ความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนน้ำจืดกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สิริฉัตร สุนทรวิภาต

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2560

ความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนน้ำจืดกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สิริฉัตร สุนทรวิภาต

ดุษฎีนิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

พิจารณาเห็นชอบโดย **กรรมการที่ปรึกษา**

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ)
วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

กรรมการที่ปรึกษา .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส)
วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

กรรมการที่ปรึกษา .....
(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)
วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ)
วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 12 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

ชื่อเรื่อง	ความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนน้ำจืดกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
ชื่อผู้เขียน	นางสิริฉัตร สุนทรวิภาต
ชื่อปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ

บทคัดย่อ

การจำแนกชนิดไส้เดือนน้ำจืดในประเทศไทยจาก 2 แหล่งที่มา คือ ร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลางและลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่โดยลักษณะทางภายนอก พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่มีแหล่งที่มาจากภาคกลางจำแนกได้ 4 วงศ์ 5 สกุล คือ *Tubifex* sp. (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 38.64 รองลงมาคือ *Nais* sp. (Naididae) คิดเป็นร้อยละ 30.85, *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) คิดเป็นร้อยละ 22.55, *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 4.86 และ *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae) คิดเป็นร้อยละ 3.10 ซึ่งมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่มีแหล่งที่มาจากจังหวัดเชียงใหม่ที่มี 3 วงศ์ 3 สกุล คือ *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) คิดเป็นร้อยละ 85.81 รองลงมาคือ *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 11.23 และ *Nais* sp. (Naididae) คิดเป็นร้อยละ 2.96

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดจากลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย ในจังหวัดเชียงใหม่ 3 จุดสำรวจๆ ละ 3 ซ้ำใน 3 ฤดูกาล (ฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว เก็บตัวอย่างเดือนมีนาคม กรกฎาคม และพฤศจิกายน ตามลำดับ) พบว่าฤดูหนาวมีไส้เดือนน้ำจืดรวมมากที่สุด คือ 20,241 ตัวต่อตารางเมตร *Aeolosoma* sp. พบมากที่สุด มีดัชนีความมากชนิด ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความหลากหลายต่ำที่สุดคือ 0.20, 0.11 และ 0.12 ตามลำดับ ฤดูร้อนมีไส้เดือนน้ำจืดรวมน้อยที่สุด คือ 7,410 ตัวต่อตารางเมตร มีดัชนีความมากชนิด ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความหลากหลายมากที่สุดคือ 0.22, 0.58 และ 0.64 ตามลำดับ ทุกฤดูกาลที่สำรวจพบ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด ตามฤดูกาลและจุดสำรวจพบว่า ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 พบ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด มีดัชนีความมากชนิด ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความหลากหลายต่ำที่สุด คือ 0.11, 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ มีความคล้ายคลึงกันตามฤดูกาลและจุดสำรวจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย

ไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบทั้ง 3 ฤดูกาลในจุดที่ 1 และ 2 และเฉพาะฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 3 กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบในจุดสำรวจที่ 3 เฉพาะในฤดูฝนและฤดูหนาว

การศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลอง 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ เนื้อปลาบดละเอียด เศษผักที่เน่าเปื่อย ยีสต์ และเจลลี่ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดทุกสัปดาห์ เพื่อดูการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืด สรุปได้ว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุดแม้ว่าจะมีน้ำหนักลดลงเรื่อยๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเศษผักที่เน่าเปื่อยและยีสต์ ($p>0.05$) แต่เมื่อทำการทดลองใหม่โดยทำการชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดก่อนและสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุดและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเศษผักที่เน่าเปื่อย ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเจลลี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไส้เดือนน้ำจืดมากำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทดลองเลี้ยงปลาดุกร่วมกับไส้เดือนน้ำจืดในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า สามารถนำไส้เดือนน้ำจืดมาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลา เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินและแอมโมเนียในน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาดุกร่วมกับไส้เดือนน้ำจืดลดลงแตกต่างจากการเลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Title	Possibility of Using Aquatic Worms to Dispose of Waste at the Bottom of Fish Pond Under Aquaculture System With Sustainable and Environmentally Friendly Condition
Author	Mrs. Sirichat Soonthornvipat
Degree	Doctor of Philosophy in Fisheries Technology and Aquatic Resources
Advisor Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Prachaub Chaibu

ABSTRACT

Identification of aquatic worms found in Thailand from 2 sources including pet shop in the central region and natural ditch at Sansai district, Chiang Mai province was conducted by external morphological features concluded that there are different aquatic worm species per region. Aquatic worms from central region had 4 Families 5 Genus such as 38.64% *Tubifex* sp. (Tubificidae), 30.85% *Nais* sp. (Naididae), 22.50% *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae), 4.86% *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) and 3.10% *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae) respectively. Aquatic worms from Chiang Mai province had 3 Families 3 Genus such as 85.81% *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae), 11.23% *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) and 2.96% *Nais* sp. (Naididae) respectively.

Study on abundance and diversity of aquatic worms from natural ditch in Sansai, Chiang Mai Province using 3 sampling stations 3 times in 3 seasons (summer, rainy and winter) and harvested in March, July and November respectively found *Aeolosoma* sp. to be the most abundant in winter. Lowest richness index, diversity index and evenness index were 0.20, 0.11 and 0.12 respectively. Summer found aquatic worm to be the lowest in population but with the highest richness index, diversity index and evenness index which were 0.22, 0.54 and 0.64 respectively. Every season found *Aeolosoma* sp. to be the main species. When comparing between seasons and sampling stations *Aeolosoma* sp. was found to be the most abundant in winter sampling station 3 with the lowest richness index, diversity index and evenness index which were 0.11, 0.01 and 0.01 respectively. Had similarity between seasons and sampling stations and clearly

divided in to 2 groups ($p>0.05$). Group 1 was composed of aquatic worms in every season at sampling stations 1 and 2 and summer sampling station 3. Group 2 was composed of aquatic worm from rainy and winter season at sampling station 3.

A study was conducted on a proper diet to feed aquatic worms (4 treatments, each treatments had 3 replications) using minced fish, decayed vegetable, yeasts and jellies for 4 weeks. It was concluded that aquatic worms fed with yeast had the best growth even through decline growth curve but no different fed with decayed vegetables ($p>0.05$). Aquatic worms fed with decayed vegetables and yeast had a higher growth rate than those fed with minced fish and jellied ($p<0.05$). Weight checking at aquatic worm 2 times (before and after demonstration), it was found that aquatic worm fed with yeast had the best growth and an increased growth curve but no different fed with decayed vegetables ($p>0.05$) and growth higher than jellied ($p<0.05$)

The study was conducted on the possibility of using aquatic worms to dispose of waste at the bottom of fish pond under aquaculture system with sustainable and environmentally friendly condition from culture catfish using 4 different quantities of aquatic worms (4 treatments 3 replications) for 12 weeks. It was concluded that compared with using only culture catfish ($p<0.05$) the additional use of aquatic worms to dispose of waste at the bottom of the pond because decreased organic matter in the soil and deceased ammonia in the water.

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นผลงานที่ผู้วิจัยได้ทุ่มเทความตั้งใจ สติปัญญา กำลังกาย และกำลังใจ จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ คำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ ประธานกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส และอาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ กรรมการที่ปรึกษา ที่สละเวลาอันมีค่า ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนให้ความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ ดร.อภิชาติ เติมวิชชากร ประธานคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ และแก้ไขดุษฎีนิพนธ์ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนปริญญาเอกเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา ภายในประเทศ ประจำปีงบประมาณ 2554

ขอขอบพระคุณ อาจารย์และบุคลากรทุกท่านในคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารและบุคลากรทุกท่านในกรมประมงที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้อง เพื่อนร่วมงานที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นตลอดมา

สิริฉัตร สุนทรวิภาต

มิถุนายน 2560

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารประเภทสัตว์น้ำในประเทศไทยได้มีการขยายตัวมาก ทั้งสัตว์น้ำจากทะเลและน้ำจืด เนื่องจากประชากรให้ความสำคัญกับการบริโภคสัตว์น้ำมากขึ้น เพราะสัตว์น้ำเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง ราคาถูก ปริมาณไขมันต่ำ แต่ปัญหาวิกฤติภาวะโลกร้อนและภัยธรรมชาติ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการผลิตสัตว์น้ำ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการขยายตัวอย่างมากในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา ในปี 2552 พบว่า ผลผลิตการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงของโลกทั้งน้ำจืดและทะเล 145.1 ล้านตัน (จากการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติ 90 ล้านตัน จากการเพาะเลี้ยง 55.1 ล้านตัน) โดย 117.8 ล้านตันเป็นอาหารของประชากรโลก คิดเป็น 17.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี เป็นการจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติในน้ำจืด 10.1 ล้านตัน ในชายฝั่งและทะเล 79.9 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 35 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลและชายฝั่ง 20.1 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปี 2547 พบว่า ผลผลิตการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงของโลกทั้งน้ำจืดและทะเล 134.3 ล้านตัน (จากการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติ 92.4 ล้านตัน จากการเพาะเลี้ยง 41.9 ล้านตัน) โดย 104.4 ล้านตันเป็นอาหารของประชากรโลก คิดเป็น 16.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี เป็นการจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติในน้ำจืด 8.6 ล้านตัน ในทะเล 83.8 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 25.2 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล 16.7 ล้านตัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงทั้งน้ำจืดและทะเลในปี 2547 และ 2552 พบว่า ผลผลิตรวมจากการจับในธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงทั้งน้ำจืดและทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งน้ำจืดและทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ในขณะที่ผลผลิตจากการจับในธรรมชาติลดลงโดยเฉพาะในทะเล ปัจจุบันพบว่าเกือบครึ่งหนึ่งของสัตว์น้ำที่บริโภคกันอยู่ทุกวันเป็นสัตว์น้ำที่ได้มาจากการเพาะเลี้ยง 91% ของสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงทั่วโลกมาจากประเทศในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะจีนซึ่งผลิตสัตว์น้ำได้ราว 61% ของจำนวนสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงทั้งหมดในเอเชีย ผู้เชี่ยวชาญด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคาดการณ์ว่า ปริมาณสัตว์น้ำที่เลี้ยงทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นอีก 50% จากระดับปัจจุบันภายในช่วง 20 ปี ข้างหน้า (FAO, 2010)

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันนิยมเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงและมีการให้อาหารโปรตีนสูงปริมาณมาก ทำให้มีการสะสมของของเสียที่ตะกอนดินก้นบ่อ ซึ่งเกิดจากอาหารที่เหลือจากการบริโภคของสัตว์น้ำ การขับถ่ายของสัตว์น้ำ และจากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากการบริโภคโดยแบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง ตะกอนดินเหล่านี้จะไม่ไหลเทไปที่อื่นจนกว่าจะมีการจับสัตว์น้ำ

จำหน่าย ทำให้ตะกอนดินเป็นแหล่งสะสมของแอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต และอินทรีย์ไนโตรเจน การย่อยสลายของสารอินทรีย์ทางชีวภาพและการแลกเปลี่ยนของสารที่เป็นผลผลิตเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดการลดลงของออกซิเจนในบริเวณผิวดินและในมวลน้ำ โดยตะกอนดินในบริเวณพื้นก้นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีบทบาทสำคัญในการควบคุมและเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำในด้านองค์ประกอบของไนโตรเจนรูปต่างๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเลี้ยง พบว่าระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในระบบได้อย่างดีพอ โดยเฉพาะระบบที่เลี้ยงสัตว์น้ำด้วยความหนาแน่นสูงมากๆ จะส่งให้ระบบนิเวศในบ่อเสื่อมโทรมเร็ว และก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการพัฒนาระบบกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำไปจากบ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ดังนั้น เมื่อน้ำในบ่อเลี้ยงมีคุณภาพไม่ดีจะทำให้การตอบสนองต่ออาหารจะช้า การเจริญเติบโตช้า มีความแตกต่างกันมากด้านขนาดของสัตว์น้ำ ผลผลิตสัตว์น้ำที่ได้นั้นไม่มีคุณภาพ และทำให้เกิดโรคได้ง่าย ดังนั้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีแนวโน้มที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อเข้าสู่ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปรับรูปแบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากระบบบ่อเปิดที่มีการถ่ายน้ำที่ผ่านการใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแล้วทิ้งออกนอกระบบเลี้ยงหรือทิ้งออกจากฟาร์ม มาเป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อระบบกึ่งปิดหรือระบบปิดที่มีการหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดให้มีคุณภาพดีแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งระบบปิดสำหรับสัตว์น้ำมีข้อดีคือ ทำให้คุณภาพน้ำคงที่ตลอดการเลี้ยง สามารถเพิ่มผลผลิต ป้องกันการติดโรค และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยง จึงนับว่ามีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่ออนาคตของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย แต่การเพาะเลี้ยงในระบบปิดมักประสบปัญหาแอมโมเนียสะสมในระดับความเข้มข้นสูง มีสาเหตุจากการให้อาหารในปริมาณมาก การขับถ่ายของสัตว์น้ำ และจากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากการบริโภคโดยแบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง

ทั้งนี้ การแก้ปัญหาการเน่าเสียของดินพื้นบ่อที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาจใช้วิธีทางชีวภาพโดยใช้สิ่งมีชีวิตหน้าดินเข้ามาช่วย เช่น ไส้เดือนน้ำจืด เนื่องจากไส้เดือนน้ำจัดเป็นสัตว์กินซากเน่าเปื่อยของพืชและสัตว์ (Scavenger) กินพวกซากอินทรีย์ ตะกอน และสารอินทรีย์ในดินและโคลนที่อยู่ในรู แหล่งอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารขึ้นอยู่กับพื้นที่อยู่อาศัย ซากอินทรีย์ขนาดเล็ก สาหร่าย และจุลชีพอื่นๆ เป็นอาหาร ไส้เดือนน้ำจืดสามารถอยู่ในน้ำจืดได้ทุกสภาพ ส่วนใหญ่ฝังตัวลงในรูตามพื้นท้องน้ำที่มีซากเปื่อยอยู่ ไส้เดือนน้ำจืดส่วนใหญ่สามารถทนต่อสภาวะออกซิเจนในน้ำต่ำได้ และมีการสกัดของเสียในรูปของแอมโมเนีย หรืออาจอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น *Tubifex* อยู่ในโคลนในน้ำเน่าเสียหรืออยู่ในพื้นทะเลสาบที่ขาดออกซิเจนได้ และ *Tubifex* จะตายถ้าอยู่ในสภาพที่มีการพ่นออกซิเจนให้นานเกินไป ไส้เดือนน้ำจืดเป็นอาหารธรรมชาติที่สำคัญโดยเฉพาะปลา เป็นห่วงโซ่อาหารที่สำคัญและ

ระบบนิเวศของแหล่งน้ำด้วย (บพิธ และนันทพร, 2546) ทำให้เป็นที่นิยมและเป็นที่ต้องการของผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามเพราะเป็นอาหารมีชีวิตที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งรวมโปรตีน วิตามินและกรดไขมันหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้ำ โดยเฉพาะกรดไขมัน omega 3 ชนิด DHA (docosahexaenoic acid) และ EPA (eicosapentaenoic acid) ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ไส้เดือนน้ำจืดสามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความเน่าเสียของน้ำได้ดี โดยเฉพาะไส้เดือนน้ำจืดวงศ์ Tubificidae สามารถใช้แสดงลักษณะสถานภาพทางอินทรีย์สารที่อุดมสมบูรณ์ของพื้นท้องน้ำ โดยเฉพาะ *Branchiura sowerbyi* และ *Tubifex tubifex* เป็นชนิดที่แพร่กระจายในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมมากในระดับ 112.55-118.15 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีปริมาณซัลไฟด์รวมอยู่ในระดับ 0.14-0.19 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และอาศัยอยู่สภาพพื้นท้องน้ำที่เป็นลักษณะโคลนสีดำปนไปด้วยซากพืชซากและมีกลิ่นเหม็นได้ดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพของแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม (Bartsh and Ingram, 1959; ธีระ, 2522; หทัยรัตน์, 2550)

ดังนั้น การที่จะนำไส้เดือนน้ำจืดมาแก้ปัญหาการเน่าเสียของดินพื้นบ่อที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ต้องศึกษาลักษณะทางชีววิทยาบางประการ การจำแนกชนิดโดยสังเกตจากลักษณะภายนอก และอาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด เพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มปริมาณไส้เดือนน้ำจืดให้ได้ปริมาณมากๆ หรือสามารถเพาะเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดได้ เนื่องจากปัจจุบันยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ มีแต่การเก็บรวบรวมจากธรรมชาติ หลังจากนั้นจึงนำมาใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่พบในประเทศไทยบางส่วนทั้งจากการซื้อจากร้านอาหารปลามีชีวิตหรือจับจากธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่
3. เพื่อศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด
4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วิธีทางชีวภาพโดยใช้ไส้เดือนน้ำจืดมาแก้ปัญหาการเน่าเสียของดินพื้นบ่อที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางชีววิทยาบางประการ การจำแนกชนิดโดยสังเกตจากลักษณะภายนอก อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดให้ได้ปริมาณเพิ่มขึ้น

2. ได้วิธีทางชีวภาพโดยใช้ไส้เดือนน้ำจืด มาแก้ปัญหาการเน่าเสียของดินพื้นบ่อที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจทวนเอกสาร

แนวโน้มของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการขยายตัวอย่างมากในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา ในปี 2552 พบว่า ผลผลิตการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงของโลกทั้งน้ำจืดและทะเล 145.1 ล้านตัน (จากการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติ 90 ล้านตัน จากการเพาะเลี้ยง 55.1 ล้านตัน) โดย 117.8 ล้านตัน เป็นอาหารของประชากรโลก คิดเป็น 17.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี เป็นการจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติ ในน้ำจืด 10.1 ล้านตัน ในชายฝั่งและทะเล 79.9 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 35 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลและชายฝั่ง 20.1 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปี 2547 พบว่า ผลผลิตการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงของโลกทั้งน้ำจืดและทะเล 134.3 ล้านตัน (จากการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติ 92.4 ล้านตัน จากการเพาะเลี้ยง 41.9 ล้านตัน) โดย 104.4 ล้านตันเป็นอาหารของประชากรโลก คิดเป็น 16.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี เป็นการจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติในน้ำจืด 8.6 ล้านตัน ในทะเล 83.8 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 25.2 ล้านตัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล 16.7 ล้านตัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตการจับสัตว์น้ำในธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงทั้งน้ำจืดและทะเลในปี 2547 และ 2552 พบว่า ผลผลิตรวมจากการจับในธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงทั้งน้ำจืดและทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งน้ำจืดและทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ในขณะที่ผลผลิตจากการจับในธรรมชาติลดลงโดยเฉพาะในทะเล (FAO, 2010)

ปัญหาที่พบในระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิด

ปัญหาที่พบมากในระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิด คือ คุณภาพน้ำ หากไม่นับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติซึ่งควบคุมได้ยาก เช่น แสงแดด ฝน และอุณหภูมิ ปัญหานี้มีสาเหตุที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการเลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสะสมของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและจากกระบวนการย่อยสลายที่เกิดภายในบ่อสำหรับของเสียที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบอย่างมากต่อสัตว์น้ำ คือ ของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอาจเป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยแอมโมเนีย (NH_3, $NH4^+$) เป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและจากการย่อยสลายของอาหารสัตว์ที่เหลือจากการบริโภค จัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก การสะสมของแอมโมเนียในน้ำเพียง 0.1 mg N/l ทำให้สัตว์น้ำมีอาการเครียด

มีการขับถ่ายและต้องการออกซิเจนสูงขึ้นส่งผลให้เสี่ยงต่อการติดโรค (วิลาสินี, 2546) ตามปกติแอมโมเนียในน้ำจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) โดยกระบวนการ ไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ในส่วนของไนไตรท์ หากมีการสะสมในบ่อเลี้ยงมากกว่า 1 mg N/l ทำให้ความสามารถในการรับออกซิเจนของสัตว์น้ำต่ำกว่าปกติซึ่งจะมีผลเสียมาก หากสภาพภายในบ่อเลี้ยงมีออกซิเจนต่ำและอุณหภูมิสูง (Nootong, 2006) สำหรับไนเตรทมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยกว่าแอมโมเนียและไนไตรท์มาก จึงทำให้สามารถสะสมอยู่ในบ่อเลี้ยงได้ในระยะเวลานาน โดยระดับสูงสุดของไนเตรทที่ยอมให้มีในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ คือ 50 mg N/l หากสูงกว่านี้ควรมีการบำบัดหรือทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อ การปล่อยน้ำทิ้งที่มีปริมาณไนเตรทสูงจะกระตุ้นปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) ซึ่งทำให้พืชน้ำและจุลสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนปริมาณออกซิเจนในน้ำมีไม่เพียงพอและทำให้เกิดความตื้นเขินได้ในระยะยาว (Tchobanoglouset al., 2003) เหตุนี้การเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดและหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น

กระบวนการทางชีวภาพในการบำบัดไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยแบคทีเรีย

1. กระบวนการไนตริฟิเคชั่น

กระบวนการไนตริฟิเคชั่นอาศัยการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายอิง (Nitrifying Bacteria) เช่น *Nitrosomonas, Nitrosospira, Nitrobacter* และ *Nitrococcus* เป็นต้น แบคทีเรียกลุ่มนี้ใช้คาร์บอนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งพลังงานในการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำให้เป็นไนเตรทที่มีความเป็นพิษต่ำ กระบวนการไนตริฟิเคชั่นจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนและสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการย่อย สรุปได้ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$NH_4^+ \text{ (แอมโมเนียม)} + O_2 \longrightarrow NO_2^- \text{ (ไนไตรท์)} + 2H^+ + H_2O \text{ (}\textit{Nitrosomonas}\text{)} \quad (1)$$

$$NO_2^- + 0.5O_2 \longrightarrow NO_3^- \text{ (ไนเตรท) (}\textit{Nitrobacter}\text{)} \quad (2)$$

สภาวะเหมาะสมของกระบวนการไนตริฟิเคชั่นมีความคล้ายคลึงกับสภาวะแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ ต้องการปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มากกว่า 4 mg/l ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในช่วง 7–8.5 Alkalinity ระหว่าง 100–150 mg/l และอุณหภูมิในช่วง 20–30 °C กระบวนการไนตริฟิเคชั่นถูกยับยั้งได้จากสารประกอบอินทรีย์ เนื่องจากคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์จะไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทโรโทรฟิก (Heterotrophic Bacteria) ซึ่งมีความสามารถในการจับก๊าซออกซิเจนได้ดีกว่าแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายอิงแบคทีเรียจึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มนี้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ นอกจากนี้สารพิษและโลหะหนักในระดับความเข้มข้น

ต่ำหลายประเภท เช่น เงิน ปรอท ทองแดง สังกะสี นิกเกิล โครเมียม ยาฆ่าแมลง ฟีนอล ไซยาไนด์ mercaptan และ thiourea สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นได้ (Nootong, 2006)

2. กระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น

แม้ว่าไนเตรทซึ่งเป็นผลขั้นสุดท้ายของกระบวนการไนตริฟิชั่นจะมีความเป็นพิษต่ำ แต่การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชั่นเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดไนเตรทสะสมเกิดขึ้นในปริมาณมากและเมื่อความเข้มข้นของไนเตรทสูงเกิน 50 mg N/l จำเป็นต้องมีการถ่ายน้ำบางส่วนเพื่อกำจัดไนเตรทออกไป กระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เปลี่ยนไนเตรทให้อยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจนในสภาวะปราศจากก๊าซออกซิเจน (DO<0.5 mg/l) ดังนั้นกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นจึงเป็นทางเลือกในการบำบัดไนเตรทเพื่อทำให้สามารถหมุนเวียนน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ในระยะเวลานานขึ้น แบคทีเรียที่รับผิดชอบกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นอยู่ในกลุ่มเฮทเทโรโทรฟิกแบคทีเรีย เช่น *Achromobacter, Bacillus denitricans, Flavobacterium, Micrococcus denitrificans, Proteus* และ *Pseudomonas* เช่น *Pseudomonas stutzeri* เป็นต้น ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง จำเป็นต้องอาศัยสารอินทรีย์หรือซากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการเจริญ เติบโตและเป็นแหล่งพลังงาน สารอินทรีย์ที่นิยมใช้ ได้แก่ เมทานอล ซึ่งหาได้ง่ายและราคาถูก สำหรับสภาวะเหมาะสมของกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นจะต้องมีค่า DO น้อยกว่า 1.5 mg/l ความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 7–8 และอุณหภูมิระหว่าง 25–35 °C สารเคมีหลายประเภท เช่น ยาฆ่าแมลง, ฟีนอลไซยาไนด์ acetylene sulfide potassium cyanide dithiol และ o-phenanthroline สามารถยับยั้งกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นได้เช่นกัน (Nootong, 2006) กระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังนี้

