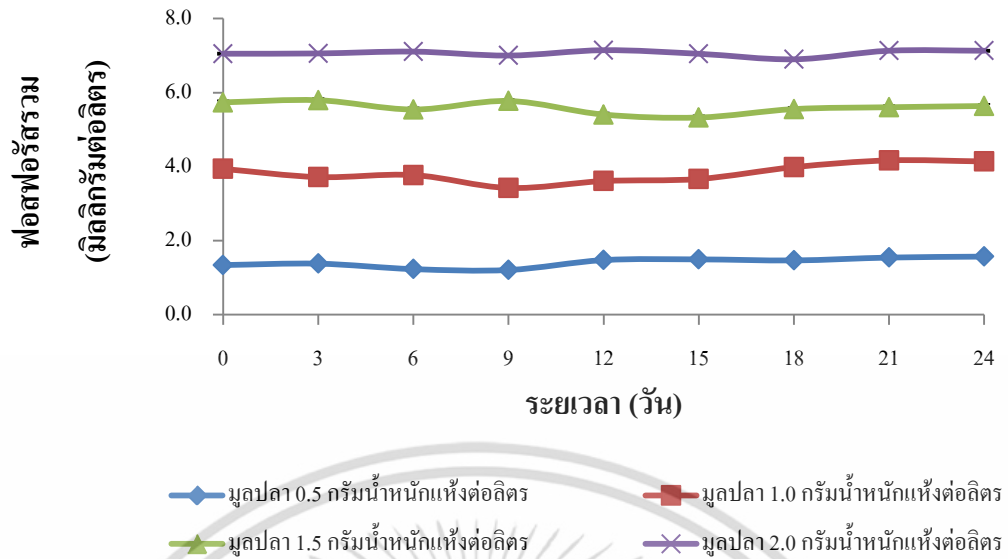


ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน



ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โทฟอสเฟตในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 24 วัน

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/น้ำหนกแห้งต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรท์-ไนโตรเจนลดลงจนหมดทุกระดับความเข้มข้น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และ ฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณสูงสุดในมูลปลานิลระดับความเข้มข้น 2.0 กรัม/น้ำหนกแห้งต่อลิตร เท่ากับ 6.28 ± 0.02 , 6.41 ± 0.32 , 7.00 ± 0.39 และ 7.13 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างความเข้มข้นของมูลปลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณภาพน้ำของน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

คุณภาพน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	มูลปลานิล (กรัม/น้ำหนักแห้ง ต่อลิตร)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
ไนเตรท-ไนโตรเจน	2.51±0.08 ^a	3.80±0.01 ^b	5.01±0.03 ^c	6.28±0.02 ^d
ไนโตรเจนรวม	1.99±0.45 ^a	2.92±1.13 ^a	4.71±0.63 ^b	6.41±0.32 ^c
ออร์โธฟอสเฟต	1.42±0.02 ^a	3.13±0.04 ^b	6.58±0.27 ^c	8.05±0.39 ^d
ฟอสฟอรัสรวม	1.57±0.04 ^a	4.14±0.08 ^b	5.64±0.11 ^c	7.13±0.16 ^d

อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.4 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลปลานิลต่อการเติบโต และการดูดซับ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก

ผลการศึกษาการดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลระดับแห่งความเข้มข้น 1.5 กรัม น้ำแห้งต่อลิตร โดยใช้ไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก เป็นระยะเวลา 12 วัน พบการเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำ ดังนี้

น้ำหมักมูลปลานิลที่นำมาใช้ทดลองเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ได้ผ่านการย่อยสลายจนไม่พบแอมโมเนีย และพบว่าตลอดการทดลองวิเคราะห์ไม่พบแอมโมเนียในน้ำหมัก มูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.23)

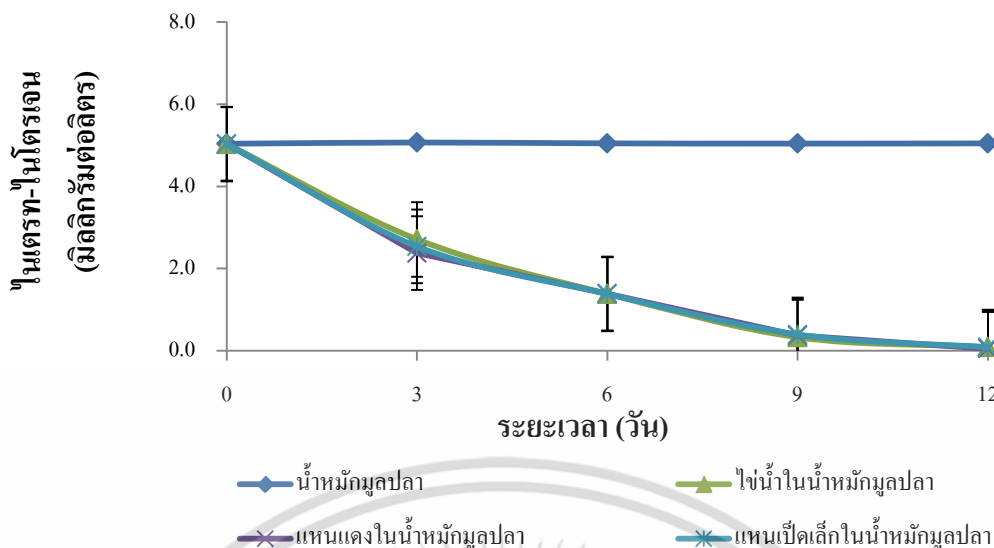
ไนเตรท-ไนโตรเจนในชุดการทดลองที่ใช้ไข่น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก มีปริมาณลดลงตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.24)

ไนโตรเจนรวมในชุดการทดลองน้ำหมักมูลปลาเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก มีปริมาณลดลงตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.25)

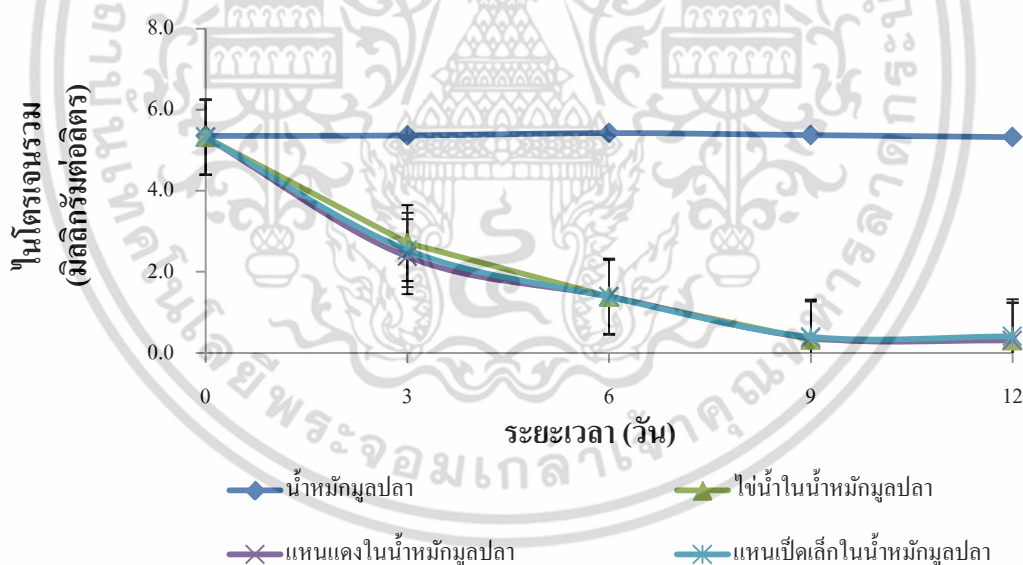


ภาพที่ 4.23 การดูดซับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิลเป็นระยะเวลา 12 วัน

ออร์โธฟอสเฟตในชุดการทดลองที่ใช้ไข่น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็กมีปริมาณลดลงตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.26)



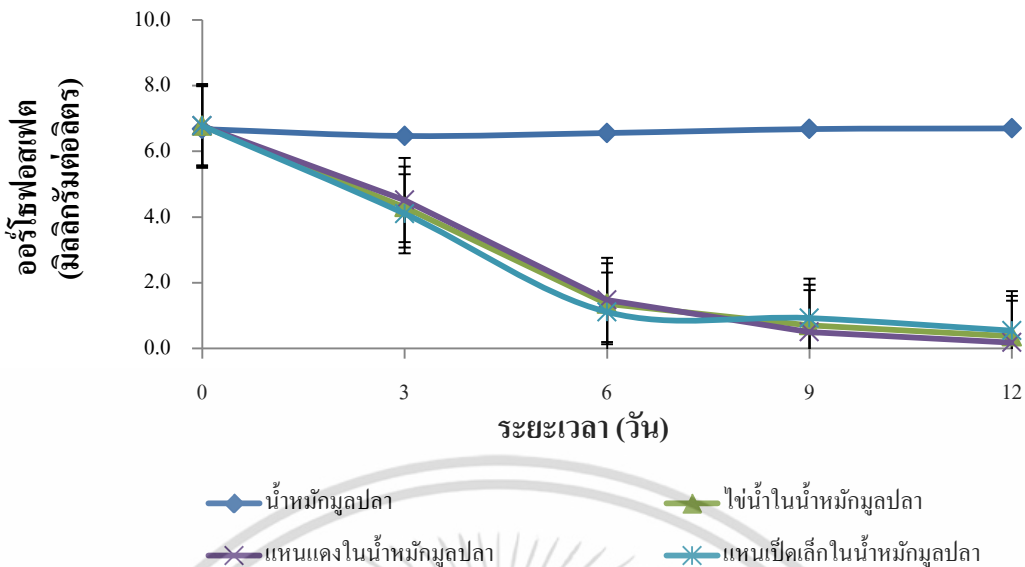
ภาพที่ 4.24 การดูค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนของใช้น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน



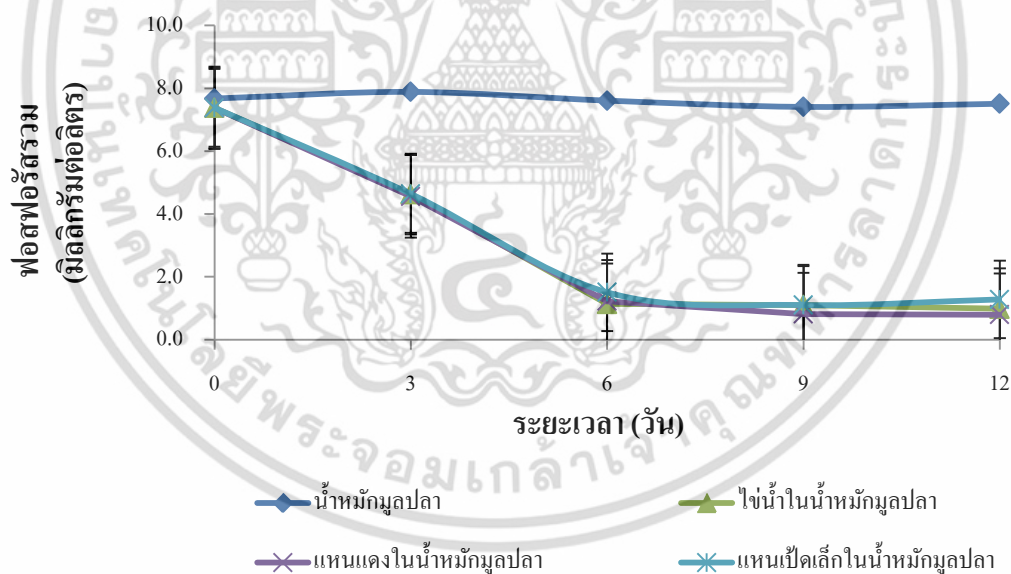
ภาพที่ 4.25 การดูค่าปริมาณไนโตรเจนรวมของใช้น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน

ฟอสฟอรัสรวมในน้ำหมักมูลปลานิลที่ใช้เลี้ยงใช้น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก มีปริมาณลดลงตลอดการทดลอง โดยมีปริมาณลดลงมากในช่วง 6 วันแรก และจะมีปริมาณเหลืออยู่น้อยจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.27)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.26 การดูค่าปริมาณออร์โทฟอสเฟตของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเปิดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน



ภาพที่ 4.27 การดูค่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเปิดเล็ก ที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลปลานิล ในระยะเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้ำวันสุดท้ายในน้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.4 พบว่า ปริมาณ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำหมักมูลปลานิลที่ใช้เลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก เป็นศูนย์ ตลอดการทดลอง

ไนเตรท-ไนโตรเจนในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงแห่นแดงมีปริมาณ ลดต่ำสุดเท่ากับ 0.05 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไนโตรเจนรวมในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงแห่นแดงมีปริมาณต่ำสุด เท่ากับ 0.41 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร

ออร์โธฟอสเฟตในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงแห่นแดงมีปริมาณต่ำสุด เท่ากับ 0.18 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร

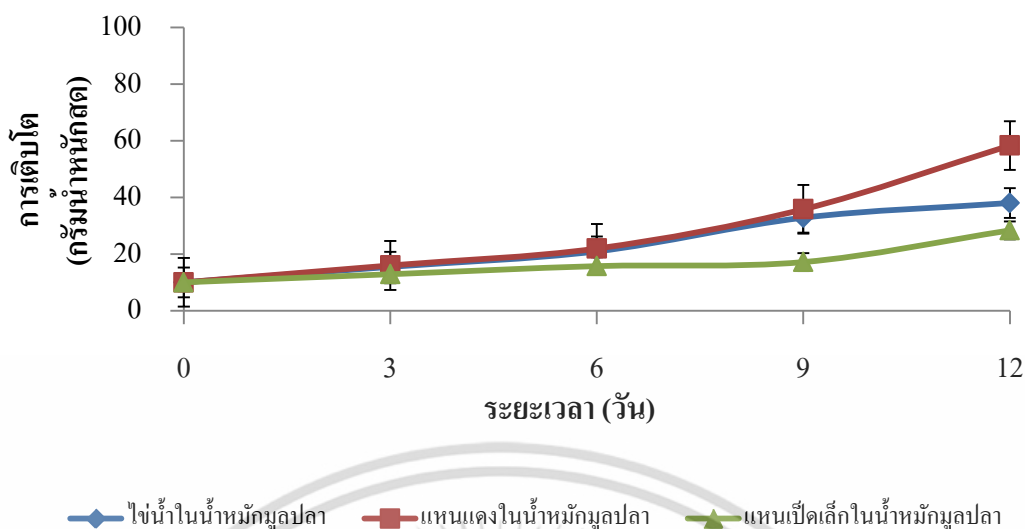
ฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงแห่นแดงมีปริมาณต่ำสุด เท่ากับ 1.38 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.4 คุณภาพน้ำในน้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก เมื่อสิ้นสุด

การทดลอง	ชนิดพืชน้ำ		
	ไข่น้ำ	แห่นแดง	แห่นเป็ดเล็ก
คุณภาพน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a
ไนเตรท-ไนโตรเจน	0.08 ± 0.01^a	0.05 ± 0.02^b	0.09 ± 0.02^a
ไนโตรเจนรวม	0.31 ± 0.04^a	0.30 ± 0.01^a	0.41 ± 0.13^a
ออร์โธฟอสเฟต	0.37 ± 0.00^b	0.18 ± 0.01^a	0.54 ± 0.07^c
ฟอสฟอรัสรวม	0.98 ± 0.17^b	0.80 ± 0.24^a	1.28 ± 0.16^c

อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแห่นเป็ดเล็ก ในน้ำหมักมูลปลานิลเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าการเติบโตมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.28) โดยแห่นแดงที่เลี้ยงใน น้ำหมักมูลปลานิลมีน้ำหนักมากที่สุด 3.24 กรัม/น้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4.5) มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.28 การเติบโตของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็ก ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน