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow \longrightarrow \longrightarrow N_2 \qquad (3)$$

3. กระบวนการ Anaerobic Ammonium Oxidation (Anammox)

กระบวนการ Anammox เปลี่ยนรูปแอมโมเนียให้เป็นก๊าซไนโตรเจนได้โดยตรงในสภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน โดยใช้ไนไตรท์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย กระบวนการนี้แอมโมเนียไม่ต้องผ่านการเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทและไม่ต้องอาศัยสารอินทรีย์ที่ให้อิเล็กตรอน เช่น เมทานอล กระบวนการนี้มีข้อดีคือ ลดค่าใช้จ่ายในส่วนการให้อากาศเพื่อให้ได้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นที่สมบูรณ์และลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารอินทรีย์ แบคทีเรียที่รับผิดชอบกระบวนการ Anammox อยู่ในกลุ่ม Plantomycetales มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ามาก โดยมีระยะ Doubling Time อยู่ที่ 11 วัน น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการ Anammox ส่วนมากมาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงมากกว่า 100 mg N/l และมีอัตราส่วนของ C/N ต่ำ ซึ่งตรงข้ามกับลักษณะของน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งโดยทั่วไปมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงสุดไม่เกิน 15 mg N/l กระบวนการนี้มี

ความน่าสนใจในการศึกษาถึงความเป็นไปได้สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป (Nootong, 2006)

4. กระบวนการนำไนโตรเจนเข้าสู่เซลล์ (Nitrogen Assimilation)

แบคทีเรียในน้ำเสียจะใช้แอมโมเนียและไนไตรท์เป็นวัตถุดิบสำหรับสร้างโปรตีนในระหว่างช่วงการเจริญเติบโตซึ่งส่งผลให้แบคทีเรียมีปริมาณชีวมวล (Biomass) มากขึ้น ในกระบวนการนี้แบคทีเรียจะถูกกระตุ้นให้เจริญเติบโตโดยการเติมสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบลงไปในสภาวะที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ นอกจากแบคทีเรียแล้ว พืชน้ำและจุลสาหร่ายสามารถใช้แอมโมเนียและไนเตรทเป็นอาหารได้โดยตรง หากแบคทีเรียและพืชน้ำเจริญเติบโตมากเกินไปก็มีความจำเป็นต้องกำจัดชีวมวลส่วนเกินออกจากระบบเพื่อป้องกันการย่อยสลายตามธรรมชาติ หลังจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้ตายไปซึ่งจะปลดปล่อยแอมโมเนียกลับคืนสู่แหล่งน้ำและทำให้ปริมาณของออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว กระบวนการนำไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียและเซลล์จุลสาหร่ายสามารถอธิบายได้โดยสมการที่ (4) และ (5) (Ebeling and Timmons, 2007) โดยที่ $C_5H_7O_2N$ และ $C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P$ แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีของแบคทีเรียและจุลสาหร่าย ตามลำดับ

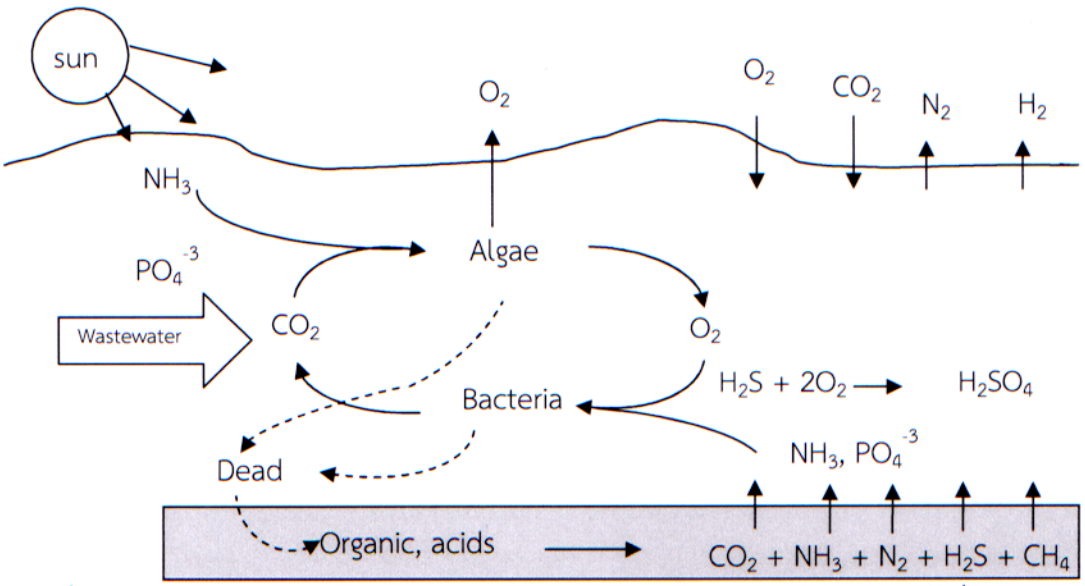
$$NH_4^+ + 1.18C_6H_{12}O_6 + HCO_3^- + 2.06O_2 \longrightarrow C_5H_7O_2N + 6.06H_2O + 3.07CO_2 \text{ (แบคทีเรีย)} \quad (4)$$

$$16NH_4^+ + 92CO_2 + HPO_4^{2-} + 92H_2O + 14HCO_3^- \longrightarrow C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P + 106O_2 \text{ (จุลสาหร่าย)} \quad (5)$$

ระบบบ่อดินกลางแจ้งที่ใช้สำหรับบำบัดแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ระบบบ่อดินกลางแจ้งสามารถก่อสร้างได้ง่ายและมีต้นทุนในการบำบัดที่มีราคาถูก น้ำเสียจากบ่อเลี้ยงจะถูกสูบเข้าสู่ระบบบ่อดินที่มีความลึกประมาณ 50–100 เซนติเมตร และมีการผสมของน้ำเสียจนมีสภาพเป็นเนื้อเดียวและคงตัว โดยน้ำเสียจะถูกกักไว้ในระบบบ่อดินกลางแจ้งประมาณ 1–2 วันหรืออาจนานถึง 1 สัปดาห์เพื่อให้เกิดกระบวนการบำบัดของเสียที่สมบูรณ์ภาพที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างกระบวนการชีวภาพแบบต่างๆ ในระบบบ่อดินกลางแจ้งที่ใช้สำหรับบำบัดแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ก๊าซออกซิเจนในน้ำจะถูกเติมตลอดเวลาจากการละลายของอากาศบริเวณผิวน้ำและจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของจุลสาหร่ายในช่วงเวลากลางวัน ก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์และในกระบวนการไนตริฟิเคชั่นซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารอนินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรท และฟอสเฟต จุลสาหร่ายจะนำสารอนินทรีย์เหล่านี้มาใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ การบำบัดไนเตรทผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นสามารถเกิดขึ้นได้ในบริเวณชั้นดินก้นบ่อที่ปราศจากออกซิเจนซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซไนโตรเจน หากปริมาณไนเตรทในน้ำมีไม่เพียงพอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นสารอื่น

เช่น CH_4 และ H_2S กระบวนการชีวภาพเหล่านี้จะวนเวียนเป็นวัฏจักร ทำให้การบำบัดแอมโมเนียเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง ความสามารถในการบำบัดของเสียในบ่อดินกลางแจ้งขึ้นกับอัตราการเติมก๊าซออกซิเจนคืนแก่ระบบโดยจุลสาหร่าย รวมถึงประสิทธิภาพของไนตริฟายอิงและดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียในการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรทและก๊าซไนโตรเจนตามลำดับ ดังนั้นระบบบ่อดินจึงมีข้อจำกัดในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาณแอมโมเนียและสารอินทรีย์สูงซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่พบมากในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา จากการค้นคว้าพบว่าระบบบ่อดินกลางแจ้งที่มีจุลสาหร่ายสามารถรองรับปริมาณแอมโมเนียได้ในช่วงกว้างระหว่าง 176–2113 mg N/m^2 day (Brunne et al., 2003; Burford et al., 2003; Hargreaves, 2006) นอกจากนี้การก่อสร้างระบบบ่อดินยังต้องการพื้นที่เป็นจำนวนมากซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับฟาร์มขนาดเล็ก



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการชีวภาพแบบต่างๆในระบบบ่อดินกลางแจ้งที่ใช้สำหรับบำบัดแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเห็นได้ว่ากระบวนการไนตริฟิเคชั่นดีไนตริฟิเคชั่นการนำไนโตรเจนเข้าสู่เซลล์จุลสาหร่ายและแบคทีเรียและการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในบ่อสามารถเกิดขึ้นได้พร้อมๆ กัน

ที่มา: Nootong, 2006

ทางเลือกใหม่ วิธีทางชีวภาพโดยใช้สัตว์หน้าดินจำพวกไส้เดือนน้ำจืด ในการกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1. การแบ่งหมวดหมู่

ไส้เดือนน้ำอยู่ในไฟลัมแอนนิลิดา (Phylum Annelida) คลาสโอลิโกชีทา (Class Oligocheata) เช่นเดียวกับไส้เดือนดิน มีขนาดเล็กกว่าไส้เดือนดินมาก ลำตัวแบ่งเป็นปล้องๆ จำนวนปล้องแตกต่างกันในแต่ละชนิด โดยทั่วไปปล้องมีขนาดยาวกว่าปล้องของไส้เดือนดิน สองข้างของแต่ละปล้องมีถุงซีที (setae sac) ที่สร้างซีทีออกมา มีซีทียาว ส่วนปลายของซีทีไม่ซับซ้อน อาจแตกเป็นสองแฉกแบบขนนก หรืออาจมีรูปแบบอื่นที่แตกแขนงไปจากส่วนโคนของซีที มีซีทีอยู่รวมกันเป็นกลุ่มๆ (bundle) แต่ละกลุ่มมีตั้งแต่ 2–20 เส้น ในแต่ละปล้องมี setae bundle อยู่ 4 กลุ่ม คือ อยู่ด้านท้อง 2 กลุ่ม และอยู่ด้านข้างของหลังหรือด้านข้างของท้องอีก 2 กลุ่ม ซีทีแต่ละมัดมีซีที 1-25 แท่ง ลักษณะของซีทีแตกต่างกันในแต่ละชนิดเป็นลักษณะสำคัญในการแยกชนิด บางชนิดมีผิวลำตัวบางใส มองเห็นอวัยวะภายในได้ เป็นที่มาของชื่อ Oligochaete ส่วนซีทีของไส้เดือนดินยื่นออกจากผิวเพียงเล็กน้อยและเป็นแบบโค้งกลับแบบหัวของตัว S (sigmoid shape) ไส้เดือนน้ำมีขนาด รูปร่าง และลักษณะคล้ายคลึงกับ Class Polychaeta แต่ไม่มีพาราโพเดียม (parapodium) มีแต่ขน (setae) และมีความหลากหลายน้อยกว่า นักวิทยาศาสตร์เข้าใจว่า Class Polychaeta เป็นบรรพบุรุษของ Class Oligochaeta หรืออย่างน้อยมีบรรพบุรุษร่วมกัน ส่วนหัวไม่เจริญ ไม่มีหนวด palp ส่วนมากไม่มีตา prostomium ขนาดเล็ก การสืบพันธุ์มีทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ พวกที่อยู่ในน้ำมีขนยาวกว่าพวกที่อยู่ในดิน ไส้เดือนน้ำมีทั้งหมด 10 วงศ์ แต่อยู่ในน้ำอย่างแท้จริงมี 4 วงศ์ ได้แก่ Aeolosomatidae, Branchiobdellidae, Tubificidae และ Naididae นอกนั้นเป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำหรือพวกที่อยู่ในดิน พวกที่อยู่ในน้ำทั้งหมดเป็นสัตว์หน้าดินมีขนาดเล็กตั้งแต่ 1-30 มิลลิเมตร มีลำตัวเปราะบาง ใส จำนวนปล้องของสัตว์ในชั้นนี้แตกต่างกันแม้ว่าเป็นชนิดเดียวกัน มีอยู่เพียงวงศ์เดียวที่มีจำนวนปล้องแน่นอน คือ Branchiobdellidae มีส่วนหัวแยกออกชัดเจนและส่วนลำตัวมี 11 ปล้อง ในวงศ์อื่นๆ มีจำนวนปล้องแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ 7-500 ปล้อง วงศ์ Aeolosomatidae ไม่ต้องการวัสดุตัวพา มีประชากรสูงสุดหลังจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในเวลา 3-4 สัปดาห์ มีความหนาแน่นของประชากรมากถึง 600 specimens/ml ขนาดของแต่ละตัวเริ่มเล็กลงและประชากรเริ่มหายไปในสัปดาห์ต่อไป การเจริญเติบโตของ sessile Tubificidae ต้องการวัสดุตัวพา (carrier materials) ในการยึดเกาะเพื่อความมั่นคง แต่ประชากรโดยปกติหายไปด้วยเหมือนกัน สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมของไส้เดือนน้ำจืด คือ ออกซิเจนมากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 5-9 ความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 15-25 องศาเซลเซียส วงศ์ Aeolosomatidae, Tubificidae และ Lumbriculidae ปกติจะพบในการสำรวจตามแหล่งน้ำธรรมชาติ การแยกชนิดบ่งชี้ได้จากการเคลื่อนที่หรือวัสดุที่ยึดเกาะ, ว่ายน้ำอิสระ (free swimming),

sessile (เคลื่อนที่ไม่ได้) พวกที่ว่ายน้ำอิสระพบมากในของเหลวผสม (mixed liquor) ซึ่งอยู่ในหรือบนอนุภาคของตะกอนของของเสียจากพืช (WWTP; waste water treatment plants) ขณะที่เคลื่อนที่ไม่ได้ปกติพบที่ผิวของพืช เช่น ผนังของตัวเกาะจับ (reactor wall), วัสดุตัวพา ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติชนิดที่เคลื่อนที่ไม่ได้จะอยู่แบบเอาหัวลงไปในตะกอน (head-down position) (Clifford, 1991; Elissen, 2007)

2. ลักษณะทั่วไป

ไส้เดือนน้ำเป็นสัตว์พื้นท้องน้ำ (benthic fauna) คืบคลานเคลื่อนที่โดยการหดตัวแบบคลื่น การหดตัวของกล้ามเนื้อรอบวงทำให้ปล้องยาวออกอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการคลาน มีแรงดันของของเหลวในช่องลำตัว (Coelom) ช่วยในการผลักดัน การหดตัวของกล้ามเนื้อตามยาวเป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับการขุดและขยายรู หรือการทำให้ปล้องเกาะอยู่กับผนังรู เวลาที่กล้ามเนื้อตามยาวยืดขยายซีทีจะยื่นออก และหดกลับในเวลาที่กล้ามเนื้อตามยาวหดตัว ปล้องแต่ละปล้องจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า 2–3 เซนติเมตร ทิศทางการหดตัวอาจย้อนกลับทำให้ถอยหลัง และใช้ซีทีเป็นอวัยวะเกาะเกี่ยวกับวัตถุ บางชนิดสามารถว่ายน้ำได้ หากินตามพื้นผิวหน้าดินในแหล่งน้ำ ทะเลสาบหรือทะเล ตั้งแต่แนวชายน้ำจนถึงที่ลึกที่สุด (Pennek, 1964) ส่วนใหญ่อยู่ในเขตเหนือน้ำขึ้นหรืออยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง ขุดรูตื้นๆ อยู่ในดินชื้นๆ ที่มีสารอินทรีย์สูง บางชนิดฝังตัวอยู่ในโคลนตม บางชนิดอาศัยเกาะอยู่ตามพืชน้ำ ส่วนมากอยู่ปนกับเศษพืชเน่าเปื่อยหรือสาหร่ายสีเขียว บางชนิดสามารถสร้างท่อและอาศัยอยู่ในท่อ ส่วนใหญ่เป็น free living บางชนิดพบอยู่ในลำต้นหรือรากพืชที่แช่อยู่ในน้ำ (สุรินทร์, 2526) ไส้เดือนน้ำกินซากเน่าเปื่อยของพืชและสัตว์ (Scavenger) สาหร่าย จุลชีพอื่นๆ ตะกอน และซากอินทรีย์ขนาดเล็กในดินและโคลนที่อยู่ในรู โดยยื่น pharynx ออกมาจาก bulb แตะกับอาหารเมือกที่ bulb จะติดอาหารขึ้นมาเมื่อกล้ามเนื้อหดตัว อาหารจะถูกส่งเข้า pharynx บางชนิดอิงอาศัยอยู่กับหอยทากน้ำจืด กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร ได้แก่ อะมีบา โรติเฟอร์ ซิลิเอต และตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ วิธีการกินใช้ pharynx ดูดเข้าไป อยู่ในน้ำจืดได้ทุกสภาพ ส่วนใหญ่ฝังตัวลงในรูตามพื้นท้องน้ำที่มีซากเน่าเปื่อย ใช้ผิวลำตัวในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ผิวลำตัวบางและมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก มีเพียงบางชนิดที่มีเหงือกที่แท้จริง บางชนิดอาศัยอยู่ในท่อหรือฝังโคลนจะโผล่ส่วนหางออกมานอกท่อและโบกไปมาทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส ส่วนใหญ่ทนต่อสภาวะออกซิเจนในน้ำต่ำได้ และมีการสกัดของเสียในรูปของแอมโมเนียหรืออาจอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น *Tubifex* อยู่ในโคลนในน้ำเน่าเสีย หรืออยู่ในพื้นทะเลสาบในสภาพขาดออกซิเจนได้ และ *Tubifex* จะตายถ้าอยู่ในสภาพที่มีการพ่นออกซิเจนให้นานเกินไป *Tubifex* ในโคลนจะยื่นปลายหางขึ้นมาที่ผิวน้ำ ฮีโมโกลบินของ *Tubifex* มีออกซิเจนอิ่มตัวแม้ว่าจะอยู่ในสภาพออกซิเจนต่ำ ไส้เดือนน้ำมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งรวมโปรตีน วิตามิน และ กรดไขมันหลายชนิด โดยเฉพาะกรดไขมัน omega 3 ชนิด DHA (docosahexaenoic acid)

และ EPA (eicosapentaenoic acid) มีโปรตีน 60% ไขมัน 6.5% ไขมัน 6% และ เยื่อไย 0.3% เป็นที่นิยมและที่ต้องการของผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะเป็นอาหารธรรมชาติที่สำคัญในวงการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม เป็นห่วงโซ่อาหารที่สำคัญต่อระบบนิเวศของ แหล่งน้ำด้วย (Welch, 1952; บพิธ และ นันทพร, 2546) ระบบนิเวศน์ของไส้เดือนน้ำจะเป็นเหยื่อของสัตว์น้ำในระบบห่วงโซ่อาหาร รวมไปถึงช่วยบำบัดตะกอนดินของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำอีกด้วย (Brinkhurst, 1982) ไส้เดือนน้ำสามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความเน่าเสียของน้ำได้ดี โดยเฉพาะไส้เดือนน้ำวงศ์ Tubificidae สามารถใช้แสดงลักษณะสถานภาพทางอินทรีย์สารที่อุดมสมบูรณ์ของพื้นท้องน้ำโดยเฉพาะ *Branchiura sowerbyi* และ *Tubifex tubifex* เป็นชนิดที่แพร่กระจายในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมมากในระดับ 112.55-118.15 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีปริมาณซัลไฟด์รวมอยู่ในระดับ 0.14-0.19 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และอาศัยอยู่สภาพพื้นท้องน้ำที่เป็นลักษณะโคลนสีดำปนไปด้วยซากพืชซากและมีกลิ่นเหม็นได้ดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพของแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม (Heat, 1974; ธีระ, 2522; บังอร, 2539; บพิธ และ นันทพร, 2546; หทัยรัตน์, 2550) ไส้เดือนน้ำมีกระเพาะอาหารไปทางเดียวและสิ้นสุดที่ส่วนปลายของร่างกาย กินอาหารที่อยู่ในโคลนหรือเศษซากสารอินทรีย์เข้าไปสู่กระเพาะอาหารและย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น สามารถพองขนได้คล้ายกับขนจากผนังเซลล์ร่างกาย โดยปกติแล้วจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศซึ่งเกิดจากความสมบูรณ์ที่แปรผันตามฤดูกาลหรือเขตภูมิอากาศ ส่วนมากจะหยุดกินอาหารเมื่อโตเต็มที่ เพราะทางเดินอาหารจะเสื่อมและปากอาจจะปิด การออกไข่นั้นบางชนิดจะรวมส่วนหัวไว้ในปลอกไข่ ซีทีเป็นลักษณะเด่นในการแยกชนิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแยกตัว (fission) พบในการสืบพันธุ์ใน Naididae และ Aeolosomatidae ส่วน Enchytraeidae, Tubificidae และ Lumbriculidae ส่วนมากสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศทำให้ทนต่อสภาวะไม่เหมาะสม ไส้เดือนน้ำจืดเป็นกระเทย (hermaphroditic) อวัยวะสืบพันธุ์ เรียกว่า clitellum ซึ่งในไส้เดือนดินส่วนนี้จะบวมเห็นได้ชัดอยู่ประมาณหนึ่งในสามจากด้านหน้าของไส้เดือน ในไส้เดือนน้ำจืดอวัยวะนี้ไม่เด่นชัดยกเว้นในช่วงสืบพันธุ์ แม้ว่าเป็นกระเทยแต่มีการผสมข้ามพันธุ์ โดย clitellum ปล่อย cocoon ซึ่งภายในมีไข่ ไข่ที่ผ่านการปฏิสนธิจะถูกฟักเป็นตัวเต็มวัยขนาดเล็ก และไม่มีระยะตัวอ่อน (Clifford, 1991; บพิธ และ นันทพร, 2546) สัตว์หน้าดินจำพวกไส้เดือนน้ำมีการขยายแพร่พันธุ์ได้มากกว่าสัตว์กลุ่มอื่นๆ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์ในดินที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในทางด้อยลงเป็นระยะเวลานาน มีอินทรียสารเป็นอาหารของสัตว์หน้าดินสะสมในแหล่งน้ำมากขึ้น (Mclachlan and Cantrell, 1976) การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินสามารถบ่งชี้ถึงสภาพของแหล่งน้ำได้ โดยดูจากถิ่นอาศัยที่แตกต่างกันในคาดการณ์คุณภาพสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้นๆ เช่น วงศ์ Tubificidae สามารถแพร่กระจายได้ดีและอาศัยอยู่ในสภาพน้ำเน่าเสีย วงศ์ Thiaridae มักพบมากในสภาพพื้นที่ที่มีมลภาวะสูง Usinger (1968) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kathryn et al. (2004) ที่ว่าไส้เดือนน้ำ

วงศ์ Tubificidae และวงศ์ Thiaridae จะพบมากบริเวณพื้นที่กลางน้ำ หมายความว่าบริเวณกลางน้ำมีมลภาวะที่สูงกว่าบริเวณริมฝั่ง

ไส้เดือนน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเขตเหนือน้ำขึ้น หรืออยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง โดยขุดรูตื้นๆ ในดินชื้นๆ ที่มีสารอินทรีย์สูง บางส่วนอยู่ในน้ำจืดเรียกว่า ไส้เดือนน้ำจืด (aquatic oligochaete) มักมีขนาดเล็ก บางชนิดฝังตัวอยู่ในโคลนตม บางชนิดอาศัยเกาะอยู่ตามพืชน้ำ setae มีขนาดโตและยาว พบทั่วไปในน้ำจืด ตามบ่อ คูคลองต่างๆ ส่วนมากอยู่ปนกับเศษพืชเน่าเปื่อยหรือสาหร่ายสีเขียว บางชนิดสามารถสร้างท่อและอาศัยอยู่ในท่อ ส่วนใหญ่เป็น free living บางชนิดพบอยู่ในลำต้นหรือรากพืชที่แช่อยู่ในน้ำ (สุรินทร์, 2526) ไส้เดือนน้ำจืดส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และมีอวัยวะซีทีคล้ายเส้นขนเล็กๆ ทำหน้าที่ยึดเกาะชัดเจนกว่าไส้เดือนดิน มีการเคลื่อนที่มากกว่าไส้เดือนดิน มีการพัฒนาอวัยวะ sense organ ดีกว่า ส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณที่เป็นดินโคลนอ่อนๆ ไส้เดือนน้ำจืดถือได้ว่าเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของปลา ขนาดตัวของไส้เดือนน้ำจืด พบว่า ขนาด 1 มิลลิเมตร ได้แก่ *Aeolosoma* ขนาด 10–25 มิลลิเมตร ได้แก่ *Stylaria* ขนาด 5–10 มิลลิเมตร ได้แก่ *Dero* และความยาวปกติ 30-40 มิลลิเมตร ได้แก่ *Tubifex* ซึ่ง *Tubifex* เป็นโฮสต์ที่มีความสำคัญมากต่อวงจรชีวิตของ *Myxobolus cerebralis* ซึ่งเป็นพาราไซต์ที่ก่อให้เกิดโรคในปลาเรนโบว์เทร้าซ์ ในอเมริกาเหนือ (Hickman *et al*., 2006)