ตารางที่ 4.5 การเติบโตของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็ก (น้ำหนักแห้ง) ที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	การเติบโตของพืชน้ำ (กรัม น้ำหนักแห้ง)			
	น้ำหนักแห้ง เริ่มต้น	น้ำหนักแห้ง สุดท้าย	น้ำหนักแห้ง ที่เพิ่มขึ้น	น้ำหนักแห้งที่ เพิ่มขึ้นต่อวัน
ไข่น้ำในน้ำหมักมูลปลา	0.58±0.00 ^a	2.29±0.00 ^b	1.71±0.01 ^c	0.14±0.00 ^c
แทนแดงในน้ำหมักมูลปลา	0.57±0.00 ^a	3.24±0.05 ^c	2.67±0.06 ^d	0.22±0.05 ^d
แทนเป็ดเล็กในน้ำหมักมูลปลา	0.57±0.00 ^a	1.71±0.00 ^a	1.14±0.02 ^b	0.09±0.00 ^b

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารของไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็ก ในน้ำหมักมูลปลานิล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.6) โดยพบว่าไม่มีการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำหมักมูลปลานิลที่ใช้เลี้ยงไข่น้ำ แทนแดง และแทนเป็ดเล็ก นอกจากนี้พบว่าแทนแดงมีประสิทธิภาพการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมสูงสุดเท่ากับ 99.03 ± 0.02 , 85.80 ± 0.01 , 97.33 ± 0.01 และ 89.21 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารของไชน้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กที่เลี้ยงในน้ำหมักมูลปลานิล เป็นระยะเวลา 12 วัน

คุณภาพน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	พีชน้ำ		
	ไชน้ำ	แหนแดง	แหนเป็ดเล็ก
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
ไนเตรท-ไนโตรเจน	98.13±0.01 ^b	99.03±0.02 ^a	98.33±0.02 ^b
ไนโตรเจนรวม	84.33±0.02 ^b	85.80±0.01 ^a	82.62±0.03 ^c
ออร์โธฟอสเฟต	94.52±0.02 ^b	97.33±0.01 ^a	92.00±0.02 ^c
ฟอสฟอรัสรวม	86.68±0.07 ^b	89.21±0.04 ^a	82.65±0.06 ^c

อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิจารณ์ผล

5.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิลในบ่อเลี้ยง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดปลานิลกับปริมาณของเสียจากการขับถ่ายของปลานิล และคุณภาพน้ำ ที่เลี้ยงปลานิลขนาด 50-700 กรัม ที่ความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบการขับถ่ายมูลและสารแขวนลอยมีปริมาณลดลงเมื่อขนาดปลานิลเพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบ ปริมาณมูลต่อน้ำหนักปลานิล เนื่องจากลักษณะของปลาขนาดเล็ก และปลาขนาดใหญ่ สุกัญญาและคณะ (2551) พบว่าปลาคชเหลือกินอาหารลดลงเมื่อน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้น ปลาใหญ่จะมี ทางเดินอาหารยาวกว่าปลาขนาดเล็กทำให้ปริมาณอาหารอยู่ในทางเดินอาหารได้นานกว่าปลาที่มี ขนาดเล็ก การขับถ่ายมูลเกิดจากการย่อยอาหารที่กิน เมื่ออาหารอยู่ในกระเพาะจะถูกย่อยให้มี ขนาดเล็กลง โดยส่วนใหญ่จะเป็นการย่อยโปรตีนด้วยเพปซิน จากนั้นอาหารถูกส่งไปยังลำไส้และ ย่อยโปรตีน แป้ง และไขมัน ด้วยทริปซิน อะไมเลส และไลเปส ตามลำดับ เมื่อลำไส้ดูดซับ สารอาหารหมดแล้วส่วนที่เหลือ คือ อาหารที่ไม่สามารถย่อยได้หรือกากอาหาร (Xu *et al.* 2007) จึงส่งผลต่อการขับถ่ายมูลเมื่อเทียบกับน้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้ปริมาณกากอาหารยังขึ้นอยู่กับ ปริมาณอาหารที่กินมากน้อยต่างกัน โดย Amirkolaie *et al.* (2005) พบว่าปลานิลมีการขับถ่ายมูล 200-300 กรัม/น้ำหนักแห้งต่ออาหารกิโลกรัม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร และ ความสามารถในการย่อยของปลาแต่ละชนิด การทดลองของ Rafiee and Saad (2005) พบว่า ปลา red tilapia ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 20 และ 120 กรัม จะขับถ่ายมูล 169.1 ± 27.80 และ 113.50 ± 44.00 กรัม/น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งปลาขนาดเล็กขับถ่ายมูลมากกว่าปลาขนาดใหญ่

ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท และไนโตรเจนรวมลดลงเมื่อปลานิลมีขนาดเพิ่มขึ้น ปลาขนาดเล็กมีพื้นที่ในการดูดซับสารอาหารต่อน้ำหนักตัวมากกว่าปลาขนาดใหญ่ ทำให้การขับ แอมโมเนียของปลาขนาดเล็กมากกว่าปลาขนาดใหญ่ เนื่องจากปริมาณแอมโมเนียที่ขับถ่ายเกิดจาก การย่อยอาหารเป็นกรดอะมิโน ซึ่งจะถูกลดซับไปใช้ผ่านกระบวนการ deamination of amino acid (Dosdat *et al.* 1996; Zakes *et al.* 2006) เป็นกระบวนการนำไนโตรเจนออกจากกรดอะมิโน จะอยู่ ในรูปของแอมโมเนีย ส่วนกรดอะมิโนที่ถูกดึงไนโตรเจนออกจะเปลี่ยนรูปเป็นหมู่อะมิโนร่วมกับ alpha-ketogutarate และผ่านกระบวนการ transamination of amino acid (Dosdat *et al.* 1996; Golombieski *et al.* 2013) กระบวนการนี้ใช้ enzyme aminotransferase และ pyridoxal phosphate เป็น co-factor กระบวนการเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ cytosol ของเซลล์ตับ (Dosdat *et al.* 1996)

แอมโมเนียส่วนน้อยที่ถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียโดยส่วนใหญ่แอมโมเนียขับออกทางเหงือก นอกจากนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในชื่อโครงการเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเนื้อหาไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมโมเนียยังได้จากการย่อยสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย ซึ่งแอมโมเนียจะเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนผ่านกระบวนการ nitrification และสุดท้ายสะสมในรูปของไนเตรท (Van kessel *et al.* 2010) ผลการจับถ่ายแอมโมเนียในการทดลองสอดคล้องกับแตกต่างจาก Rafiee and Saad (2005) พบว่าปลา red tilapia น้ำหนักเฉลี่ย 20 และ 120 กรัม ในบ่อเลี้ยงพบปริมาณไนโตรเจนรวมเท่ากับ 0.548 ± 0.198 และ 0.103 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลาต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งปลาขนาดใหญ่จะมีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยกว่าปลาขนาดเล็ก Dosdat *et al.* (1996) ได้ศึกษาการจับถ่ายแอมโมเนียในปลา rainbow trout น้ำหนัก 10 และ 100 กรัม และพบการจับถ่ายแอมโมเนีย 355.5 ± 12.4 และ 152.4 ± 7.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลาต่อวัน ตามลำดับ นอกจากนี้การทดลองในปลาทะเล Lemarie *et al.* (1998) ศึกษาการจับถ่ายของเสียไนโตรเจนในปลา European seabass (*Dicentrarchus labrax*) ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 22, 51, 100 และ 340 กรัม พบการจับถ่ายแอมโมเนีย 363.6, 241.4, 328.7 และ 147.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ นอกจากนี้การจับถ่ายแอมโมเนียในปลา California halibut (*Paralichthys californicus*, Ayres) ขนาดน้ำหนัก 4.2, 7.2, 10.4, 20.1, 112 และ 199 กรัม พบการจับถ่ายแอมโมเนีย 101.9 ± 11.1 , 102.7 ± 15.3 , 102.2 ± 14.9 , 94.1 ± 11.6 , 83.2 ± 4.3 และ 82.7 ± 5.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลาต่อวัน ตามลำดับ ดังนั้นการจับถ่ายแอมโมเนียของปลาขนาดเล็กปลาขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวที่เท่ากัน Merino *et al.* (2007)

ออร์โทฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม มีปริมาณลดลงตามขนาดปลานิลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในอาหารปลามีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ เมื่ออาหารถูกย่อยฟอสฟอรัสจะถูกดูดซับไปใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ในร่างกายซึ่งปลาขนาดเล็กมีการดูดซับมากกว่าปลาขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวที่เท่ากัน เนื่องจากพื้นที่ในการดูดซับต่อน้ำหนักมีมากกว่าปลาขนาดใหญ่ และอาหารที่เม็ดเล็กกว่าจึงมีการดูดซับมากกว่าปลาขนาดใหญ่ที่ใช้อาหารเม็ดใหญ่ ถ้าฟอสฟอรัสมีปริมาณเกินความต้องการจะถูกขับถ่ายในรูปของมูล (Prasad and Bhaduria. 2013) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ถูกขับถ่าย 69-86 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปของยูรีน (Golombieski *et al.* 2013; Sugiura *et al.* 2006) เมื่อยูรีนและมูลปลาถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะทำให้เกิดออร์โทฟอสเฟต McDaniel *et al.* (2005) กล่าวว่าออร์โทฟอสเฟตถูกขับถ่ายสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสในอาหารที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งการจับถ่ายฟอสฟอรัสของปลาจะแตกต่างกันตามขนาดของปลานิล Rafiee and Saad. (2005) พบว่าปลา red tilapia น้ำหนักเฉลี่ย 20 และ 120 กรัม มีการจับถ่ายปริมาณฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 0.657 ± 0.09 และ 0.130 ± 0.014 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลาต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ คล้ายการทดลองในปลาทะเล Lemarie *et al.* (1998) ศึกษาการจับถ่ายฟอสฟอรัสในปลา European seabass (*Dicentrarchus labrax*) โดยศึกษาในปลาน้ำหนักเฉลี่ย 22, 51

และ 340 กรัม พบการจับถ่ายออร์โธฟอสเฟต 19.9, 19.1, และ 14.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ปลาขนาดเล็กจับถ่ายออร์โธฟอสเฟตมากกว่าปลาขนาดใหญ่

5.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลาชนิดกับปริมาณของเสียจากการจับถ่ายของปลานิล ในบ่อเลี้ยง

ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นปลาชนิดกับปริมาณของเสียจากการจับถ่ายของปลานิล และคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลความหนาแน่น 3-18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าปริมาณมูลและสารแขวนลอยลดลงตามความหนาแน่น ในการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นสูงมีการแย่งอาหารกัน ทำให้ปลาบางตัวกินอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงจับถ่ายมูลน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงในความหนาแน่นต่ำเมื่อเทียบน้ำหนักที่เท่ากัน การจับถ่ายมูลตามหัวข้อ 5.1 ในการทดลองอื่น Sun *et al.* (2006) พบว่า *cobia* (*Rachycentron canadum*) น้ำหนัก 28 กรัม ที่ความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จับถ่ายมูล 0.8 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักปลาต่อวัน

ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท และไนโตรเจนรวม ลดลงเมื่อความหนาแน่นของปลานิลเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบต่อน้ำหนักแสดงให้เห็นว่าปลานิลที่ความหนาแน่นสูงมีการจับถ่ายต่อน้ำหนักน้อย เนื่องจากความต่างศักย์ของแอมโมเนียในน้ำสูง จึงทำให้จับออกได้น้อย การจับถ่ายแอมโมเนียตามหัวข้อ 5.1 Ridha and Cruz (1999) รายงานว่าปลานิลที่ความหนาแน่น 4-12 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.13-0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลาต่อลิตร Al-Hafedh *et al.* (2003) พบว่าปลานิลที่ความหนาแน่น 20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.90 ± 0.078 มิลลิกรัมต่อลิตร KJanian and Adame. (2013) ปลานิลที่ความหนาแน่น 0.8, 1.0 และ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน เท่ากับ 33.75 ± 7.29 , 36.20 ± 6.81 และ 31.50 ± 2.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อลิตร ตามลำดับ Rhida (2006) ปลานิลที่ความหนาแน่น 10 และ 15 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.660 และ 0.793 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลาต่อลิตร

ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม มีปริมาณลดลงตามการเพิ่มความหนาแน่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณออร์โธฟอสเฟต ตามหัวข้อ 5.1 ในการทดลองอื่น XU *et al.* (2007) ศึกษาการจับถ่ายออร์โธฟอสเฟตในปลาทะเล *Epinephelus coioides* ที่ความหนาแน่น 6 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจับถ่ายออร์โธฟอสเฟต 0.08 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักปลา และ Sarker *et al.* (2007) ศึกษาการจับถ่ายออร์โธฟอสเฟตในปลา red seabream ที่ความหนาแน่น 5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจับถ่ายออร์โธฟอสเฟต 7.28 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักปลา

5.3 ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายมูลปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมมูลปลาน้ำหนักแห้งต่อลิตร เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากมูลปลาเกิดการย่อยสลายโดย proteolytic enzyme เช่น papain และ ureas จากจุลินทรีย์บางชนิดหลังออกมาภายนอกเซลล์ เพื่อนำไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสารอินทรีย์ไปใช้ในการเติบโต (Ge *et al.* 2015) ซึ่งในมูลปลานิลประกอบด้วยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เท่ากับ 16.20-18.20 และ 22.20-25.80 กรัมต่อกิโลกรัมมูลปลาน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Mungkrandee *et al.* 2005) นอกจากนี้ในมูลปลา red tilapia จะมีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวม 19.44-23.64 และ 6.59-6.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Rafiee and Saad. 2005) ไนโตรเจนในมูลปลาเมื่อถูกย่อยสลายจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งผลการทดลองจะมีปริมาณลดลงเป็น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแอมโมเนียเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนไตรท์ และเปลี่ยนไปสะสมในรูปของไนเตรท โดยกระบวนการ nitrification การศึกษาของ Klanian and Adame. (2013) พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น แอมโมเนียจาก 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรทเพิ่มขึ้นจาก 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 37.8 มิลลิกรัมต่อลิตร (Azim and Little. 2008; Long *et al.* 2015; Luo *et al.* 2014) นอกจากนี้ Luna *et al.* (2013) พบว่าปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและสูงสุดเท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร Mota *et al.* (2015) มีปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และสูงสุดเท่ากับ 88.35 ± 5.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนโตรเจนรวมในการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

ออร์โธฟอสเฟตมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง เนื่องจากมูลปลาเกิดการย่อยสลาย เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนีย แต่เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ phytase, phosphatase, nucleotidases และ glicerophosphatase เพื่อย่อยสลายอินทรีย์ฟอสฟอรัส (เกตฉน์ภา วันชัย. 2556)

5.4 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลปลานิลต่อการเติบโต และการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของ ไข่ไก่ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก

การดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลา โดยใช้ไข่ไก่ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก เป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าไม่มีการลดลงของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เนื่องจากน้ำหมักที่นำมาใช้ในการทดลองผ่านการหมักเป็นเวลา 24 วัน ทำให้ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน เท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร และเปลี่ยนมาสะสมในรูปของไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่ามีการลดลงของปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม เนื่องจากไข่ไก่