ลักษณะของชนิดที่ว่ายน้ำได้อิสระ (descriptions of free swimming species)

1. Aeolosomatidae มีลักษณะโปร่งใส ยาว 2-3 มิลลิเมตร ส่วนมากมีหยดน้ำมัน สีในตัว เคลื่อนที่โดยการลื่นไถล มีส่วนหัวขนาดใหญ่ enlarged ciliated prostomium (head section) พบแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง ส่วนมากอยู่ในน้ำจืด แต่สามารถพบได้บริเวณน้ำกร่อย พบได้ในบ่อ ทะเลสาบ แม่น้ำที่มีการทับถมของซากพืช อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของ *A. Hemprichi* และ *A. variegatum* อยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส และหยุดการสืบพันธุ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีรายงานว่ามีการใช้ *A. hemprichi* ในการลดตะกอน (Inamori et al., 1983) สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแยกตัวแตกหน่อทางขวาง (asexual transversal fission), paratomy รวมถึงการเกิดใหม่ของไส้เดือนน้ำจืดก่อนการแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยนำไปสู่ Zooids ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศพบได้ยาก กินเนื้อเยื่อพืช เศษซาก โปรโตรซัว แบคทีเรีย และสาหร่ายเป็นอาหาร (Kamemoto and Goodnight, 1956; Singer, 1978)

2. Naididae ส่วนมากไม่มีสีและโปร่งแสง (Stephenson, 1930) มีขนาดเล็กกว่า 1 เซนติเมตร (Learner et al., 1978) มีจุดสีที่ตา (Brinkhurst, 1971) เคลื่อนที่โดยการว่ายน้ำหรือคืบคลาน (Sperber, 1948) ส่วนมากพบในน้ำจืดทั้งแม่น้ำ ทะเลสาบ และปากแม่น้ำ รวมถึงน้ำกร่อย (Brinkhurst and Jamieson, 1971; Harper et al., 1981; Little, 1984) สามารถใช้ในการลดตะกอนได้ตามที่ Curds and Hawkes, 1975; Learner, 1979; Lochhead and Learner, 1983; Inamori et al., 1983; Ratsak, 1994; Kuniyasu et al., 1997; Ratsak, 2001; Wei et al., 2003; Wei and Liu, 2005

ได้เคยรายงานไว้ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการกินอาหารและการเจริญเติบโตคือ 20 องศาเซลเซียส (Petersen et al., 1998) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสส่วนมากตายหมด (Lochhead and Learner, 1983) กินแบคทีเรีย ซากพืช โปรโตรซัว และสาหร่าย (Harper et al., 1981; Petersen et al., 1998)

3. การเก็บตัวอย่าง, การระบุชนิด และการเก็บรักษา

ไส้เดือนน้ำจืดส่วนมากเก็บใช้ตาข่ายละเอียดช้อนไปใต้โคลนหรือเศษซาก Aeolosomatidae มีขนาดเล็ก ส่วนมากพบตามเศษซากที่อยู่ในน้ำนิ่ง Tubificidae และ Naididae พบได้ทั้งน้ำนิ่งและน้ำไหล Tubificidae บางครั้งพบตามทะเลสาบและลำธารที่สกปรก Enchytraeidae ส่วนมากอยู่ในดิน บางครั้งพบในน้ำ Lumbriculidae มีขนาดใหญ่มากและพบได้ง่ายในการเก็บตัวอย่างโดยใช้ตาข่าย พบในและบนเศษซากทั้งน้ำนิ่งและน้ำไหล ตัวอย่างขนาดเล็ก เช่น Aeolosomatidae และ Naididae วิธีระบุชนิดที่ดีที่สุดคือจากวัสดุที่อยู่อาศัย สิ่งที่ควรทำเป็นอย่างแรกในการเก็บตัวอย่าง คือ fixed ด้วย 5% ฟอร์มาลีนอย่างน้อยหนึ่งวัน หลังจากนั้นเก็บใน 70% แอลกอฮอล์ และตรวจสอบใน mounting media ชนิดต่างๆ สำหรับ mounting media ชั่วคราว Brinkhurst (1986) แนะนำ Amman's lactophenol ประกอบด้วย carbonic acid 400 กรัม lactic acid 400 มิลลิลิตร glycerol 800 มิลลิลิตร และน้ำ 400 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดในที่มืด (medium เป็นอันตราย ถ้าสูดดมหรือสัมผัสสารละลาย) หยด Amman's lacotphenol ลงบนสไลด์จากนั้นใส่ไส้เดือนน้ำจืดและใช้ coverslip ปิดทับ ไส้เดือนน้ำจืดบางชนิดสามารถแยกชนิดได้ทันที (Clifford, 1991)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำหนักแห้งของไส้เดือนน้ำจืดวัดหลังจากการอบแห้งตลอดคืนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยวัด % น้ำหนักแห้งต่อ % น้ำหนักเปียกของ Aeolosomatidae และ Naididae คือ 5-10% และ sessile Tubificidae 17% *L. variegates* 13% (Liang et al., 2006; Macmichael et al., 1988)

อนุสรณ์ (2523) ศึกษาสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบว่า การหาความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของปริมาณสัตว์หน้าดินกับเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารเป็นปฏิภาคผกผันกัน คือ ปริมาณสัตว์หน้าดินมีมากขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารลดลง และปริมาณสัตว์หน้าดินลดน้อยลงเมื่อเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารสูงขึ้น

จุมพล และ นิฏฐารัตน์ (2525) ศึกษากลุ่มประชากรสัตว์พื้นท้องน้ำในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน พบการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นและมวลชีวภาพของ *Nepthys capensis* สัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จึงสามารถใช้เป็นดัชนีบอกคุณภาพน้ำได้ รายงานการสำรวจสภาพนิเวศในแม่น้ำท่าจีนโดยกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2527–2528 พบสัตว์หน้าดินพวกไส้เดือนน้ำตลอดลำน้ำและพบมากช่วงล่างของแม่น้ำตั้งแต่ปากแม่น้ำถึงบริเวณสะพานบางเลน

วีระศักดิ์ (2543) ศึกษาความชุกชุมและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำในแม่น้ำท่าจีน พบว่า สัตว์พื้นท้องน้ำที่เป็นชนิดเด่น คือ สัตว์จำพวกไส้เดือนน้ำ ช่วงที่พบสัตว์พื้นท้องน้ำมากที่สุด คือ ช่วงฤดูหนาวโดยเฉพาะเดือนพฤศจิกายน

บุญยัง (2545) ศึกษาไส้เดือนน้ำจืดในแม่น้ำเพชรบุรี เพื่อหาคุณภาพน้ำและชนิดตะกอนของบริเวณเก็บตัวอย่าง จีนัส ลักษณะภายนอก การกระจาย ปริมาณ และแหล่งที่อยู่ของไส้เดือนน้ำจืดในแม่น้ำเพชรบุรี จำนวน 8 สถานีในเดือนกันยายน 2544 มกราคม 2545 และเมษายน 2545 พบว่า ส่วนใหญ่มีจีนัสและลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกับไส้เดือนน้ำจืดในอเมริกาเหนือ จีนัสแบรนเชียรา พบ 3 สพีชีส์ แต่ไม่สามารถบอกชื่อสพีชีส์ได้ เนื่องจากแนวทางวินิจฉัยมีรายละเอียดไม่เพียงพอ สพีชีส์มีซีทีขนและไม่มีซีทีขนอาจเป็นสพีชีส์เดียวกัน ทางเดินอาหารของสพีชีส์มีซีทีขนมีสีดำและมักพบในตะกอนที่มีขี้เถ้าแกลบปน เข้าใจว่าเม็ดสีดำในทางเดินอาหารคงเป็นขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าแกลบมีฤทธิ์เป็นด่างน่าจะทำให้สภาพความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนไป มีผลต่อการมีซีทีขนและไม่มีซีทีขน ส่วนจีนัสลิมโนไดรลัส มี 2 สพีชีส์ แต่ไม่สามารถบอกชื่อสพีชีส์ได้เนื่องจากข้อจำกัดของแนวทางวินิจฉัยเช่นกัน การศึกษาไส้เดือนน้ำจืดขนาดเล็กที่มีชีวิตอยู่ทำได้ยาก ไส้เดือนน้ำจืดอยู่ไม่นิ่ง การใช้เอทิลแอลกอฮอล์สลบสามารถช่วยได้บ้าง แต่ถ้าใช้เวลาตรวจนานเกินไปตัวไส้เดือนน้ำจืดจะแตกและไม่สามารถดูได้อีก เว้นแต่จะดูลักษณะของซีทีแต่ละอันซึ่งจะเห็นได้ดีขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นซีทีแบบใด คุณภาพน้ำบริเวณเก็บตัวอย่างมีความลึก 0.23-1.14 เมตร กระแสน้ำ 0.01-0.19 เมตรต่อวินาที ความโปร่งใส 0.83-0.99 เมตร น้ำหน้าตะกอนมีอุณหภูมิของน้ำ 25.7-31.2 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายน้ำ 3.38-5.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.28-7.60 ตะกอนเป็นกรวดปนทราย ทรายปนกรวด และทราย

ขวัญเรือน และคณะ (2553) ศึกษานิเวศวิทยาทางน้ำเพื่อกำหนดแนวทางการอนุรักษ์ประมงในพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่า หนองบงคาย จังหวัดเชียงราย และวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนิเวศวิทยาทางน้ำกับความอุดมสมบูรณ์ของลูกปลาวัยอ่อนเพื่อนำข้อมูลการศึกษามาใช้ในการวางแนวทางอนุรักษ์ประมง การศึกษาแบ่งเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงกลางฤดูฝนในเดือนสิงหาคม 2550 และช่วงปลายฤดูฝนในเดือนพฤศจิกายน 2550 มีผลการศึกษาดังนี้ คุณภาพน้ำโดยทั่วไปพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีความเหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตสัตว์น้ำ แต่พบมีปริมาณออกซิเจนละลายสูงเกินจุดอิ่มตัวในหลายพื้นที่ แสดงว่า แหล่งน้ำเริ่มเข้าสู่สภาพ Eutrophic องค์ประกอบประชากรแพลงก์ตอนในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีความอุดมสมบูรณ์และมีความหนาแน่นรวมสูง แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* เป็นสาหร่ายที่เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Eutrophic แพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่นที่พบอยู่ในกลุ่มโปรโตซัวและโคพีพอด ได้แก่ *Difflugia globulosa* และ *Copepod nauplius* ตามลำดับ องค์ประกอบประชากรสัตว์หน้าดินมีการผันแปรตามลักษณะพื้นท้องน้ำและปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ บริเวณที่มีปริมาณ

สัตว์หน้าดินสูงตลอดเวลา คือ จุดเก็บตัวอย่าง S1 ประชากรสัตว์หน้าดินส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไส้เดือนน้ำวงศ์ Tubificidae และตัวอ่อนริ้นน้ำจืด บ่งบอกถึงลักษณะสภาพพื้นท้องน้ำที่เริ่มเน่าเสีย พรรณไม้น้ำในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีความหนาแน่นของชนิดพันธุ์แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็นประเภทพืชชายน้ำ มีการกระจายตัวเป็นกลุ่ม อยู่ห่างจากชายฝั่งเป็นระยะปกคลุมพื้นที่ประมาณ 10–15 ตารางเมตร ลูกปลาในหนองบงคายมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ มีทั้งชนิดที่มีและไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ โดยกลุ่มที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจได้แก่ ปลานิลและปลาบู่ทราย และที่ไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ปลากริมและปลาแป้นแก้ว จุดที่พบมีความหนาแน่นลูกปลาโดยเฉลี่ยสูงกว่าจุดอื่น คือ จุดเก็บตัวอย่าง S1 ลูกปลาที่พบในเดือนสิงหาคมมีขนาดเล็กกว่าลูกปลาที่พบในช่วงเดือนพฤศจิกายน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลูกปลากับปัจจัยนิเวศวิทยาทางน้ำระบุว่า ปริมาณลูกปลามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสัตว์หน้าดินและกับพรรณไม้น้ำกลุ่มชายฝั่ง จากการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปในเบื้องต้นได้ว่า พื้นที่ชุ่มน้ำหนองบงคายบริเวณที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นแหล่งวางไข่และอนุบาลตัวอ่อนสัตว์น้ำมากที่สุด คือ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง S1 และฤดูที่ปลาแพร่พันธุ์วางไข่มากในหนองน้ำจะอยู่ในช่วงกลางฤดูฝนตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงตุลาคมโดยประมาณ บริเวณและช่วงเวลาดังกล่าวจึงควรได้รับการกำหนดให้เป็นพื้นที่อนุรักษ์ประมงเพื่อปกป้องกิจกรรมการแพร่พันธุ์วางไข่ของปลา

ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย เช่น คุณสมบัติของน้ำ แร่ธาตุในพื้นท้องน้ำ สัตว์หน้าดินส่วนใหญ่อาศัยอย่างชุกชุมในบริเวณที่น้ำใสสะอาดปราศจากสิ่งเน่าเสีย ยกเว้นบางชนิดเท่านั้นที่สามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เน่าเสียได้ (สิริ และคณะ, 2519) ดัชนีความหลากหลายของสัตว์พื้นท้องน้ำ (Species Diversity Index) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของสัตว์ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ที่สภาพแวดล้อมเหมาะสมค่าดัชนีจะสูง แสดงถึงสภาพแวดล้อมนั้นๆ มีสัตว์อาศัยอยู่มากชนิด แต่ละชนิดมีจำนวนใกล้เคียงกัน ที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมหรือสภาพน้ำเน่าเสียค่าดัชนีจะต่ำ แสดงว่าในสภาพแวดล้อมนั้นมีสัตว์พื้นท้องน้ำอาศัยอยู่ในปริมาณน้อยและปริมาณของสัตว์แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันมาก (บังอร, 2539) ดัชนีความคล้ายคลึงของสัตว์หน้าดิน (Similarity Index) เป็นเรื่องที่ศึกษากันมากในสังคมของสิ่งมีชีวิต เป็นการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ 2 บริเวณ เพื่อดูว่ากลุ่มของสัตว์หน้าดินที่พบทั้งสองบริเวณมีความคล้ายคลึงกันหรือไม่อย่างไร ถ้าไม่มีการวิเคราะห์อาจบอกได้ไม่ชัดเจนว่าสังคมเหล่านั้นแตกต่างกันหรือคล้ายกัน โดยทั่วไปค่าดัชนีความคล้ายคลึงจะมีค่าสูงเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน (Tudorancea *et al.*, 1979) ค่าดัชนีความหลากหลายบ่งชี้ถึงความผันแปรของสภาพภูมิอากาศในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวมีการเปลี่ยนแปลงของอากาศเป็น 4 ฤดูอย่างชัดเจน ค่าดัชนีความหลากหลายในเขตนี้จึงมีค่าน้อยในขณะที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีภูมิอากาศที่ค่อนข้างคงที่และมีค่าความผันแปรของชนิดสูงเพราะพืชและสัตว์ไม่ต้องมีการปรับตัวต่ออุณหภูมิอากาศจึงมีโอกาสพัฒนาชนิดใหม่ขึ้นมาได้ ค่าดัชนีความหลากหลายสามารถบ่งชี้

ถึงอายุของสังคมนั้นๆ ในสังคมที่มีอายุมากจำนวนชนิดจะมีมาก เมื่อเทียบกับสังคมเกิดใหม่สิ่งมีชีวิตจะค่อยๆ เพิ่มจำนวนชนิดมากขึ้น (หทัยรัตน์, 2550) ค่าดัชนีความหลากหลายของสังคมที่มีอายุเก่าแก่จะมีค่าสูงกว่าสังคมที่เกิดขึ้นใหม่ ค่าดัชนีความหลากหลายยังบ่งชี้ถึงสภาวะการแก่งแย่งและการล่าในสังคมที่มีการแก่งแย่งและการล่าสูงมีการพัฒนาชนิดพืชหรือสัตว์ใหม่ๆ เพื่อการแข่งขันหรือการอยู่รอด ฉะนั้นสังคมใดมีการแก่งแย่งหรือการล่ามากจะมีค่าดัชนีความหลากหลายสูง (ธีระ, 2535) ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index) แสดงให้เห็นลักษณะการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในประชาคมโดยพิจารณาจำนวนตัวของสัตว์แต่ละชนิดที่พบในตัวอย่างหรือประชาคมนั้นๆ ซึ่งถ้าค่าความสม่ำเสมอมีค่าสูง อาจสรุปได้ว่ามีความหลากหลายทางชนิดสูงด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสภาวะแวดล้อมนั้น (จิตติมา, 2544)

Whitney (1942) ศึกษาระบบเมทาบอลิซึมของไส้เดือนน้ำจืดโดยดูจากแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีผลต่อขนาดของตัว อัตราการหายใจ การดึงเอาออกซิเจนมาใช้ของไส้เดือน พบว่าไส้เดือนน้ำจืดที่มีขนาดเล็กจะมีการดึงเอาออกซิเจนมาใช้ในระบบเมตาบอลิซึมมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ เช่น *Polycelis mgra*

Moore (1978) รายงานว่า องค์ประกอบของลำไส้ไส้เดือนน้ำจืด Tubificid ประกอบด้วยเศษอินทรีย์ (detritus) และแบคทีเรีย โดยส่วนใหญ่จะกินตะกอนดินเข้าไป หลังจากนั้นเกิดการย่อยตะกอนดินเหล่านั้นโดยแบคทีเรีย มีการคิดค้นการนำเอาไส้เดือนน้ำมาใช้ประโยชน์เพื่อเปลี่ยนของเสียให้กลายมาเป็นแหล่งโปรตีนและสารอาหารได้ นอกจากจะนำมาเป็นอาหารให้แก่ปลาแล้ว ยังพบว่าไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในหลายประเทศมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำอินทรีย์

Marian and Pandian (1984) รายงานว่า เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีนักวิจัยทำการศึกษาการเพิ่มโปรตีนเข้าไปในส่วนผสมของอาหารในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์น้ำ และนักวิจัยได้พัฒนาสูตรการผลิตอาหารโดยมุ่งเป้าไปที่การใช้ไส้เดือนน้ำเข้ามา เนื่องจากไส้เดือนน้ำมีสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ โดยจะใช้ไส้เดือนน้ำที่มีการแพร่กระจายในแหล่งน้ำจืด เช่น ไส้เดือนน้ำจืดจำพวก *Tubifex* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Enchytraeus* sp. สามารถใช้เป็นอาหารเสริมหรืออาหารพิเศษสำหรับใช้เลี้ยงปลาหรือกุ้งได้

Marian *et al.* (1989) ได้พัฒนาเทคนิคการเลี้ยง *Tubifex tubifex* โดยใช้มูลวัว 18 กรัม น้ำ 38 ลิตร เพื่อผลิตไส้เดือน 1 กรัม ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิต โดยทำการพัฒนาระบบการเลี้ยงแบบเป็นชั้น (rack culture system) ใช้ตู้กระจก 36 ตู้ มีระบบน้ำหมุนเวียนตลอดเวลา มีการกรองตกตะกอน และให้อากาศ การไหลผ่านของน้ำที่ช้าช่วยลดการสูญเสียของมูลวัว ได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้สามารถผลิตไส้เดือนน้ำได้ในจำนวนที่มากและมีราคาที่สูง

Anschutz et al. (2012) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีภาพของตะกอนดินที่มีผลต่อสัตว์หน้าดินที่ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด หลังจากที่มีการรบกวนตะกอนดินจะพบกลุ่มของไส้เดือนน้ำจืด tubificid

worms ไส้เดือนน้ำจืดจะกินตะกอนดินเหล่านี้ ความถี่ของการรบกวนตะกอนดินในการทดลองจะใช้การตามรอยของแสงฟูออเรสเซนต์ โดยไส้เดือนน้ำจืด Tubificids จะดึงเอาออกซิเจนจากบริเวณน้ำใต้ท้องน้ำ ดังนั้นตะกอนดินข้างใต้ท้องน้ำจึงอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anoxic) ความเข้มข้นของแอมโมเนียและแมงกานีสในตะกอนดินต่ำส่งผลให้เกิดการแย่งอินทรีย์คาร์บอนของไส้เดือนน้ำจืด tubificids จึงทำให้ไส้เดือนน้ำจืดชนิดนี้พบมาก เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

Behrend *et al.* (2012) ใช้กลุ่ม oligochaete เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยได้มีการสำรวจอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ พบว่าในแม่น้ำ หรืออ่างเก็บน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์ค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็นค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ พื้นท้องน้ำ หรือกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลานั้นจะพบความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดวงศ์ Tubificidae และสกุล *Dero* (Naididae) โดยผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการใช้ไส้เดือนกลุ่ม oligochaete สามารถนำมาใช้ในการทำนายถึงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในแม่น้ำได้

Vineetha and Maheswarudu (2013) รายงานว่า ไส้เดือนน้ำสามารถช่วยกระตุ้นฮอร์โมนโพรสทาแกรนดินและกระตุ้นอวัยวะเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์น้ำโดยเฉพาะกลุ่มครัสตาเชียนให้มีความสมบูรณ์เพศได้ โดยมีการรายงานว่า มีการนำเอาไส้เดือนน้ำ *Pontodrilus bermudensis* มาใช้เป็นอาหารของกุ้งกุลาดำ ช่วยกระตุ้นรังไข่ให้มีความสมบูรณ์ กระตุ้นการวางไข่ได้ ซึ่งไส้เดือนน้ำสามารถนำมาเป็นแหล่งอาหารโปรตีนทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนปลาป่นในอาหารสำเร็จรูปได้

Lucai *et al* (2016) ศึกษาการเติมไส้เดือนน้ำเข้าไปในระบบการบำบัดน้ำเสียสามารถช่วยลดกากตะกอนภายในระบบได้ ระดับการให้อากาศเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษานี้ตรวจสอบกระบวนการของการลดกากตะกอนในพื้นที่ใช้ไส้เดือนน้ำ โดยมีการให้อากาศที่แตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียแบบทั่วไปและการบำบัดโดยใช้ไส้เดือนน้ำ พบว่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (DO) แนะนำ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการกำจัดของความต้องการออกซิเจนทางเคมียังคงต่อเนื่องที่ระดับ 80% เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่อัตราการกำจัดแอมโมเนีย ไนโตรเจนเพิ่มระดับปานกลาง โดยปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ (DO) จะเพิ่มขึ้นถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการลดของกากตะกอนลดลงและต้องใช้พลังงานมากขึ้น ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และพลังงาน 0.19 กิโลวัตต์ต่อน้ำ 1 ตัน จะสามารถลดของเสียที่เป็นตะกอนและของเหลวได้ถึง 60.0% และ 45.7% ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำอยู่ที่ 0.150 กรัมต่อวัน ในระยะที่ทำการทดสอบ 17 วัน สรุปได้ว่าในระบบการให้อากาศ การใช้ไส้เดือนน้ำสามารถช่วยลดของเสียที่เป็นกากตะกอนได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

เทคโนโลยีทางชีวภาพสำหรับขบวนการกำจัดของเสียประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ทางทฤษฎีเป็นการใช้ประโยชน์ของห่วงโซ่อาหารในธรรมชาติ ใช้ไส้เดือนน้ำจืดในการลดตะกอนของเสีย โดย