แหวนแดง และแหวนเปิดเล็ก คุณซัพไปใช้ในการเติบโต เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญเป็นองค์ประกอบหลักของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์ อัลคาลอยด์ โคเอ็นไซม์ และฮอร์โมน นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญ เป็นองค์ประกอบหลักของ sugarphosphate นิวคลีโอไทด์ ฟอสโฟลิพิด ของเชื้อหุ้มเซลล์ phosphorylated organic acid และพลังงานATP ซึ่ง ATP มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีน กระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการทางชีวเคมี (ลิลลี่ กาวีตะ และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552) Soda *et al.* (2013) รายงานว่า *Wolffia arrhiza* สามารถลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต จาก 3.5, 7.7 และ 7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดเป็น 1.8, 0.5 และ 3.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ Suppadit (2011) ใช้ *Wolffia arrhiza* ลดปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม จากปริมาณ 0.950, 0.760, 30.2 และ 2.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดเป็น 0.10, 0.05, 1.00 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ Forni *et al.* (2001) ใช้ *Azolla filiculoides* คุณซัพธาตุอาหารในน้ำเสียจากฟาร์มปลาที่มีปริมาณไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต มีปริมาณ 15 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดเป็น 4.0 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ Song *et al.* (2012) *Azolla japonica* สามารถลดปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวม จากปริมาณที่ 0.272 และ 15.382 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดเป็น 0.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ Zhao *et al.* (2015) *Lemna japonica* สามารถลดปริมาณ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมจากปริมาณ 17.13 ± 2.82 , 25.26 ± 6.41 และ 3.12 ± 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดเป็น 5.24 ± 1.00 , 11.14 ± 1.00 และ 1.22 ± 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ Zhao *et al.* (2014) *Lemna minor* คุณซัพธาตุอาหารในน้ำเสียจากฟาร์มหมูมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตจากปริมาณ 51 ± 1.37 และ 11.2 ± 0.74 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดเป็น 0 และ 0.06 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองพบว่าน้ำหมักมูลปลาเลี้ยงแหวนแดงมีการเติบโตดีที่สุด เนื่องจากใบของแหวนแดงมีโพรงขนาดใหญ่เป็นที่อาศัยของ *Anabena* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทำให้แหวนแดงได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนมากกว่าใช้น้ำและแหวนเปิดเล็ก (Arora and Saxena. 2005; Bennicelli *et al.* 2004; Costa *et al.* 1999; Zhao *et al.* 1998.)

ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารดีที่สุดในแหวนแดง Adhikari *et al.* (2015) รายงานว่า *Lemna minor* สามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวมได้ 194.9 ± 18.9 และ 13.0 ± 3.0 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ประสิทธิภาพยังขึ้นอยู่กับฤดูกาล Reddy and Busk (1985) ได้รายงานว่า *Lemna minor* สามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวมได้ 292 และ 87 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ในช่วงฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวมได้ 76 และ 18 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ในช่วงฤดูหนาว และ Zhao *et al.* (2014) ศึกษา *Lemna minor* พบว่ามีประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณแอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟต 0.15 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเลี้ยงปลานิลปล่อยที่ระดับความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปลาที่มีขนาดใหญ่มีการจับถ่ายของเสียปริมาณน้อยกว่าปลานขนาดเล็ก และปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันแต่ปล่อยเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นสูง จะทำให้การจับถ่ายของเสียมีปริมาณน้อยกว่าปลาที่ปล่อยระดับความหนาแน่นต่ำ ของเสียจากปลานิลในรูปของมูลเมื่อนำมาหมักจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นสารอนินทรีย์ในรูปของไนเตรท และออร์โทฟอสเฟตมากที่สุดในวันที่ 24 ของการหมัก ซึ่งใช้น้ำ แหนแดง และ آهنเป็ดเล็กสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเติบโตได้ ทำให้ปริมาณไนเตรทและออร์โทฟอสเฟตลดลง โดย آهنแดงมีประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสดีที่สุด 85.80 ± 0.01 และ 89.21 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการใช้น้ำ แหนแดง และ آهنเป็ดเล็ก ดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นวิธีการที่สามารถทำให้ปริมาณของเสียจากการจับถ่ายของปลานิลมีปริมาณลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณการใช้น้ำ แหนแดง และ آهنเป็ดเล็ก ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบจริง
2. ควรมีการศึกษาปัจจัยที่ช่วยในการย่อยสลายของเสียจากการจับถ่ายปลานิลให้ใช้ระยะเวลาที่น้อยลง
3. ควรมีการศึกษาการนำน้ำ แหนแดง และ آهنเป็ดเล็กที่เติบโตโดยการใช้น้ำของเสียจากการจับถ่ายของปลานิลเลี้ยง ไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

บรรณานุกรม

- เกตนันธนิภา วันชัย, “การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ตรึงอยู่บนวัสดุชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพดินนาข้าวที่เกิดอุทกภัย กรณีศึกษา : อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา” มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2556. หน้า 1-85.
- ลิลลี่ กาวิตะ และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552. “ธาตุอาหารของพืช” สรีรวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 261 น.41-56.
- สุกัญญา คำหล้า, สมพงษ์ คุณจินดาชบาพร และประภาส โฉลกพันธ์รัตน์. “การศึกษาขนาดของปลากดเหลือง (*Hemibagrus nemurus*) ต่ออัตราการกินอาหารและการขับถ่ายมูล” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม - ธันวาคม 2551. หน้า 25-31.
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2552. “กระบวนการเมแทบอลิซึม” สรีรวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 261 น.81-95.
- Abdel, M., T. and Wafeek, M. 2014. “Influence of water temperature and waterborne cadmium toxicity on growth performance and metallothionein-cadmium distribution in different organs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L).” **Thermal Biology**. 45: 157-162.
- Adhikari, U., Harrigan, T. and Reinhold, D.M. 2015. “Use of duckweed-based constructed wetlands for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater.” **Ecological Engineering**. 78: 6-14.
- Ai, Q., Mai, K., Zhang, W., Xu, W., Tan, B., Zhang, C. and Li, H. 2007. “Effect of exogenous enzymes (phytes, non-starch polysaccharide enzyme) in diets on growth, feed utilization, nitrogen and phosphorus excretion of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicas*.” **Comparative Biochemistry and Physiology**. 147: 502-508.
- Al-Hafedh, Y., S., Alam, A. and Alam, M., A. 2003. “Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).” **Aquacultural Engineering**. 29: 139-154.
- Amirkolaie, A., K., Leenhouders, J., I., Verreth, J., A. and Schrama, J., W. 2005. “Type of dietary fibre (soluble versus in soluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).” **Aquaculture Research**. 36: 1157-1166.

- Arora, A. and Saxena, S. 2005. "Cultivation of *Azolla microphylla* biomass on secondary-treated Delhi municipal effluents." **Biomass and Bioenergy**. 29: 60-64.
- Azim, W., E. and Little, D., C. 2008. "The biofloc technology (BFT) indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)." **Aquaculture**. 283: 29-35.
- Bennicelli, R., Stepniewska, Z., Banach, A., Szajnocha, K. and Ostrowski, J. 2004. "The ability of *Azolla caroliniana* to remove heavy metals (Hg(II), Cr(III), Cr(VI)) from municipal waste water." **Chemosphere**. 55: 141-146.
- Cheng, Z.J., Hardy, R.W. and Usry, J.L. 2003. "Plant protein ingredient with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion." **Aquaculture**. 218: 553-565.
- Cheng, J., Landesman, L., Bergmann, B., A., Classen, J., J., Howard, J., W. and Yamamoto, Y., T. 2002. "Nutrient removal from swine lagoon liquid by *Lemna minor* 8627." **American Society of Agricultural Engineers**. 45(4): 1003-1010.
- Chen, X., Chen, X., Wan, X., Weng, B. and Huang, Q. 2010. "Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) waste as an adsorbent for phosphorus removal from swine wastewater." **Bioresource Technology**. 101: 9025-9030.
- Coloso, R., M., Basantes, S., P., King, K., Hendrix, M., A., Fletcher, J., W., Weis, P. and Ferraris, R., P. 2001. "Effect of dietary phosphorus and vitamin D₃ on phosphorus levels in effluent from the experimental culture of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)." **Aquaculture**. 202: 145-161.
- Coloso, M., R., King, K., Fletcher, J., W., Hendrix, M., A., Subramanyam, M., Weis, P. and Ferraris, R., P. 2003. "Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels." **Aquaculture**. 220: 801-820.
- Costa, M.L., Santos, M.C. and Carrapico, F. 1999. "Biomass characterization of *Azolla filiculoides* grown in natural ecosystems and wastewater." **Hydrobiologia**. 415: 323-327.
- Dosdat, A., Servais, F., Metailler, R., Huelvan, C. and Desbruyeres, E. 1996. "Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species." **Aquaculture**. 141: 107-127.