ไส้เดือนน้ำจืดใช้เป็นแหล่งอาหารและเจริญเติบโตบนตะกอนของเสีย ทำให้สามารถลดปริมาณตะกอน ในปัจจุบันไม่มีระบบ full-scale ในการลดตะกอนด้วยไส้เดือนน้ำจืด (หรืออาจมีแต่ยังไม่มีการตีพิมพ์) งานวิจัยส่วนใหญ่ในการลดตะกอนโดยใช้ไส้เดือนน้ำจืดพบในประเทศจีน สรุปว่า ไส้เดือนน้ำย่อยตะกอนของเสียทำให้ลด TSS (Total Suspended Solid) และลดปริมาณ SVI (Sludge Volume Index) (Wei et al., 2003; Wei and Liu, 2005; Liang et al., 2006) จากการทดลองการบำบัดของเสียแบบ full-scale พบว่า การเจริญเติบโตของไส้เดือนไม่คงที่ เนื่องจากไม่รู้สภาพที่เหมาะสม, พื้นที่ผิวยึดเกาะ (reactor), อากาศที่ใส่เข้าไป (extra energy input เช่น aeration) และโลหะหนักที่อยู่ในตะกอนของเสีย (Ratsak and Verkuijlen, 2006) ดังนั้น จุดวิกฤตของงานวิจัยการลดตะกอนของเสียโดยใช้ไส้เดือนน้ำมีหลายปัจจัย เช่น อัตราส่วนของไส้เดือนน้ำต่อตะกอน, การเพิ่มการย่อยตะกอน, ความเข้มข้นของออกซิเจนหรืออุณหภูมิ, การสะสมตะกอนใน พื้นที่ผิวยึดเกาะ (reactor), วัสดุตัวพา (carrier materials) ตั้งแต่ปี 2001 เป็นต้นมา นักวิจัยมุ่งเน้นไปยัง sessile species *Lumbriculus variegates* เพราะว่าชนิดนี้สามารถลดตะกอนได้คงที่มาก และมีการเจริญเติบโตมากกว่าครอบครัวอื่น

บทที่ 3
อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ และอุปกรณ์

1. การเก็บรวบรวม เก็บรักษาและแยกชนิดไส้เดือนน้ำจืด

    1.1 Ekman dredgeขนาด 15×15 เซนติเมตร

    1.2 ตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 40 ขนาดช่องตา 480 ไมครอน

    1.3 ขวดเก็บตัวอย่าง

    1.4 4% formalin

    1.5 70% alcohol

    1.6 30% alcohol

    1.7 Amman's lactophenol ประกอบด้วย

1.7.1 Carbolic acid	400 g
1.7.2 Lactic acid	400 ml
1.7.3 Glycerol	800 ml
1.7.4 Water	400 ml

    1.8 แผ่นสไลด์

    1.9 แผ่นปิดสไลด์

    1.10 คีมคีบตัวอย่าง

    1.11 ถาดอลูมิเนียม

    1.12 stereoscopic microscope

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

    2.1 Thermometer

    2.2 pH meter, HACH model sension 378

    2.3 Spectrophotometer, HACH model DR/400 V

    2.4 เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง

    2.5 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)

    2.6 เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

    2.7 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ

3. การวิเคราะห์คุณภาพดิน

3.1 Colorimeter

3.2 Spectrophotometer

3.3 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ

4. การศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด

4.1 รางพลาสติก ขนาด 15×75×15 เซนติเมตร

4.2 เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง

4.3 ไส้เดือนน้ำจืด

4.4 อาหารทดลอง ได้แก่ ปลาบดละเอียด, ผักที่เน่าเปื่อย, ยีสต์ และ เจลลี่

4.5 ถังพลาสติกสีดำ ขนาด 10 ลิตร

4.6 อุปกรณ์กรอง ได้แก่ ไบโอบอล, ใยแก้ว, หินภูเขาไฟ

4.7 ปั๊มน้ำ

5. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไส้เดือนน้ำจืดมากำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

5.1 กล่องพลาสติกทึบ ขนาด 47×66×34 เซนติเมตร

5.2 ปลาดุก

5.3 ไส้เดือนน้ำจืด

5.4 อาหารสำเร็จรูปโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

5.5 เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง

5.6 electronic digital caliper ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.7 ถังพลาสติกสีดำ ขนาด 10 ลิตร

5.8 อุปกรณ์กรอง ได้แก่ ไบโอบอล, ใยแก้ว, หินภูเขาไฟ

5.9 ปั๊มน้ำ

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาการจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่พบในประเทศไทยบางส่วนโดยลักษณะทางภายนอก

1.1 แหล่งที่มาของตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืด

1.1.1 ร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลาง

1.1.2 ลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

1.2 วิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืด

1.2.1 นำตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดที่ซื้อมาจากร้านในเขตภาคกลาง มาล้างทำความสะอาดโดยการเปิดน้ำไหลผ่านตลอดและคอยพลิกกลับไส้เดือนน้ำจืดที่เกาะกลุ่มกันเป็นก้อนเพื่อให้ตะกอนสิ่งสกปรกที่อยู่ด้านใต้หลุดออกมา จากนั้นนำตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดที่แยกได้มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้น 4% และทำการเก็บรักษาตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดในเอธานอล 70% เพื่อรอการจำแนกชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืดต่อไป

1.2.2 ทำการเก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดบริเวณลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะแหล่งน้ำเป็นลำเหมืองสาธารณะที่ไหลผ่านโรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้า และชุมชน กระแสน้ำไหลไม่แรง มีการตกตะกอนสูง และมีไส้เดือนน้ำจืดอาศัยอยู่ โดยใช้ที่ตักปลาที่มีตาข่ายละเอียดตักผ่านชั้นดินโคลน นำตัวอย่างที่ได้มาล้างทำความสะอาดโดยการเปิดน้ำไหลผ่านตลอดและคอยกลับพลิกไส้เดือนน้ำจืดที่เกาะกลุ่มกันเป็นก้อนเพื่อให้ตะกอน สิ่งสกปรกที่อยู่ด้านใต้หลุดออกมาจากนั้นนำตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดที่แยกได้มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้น 4% และทำการเก็บรักษาตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดในเอธานอล 70% เพื่อรอการจำแนกชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืดต่อไป เมื่อจะจำแนกชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืด ให้นำตัวอย่างย้ายมาใส่ในเอธานอล 30% และล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นสุ่มเลือกไส้เดือนน้ำจืดมาวางบนสไลด์พร้อมกับหยด Amman's lactophenol 2-3 หยด ซึ่งเตรียมโดยใช้ carbolic acid 400 กรัม, lactic acid 400 มิลลิกรัม, glycerol 800 มิลลิกรัม และน้ำ 400 มิลลิกรัม ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ ปล่อยไว้ 2-3 ชั่วโมง กดบนแผ่นปิดสไลด์เบาๆ เพื่อให้เห็นรายละเอียดชัดขึ้น และจำแนกชนิดและปริมาณของไส้เดือนน้ำจืดตามวิธีของ Edmonson (1963) และ Brinkhurst (1971) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป

1.3 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินบริเวณที่เก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดบริเวณลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ที่ตักปลาที่มีตาข่ายละเอียดตักผ่านชั้นดินโคลน ใส่ถุงพลาสติก แล้วแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาหาค่าปริมาณความเป็นกรดเป็นด่างในดิน (pH) สารอินทรีย์รวม (Organic matter) ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ (Available-P) ไนโตรเจนรวม

(Total Nitrogen) โพแทสเซี่ยม (Extractable forms potassium) ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.4 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดบริเวณลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาหาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และแอมโมเนียรวม ณ ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืดที่พบในแต่ละแหล่ง ใช้ค่าเฉลี่ยและร้อยละ รวมทั้งทำการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืดที่พบในแต่ละแหล่ง

2. การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่

2.1 การเก็บ แยกชนิด และวิเคราะห์ไส้เดือนน้ำจืด

สุ่มเก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดด้วยเครื่องมือ Ekman dredge ขนาด 15×15 เซนติเมตร บริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นลำเหมืองสาธารณะที่ไหลผ่านโรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้า และชุมชน กระแสน้ำไหลไม่แรง มีการตกตะกอนสูง และมีไส้เดือนน้ำจืดอาศัยอยู่ เก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดทั้งหมด 3 จุดสำรวจๆ ละ 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่าง 3 ฤดูกาล (เดือน) ในเดือนมีนาคม 2557, กรกฎาคม 2557 และพฤศจิกายน 2556 ซึ่งใช้เดือนเป็นตัวแทนของฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ ในแต่ละครั้งจะนำตัวอย่างที่ได้มาผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 40 ขนาดช่องตา 480 ไมครอน ล้างทำความสะอาดโดยการเปิดน้ำไหลผ่านตลอด คอยกลับพลิกไส้เดือนน้ำจืดที่เกาะกลุ่มกันเป็นก้อนเพื่อให้ตะกอนสิ่งสกปรกที่อยู่ด้านใต้หลุดออกมา จากนั้นนำตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดที่ได้มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้น 4% และเก็บรักษาตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดในเอธานอล 70% เพื่อรอการจำแนกชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืด เมื่อจะจำแนกชนิดและปริมาณไส้เดือนน้ำจืดให้นำตัวอย่างมาใส่ในเอธานอล 30% ล้างด้วยน้ำสะอาด สุ่มเลือกไส้เดือนน้ำจืดมาวางบนสไลด์พร้อมกับหยด Amman's lactophenol 2-3 หยด เตรียมโดย carbolic acid 400 กรัม, lactic acid 400 มิลลิกรัม, glycerol 800 มิลลิกรัม และน้ำ 400 มิลลิกรัม ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ ปล่อยไว้ 2-3 ชั่วโมง กดบนแผ่นปิดสไลด์เบาๆ เพื่อให้เห็นรายละเอียดชัดขึ้น และจำแนกชนิดและปริมาณของไส้เดือนน้ำจืดตามวิธีของ Edmonson (1963) และ Brinkhurst (1971) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป

2.2 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินบริเวณที่เก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดโดยใช้ gravity core sampler จากนั้นตัดดินออกเป็นชั้น 1 ชั้น โดยใช้ cut plate ซึ่งมีระดับความลึก 2 เซนติเมตร ใส่ถุงพลาสติก แล้วแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาหาค่าปริมาณความเป็นกรดเป็นด่างในดิน (pH) สารอินทรีย์รวม (Organic matter) ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ (Available-P) ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) โพแทสเซียม (Extractable forms potassium) ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.3 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืด เพื่อนำมาหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง และแอมโมเนียรวม ณ ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของไส้เดือนน้ำจืดโดยนับจำนวนตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืดแต่ละชนิดของแต่ละจุดสำรวจๆ ละ 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่าง 3 ฤดูกาล (เดือน) ในเดือนมีนาคม 2557, กรกฎาคม 2557 และพฤศจิกายน 2556 ซึ่งใช้เดือนเป็นตัวแทนของฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ เก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยในหน่วยของจำนวนต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และคิดเปอร์เซ็นต์ของไส้เดือนน้ำจืดแต่ละชนิดในแต่ละจุดสำรวจ

2.4.2 ดัชนีความมากชนิดหรือดัชนีความชุกชุม (species richness หรือ richness index) เป็นค่าบ่งชี้ความหลากหลายของสกุลไส้เดือนน้ำจืดที่พบในแต่ละจุดสำรวจและฤดูกาลที่สำรวจ พื้นฐานการคำนวณจากจำนวนสกุลที่พบทั้งหมด โดยใช้การคำนวณค่าดัชนีความมากชนิดตามวิธีการของ Margalef index (Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Wawick, 1994) โดยมีสูตรดังนี้

$$R = \frac{S-1}{\ln(n)}$$

โดย R = ค่าดัชนีความมากชนิด

n = จำนวนตัวทั้งหมดที่พบ

S = จำนวนสกุลทั้งหมดที่พบ

ln = natural logarithm

2.4.3 ดัชนีความหลากหลาย (diversity index) เป็นค่าดัชนีที่ใช้บ่งชี้ระดับความหลากหลายหรือความแตกต่างกันของไส้เดือนน้ำจืดที่พบและบ่งบอกคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำทั้งภายในจุดสำรวจและโดยรวมของแหล่งน้ำ ใช้วิธีการคำนวณตามสูตรของ Shanon-Weiner Diversity Index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke Warwick, 1994) ดังนี้

$$H = -\sum (i=1 \longrightarrow n)(p_i \log_2 p_i)$$

โดย H = ค่าดัชนีความหลากหลาย

pi = สัดส่วนของจำนวนไส้เดือนน้ำจืดสกุลที่ i ต่อจำนวนทั้งหมดในตัวอย่าง

2.4.4 ดัชนีความเท่าเทียม (evenness index หรือ equitability index) เป็นค่าที่บอกการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดแต่ละสกุลของแต่ละจุดสำรวจและฤดูกาลที่สำรวจ ถ้ามีค่าสูง แสดงว่าจุดสำรวจและฤดูกาลที่สำรวจประกอบด้วยไส้เดือนน้ำจืดที่มีจำนวนใกล้เคียงและมีการกระจายที่เหมือนกัน การศึกษาครั้งนี้ใช้การคำนวณค่าดัชนีความเท่าเทียมตามวิธีการของ Pielou index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Warwick, 1994) โดยมีสูตรดังนี้

$$E = \frac{H}{\ln (S)}$$

หรือ

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

$$H_{max} = \ln (S)$$

โดย E = ค่าดัชนีความเท่าเทียม

H = ค่าดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนสกุลที่พบ ณ จุดสำรวจนั้น

H_{max} = ค่าดัชนีความหลากหลายที่จะมีค่าได้มากที่สุดของแต่ละจุดสำรวจจากการพบจำนวนของไส้เดือนน้ำจืดในแต่ละสกุล

2.4.5 การกระจายของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดโดยวิธี Ranked species abundance curve

เป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการกระจายของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดด้วยการเปรียบเทียบลักษณะเส้นกราฟความชุกชุมของไส้เดือนน้ำจืดในแต่ละจุดสำรวจและฤดูกาลสำรวจตามวิธี species abundance distribution (Clarke and Warwick, 1994) โดยการเปรียบเทียบลักษณะเส้นกราฟที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละสะสมของปริมาณไส้เดือนน้ำจืดในสกุลที่พบมากกับการเรียงลำดับในมาตราส่วน logarithm ของสกุลที่พบจากมากไปน้อยขององค์ประกอบชนิดไส้เดือนน้ำจืดนั้นๆ ในแต่ละจุดสำรวจ

2.4.6 ดัชนีความคล้ายคลึงและความสัมพันธ์ของสกุลไส้เดือนน้ำจืด

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PRIMER (Plymouth Routine in Multivariate Ecological Research) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาความเหมือนกันหรือแตกต่างกันของสกุลไส้เดือนน้ำจืดที่พบในจุดสำรวจที่ต่างกันและฤดูกาลสำรวจต่างกัน การคำนวณค่าดัชนีจากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของ Bray-Curtis (Ludwig and Reynolds, 1986; Clarke and Warwick, 1994) ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$S_{(jk)} = 100\left\{1 - \frac{\sum\ (i = 1...n)\,|Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum\ (i = 1...n)(Y_{ij} + Y_{ik})}\right\}$$

โดย S = ดัชนีความคล้ายคลึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 (ถ้า S = 0 แสดงว่าที่จุดสำรวจที่นำมาเปรียบเทียบกันมีตัวอย่างที่ไม่เหมือนกันเลย)

i = สกุลไส้เดือนน้ำจืดที่พบในจุดสำรวจที่เปรียบเทียบกัน (i = 1...n)

j = จำนวนไส้เดือนน้ำจืดสกุล i ที่พบในตัวอย่างที่จุดสำรวจ j

k = จำนวนไส้เดือนน้ำจืดสกุล i ที่พบในตัวอย่างที่จุดสำรวจ k

$S_{(jk)}$ = การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างจุดสำรวจที่ j และ k

2.4.7 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดด้วยวิธี cluster analysis

เป็นวิธีวิเคราะห์สถิติแบบ multivariate โดยจำแนกและแสดงลักษณะการจัดกลุ่มความหลากหลายและความชุกชุมของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบมีพื้นฐานการคำนวณและการเปรียบเทียบจากค่า Bray-Curtis similarity index ของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดนั้นๆ ที่พบในแต่ละจุดสำรวจและเดือนสำรวจ ก่อนการคำนวณข้อมูลบางค่าได้แปลงข้อมูลด้วยวิธีรากที่สองเพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายเท่าเทียมกัน ผลการวิเคราะห์นำเสนอโดยภาพ dendrogram หรือ tree diagram ซึ่งมีระดับการจัดกลุ่มแบบ hierarchical clustering ด้วยค่า Bray-Curtis similarity ที่ระดับต่างๆ กัน (Clarke and Warwick, 1994)

2.4.8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดด้วยวิธี MDS

เป็นวิธีวิเคราะห์สถิติแบบ multivariate เพื่อใช้แสดงลักษณะการกระจายของข้อมูลด้วยภาพ 2 มิติ จากการเปรียบเทียบความหลากหลายและความชุกชุมของประชาคมไส้เดือนน้ำจืด ใช้พื้นฐานการคำนวณและการเปรียบเทียบจากค่า Bray-Curtis similarity index ของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดที่พบในแต่ละจุดสำรวจและเดือนที่สำรวจ ก่อนการคำนวณมีการแปลงข้อมูลด้วยวิธีรากที่สอง เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายเท่าเทียมกัน ภาพการกระจายที่ได้มีระยะความใกล้ไกลของแต่ละคู่จุดสำรวจ ซึ่งบ่งบอกระดับความคล้ายคลึงกันว่ามีอยู่มากหรือน้อย ตำแหน่งของคู่ที่อยู่ใกล้มีความคล้ายคลึงกันมากกว่าตำแหน่งของคู่ที่อยู่ไกลออกไป และมีค่า stress value ที่เป็นตัวบ่งชี้ระดับความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ว่ามีความน่าเชื่อถือเท่าไร โดยทั่วไปถ้าค่า stress<0.05 ภาพการวิเคราะห์ที่ได้มีความแม่นยำสูงมากและมีความน่าเชื่อถืออย่างยิ่ง ถ้าค่า stress<0.10 ภาพการวิเคราะห์ที่ได้มีความแม่นยำสูงและมีความน่าเชื่อถือไม่ทำให้แปลผลผิดพลาด ถ้าค่า stress<0.20 ภาพการวิเคราะห์ที่ได้ยังมีความแม่นยำอยู่และยังมีศักยภาพในการนำไปใช้ ค่า stress>0.20 ภาพการวิเคราะห์ที่ได้แสดงความแม่นยำน้อย จุดต่างๆ ที่แสดงมีระดับความน่าเชื่อถือต่ำ

2.4.9 การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดแต่ละสกุลด้วยวิธี similarity percentage (simper analysis)

เป็นการเปรียบเทียบระดับค่าความคล้ายคลึงกันของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดของพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดระหว่างพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้การเปรียบเทียบค่า average similarity และ average dissimilarity ของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างของแต่ละกลุ่มข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์และคำนวณต่อเพื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายความคล้ายคลึง และค่าความแตกต่างกันตามจำนวนชนิดสิ่งมีชีวิตที่พบว่ามีความคล้ายคลึง หรือแตกต่างของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดในแต่ละคู่พื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา

3. การศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด

3.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replication) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยปลาบดละเอียด

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยผักที่เน่าเปื่อย

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยยีสต์

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยเจลลี่

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 ทดลองเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดในรางพลาสติก ขนาด 15×75×15 เซนติเมตร มีดินสูง 1 เซนติเมตร จากพื้นราง น้ำสูง 10 เซนติเมตร น้ำไหลผ่านตลอดในระบบน้ำหมุนเวียน ใช้ถังพลาสติกสีดำ ขนาด 10 ลิตรทำเป็นถังกรองแล้วใช้ไบโอบอล ใยแก้ว และหินภูเขาไฟเป็นวัสดุกรอง ใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำเพื่อทำเป็นระบบน้ำหมุนเวียน

3.2.2 ไส้เดือนน้ำจืดที่ใช้ในการทดลองซื้อมาจากร้านในเขตภาคกลาง มาล้างทำความสะอาดโดยการเปิดน้ำไหลผ่านตลอดและคอยพลิกกลับไส้เดือนน้ำจืดที่เกาะกลุ่มกันเป็นก้อนเพื่อให้ตะกอนสิ่งสกปรกที่อยู่ด้านใต้หลุดออกมา คัดเลือกเฉพาะไส้เดือนน้ำจืดที่สะอาดนำมาใช้ในการทดลอง ใส่ไส้เดือนน้ำจืดชุดการทดลองละ 50 กรัม (น้ำหนักเปียก) ในแต่ละราง ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (08.00 น. และ 16.00 น.) ขณะให้อาหารปิดระบบน้ำหมุนเวียน

3.2.3 ชั่งน้ำหนักรวมไส้เดือนน้ำจืดทุกสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อดูการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกวัน (ออกซิเจนที่ละลายในน้ำและอุณหภูมิ) และทุกสัปดาห์ (ความเป็นกรดเป็นด่าง, ความเป็นด่าง และแอมโมเนียรวม)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักมาทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน one way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan new's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 17.0

4. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไส้เดือนน้ำจืดมากำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

4.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replication) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาดุกอย่างเดียว

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาดุกและใส่ไส้เดือนน้ำจืด 300 กรัม

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาดุกและใส่ไส้เดือนน้ำจืด 450 กรัม

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงปลาดุกและใส่ไส้เดือนน้ำจืด 600 กรัม

4.2 วิธีดำเนินการทดลอง

4.2.1 ทดลองเลี้ยงปลาดุกในกล่องพลาสติกทึบขนาด 47×66×34 เซนติเมตร จำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลา จากพื้นกล่องมีดินสูง 5 เซนติเมตร ใส่น้ำสูง 20 เซนติเมตร น้ำไหลผ่านตลอดในระบบน้ำหมุนเวียน

4.2.2 ปลาดุกที่ใช้ในการทดลองมีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกันประมาณ 3 นิ้ว เลี้ยงในกล่องพลาสติกทึบขนาด 47×66×34 เซนติเมตร ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) ตามแผนการทดลองที่กำหนด ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 น. และเวลา 16.00 น. ขณะให้อาหารปิดระบบน้ำหมุนเวียน

4.2.3 ไส้เดือนน้ำจืดที่ใช้ในการทดลองซื้อมาจากร้านในเขตภาคกลาง มาล้างทำความสะอาดโดยการเปิดน้ำไหลผ่านตลอดและคอยพลิกกลับไส้เดือนน้ำจืดที่เกาะกลุ่มกันเป็นก้อนเพื่อให้ตะกอนสิ่งสกปรกที่อยู่ด้านใต้หลุดออกมา คัดเฉพาะไส้เดือนน้ำจืดที่สะอาดนำมาใช้ทดลอง ใส่ไส้เดือนน้ำจืดตามแผนการทดลอง ทำตะแกรงกั้นเหนือพื้นกล่องประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้ปลาดุกมุดลงไปกินไส้เดือนน้ำจืดและเลี้ยงร่วมกับปลาดุกจนครบ 12 สัปดาห์

4.2.4 เติมอากาศอยู่ตลอดเวลาเพื่อรักษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำให้อยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระหว่างการเลี้ยง และศึกษาคุณสมบัติของน้ำในระหว่างการทดลอง ดังนี้

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุกวัน เวลา 08.00 น. โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen) ใช้วิธีไตเตรท หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดยไมตรีและจารุวรรณ (2528) และอุณหภูมิ (temperature) ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุก 2 สัปดาห์ เวลา 08.00 น. โดยความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ใช้ pH meter ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 991001 ความกระด้าง (hardness) และความเป็นด่าง (alkalinity) ใช้วิธีไตเตรท หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดย

ไมตรีและจารุวรรณ (2528) ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ไนเตรต และ ฟอสเฟต วัดโดยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ HACH รุ่น DR/2000V หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2.5 เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มต้นการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำมาหาค่าปริมาณความเป็นกรดเป็นด่างในดิน (pH) สารอินทรีย์รวม (Organic matter) ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ (Available-P) ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) โพแทสเซี่ยม (Extractable forms potassium)

4.2.6 ศึกษาการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและน้ำหนักของปลาดุก โดยการชั่งน้ำหนัก วัดความยาวทุก 2 สัปดาห์ ตั้งแต่ก่อนเริ่มต้นการทดลองและไปจนสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 สุ่มปลาดุกจำนวน 25% ของแต่ละซ้ำของทุกชุดการทดลอง นำปลาดุกมาวัดความยาวเหยียด (total length) ด้วย electronic digital caliper ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง เลี้ยงเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ นับจำนวนลูกปลาทั้งหมด ศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืดโดยชั่งน้ำหนักเปียกรวมก่อนเริ่มต้นการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักและความยาวของปลาดุก การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืด มาทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน one way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan new's multiple range test ที่ระดับความความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 17.0

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาการจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่พบในประเทศไทยบางส่วนโดยลักษณะทางภายนอก

การจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่พบในประเทศไทยจาก 2 แหล่งที่มา คือ ร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลาง และลำเหมืองธรรมชาติในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะทางภายนอกจำแนกตามวิธีของ Edmonson (1963) และ Brinkhurst (1971) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ได้ผลดังนี้

Phylum Annelida

Class Oligochaeta

Order Haplotaxida

Family Aeolosomatidae

Aeolosoma sp.

Family Tubificidae

Tubifex sp.

Branchiura sowerbyi

Family Naididae

Nais sp.

Family Haplotaxidae

Haplotaxis sp.

ไส้เดือนน้ำจืดที่มีแหล่งที่มาจากภาคกลางจำแนกได้ทั้งหมด 4 วงศ์ (Family) 5 สกุล (Genus) ประกอบด้วย วงศ์ Tubificidae จำนวน 2 สกุล คือ *Tubifex* sp. และ *Branchiura sowerbyi* โดยที่วงศ์ Aeolosomatidae, Naididae และ Haplotaxidae มีอย่างละ 1 สกุล คือ *Aeolosoma* sp., *Nais* sp. และ *Haplotaxis* sp. ตามลำดับ *Tubifex* sp. (Tubificidae) พบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.64 รองลงมา คือ *Nais* sp. (Naididae) คิดเป็นร้อยละ 30.85, *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) คิดเป็นร้อยละ 22.55, *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 4.86 และ *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae) คิดเป็นร้อยละ 3.10 (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2-9)

ไส้เดือนน้ำจืดที่มาจากจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกได้ทั้งหมด 3 วงศ์ 3 สกุล ชนิดที่พบปริมาณที่มากที่สุด คือ *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) คิดเป็นร้อยละ 85.81 รองลงมาคือ *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 11.23 และ *Nais* sp. (Naididae) คิดเป็นร้อยละ 2.96 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2-9)

ลักษณะเด่นภายนอกที่ใช้จำแนกไส้เดือนน้ำจืดแต่ละชนิด คือ

Tubifex sp. (Tubificidae) ลำตัวมีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ รูปร่างเรียว มีปลอกหุ้ม ตลอดทอดตัวมีเส้นเลือด (blood vessel) มีซีทีทั้งด้านหลังและท้อง ซีทีค่อนข้างหนา ส่วนมากซีทีด้านท้องเป็นแบบ bifid ตามลำตัวมีซีทียื่นออกมา มีเยื่อกั้นระหว่างปล้องกับผนังลำตัว มีขนสั้นๆ hair ยื่นออกมา (ภาพที่ 2-5)

Nais sp. (Naididae) ซีทีเป็นแบบ needle with nodulus ที่มีลักษณะคล้ายเข็มที่มีซี่ฟันละเอียดแต่ตรงส่วนปลายแยกออกจากกัน มีซีทีทั้งด้านหลังและท้อง ไม่มี hair setae แบบยาว ผนังลำตัวใส จัดเป็นไส้เดือนที่มีขนาดเล็กมาก หางบางใสเห็นชัดเจน ตลอดทอดลำตัวมีเส้นเลือด (blood vessel) ปากมีขนาดใหญ่ มีโพรสโทเมียม (Prostomium) สั้นๆ ส่วนใหญ่มีลักษณะลำตัวโค้งงอได้ (ภาพที่ 2-4 และ 6)

Aeolosoma sp. (Aeolosomatidae) มี hair setae แบบเป็นมัดที่จับกันหรือรวมกลุ่มกัน ลำตัวยาว ส่วนหัวมีขนาดใหญ่ บริเวณปากมีขนเล็กมากๆ เรียกว่า Prostomium ciliated บริเวณด้านท้องและหลังมีซีทีขนสั้นๆ จับกันเป็นมัด hair สั้นๆ ตลอดลำตัว หรือเป็นแบบ containing hair setae แต่ซีทีมีลักษณะสั้นบ้างยาวบ้าง (ภาพที่ 2-4 และ 7)

Haplotaxis sp. (Haplotaxidae) ลักษณะลำตัวมีขนาดกลางๆ ไม่ใหญ่จนเกินไปหรือเล็กมากจนเกินไป ปากมีขนาดใหญ่ บางตัวมี โพรสโทเมียม (Prostomium) ยาว ปากจะหนากว่าวงศ์อื่นๆ มีปลอกหุ้มลำตัวชัดเจน ลำตัวมีลักษณะหนา มีซีทีด้านท้องขนาดใหญ่ ส่วนซีทีด้านหลังมีขนาดเล็กหรือไม่มี ซีทีเป็นรูป sigmoid หรือมีลักษณะคล้ายเคียว และยื่นออกมานอกผนังลำตัว (ภาพที่ 2-4 และ 8)

Branchiura sowerbyi (Tubificidae) มีซีทีทั้งด้านหลังและท้อง ซีทีด้านหลังเป็นแบบ bifid type B ที่เรียกว่า double pointed crotchet มีลักษณะคล้ายปมด้ายสองจุด มี gill ตรงกลางระหว่างด้านหลังกับด้านท้องของไส้เดือนน้ำจืด ซีทีมีขนขนาดเล็กๆ เรียกว่า hair setae ตลอดความยาวทอดของลำตัว (ภาพที่ 2-4 และ 9)

จากการสอบถามเจ้าของร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลาง พบว่า แหล่งที่มาไส้เดือนน้ำจืดอยู่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนมากพบ *Tubifex* sp. (Tubificidae) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Brinkhurst and Jamieson (1971) ที่แยกชนิดไส้เดือนน้ำจืดในแม่น้ำและทะเลสาบ ส่วนใหญ่พบ *Tubifex tubifex* บุญยัง (2545) ศึกษาไส้เดือนดินน้ำจืดในจังหวัดเพชรบุรี พบชนิดของไส้เดือนน้ำจืด

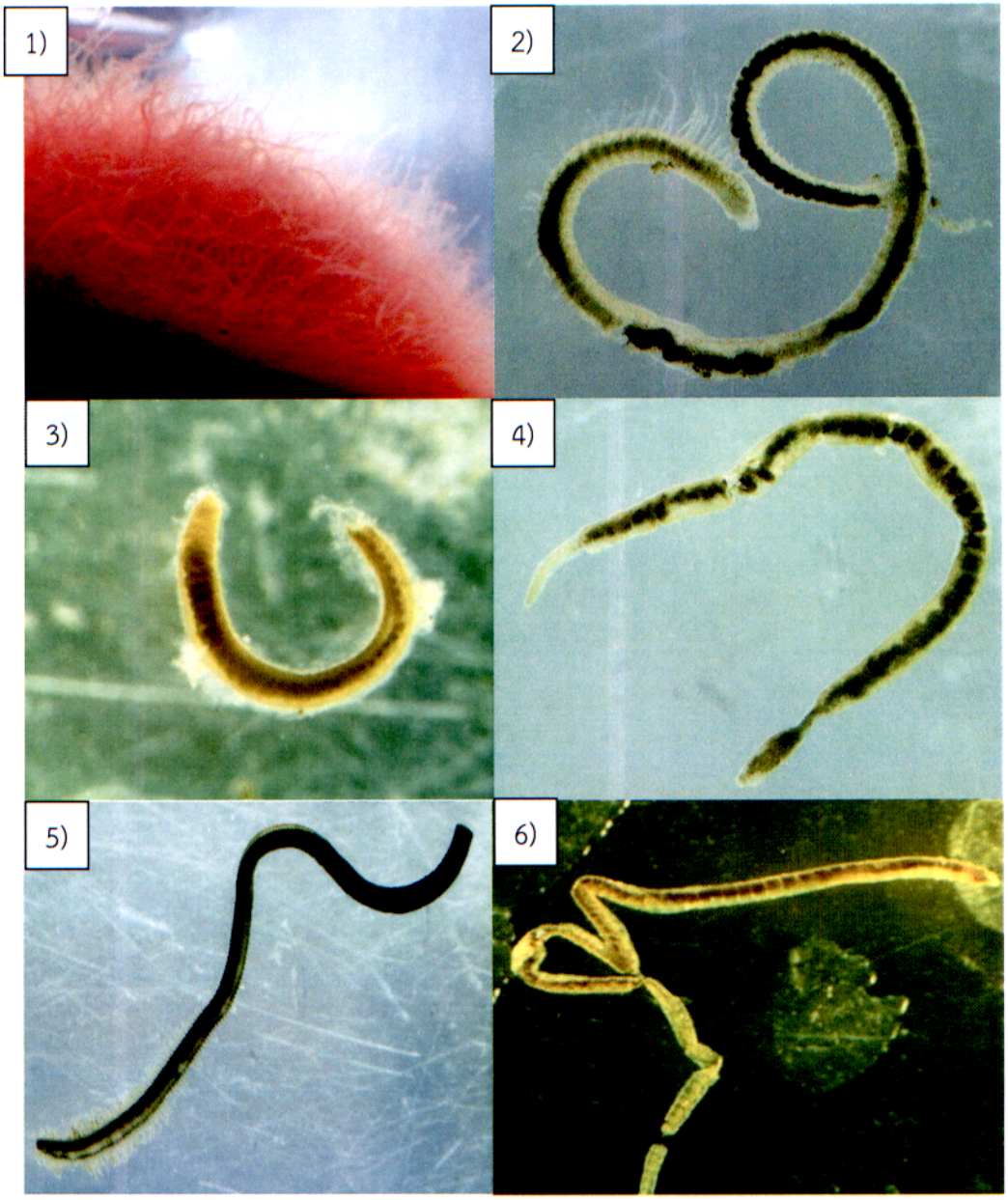
คล้ายคลึงกับร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลาง คือ *Branchiura* sp. (Tubificidae) และ *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของหทัยรัตน์ (2550) ที่ศึกษาการใช้ไส้เดือนน้ำเป็นตัวบ่งชี้สถานภาพทางอินทรีย์สารของพื้นท้องน้ำในแม่น้ำนครชัยศรีบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่แตกต่างกัน พบไส้เดือนน้ำจืดวงศ์เดียวกับร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลาง 4 วงศ์ คือ Tubificidae, Aeolosomatidae, Haplotaxidae และ Naididae ไส้เดือนน้ำจืดที่พบมากและบ่อยคือ *Tubifex tubifex* ขณะที่ไส้เดือนน้ำจืดที่มีแหล่งที่มาจากลำเหมืองธรรมชาติในตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีกระแสน้ำไหลไม่แรง ส่วนมากจะพบ *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Clifford (1991) ที่จำแนกไส้เดือนน้ำจืดในน้ำนิ่งส่วนมากพบ Aeolosomatidae เช่นกัน

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่มีแหล่งที่มาจากร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลางโดยลักษณะทางภายนอก

ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์ (Family)	จำนวน (ตัว)	ร้อยละ
Tubifex sp.	Tubificidae	461	38.64
Nais sp.	Naididae	368	30.85
Aeolosoma sp.	Aeolosomatidae	269	22.55
Branchiura sowerbyi	Tubificidae	58	4.86
Haplotaxis sp.	Haplotaxidae	37	3.10
รวม		1,193	100

ตารางที่ 2 การจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่มีแหล่งที่มาจากลำเหมืองธรรมชาติในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะทางภายนอก

ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์ (Family)	จำนวน (ตัว)	ร้อยละ
Aeolosoma sp.	Aeolosomatidae	986	85.81
Branchiura sowerbyi	Tubificidae	129	11.23
Nais sp.	Naididae	34	2.96
รวม		1,149	100



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายจากการจำแนกชนิดไส้เดือนน้ำจืดที่มีที่มาจากภาคกลางและจังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะทางภายนอก ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ชุดที่ 1

1) ไส้เดือนน้ำจืด

2) *Tubifex* sp. (Tubificidae)

3) *Nais* sp. (Naididae)

4) *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae)

5) *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae)

6) *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae)

ภาพที่ 3 ภาพถ่ายจากการจำแนกชนิดไส้เดือนน้ำจืดที่มีที่มาจากภาคกลางและจังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะทางภายนอก ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ชุดที่ 2

1) ไส้เดือนน้ำจืด

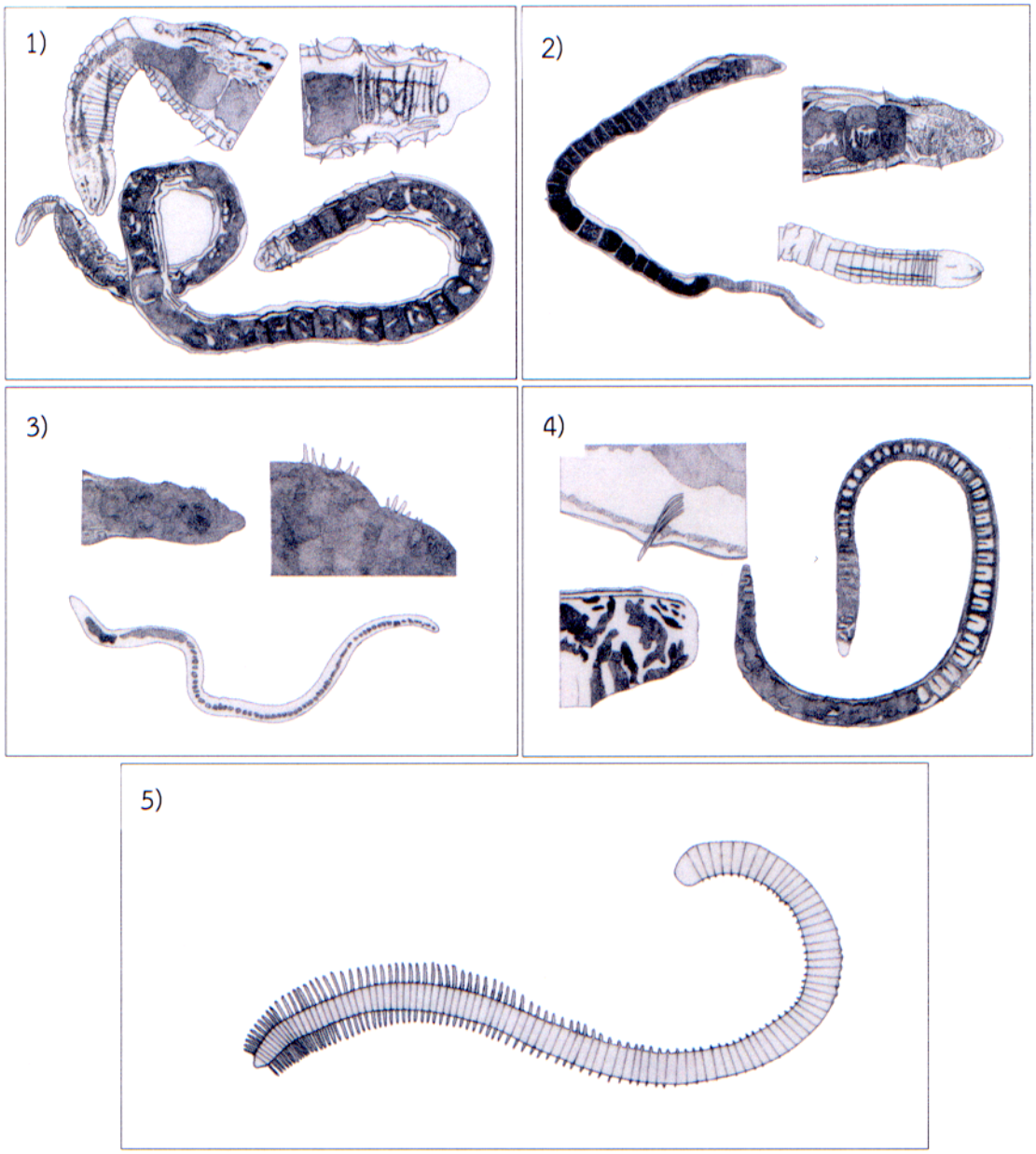
2) *Tubifex* sp. (Tubificidae)

3) *Nais* sp. (Naididae)

4) *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae)

5) *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae)

6) *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae)



ภาพที่ 4 ภาพวาดจากการจำแนกชนิดไส้เดือนน้ำจืดที่มีที่มาจากภาคกลางและจังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะทางภายนอก

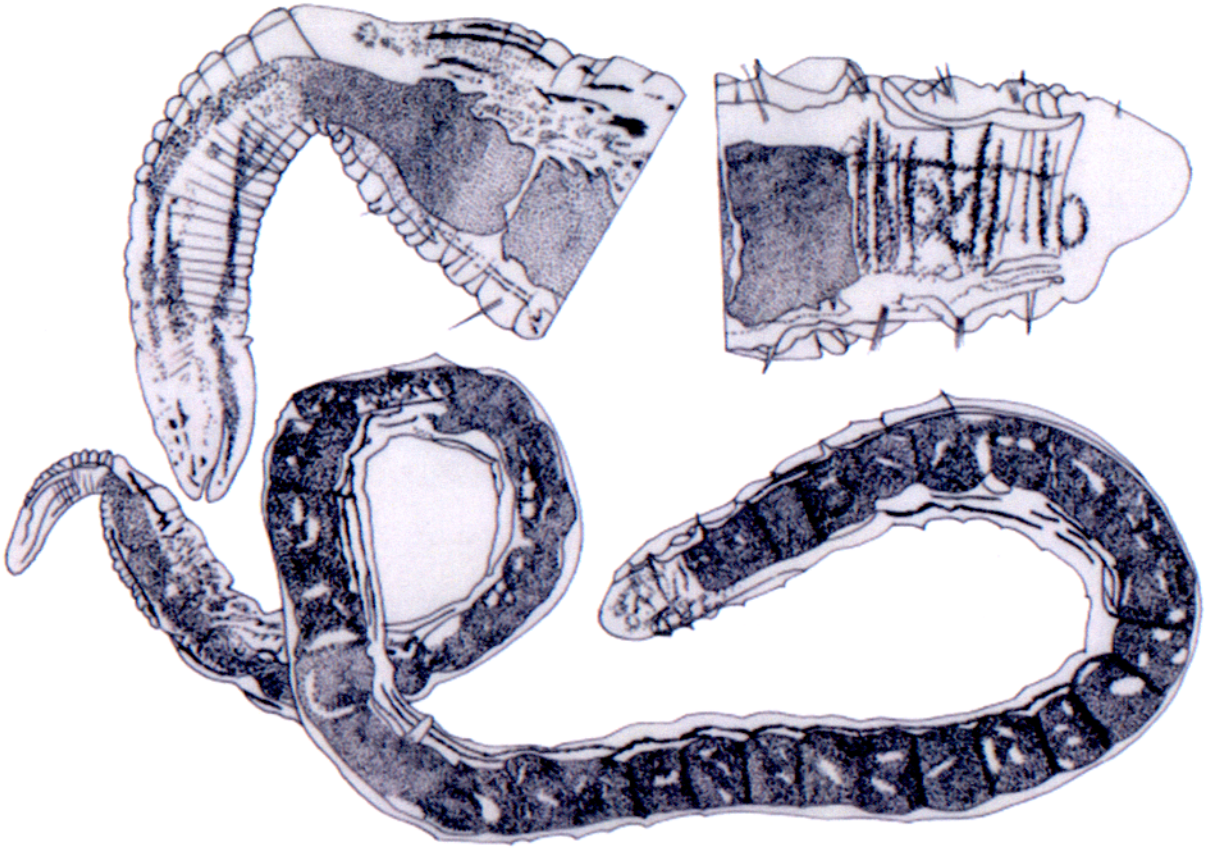
1) *Tubifex* sp. (Tubificidae)

2) *Nais* sp. (Naididae)

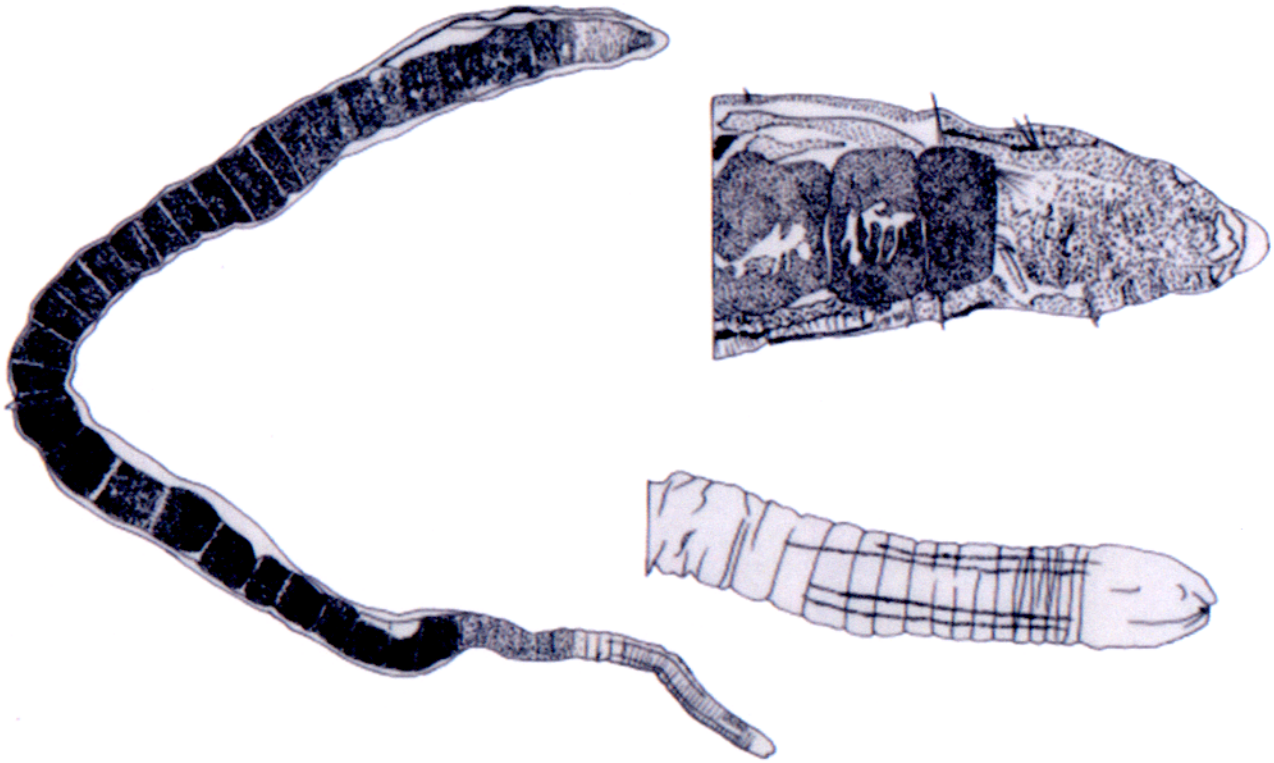
3) *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae)

4) *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae)

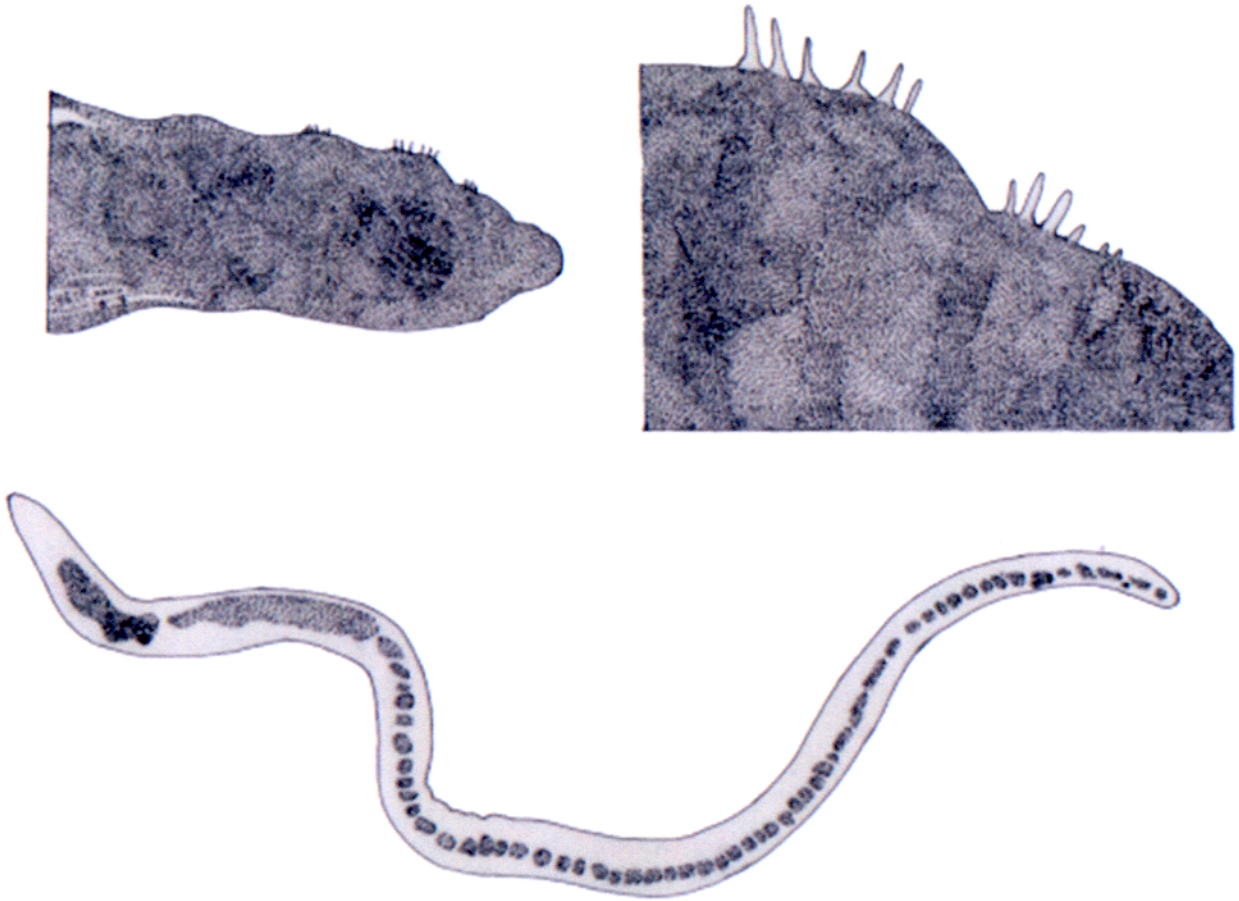
5) *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae)