- Eaton, A., D., Clescen, L., S., Rice, E., W. and Greenberg, A., E. 2005. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association. 380p.
- Engin, K., Eroldogan, O., T., Ozsahinoglu, I., Yilmaz, H., A. and Mumogullarinda, P. 2013. “Diurnal ammonia and urea excretion rates in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* fed diets containing mixtures of canola and cotton seed oil at two different ambient temperature.” **Thermal Biology**. 38: 588-596.
- Forni, C., Chen, J., Tancioni, L. and Caiola, M., G. 2001. “Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater.” **Wat. Res.** 35: 1592-1598.
- Fujita, M., Mori, K. and Kodera, T. 1999. “Nutrient removal and starch production through cultivation of *Wolffia arrhiza*. **Bioscience and Bioengineering**.” 87: 194-198.
- Ge, J., Huang, G., Huang, J., Zeng, J. and Han, L. 2015. “Mechanism and kinetics of organic matter degradation based on particle structure variation during pig manure aerobic composting.” **Hazardous Materials**. 292:19-26.
- Golombieski, J.I., Koakoski, G., Becker, A.J., Almeida, A.P.G., Toni, C., Finamor, I.A., Pavanato, M.A., Almeida, T.M.D. and Baldisserotto, B. 2013. “Nitrogenous and phosphorus excretions in juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to different water hardness, humic acid, and pH levels.” **Fish PhysiolBiochem**. 39: 837-849.
- HuuNinh, N., Thoa, N., P., Knibb, W. and Nguyen, N., H. 2014. “Selection for enhanced growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackish water (15-20 ppt) in Vietnam.” **Aquaculture**. 428-429: 1-6.
- Jianbo, L., U., Zhihui, F., U. and Zhaozeng, Y., I., N. 2008. “Performance of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) system in the treatment of wastewater from a duck farm and the effects of using water hyacinth as duck feed.” **Environmental Sciences**. 20: 513-519.
- Johansson, T., Hakanson, L., Borum, K. and Persson, J. 1998. “Direct flow of phosphorus and suspended matter from a fish farm to wild fish in Lake Southern Bullaren, Sweden.” **Aquaculture Engineering**. 17: 111-137.
- Klanian, M., G. and Adame, C., A. 2013. “Performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerling in a hyper-intensive recirculating aquaculture system with low water exchange.” **Aquatic Research**. 41(1): 150-162.

- Lemarie, G., Jean-Louis, M.M., Gilbert, D. and Cecile, G. 1998. "Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus labrax*)." **Aquat.Living Resour.** 11(4): 247-254.
- Li, J., Yang, X., Wang, Z., Shan, Y. and Zheng, Z. 2015. "Comparison of four aquatic plant treatment systems for nutrient removal from eutrophied water." **Bioresource Technology.** 179: 1-7.
- Lim, M., Y., T., Zimmer, A., M. and Wood, C., M. 2015. "Acute exposure to waterborne copper inhibits both the excretion and uptake of ammonia in freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)." **Comparative Biochemistry and Physiology.** Part c 168: 48-54.
- Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C. and Wu, F. 2015. "Effect biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*)." **Aquaculture.** 448: 135-141.
- Luna, J., L., Ibanez, M., A. and Villarroel, M. 2013. "Using multivariate analysis of water quality in RAS with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to model the evolution of macronutrients." **Aquacultural engineering.** 54: 22-28.
- Luo, G., Gao., Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L. and Tan, H. 2014. "Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system." **Aquaculture.** 422-423: 1-7.
- McDaniel, N., K., Sugiura, S., H., Kehler, T., Fletcher, J., W., Coloso, R., M., Weis, P. and Ferraris, R., P. 2005. "Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture." **Enviromental Pollution.** 138: 350-357.
- Meriac, A., Eding, E., H., Schrama, J., Kamstra, A. and Verreth, J., A., J. 2014. "Dietary carbohydrate composition can change waste production and biofilter load in recirculating aquaculture systems." **Aquaculture.** 420-421: 254-261.
- Merino, G., E., Piedrahita, R., H. and Conklin, D., E. 2007. "Ammonia And urea excretion rates of California halibut (*Paralichthys californicus*, Ayres) under farm-like conditions." **Aquaculture.** 271: 227-243.

- Moccia, R., Bevan, D. and Reid, G. 2007. **Composition of fecal waste from commercial trout farms in Ontario: Macro and micro nutrient analyses and recommendations for recycling.** Ontario. Sustainable Aquaculture Working Group Environment Canada.
- Martin, C., I., M., Ochola, D., Ende, S., S., W., Eding, E., H. and Verreth, J., A., J. 2009. "Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture system?." **Aquaculture.** 298: 43-50.
- Morgan, DK.J. and Hicks, B.J. 2013. "A metabolic theory of ecology applied to temperature and mass dependence of N and P excretion by common carp." **Hydrobiologia.** 705: 135-145.
- Mota, V., C., Limbu, p., Martin, C., I., M., Eding, E., H. and Verreth, J., A., J. 2015. "The effect of nearly closed RAS on the feed intake and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), African catfish (*Clarias gariepinus*) and European eel (*Anguilla anguilla*)." **Aquacultural Engineering.** 68: 1-5.
- Mungkarndee, P., Chalorkpunrat, P. and Wirojanagud, W. 2005. "Point source contamination from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) aquaculture." **Thai Environmental Engineering Journal.** 19(3): 47-55.
- Naylor, S.J., Moccia, R.D. and Durant, G.M. 1999. "The chemical composition of settleable solid fish waste (manure) from commercial rainbow trout farm in Ontario, Canada." **North America Journal of Aquaculture.** 61: 21-26.
- Panpong, K., Srisuwan, G., O-Thong, S. and Kongjan, P. 2014. "Enhance biogas production from canned seafood wastewater by Co-digestion with glycerol waste and *Wolffia arrhiza*." **Energy Procedia.** 52: 337-351.
- Parker, R. 1995. "Aquaculture science (Agriculture)." **Thomson Delmar Learning Publisher.** 416: 7-12
- Prasad, N. and Bhadauria, D. 2013. "Renal phosphate handling: Physiology." **Indian J EndocrinolMetab.** 17(4): 620-627.
- Qiang, J., Wang, H., Kpundeh, M., D., He, J. and Xu, P. 2013. "Effect of water temperature, salinity, and their interaction on growth, plasma osmolality, and gill Na^+ , K^+ -ATPase activity in juvenile GIFT tilapia *Oreochromis niloticus* (L.)" **Thermal Biology.** 38: 331-338.