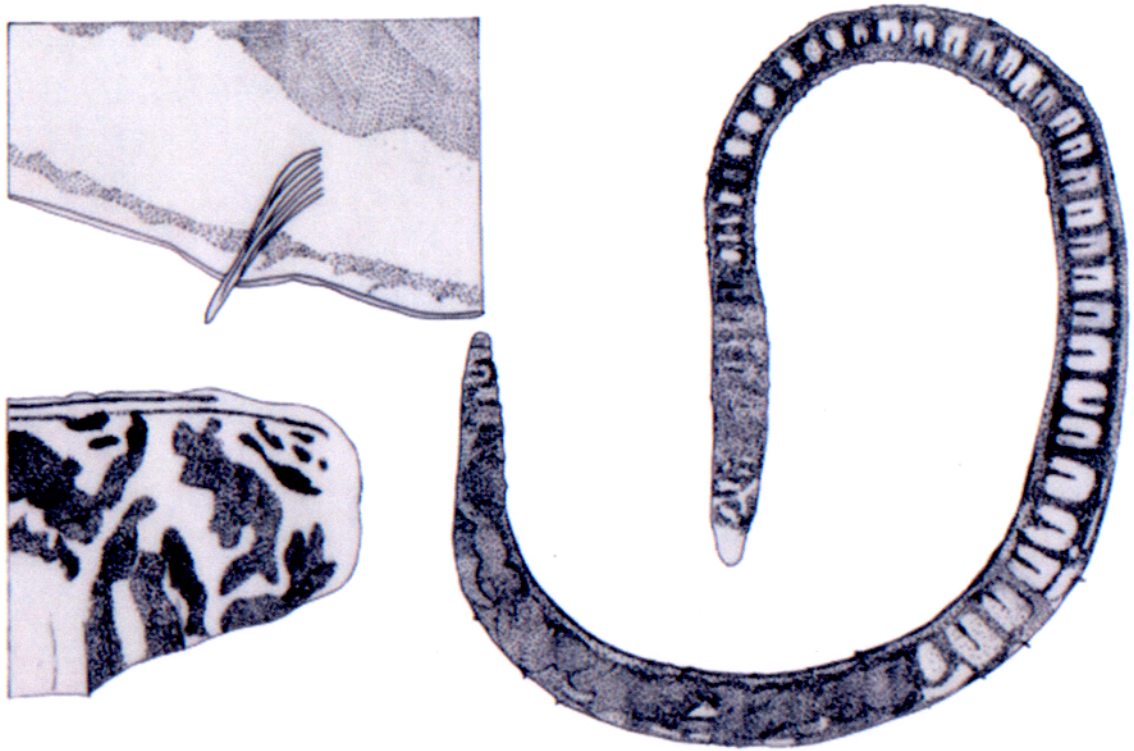
ภาพที่ 5 ภาพวาด *Tubifex* sp. (Tubificidae)



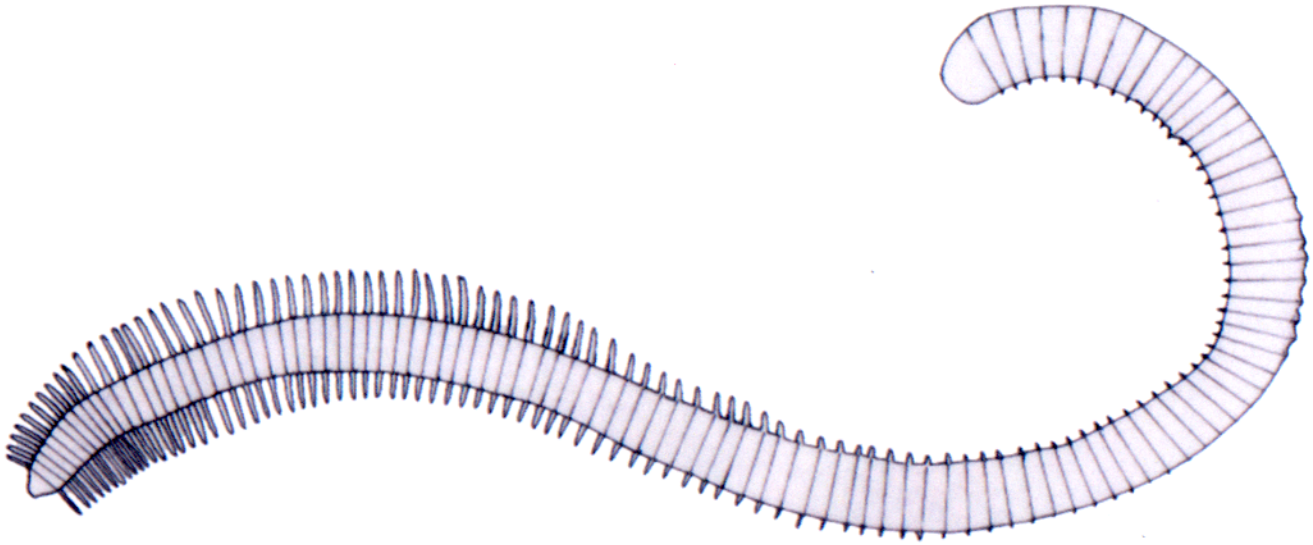
ภาพที่ 6 ภาพวาด *Nais* sp (Naididae)



ภาพที่ 7 ภาพวาด *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae)



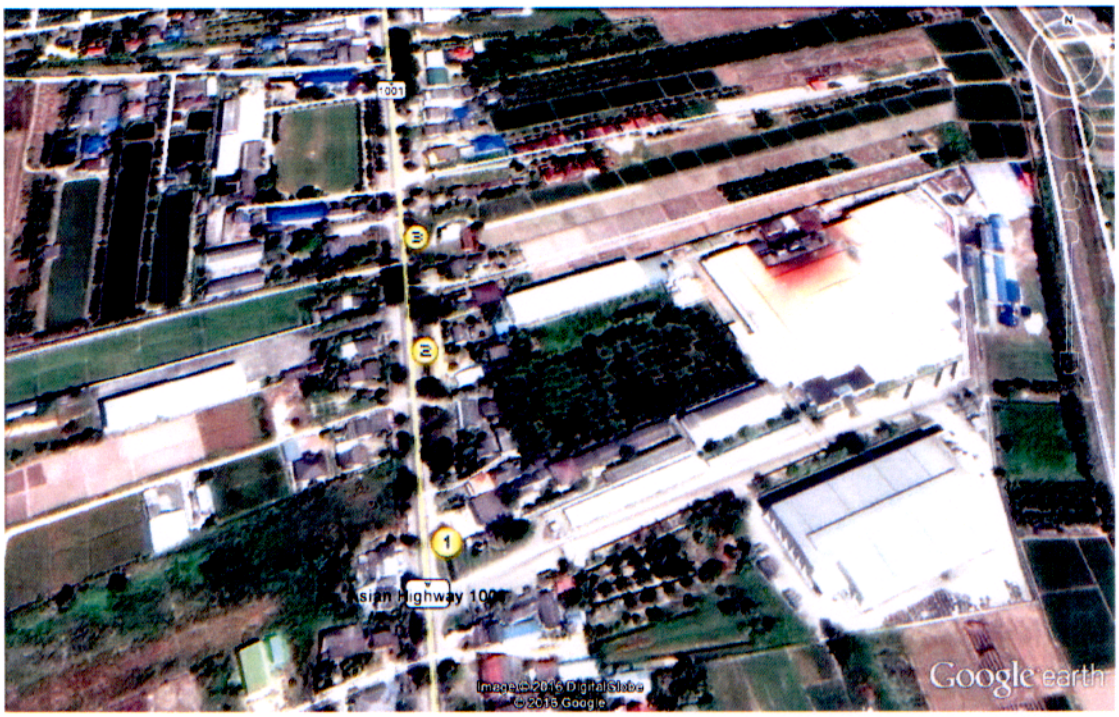
ภาพที่ 8 ภาพวาด *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae)



ภาพที่ 9 ภาพวาด *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae)

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่จากการสุ่มเก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืด ดิน และน้ำ บริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีไส้เดือนน้ำจืดอาศัยอยู่ในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะแหล่งน้ำเป็นลำเหมืองสาธารณะไหลผ่านโรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้า และชุมชน มีการตกตะกอนที่พื้นท้องน้ำสูง สุ่มเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุดสำรวจๆ ละ 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่าง 3 ฤดูกาล (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ในเดือนมีนาคม กรกฎาคม และพฤศจิกายน ตามลำดับ) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 10-11) ได้ผลดังนี้



ภาพที่ 10 ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืด ดิน และน้ำ บริเวณลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ภาพที่ 11 จุดสำรวจที่ 1, 2 และ 3 ที่เก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืด ดิน และน้ำ บริเวณลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 3 พิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการเก็บตัวอย่างไส้เดือนน้ำจืด ดิน และน้ำ บริเวณลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

จุดสำรวจที่	พิกัดภูมิศาสตร์	
	°N	°E
1	18.971251	98.983027
2	18.972431	98.982812
3	18.973293	98.982681

1. การจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืด

จำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดทั้งหมดตามจุดสำรวจและฤดูกาลโดยลักษณะทางภายนอก ตามวิธีของ Edmonson (1963) และ Brinkhurst (1971) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป พบไส้เดือนน้ำจืดทั้งหมด 1 อันดับ (Order) 3 วงศ์ (Family) 3 สกุล (Genus) ดังนี้ คือ

Phylum Annelida

Class Oligochaeta

Order Haplotaxida

Family Aeolosomatidae

Aeolosoma sp.

Family Tubificidae

Branchiura sowerbyi

Family Naididae

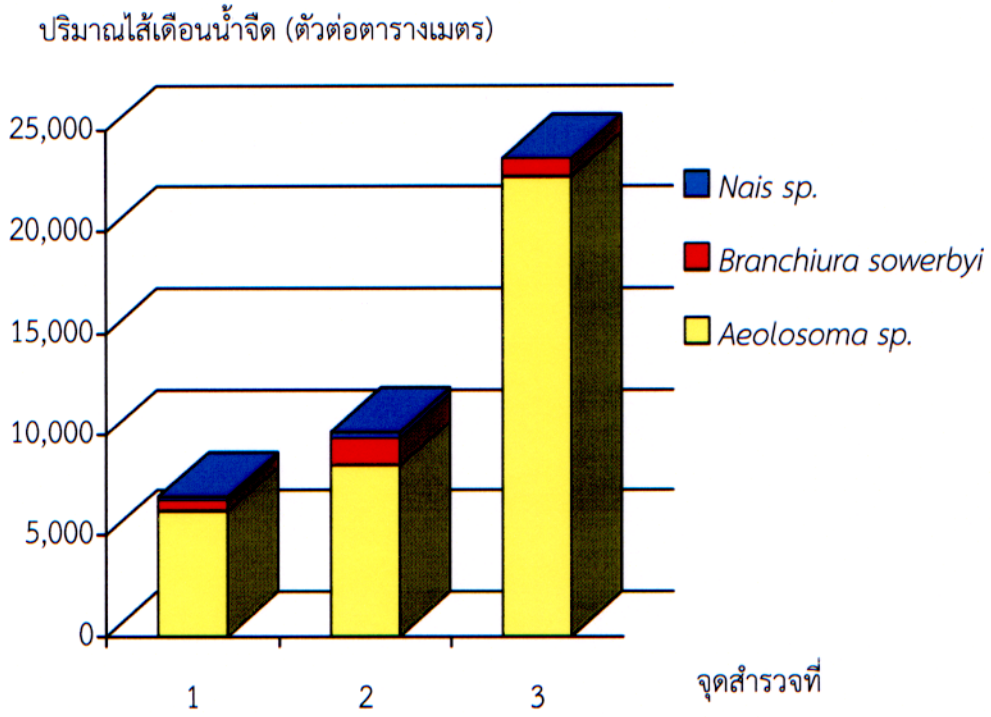
Nais sp.

2. ชนิดและปริมาณของไส้เดือนน้ำจืดและการแพร่กระจาย

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 3 มีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดรวมมากที่สุด คือ 23,587 ตัวต่อตารางเมตร แต่สามารถแยกไส้เดือนน้ำจืดได้เพียง 2 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp. และ *Branchiura sowerbyi* รองลงมาคือ จุดสำรวจที่ 2 มีไส้เดือนน้ำจืดรวม 10,137 ตัวต่อตารางเมตร และจุดสำรวจที่ 1 มีไส้เดือนน้ำจืดรวม 6,908 ตัวต่อตารางเมตร จุดสำรวจที่ 1 และ 2 มีไส้เดือนน้ำจืดครบทั้ง 3 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Nais* sp. ไส้เดือนน้ำจืดที่พบทุกจุดสำรวจคือ *Aeolosoma* sp. และ *Branchiura sowerbyi* โดย *Aeolosoma* sp. พบมากที่สุดในทุกจุดสำรวจ คิดเป็นร้อยละ 91.71 (ตารางที่ 4 และภาพที่ 12)

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาล พบว่า ฤดูหนาวมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดรวมมากที่สุด คือ 20,241 ตัวต่อตารางเมตร *Aeolosoma* sp. พบปริมาณมากที่สุด ฤดูร้อนมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดรวมน้อยที่สุด คือ 7,410 ตัวต่อตารางเมตร ฤดูฝนมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืด 12,981 ตัวต่อตารางเมตร ทุกฤดูกาลพบไส้เดือนน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Nais* sp. แต่พบในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบ *Aeolosoma* sp. ปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.71 (ตารางที่ 4 และภาพที่ 13)

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดที่สำรวจ พบว่า ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 มีปริมาณ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด คือ 11,482 ตัวต่อตารางเมตร พบไส้เดือนน้ำจืดเพียง 2 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp. และ *Branchiura sowerbyi* แต่ไม่พบ *Nais* sp. จุดสำรวจที่ 1 และ 2 ในทุกฤดูกาลพบไส้เดือนน้ำจืด 3 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Nais* sp. แต่พบในปริมาณที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 14) เช่นเดียวกับการทดลองของวีระศักดิ์ (2543) พบไส้เดือนน้ำจืดมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวโดยเฉพาะเดือนพฤศจิกายน



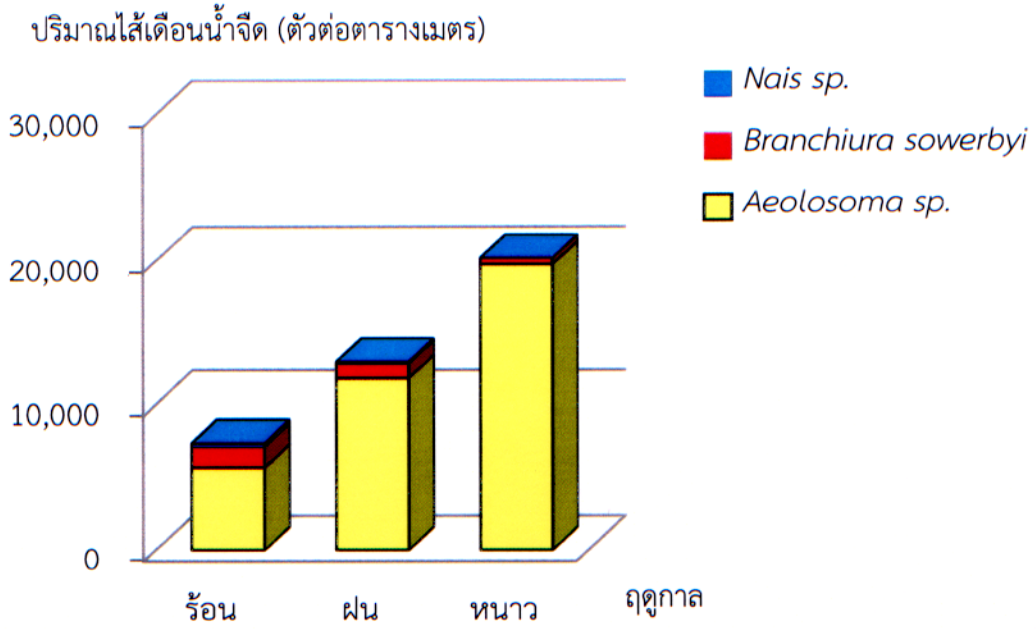
ภาพที่ 12 ปริมาณไส้เดือนน้ำจืด (ตัวต่อตารางเมตร) ตามจุดสำรวจในลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 4 การแพร่กระจายและปริมาณไส้เดือนน้ำจืด (ตัวต่อตารางเมตร) ที่พบตามแต่ละจุดสำรวจและแต่ละฤดูกาลในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

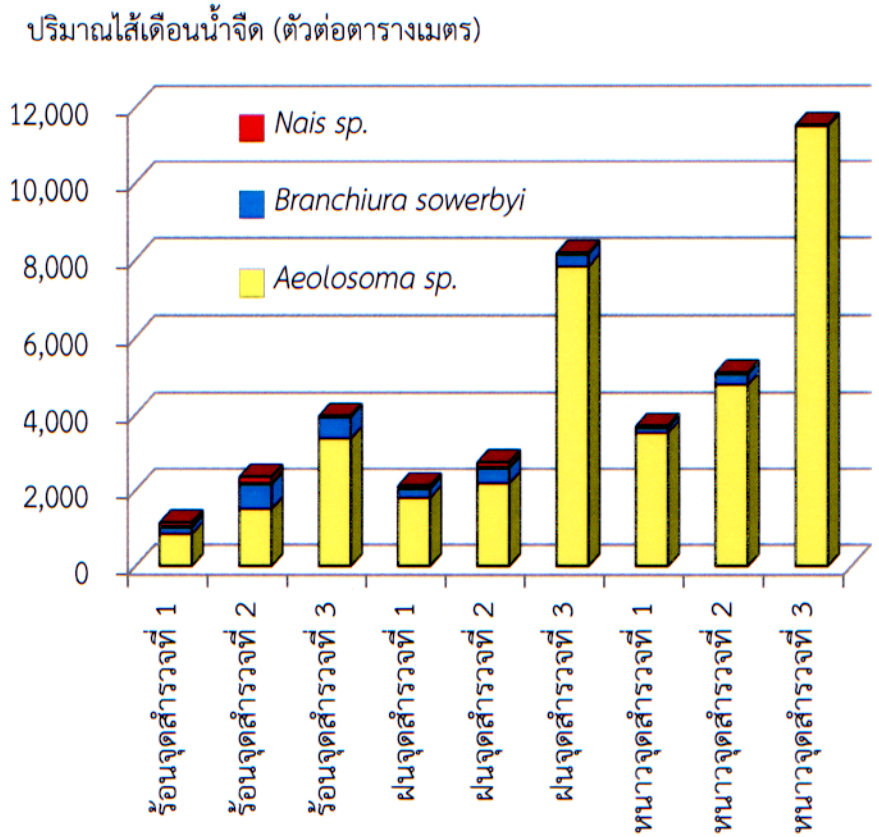
ชนิดไส้เดือนน้ำจืด	จุดสำรวจที่			ฤดูกาลที่สำรวจ			เฉลี่ย	ร้อยละ
	1	2	3	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว		
Aeolosoma sp.	6,150	8,446	22,668	5,705	11,794	19,765	12,421	91.71
Branchiura sowerbyi	564	1,364	919	1,423	993	431	949	7.01
Nais sp.	194	327	0	282	194	45	174	1.28
รวม	6,908	10,137	23,587	7,410	12,981	20,241	13,544	100
เฉลี่ย	2,303	3,379	7,862	2,470	4,327	6,747		

ตารางที่ 5 การแพร่กระจายและปริมาณไส้เดือนน้ำจืด (ตัวต่อตารางเมตร) ที่พบตามฤดูกาลและจุดสำรวจในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดไส้เดือนน้ำจืด	จุดสำรวจที่ 1			จุดสำรวจที่ 2			จุดสำรวจที่ 3		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
Aeolosoma sp.	845	1,793	3,512	1,497	2,178	4,771	3,363	7,823	11,482
Branchiura sowerbyi	178	252	134	667	415	282	578	326	15
Nais sp.	104	60	30	178	134	15	0	0	0



ภาพที่ 13 ปริมาณไส้เดือนน้ำจืด (ตัวต่อตารางเมตร) ตามฤดูกาลที่สำรวจ ในลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 14 ปริมาณไส้เดือนน้ำจืด (ตัวต่อตารางเมตร) ตามฤดูกาลและจุดสำรวจ ในลำเหมืองสาธารณะตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

3. ดัชนีบ่งชี้สภาพนิเวศน์แหล่งน้ำ

3.1 ดัชนีความมากชนิด (richness index)

คำนวณดัชนีความมากชนิดใช้วิธีการของ Margalef index เมื่อคำนวณตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 1 มีค่าดัชนีความมากชนิดมากที่สุดคือ 0.23 และดัชนีความมากชนิดมีค่าต่ำที่สุดคือ 0.10 ในจุดสำรวจที่ 3 (ตารางที่ 6) เมื่อคำนวณตามฤดูกาล พบว่า ฤดูร้อนมีค่าดัชนีความมากชนิดมากที่สุด คือ 0.22 และฤดูหนาวมีค่าดัชนีความมากชนิดต่ำที่สุด คือ 0.20 (ตารางที่ 7) เมื่อคำนวณตามฤดูกาลและจุดสำรวจ พบว่า ฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 1 มีค่าดัชนีความมากชนิดมากที่สุด คือ 0.28 และดัชนีความมากชนิดมีค่าต่ำที่สุดคือ 0.11 ในฤดูร้อนและฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 (ตารางที่ 8)

3.2 ดัชนีความเท่าเทียม (evenness index)

คำนวณดัชนีความเท่าเทียมใช้วิธีการของ Pielou index เมื่อคำนวณตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 2 มีค่าดัชนีความเท่าเทียมมากที่สุด คือ 0.48 และดัชนีความเท่าเทียมมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.24 ในจุดสำรวจที่ 3 (ตารางที่ 6) เมื่อคำนวณตามฤดูกาล พบว่าฤดูร้อนมีค่าดัชนีความเท่าเทียมมากที่สุด คือ 0.58 และดัชนีความเท่าเทียมมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.11 ในฤดูหนาว (ตารางที่ 7) เมื่อคำนวณตามฤดูกาลและจุดสำรวจ พบว่า ฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 2 มีค่าดัชนีความเท่าเทียมมากที่สุด คือ 0.76 และดัชนีความเท่าเทียมมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.01 ในฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 (ตารางที่ 8)

3.3 ดัชนีความหลากหลาย (diversity index)

คำนวณดัชนีความหลากหลายโดยใช้สูตรของ Shanon-Weiner Diversity Index เมื่อคำนวณตามจุดสำรวจพบว่า จุดสำรวจที่ 2 มีค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุด คือ 0.53 และดัชนีความหลากหลายมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.16 ในจุดสำรวจที่ 3 (ตารางที่ 6) เมื่อคำนวณตามฤดูกาล พบว่า ฤดูร้อนมีค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุด คือ 0.64 และในฤดูหนาวมีค่าดัชนีความหลากหลายต่ำที่สุด คือ 0.12 (ตารางที่ 7) เมื่อคำนวณตามฤดูกาลและจุดสำรวจ พบว่า ฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 2 มีค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุด คือ 0.84 และดัชนีความหลากหลายมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.01 ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 6 โครงสร้างและดัชนีประชาคมไส้เดือนน้ำจืดตามจุดสำรวจในลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

จุดสำรวจ	ดัชนีความมากชนิด (Richness)	ดัชนีความเท่าเทียม (Evenness)	ดัชนีความหลากหลาย (Diversity)
1	0.23	0.37	0.41
2	0.22	0.48	0.53
3	0.10	0.24	0.16

ตารางที่ 7 โครงสร้างและดัชนีประชาคมไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลที่สำรวจในลำเหมือง สาธารณะตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ฤดูกาล	ดัชนีความมากชนิด (Richness)	ดัชนีความเท่าเทียม (Evenness)	ดัชนีความหลากหลาย (Diversity)
ร้อน	0.22	0.58	0.64
ฝน	0.21	0.32	0.35
หนาว	0.20	0.11	0.12

ตารางที่ 8 โครงสร้างและดัชนีประชาคมไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดสำรวจในลำเหมือง สาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

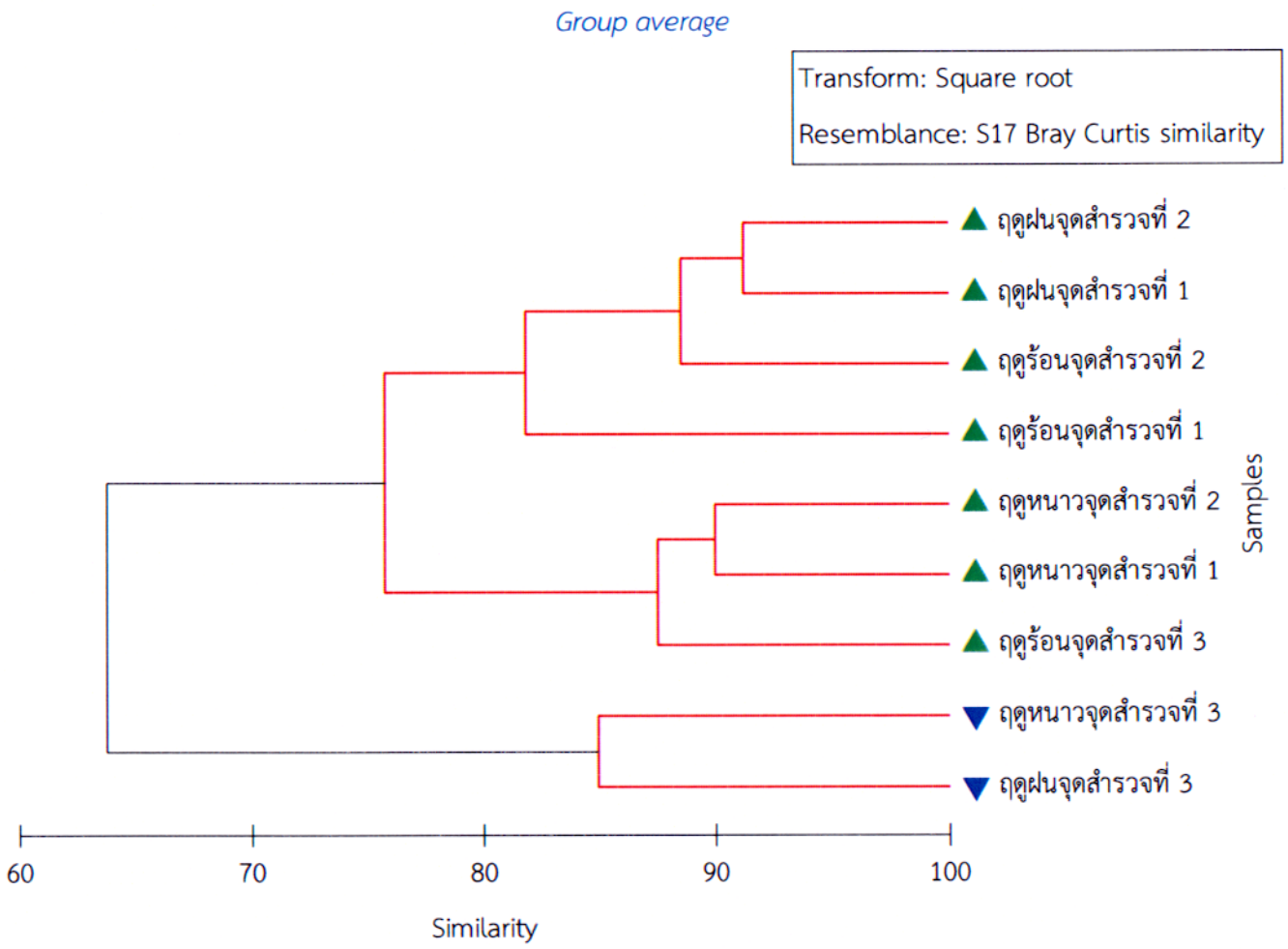
ฤดูกาล จุดสำรวจ	ดัชนีความมากชนิด (Richness)	ดัชนีความเท่าเทียม (Evenness)	ดัชนีความหลากหลาย (Diversity)
ฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 1	0.28	0.66	0.73
ฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 2	0.26	0.76	0.84
ฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 3	0.12	0.60	0.42
ฤดูฝนจุดสำรวจที่ 1	0.26	0.45	0.49
ฤดูฝนจุดสำรวจที่ 2	0.25	0.56	0.61
ฤดูฝนจุดสำรวจที่ 3	0.11	0.24	0.17
ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 1	0.24	0.19	0.20
ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 2	0.23	0.21	0.23
ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3	0.11	0.01	0.01

3.4 ดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity Index)

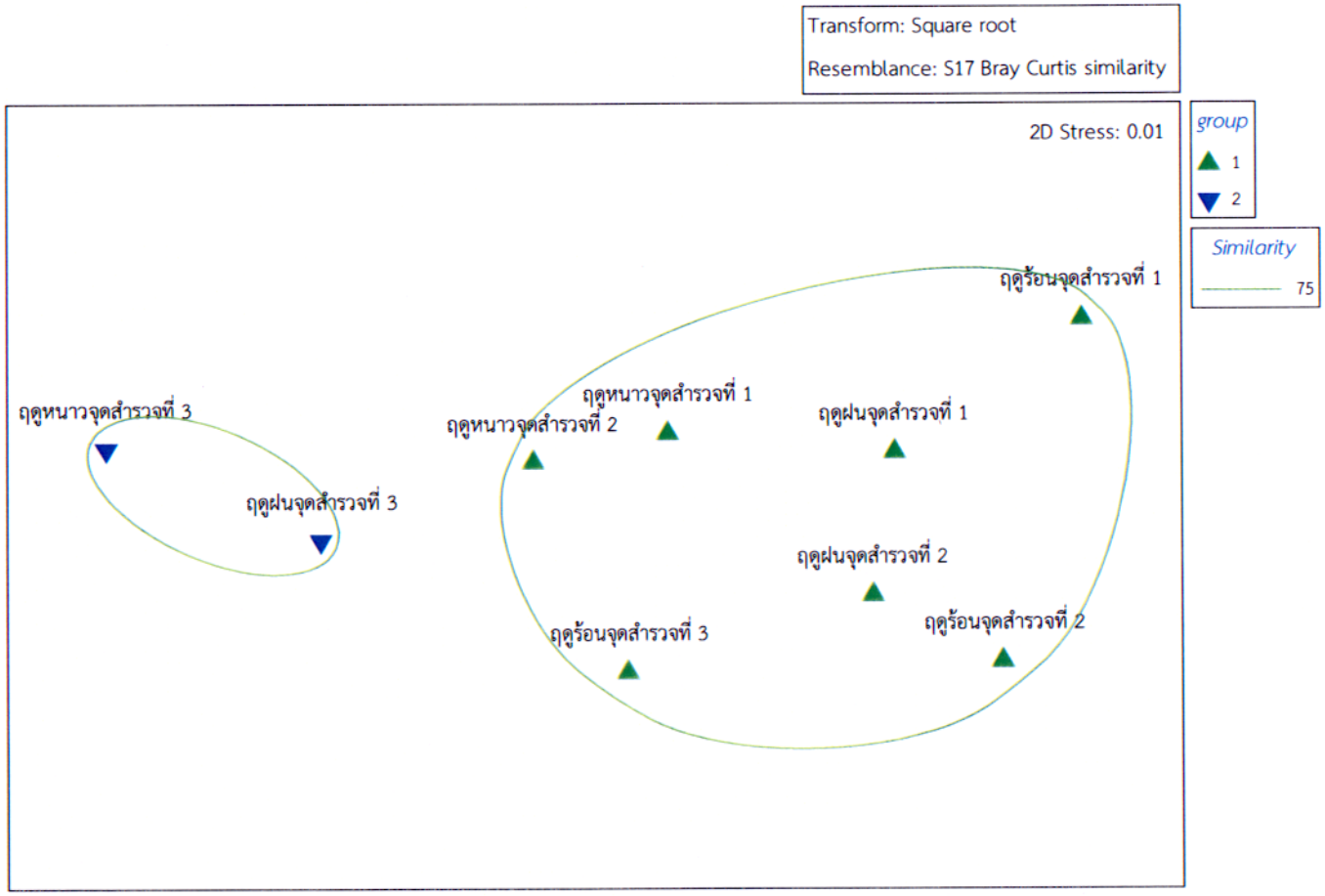
คำนวณดัชนีความคล้ายคลึงของไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดสำรวจใช้วิธีการของ Bray-Curtis Similarity และ Multivariate Dimensional Scaling (MDS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป PRIMER (Plymouth Routine in Multivariate Ecology Research) เพื่อทราบโครงสร้างของประชาคม พบว่า ดัชนีความคล้ายคลึงมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 40.26-91.25 ฤดูฝนจุดสำรวจที่ 1 และฤดูฝนจุดสำรวจที่ 2 มีความคล้ายคลึงมากที่สุดเท่ากับ 91.25 และฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 1 และ ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงน้อยที่สุดเท่ากับ 40.26 (ตารางที่ 9) ซึ่งจากค่าดัชนีความคล้ายคลึงของไส้เดือนน้ำจืดดังกล่าวนำมากำหนดเป็นภาพ dendrogram ที่ระดับ 75% ของ Bray-Curtis Similarity และการวิเคราะห์ MDS ที่มีค่า Stress value เท่ากับ 0.01 แสดงถึงการวิเคราะห์ที่มีความเชื่อถือได้ดีและมีความแม่นยำสูง พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดในลำเหมืองสาธารณะตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีความคล้ายคลึงกันตามฤดูกาลและจุดสำรวจเป็นส่วนใหญ่ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพที่ 15-16) กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบทั้ง 3 ฤดูกาลในจุดที่ 1 และ 2 และฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 3 เมื่อพิจารณาไส้เดือนน้ำจืดในกลุ่มที่ 1 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดเฉลี่ยเท่ากับ 80.35 ซึ่งมี 2 ครอบครัวของไส้เดือนน้ำจืดที่พบความคล้ายคลึงกัน (เฉพาะที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 10.00) คือ *Aeolosoma* sp. มีค่าร้อยละความคล้ายคลึงเท่ากับ 53.84 และ *Branchiura sowerbyi* มีค่าร้อยละความคล้ายคลึงเท่ากับ 20.07 แสดงถึงชนิดครอบครัวที่มีการพบเป็นประจำ มีค่าความเชื่อมั่นของความแม่นยำในการพบสูง (ตารางที่ 10) กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบในจุดสำรวจที่ 3 เฉพาะในฤดูฝนและฤดูหนาว เมื่อพิจารณาไส้เดือนน้ำจืดในกลุ่มที่ 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของประชาคมไส้เดือนน้ำจืดเฉลี่ยเท่ากับ 84.88 มีเพียงครอบครัวเดียวที่มีค่าร้อยละความคล้ายคลึงมากกว่าร้อยละ 10.00 คือ *Aeolosoma* sp. โดยมีค่าร้อยละความคล้ายคลึงเท่ากับ 81.32 แสดงถึงชนิดครอบครัวที่มีการพบเป็นประจำ มีค่าความเชื่อมั่นของความแม่นยำในการพบสูง (ตารางที่ 11) เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างไส้เดือนน้ำจืดกลุ่มที่ 1 และ 2 พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 36.21 โดย *Aeolosoma* sp. มีค่าร้อยละความแตกต่างสูงที่สุดเท่ากับ 27.01 โดยเป็นชนิดครอบครัวที่มีการพบมากที่สุดในทั้งในกลุ่มที่ 1 และ 2 ขณะที่ *Nais* sp. จะไม่พบในกลุ่มที่ 2

เนื่องจาก *Aeolosoma* sp. เป็นชนิดที่พบมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดอื่นๆ ในการศึกษาครั้งนี้ ขอกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงประชากรไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดสำรวจเฉพาะ *Aeolosoma* sp. เท่านั้น พบว่า ประชากรของ *Aeolosoma* sp. มีการแพร่กระจายในลำเหมืองสาธารณะตลอดทั้งปี โดยพบมากที่สุดในฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 และพบน้อยที่สุดในฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 1 เมื่อพิจารณาตามฤดูกาล พบว่า ฤดูหนาวมีปริมาณ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 3 มีปริมาณ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของวีระศักดิ์ (2543) ที่ศึกษาความชุกชุมและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำในแม่น้ำท่าจีน พบว่า สัตว์พื้นท้องน้ำที่เป็นชนิดเด่น คือ สัตว์จำพวกไส้เดือนน้ำ ช่วงที่พบสัตว์พื้นท้องน้ำมากที่สุด คือช่วงฤดูหนาวโดยเฉพาะเดือนพฤศจิกายน

ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขึ้นกับสภาพแวดล้อม เช่น คุณสมบัติของน้ำ แร่ธาตุในพื้นท้องน้ำ สัตว์หน้าดินส่วนใหญ่อาศัยชุกชุมในบริเวณที่น้ำใสสะอาดปราศจากสิ่งเน่าเสีย ยกเว้นบางชนิดเท่านั้นที่สามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เน่าเสียได้ (สิริ และคณะ, 2519) ดัชนีความหลากหลายของสัตว์พื้นท้องน้ำ (Species Diversity Index) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของสัตว์ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ กรณีที่สภาพแวดล้อมเหมาะสมค่าดัชนีจะสูง แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมนั้นๆ มีสัตว์อาศัยอยู่มากชนิดแต่ละชนิดมีจำนวนใกล้เคียงกัน กรณีที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมหรือสภาพน้ำเน่าเสียค่าดัชนีจะต่ำ แสดงให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมนั้นมีสัตว์พื้นท้องน้ำอาศัยอยู่ในปริมาณน้อยและปริมาณของสัตว์แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันมาก (บังอร, 2539) ดัชนีความคล้ายคลึงของสัตว์หน้าดิน (Similarity Index) ศึกษากันมากในสังคมของสิ่งมีชีวิตเพื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ 2 บริเวณ ดูว่ากลุ่มของสัตว์หน้าดินที่พบทั้งสองบริเวณมีความคล้ายคลึงกันหรือไม่อย่างไร ถ้าไม่มีการวิเคราะห์อาจบอกได้ไม่ชัดเจนว่าสังคมเหล่านั้นแตกต่างกันหรือคล้ายกัน โดยทั่วไปค่าดัชนีความคล้ายคลึงจะมีค่าสูงเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน (Tudorancea *et al.*, 1979)



ภาพที่ 15 การจัดกลุ่มของไส้เดือนน้ำจืดที่พบตามฤดูกาลและจุดสำรวจในลำเหมืองสาธารณะตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 16 การแพร่กระจายของการจัดกลุ่มของไส้เดือนน้ำจืดที่พบตามฤดูกาลและจุดสำรวจในลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 9 ดัชนีความคล้ายคลึงของไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดสำรวจในลำเหมืองสาธารณะบริเวณตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

	ฤดูร้อน จุดสำรวจที่ 1	ฤดูร้อน จุดสำรวจที่ 2	ฤดูร้อน จุดสำรวจที่ 3	ฤดูฝน จุดสำรวจที่ 1	ฤดูฝน จุดสำรวจที่ 2	ฤดูฝน จุดสำรวจที่ 3	ฤดูหนาว จุดสำรวจที่ 1	ฤดูหนาว จุดสำรวจที่ 2	ฤดูหนาว จุดสำรวจที่ 3
ฤดูร้อน จุดสำรวจที่ 1									
ฤดูร้อน จุดสำรวจที่ 2	80.65								
ฤดูร้อน จุดสำรวจที่ 3	63.00	78.47							
ฤดูฝน จุดสำรวจที่ 1	84.60	86.65	78.67						
ฤดูฝน จุดสำรวจที่ 2	80.18	90.29	83.46	91.25					
ฤดูฝน จุดสำรวจที่ 3	53.31	61.56	80.67	67.51	69.93				
ฤดูหนาว จุดสำรวจที่ 1	71.55	72.31	87.87	83.49	82.26	77.50			
ฤดูหนาว จุดสำรวจที่ 2	65.03	70.83	87.07	79.76	79.99	87.51	89.98		
ฤดูหนาว จุดสำรวจที่ 3	40.26	45.07	64.09	52.22	53.30	84.88	67.40	72.67	

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ similarity percentage ของประชมคมของไส้เดือนน้ำจืดตามการจัดกลุ่มของไส้เดือนน้ำจืดที่พบตามฤดูกาลและจุดสำรวจที่พบในลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

การจัดกลุ่ม	Average Similarity %	Average Abundance %	Contribution %	Cumulative %
กลุ่มที่ 1	80.35			
Aeolosoma sp.	53.84	49.01	67.01	67.01
Branchiura sowerbyi	20.07	18.26	24.98	91.99
กลุ่มที่ 2	84.88			
Aeolosoma sp.	81.32	97.8	95.8	95.8

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ dissimilarity percentage ของประชมคมของไส้เดือนน้ำจืดตามการจัดกลุ่มของไส้เดือนน้ำจืดที่พบตามฤดูกาลและจุดสำรวจที่พบในลำเหมืองสาธารณะ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

การจัดกลุ่ม	กลุ่มที่ 1 Average Abundance %	กลุ่มที่ 2 Average Abundance %	Average Dissimilarity %	Contribution %	Cumulative %
กลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่า Average dissimilarity percentage (สัมประสิทธิ์ความแตกต่างเฉลี่ย) 36.21					
Aeolosoma sp.	49.01	97.8	27.01	74.57	74.57
Branchiura sowerbyi	18.26	10.96	5.07	13.99	88.56
Nais sp.	7.46	0	4.14	11.44	100

การศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด

จากผลการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลอง 4 ชนิด คือ เนื้อปลาบดละเอียด เศษผักที่เน่าเปื่อย ยีสต์ และเจลลี่ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดทุกสัปดาห์ ได้ผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืด

1.1 ด้านน้ำหนัก

ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 50.1407±0.0061, 0.1371±0.0049, 50.1420±0.0063 และ 50.1384±0.0050 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักรวมเริ่มต้นเฉลี่ยของไส้เดือนน้ำจืดในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 17)

สัปดาห์ที่ 1 ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเฉลี่ยเท่ากับ 34.6425±4.8186, 33.6278±5.6940, 36.5064±1.2228 และ 37.0959±3.8820 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักรวมเฉลี่ยของไส้เดือนน้ำจืดในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 17)

สัปดาห์ที่ 2 ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเฉลี่ยเท่ากับ 26.1840±4.2613, 27.5509±1.8102, 27.5975±1.7126 และ 31.2981±5.4088 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักรวมเฉลี่ยของไส้เดือนน้ำจืดในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 17)

สัปดาห์ที่ 3 ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเฉลี่ยเท่ากับ 15.6924±3.5477, 18.3178±2.9003, 21.6561±4.4519 และ 13.5349±2.2824 กรัม ตามลำดับ ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์, เศษผักที่เน่าเปื่อย และเนื้อปลาบดละเอียด มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเจลลี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียด, เศษผักที่เน่าเปื่อย และเจลลี่ มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 17)

สัปดาห์ที่ 4 ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเฉลี่ยเท่ากับ 8.9080±6.0670, 12.1981±0.5227, 18.2425±4.1196 และ 6.3501±3.8411 กรัม ตามลำดับ ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์และเศษผักที่เน่าเปื่อยมีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p<0.05$) โดยไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียด, เศษผักที่เน่าเปื่อย และเจลลี่ มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 17)

แนวโน้มการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 ชนิด คือ เนื้อปลาบดละเอียด เศษผักที่เน่าเปื่อย ยีสต์ และเจลลี่ ลดลงทุกสัปดาห์ อาจเนื่องมาจากไส้เดือนน้ำจืดเป็นพวกที่ไวต่อสิ่งเร้า คือ เมื่อมีสิ่งเร้าเข้ามาใกล้หรือสัมผัส ไส้เดือนน้ำจืดจะหดตัวและเกาะกลุ่มกันเป็นก้อนกลมๆ เมื่อมีการชั่งน้ำหนักรวมทุกสัปดาห์อาจทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืดโดยน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดลดลงอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ และอาจเป็นไปได้ว่าชนิดอาหารที่ใช้ในการทดลองยังไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืดอย่างแท้จริง ดังเช่นที่ Martin et al. (1999) กล่าวว่าชนิดและปริมาณของอาหารเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืด

2. คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลอง

2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)

เริ่มต้นการทดลอง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8±0.2, 6.6±0.3, 6.8±0.3 และ 6.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 18)

สัปดาห์ที่ 1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8±0.3, 6.8±0.3, 6.7± 0.2 และ 6.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 18)

สัปดาห์ที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8±0.3, 6.8±0.3, 6.7±0.3 และ 6.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 18)

สัปดาห์ที่ 3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8±0.2, 6.8±0.3, 6.9±0.1 และ 6.8±0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่

ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 18)

สัปดาห์ที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8±0.3, 6.7±0.2, 6.9±0.2 และ 6.7±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 18)

2.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0±0.1, 7.1±0.1, 7.0±0.1 และ 7.1±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 19)

สัปดาห์ที่ 1 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.1, 7.0±0.1, 7.1±0.1 และ 7.0±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 19)

สัปดาห์ที่ 2 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.1, 7.0±0.1, 7.0±0.1 และ 7.1±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 19)

สัปดาห์ที่ 3 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0±0.1, 7.1±0.1, 7.1±0.1 และ 7.0±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 19)

สัปดาห์ที่ 4 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.1, 7.0±0.1, 7.1±0.1 และ 7.1±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 19)

2.3 ความเป็นด่าง

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.3±3.1, 53.3±1.5, 54.0±1.0 และ 54.7±1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 20)

สัปดาห์ที่ 1 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.3±1.5, 53.3±1.2, 52.7±1.5 และ 53.7±1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 20)

สัปดาห์ที่ 2 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.0±2.0, 52.7±2.1, 53.7±2.5 และ 53.7±1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 20)

สัปดาห์ที่ 3 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.3±1.5, 52.7±1.2, 53.7±2.5 และ 53.3±1.2 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 20)

สัปดาห์ที่ 4 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.0±1.0, 52.7±1.5, 52.3±1.2 และ 52.7±1.2 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 20)

2.4 อุณหภูมิน้ำ

เริ่มต้นการทดลอง อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.8±0.2, 27.7±0.2, 27.8±0.2 และ 27.8±0.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16 และภาพที่ 21)

สัปดาห์ที่ 1 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.9±0.2, 27.7±0.3, 27.8±0.2 และ 27.6±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16 และภาพที่ 21)

สัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.7±0.3, 27.8±0.2, 27.6±0.3 และ 27.8±0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16 และภาพที่ 21)

สัปดาห์ที่ 3 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.9±0.1, 27.7±0.2, 27.8±0.3 และ 27.8±0.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16 และภาพที่ 21)

สัปดาห์ที่ 4 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.8±0.2, 27.7±0.3, 27.7±0.3 และ 27.8±0.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16 และภาพที่ 21)

2.5 แอมโมเนีย (NH_3)

เริ่มต้นการทดลอง แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.017±0.005, 0.020±0.004, 0.016±0.004 และ 0.017±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 22)