- Rafiee, G. and Saad, C., R. 2005. "Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis* sp.) growth in a recirculating aquaculture system." **Aquaculture**. 244: 109-118.
- Rai, A., K. and Rai, V. 2003. "Effect of NaCl on growth, nitrate uptake and reduction and nitrogenase activity of *Azollapinnata-Anabaena azollae*." **Plant Science**. 164: 61-69.
- Reddy, K., R. 1987. "Nitrogen fixation by *Azolla* cultured in nutrient enriched water." **Aquat. Plant Manage**. 25: 43-48.
- Ridha, M., T. 2006. "Comparative study of growth performance of three strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities." **Aquaculture Research**. 37: 172-179.
- Ridha, M., T. and Cruz, E., M. 1999. "Effect of defferent broodstock desities on the reproductive performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), in a recycling system." **Aquaculture Research**. 30: 203-210.
- Rodehutsord, M., Gregus, Z. and Pfeffer, E. 2000. "Effect of phosphorus intake on faecal and non-faecal phosphorus excretion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the consequences for comparative phosphorus availability studies." **Aquaculture**. 188: 383-398.
- Roy, P., K. and Lall, S., P. 2004. "Urinary phosphorus excretion in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.) and Atlantic salmon, *Salmo salar*(L)." **Aquaculture**. 233: 369-382.
- Sarker, M.S.A., Satoh, S. and Kiron, V. 2007. "Inclusion of citric acid and/or amino acid-chelated trace elements in alternate plant protein source diets affects growth and excretion of nitrogen and phosphorus in red sea bream *Pagrus major*." **Aquaculture**. 262: 436-443.
- Soda, S., Kawahata, Y., Takai, Y., Mishima, D. and Fujita, M. 2013. "Kinetics of nutrient removal and biomass production by duckweed *Wolffia arrhiza* in continuous-flow mesocosms." **Ecological Engineering**. 57: 210-215.
- Song, U., Park, H. and Lee, E., J. 2012. "Ecological responses and remediation ability of water fern (*Azolla japonica*) to water pollution." **Plant Biol**. 55: 381-389.
- Sooknah, R.D. and Wilkie, A.C. 2004. "Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater." **Ecological Engineering**. 22: 27-42.
- Sugiura, S., H., Marchant, D., D., Kelsey, K., Wiggins, T. and Ferraris, R., P. 2006. "Effluent of commercially used low-phosphorus fish feeds." **Environmental Polltion**. 40: 95-101.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sun, L., Chen, H., Huang, L. and Wang, Z. 2006. "Growth, faecal production, nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to feed type and ration level." **Aquaculture**. 259: 211-221.
- Suppadit, t. 2011. "Nutrient removal of effluent from quail farm through cultivation of *Wolffia arrhiza*." **Bioresource Technology**. 102: 7388-7392.
- Unger, J. and Brinker, A. 2013. Floating: "A new approach for efficient removal of solid in aquaculture management". **Aquaculture**. 404-405:85-94.
- Vankessel, M., A., H., J., Harhangi, H., R., Schoonen, K., V., D., P., Vossenber, J., V., D., Flik, G., Jetten, M., S., M., Klaren, P., H., M. and Camp, H., J., M., O., D. 2010. "Biodiversity of N-cycle bacteria in nitrogen removing moving bed biofilters for freshwater recirculating aquaculture systems." **Aquaculture**. 306: 177-184.
- Wang, X., Andresen, K., Handa, A., Jensen, B., Reitan, K., I. and Olsen, Y. 2013. "Chemical composition and release rate of waste discharge from an Atlantic salmon farm with an evaluation of IMTA feasibility." **Aquacult Environ Interact**. 4: 147-162.
- Wright, P., A. and Wood, C., M. 1985. "An analysis of branchial ammonia excretion in the freshwater rainbow trout: effects of environmental pH change and sodium uptake blockade." **J.exp.Biol**. 114: 329-353.
- Xu, Z., Lin, X., Lin, Q., Yang, Y. and Wang, Y. 2007. "Nitrogen, phosphorus, and energy waste outputs of four marine cage-cultured fish fed with trash fish." **Aquaculture**. 263: 130-141.
- Yang, Y.H., Wang, Y.Y., Lu, y. and Li, Q.Z. "Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)." **Aquacult Int**. 19: 405-419.
- Zhang, X., Zhao, F., J., Huang, Q., Williams, P., N., Sun, G., X. and Zhu, Y., G. 2009. "Arsenic uptake and speciation in the rootless duckweed *Wolffia globosa*." **New Phytologist**. 182: 421-428.
- Zhao, M., Duncan, J.R. and Hille, R.P.V. 1999. "Removal and recovery of zinc from solution and electroplating effluent using *Azolla filiculoides*." **Wat. Res**. 33(6): 1516-1522.
- Zakes, Z., Zakes, K., D., Jarocki, P. and Stawecki, K. 2006. "The effect of feeding on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile tench *Tinca tinca*(L.) reared in water recirculating system." **Aquaculture International**. 14: 127-140.

Zhao, Z., Shi, H., Zhao, H., Su, H., Wang, M. and Zhao, Y. 2014. "The influence of duckweed species diversity on biomass productivity and nutrient removal efficiency in swine wastewater. " **Bioresource Technology**. 167: 383-389.

Zhao, Y., Fang, Y., jin, Y., Huang, J., Bao, S., Fu, T., He, Z., Wang, F., Wang, M. and Zhao, H. 2014. "Pilot-scale comparison of four duckweed strains from different genera for potential application in nutrient recovery from wastewater and valuable biomass production." **Plant Biology**. 1-9.

Zhao, Y., Fang, Y., Jin, Y., Huang, J., Ma, X., He, K., He, Z., Wang, F. and Zhao, H. 2015. "Microbial community and removal of nitrogen via the addition of a carrier in a pilot-scale duckweed-based wastewater treatment system." **Bioresource Technology**. 179: 549-558.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

สารเคมีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1. สารเคมีวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

1. Ammonium chloride (NH_4Cl)
2. Hypochlorite (ClO^-)
3. Phenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)
4. Sodium nitroprusside ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
5. Sodium hydroxide (NaOH)
6. Tri-sodium citrate ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}(\text{COONa})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
7. 95% Ethyl alcohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

ก2. สารเคมีวิเคราะห์ไนไตรท์-ไนโตรเจน

1. N-(1-Naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride (NNED)
($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot 2\text{HCl} \cdot \text{CH}_3\text{OH}$)
2. Hydro chloride (HCl)
3. Sodium nitrite (NaNO_2)
4. Sulfanilamide ($\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$)

ก3. สารเคมีวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม

1. Ammonium sulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)
2. Devarda alloy
3. Ethylenediamine tetraacetate acid (EDTA) ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$)
4. Phenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)
5. Sodium nitroprusside ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
6. Sodium phosphate dodecahydrate ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
7. Sodium citrate ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

ก4. สารเคมีวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต

1. Ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
2. Ascorbic acid ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)
3. Phenolphthalein ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)
4. Potassium antimonyl ($\text{K}(\text{SbO}) \text{C}_4\text{H}_4\text{O} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)
5. Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)
6. Sulfuric acid (H_2SO_4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก5. สารเคมีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรวม

1. Ammonium molybdate $((\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O})$
2. Ammonium persulfate $((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)$
3. Ascorbic acid $(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)$
4. Methanol (CH_3OH)
5. Monopotassium phosphate (KH_2PO_4)
6. Phenolphthalein $(\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4)$
7. Potassium antimonyl $(\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}\cdot 8\text{H}_2\text{O})$
8. Sodium hydroxide (NaOH)
9. Sulfuric acid (H_2SO_4)

ก6. สารเคมีวิเคราะห์ความเป็นด่าง

1. Methyl orange $(\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S})$
2. Phenolphthalein $(\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4)$
3. Sodium carbonate (Na_2CO_3)
4. Sulfuric acid (H_2SO_4)

ก7. สารเคมีวิเคราะห์ความกระด้าง

1. Ammonium chloride (NH_4CL)
2. Ammonium hydroxide (NH_4OH)
3. Ethylenediamine tetraacetate acid (EDTA) $(\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8)$
4. Eriochrome blackT [1-(1-hydroxy-2-naphthylazo)-5-nitro-2-naphthol-4-sulfonic acid]
5. Hydroxylamine hydrochloride $(\text{NH}_2\text{OH}\cdot \text{HCL})$
6. Magnesium chloride $(\text{MgCL}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



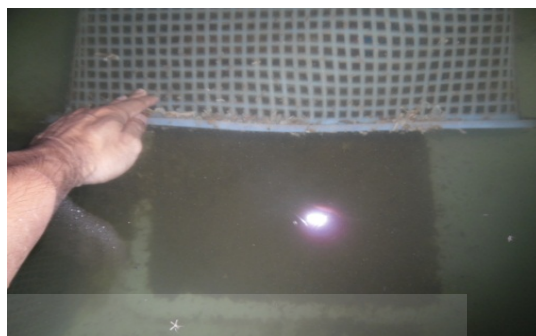
ภาคผนวก ข.

ภาพการทดลอง

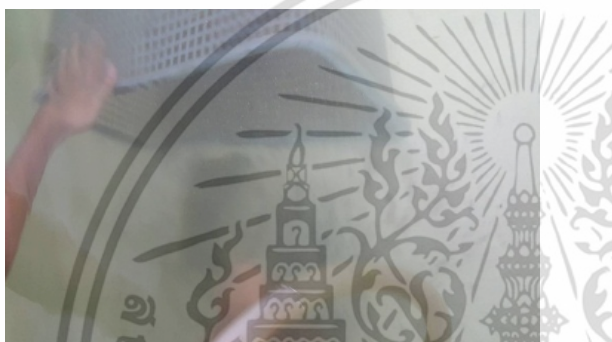
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก



ข



ค



ง



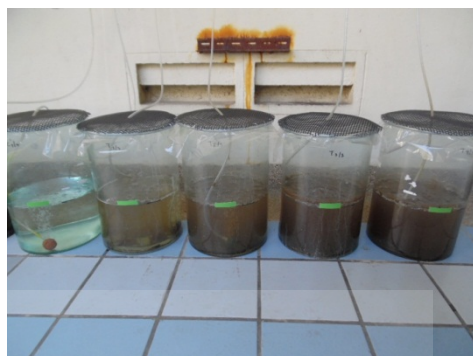
จ

- ภาคผนวก ข.1. อุปกรณ์ และชุดรวบรวมมูลปลานิลในบ่อเลี้ยง
- ก ชุดคัดมูลปลานิลในบ่อ
 - ข ลักษณะมูลปลานิลที่ถูกรวบรวมในชุดคัด
 - ค การเก็บมูลปลานิลด้วยวิธีการลักน้ำ
 - ง รวบรวมมูลปลานิลลงในถัง
 - จ ชุดรวบรวมมูลหลังจากการใช้รวบรวมมูลปลานิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก



ข



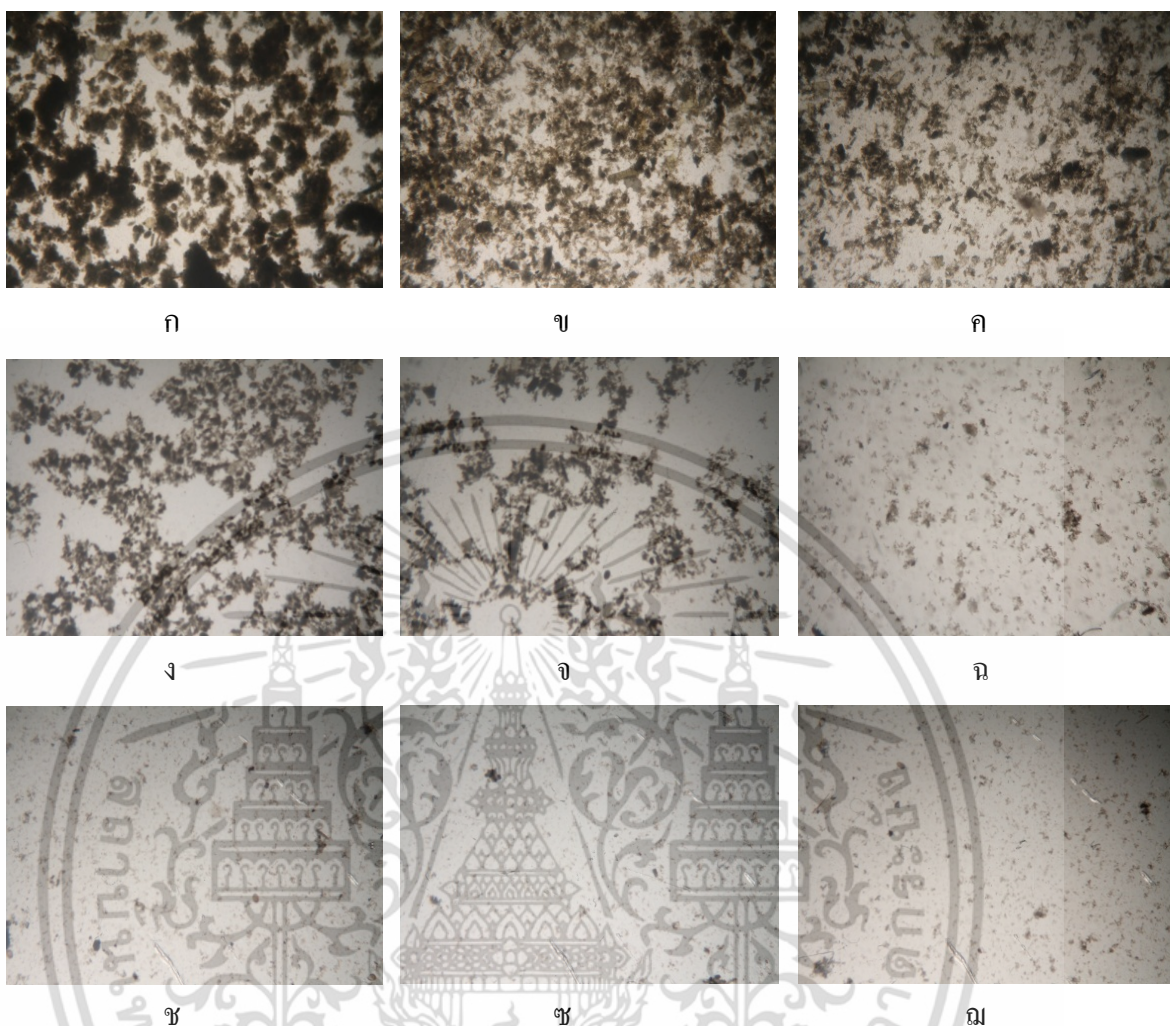
ค

ภาคผนวก ข2. น้ำหมักมูลปลา

ก-ข ชุดทดลองน้ำหมักมูลปลานิตในโหลแก้ว

ค ลักษณะน้ำหมักมูลปลานิตวันที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข3. ลักษณะมูลปลานิลที่หมักเป็นระยะเวลา 24 วัน กำลังขยาย 2x

ก ลักษณะมูลปลานิลเริ่มต้น

ข ลักษณะมูลปลานิลหมัก 3 วัน

ค ลักษณะมูลปลานิลหมัก 6 วัน

ง ลักษณะมูลปลานิลหมัก 9 วัน

จ ลักษณะมูลปลานิลหมัก 12 วัน

ฉ ลักษณะมูลปลานิลหมัก 15 วัน

ช ลักษณะมูลปลานิลหมัก 18 วัน

ซ ลักษณะมูลปลานิลหมัก 21 วัน

ฅ ลักษณะมูลปลานิลหมัก 24 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก



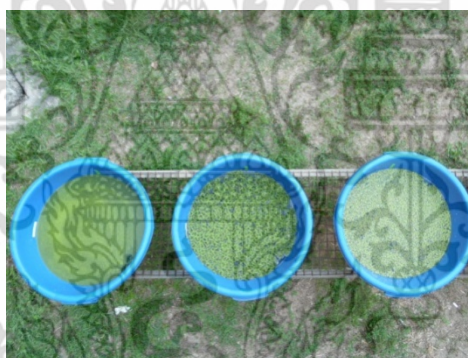
ข



ค



ง



จ

ภาคผนวก ข4. ชุดทดลองการเติบโตใต้น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก และประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากมูลปลานิล

ก เริ่มต้นการทดลอง

ข วันที่ 3 ของการทดลอง

ค วันที่ 6 ของการทดลอง

ง วันที่ 9 ของการทดลอง

จ วันที่ 12 ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายจิระพงศ์ ผดุงปราณ
วัน เดือน ปีเกิด	15 มีนาคม 2531 จังหวัดกาฬสินธุ์
ที่อยู่	306 หมู่ที่ 13 ตำบลคอนสมบูรณ์ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120
ประวัติการศึกษา	2553 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้