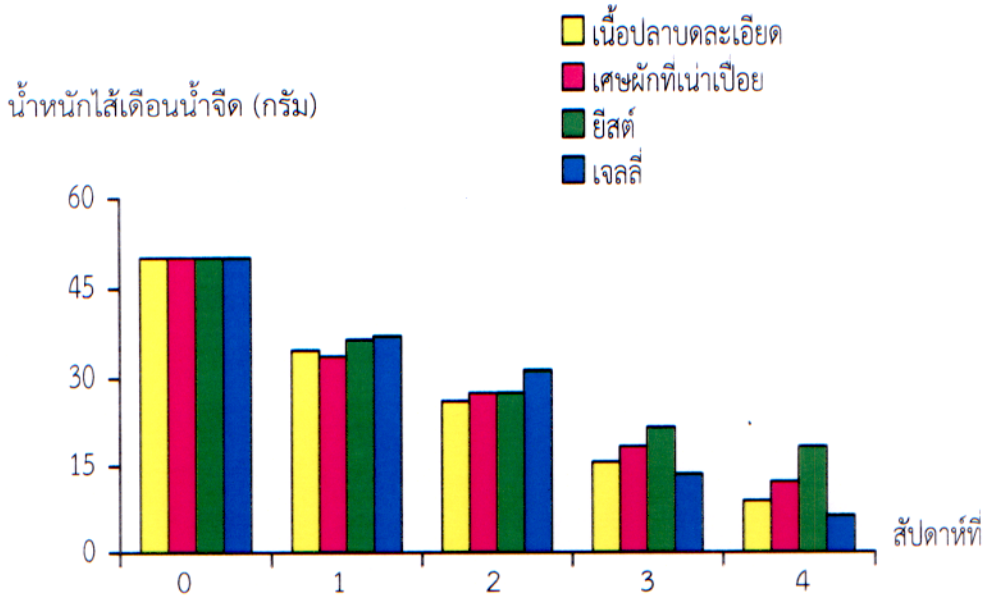
สัปดาห์ที่ 1 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.030±0.003, 0.032±0.010, 0.030±0.004 และ 0.030±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 22)

สัปดาห์ที่ 2 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.046±0.006, 0.046±0.005, 0.049±0.003 และ 0.051±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 22)

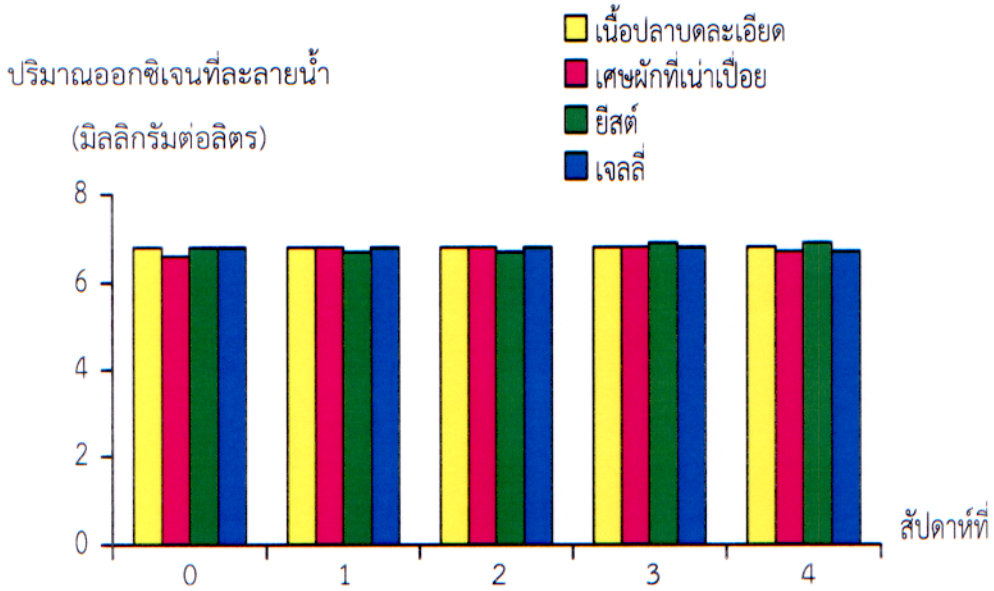
สัปดาห์ที่ 3 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.166±0.047, 0.160±0.051, 0.154±0.018 และ 0.155±0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 22)

สัปดาห์ที่ 4 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.236±0.021, 0.231±0.021, 0.235±0.008 และ 0.234±0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 17 และภาพที่ 22)

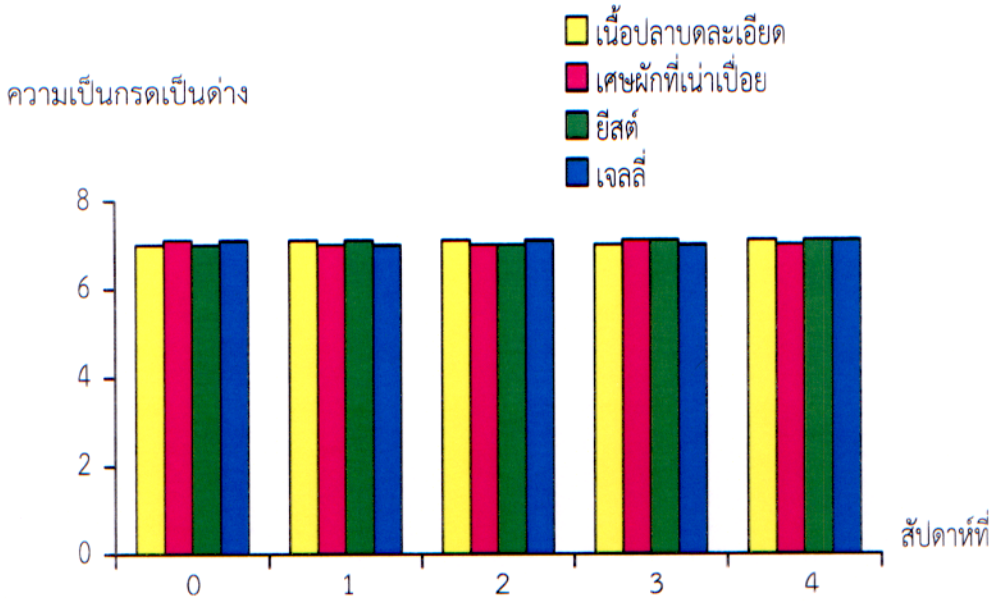
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า คุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ อุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (วิรัช, 2544) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การขยายพันธุ์ และการอนุรักษ์สัตว์น้ำ ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ความเป็นกรดเป็นด่างภายในแหล่งน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5-9 ความเป็นกรดเป็นด่างจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่ได้ตามมาตรฐานอาจเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ค่าที่เหมาะสมของแอมโมเนียควรมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ คือ 50-300 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (วิรัช, 2544)



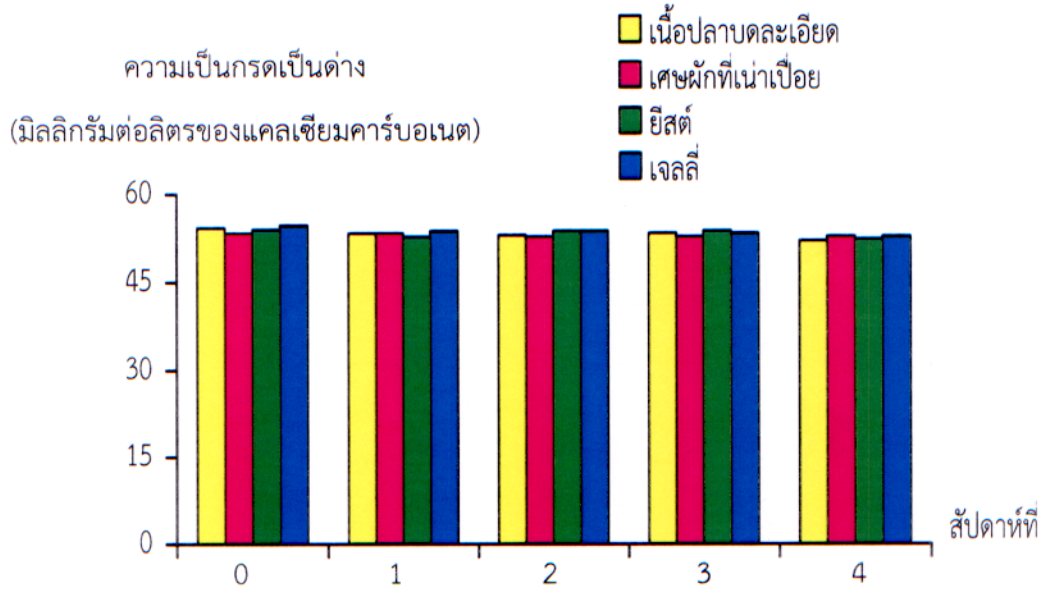
ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



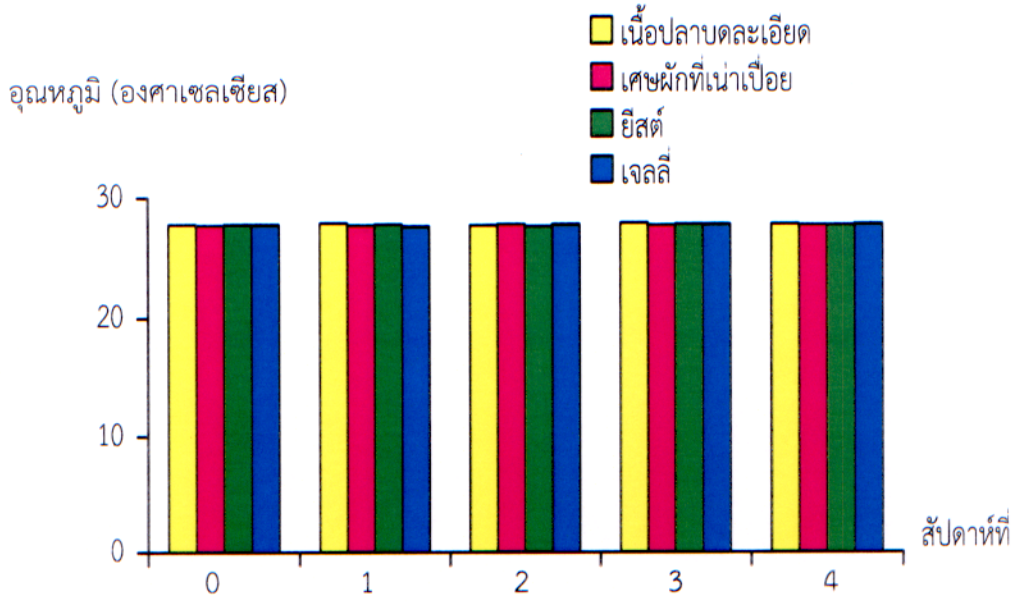
ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



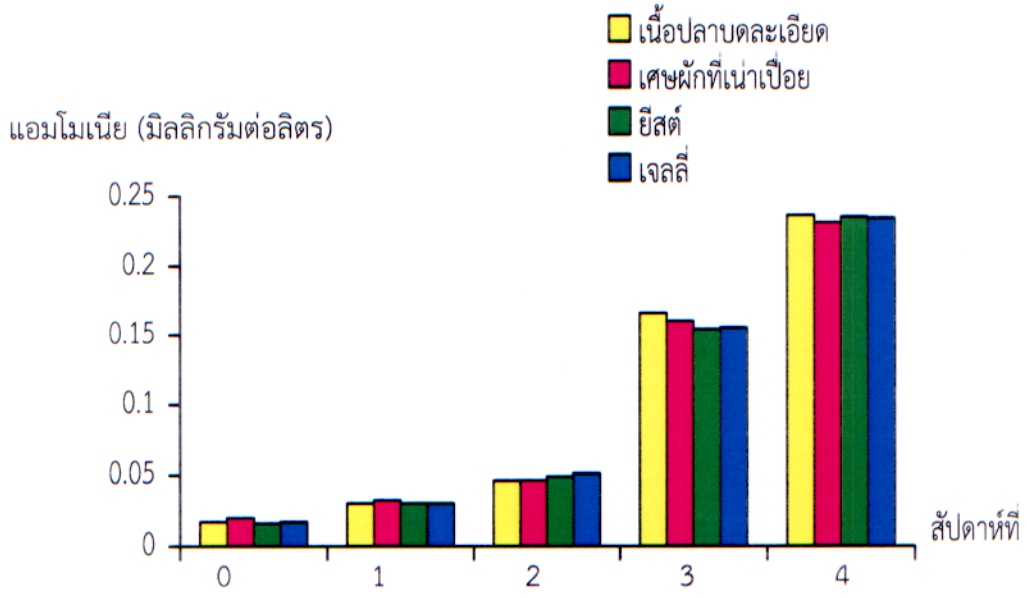
ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

น้ำหนักไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)	อาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้น	50.1407±0.0061[a]	50.1371±0.0049[a]	50.1420±0.0063[a]	50.1384±0.0050[a]
สัปดาห์ที่ 1	34.6425±4.8186[a]	33.6278±5.6940[a]	36.5064±1.2228[a]	37.0959±3.8820[a]
สัปดาห์ที่ 2	26.1840±4.2613[a]	27.5509±1.8102[a]	27.5975±1.7126[a]	31.2981±5.4088[a]
สัปดาห์ที่ 3	15.6924±3.5477[ab]	18.3178±2.9003[ab]	21.6561±4.4519[b]	13.5349±2.2824[a]
สัปดาห์ที่ 4	8.9080±6.0670[a]	12.1981±0.5227[ab]	18.2425±4.1196[b]	6.3501±3.8411[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	6.8±0.2[a]	6.6±0.3[a]	6.8±0.3[a]	6.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 1	6.8±0.3[a]	6.8±0.3[a]	6.7±0.2[a]	6.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 2	6.8±0.3[a]	6.8±0.3[a]	6.7±0.3[a]	6.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 3	6.8±0.2[a]	6.8±0.3[a]	6.9±0.1[a]	6.8±0.3[a]
สัปดาห์ที่ 4	6.8±0.3[a]	6.7±0.2[a]	6.9±0.2[a]	6.7±0.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ความเป็นกรดเป็นด่าง	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 1	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 2	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 3	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 4	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.1±0.1[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	54.3±3.1[a]	53.3±1.5[a]	54.0±1.0[a]	54.7±1.5[a]
สัปดาห์ที่ 1	53.3±1.5[a]	53.3±1.2[a]	52.7±1.5[a]	53.7±1.5[a]
สัปดาห์ที่ 2	53.0±2.0[a]	52.7±2.1[a]	53.7±2.5[a]	53.7±1.5[a]
สัปดาห์ที่ 3	53.3±1.5[a]	52.7±1.2[a]	53.7±2.5[a]	53.3±1.2[a]
สัปดาห์ที่ 4	52.0±1.0[a]	52.7±1.5[a]	52.3±1.2[a]	52.7±1.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	27.8±0.2[a]	27.7±0.2[a]	27.8±0.2[a]	27.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 1	27.9±0.2[a]	27.7±0.3[a]	27.8±0.2[a]	27.6±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 2	27.7±0.3[a]	27.8±0.2[a]	27.6±0.3[a]	27.8±0.3[a]
สัปดาห์ที่ 3	27.9±0.1[a]	27.7±0.2[a]	27.8±0.3[a]	27.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 4	27.8±0.2[a]	27.7±0.3[a]	27.7±0.3[a]	27.8±0.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	0.017±0.005[a]	0.020±0.004[a]	0.016±0.004[a]	0.017±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 1	0.030±0.003[a]	0.032±0.010[a]	0.030±0.004[a]	0.030±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 2	0.046±0.006[a]	0.046±0.005[a]	0.049±0.003[a]	0.051±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 3	0.166±0.047[a]	0.160±0.051[a]	0.154±0.018[a]	0.155±0.022[a]
สัปดาห์ที่ 4	0.236±0.021[a]	0.231±0.021[a]	0.235±0.008[a]	0.234±0.022[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากผลการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลอง 4 ชนิด คือ เนื้อปลาบดละเอียด เศษผักที่เน่าเปื่อย ยีสต์ และเจลลี่ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดทุกสัปดาห์ข้างต้น ทำให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้น คือ แนวโน้มการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 ชนิด ลดลงทุกสัปดาห์ อาจเนื่องมาจากไส้เดือนน้ำจืดเป็นพวกที่ไวต่อสิ่งเร้า เมื่อมีสิ่งเร้าเข้ามาใกล้หรือสัมผัส ไส้เดือนน้ำจืดจะหดตัวและเกาะกลุ่มกันเป็นก้อนกลมๆ เมื่อมีการชั่งน้ำหนักรวมทุกสัปดาห์ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืดโดยน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดลดลงอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ จึงเริ่มต้นทดลองใหม่อีกครั้ง แต่เปลี่ยนเป็นทำการชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดก่อนเริ่มต้นการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งให้ผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืด

1.1 ด้านน้ำหนัก

ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 50.5441±0.0265, 50.5512±0.0427, 50.5553±0.0458 และ 50.5448±0.0238 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักรวมเริ่มต้นเฉลี่ยของไส้เดือนน้ำจืดในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 18 และ ภาพที่ 23)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 ไส้เดือนน้ำจืดมีค่าน้ำหนักรวมเฉลี่ยเท่ากับ 62.3841±0.5788, 65.7906±2.8045, 67.6322±2.0874 และ 61.9354±1.5721 กรัม ตามลำดับ ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์และเศษผักที่เน่าเปื่อยมีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเศษผักที่เน่าเปื่อยมีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่มีน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 18) เมื่อนำมาคำนวณต่อพบว่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.1316±0.0061, 0.1693±0.0307, 0.1897± 0.0228 และ 0.1266±0.0172 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.23±0.01, 0.29±0.05, 0.32±0.03 และ 0.23±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์และเศษผักที่เน่าเปื่อยมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเศษผักที่เน่าเปื่อยมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 18)

2. คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลอง

2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)

เริ่มต้นการทดลอง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.7±0.3, 5.8±0.2, 5.8±0.2 และ 5.7±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 19 และภาพที่ 24)

สัปดาห์ที่ 1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.7±0.2, 5.8±0.1, 5.8±0.2 และ 5.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 19 และภาพที่ 24)

สัปดาห์ที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.8±0.2, 5.8±0.2, 5.8±0.2 และ 5.9±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 19 และภาพที่ 24)

สัปดาห์ที่ 3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.8±0.2, 5.8±0.2, 5.7±0.1 และ 5.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 19 และภาพที่ 24)

สัปดาห์ที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.8±0.2, 5.8±0.2, 5.8±0.2 และ 5.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 19 และภาพที่ 24)

2.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0±0.1, 7.1±0.1, 7.0±0.1 และ 7.1±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

สัปดาห์ที่ 1 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.1, 7.0±0.1, 7.1±0.1 และ 7.0±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

สัปดาห์ที่ 2 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.1, 7.0±0.1, 7.0±0.1 และ 7.1±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

สัปดาห์ที่ 3 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0±0.1, 7.1±0.1, 7.1±0.1 และ 7.0±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

สัปดาห์ที่ 4 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.1, 7.0±0.1, 7.1±0.1 และ 7.1±0.1 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 20 และภาพที่ 25)

2.3 ความเป็นด่าง

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.3±3.1, 53.3±1.5, 54.0±1.0 และ 54.7±1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26)

สัปดาห์ที่ 1 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.3±1.5, 53.3±1.2, 52.7±1.5 และ 53.7±1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26)

สัปดาห์ที่ 2 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.0±2.0, 52.7±2.1, 53.7±2.5 และ 53.7±1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26)

สัปดาห์ที่ 3 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.3±1.5, 52.7±1.2, 53.7±2.5 และ 53.3±1.2 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26)

สัปดาห์ที่ 4 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.0±1.0, 52.7±1.5, 52.3±1.2 และ 52.7±1.2 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26)

2.4 อุณหภูมิน้ำ

เริ่มต้นการทดลอง อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.8±0.2, 27.7±0.2, 27.8±0.2 และ 27.8±0.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 22 และภาพที่ 27)

สัปดาห์ที่ 1 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.9±0.2, 27.7±0.3, 27.8±0.2 และ 27.6±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 22 และภาพที่ 27)

สัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.7±0.3, 27.8±0.2, 27.6±0.3 และ 27.8±0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 22 และภาพที่ 27)

สัปดาห์ที่ 3 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.9±0.1, 27.7±0.2, 27.8±0.3 และ 27.8±0.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 22 และภาพที่ 27)

สัปดาห์ที่ 4 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.8±0.2, 27.7±0.3, 27.7±0.3 และ 27.8±0.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 22 และภาพที่ 27)

2.5 แอมโมเนีย (NH_3)

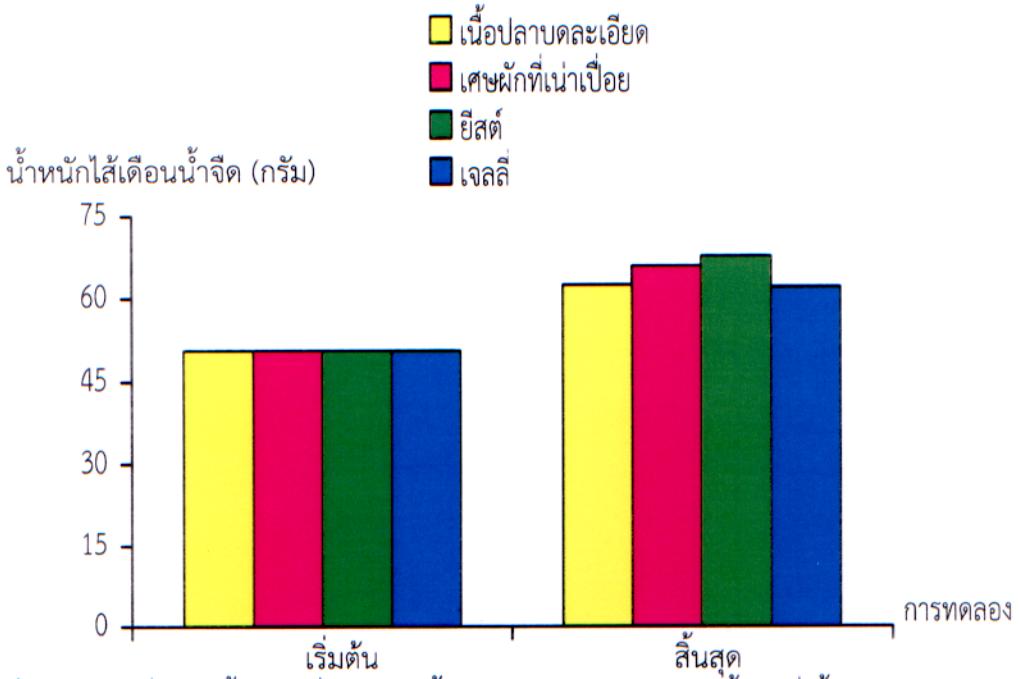
เริ่มต้นการทดลอง แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.017±0.005, 0.020±0.004, 0.016±0.004 และ 0.017±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23 และภาพที่ 28)

สัปดาห์ที่ 1 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.030±0.003, 0.032±0.010, 0.030±0.004 และ 0.030±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23 และภาพที่ 28)

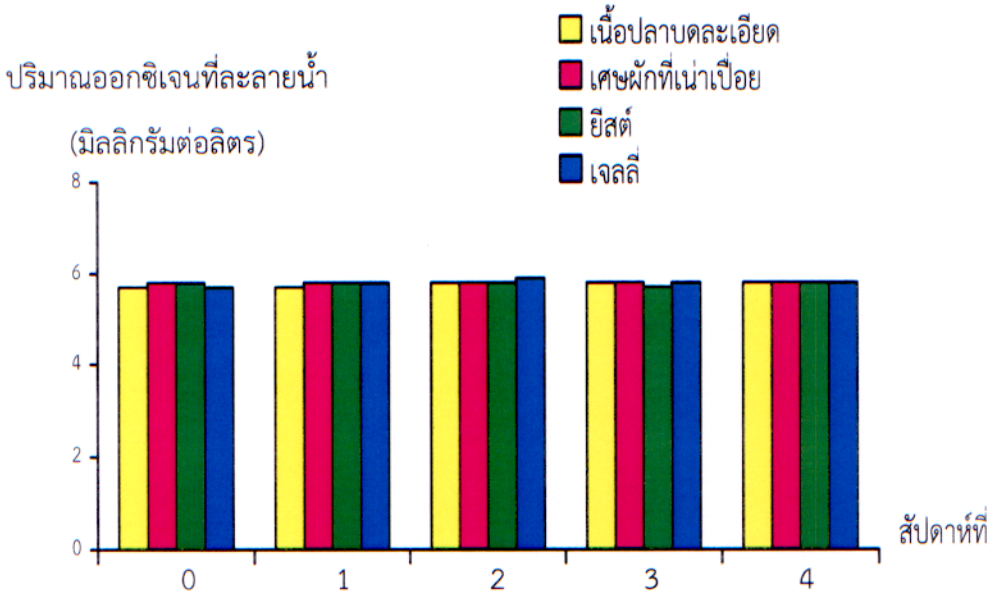
สัปดาห์ที่ 2 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.046±0.006, 0.046±0.005, 0.049±0.003 และ 0.051±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23 และภาพที่ 28)

สัปดาห์ที่ 3 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.166±0.047, 0.160±0.051, 0.154±0.018 และ 0.155±0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23 และภาพที่ 28)

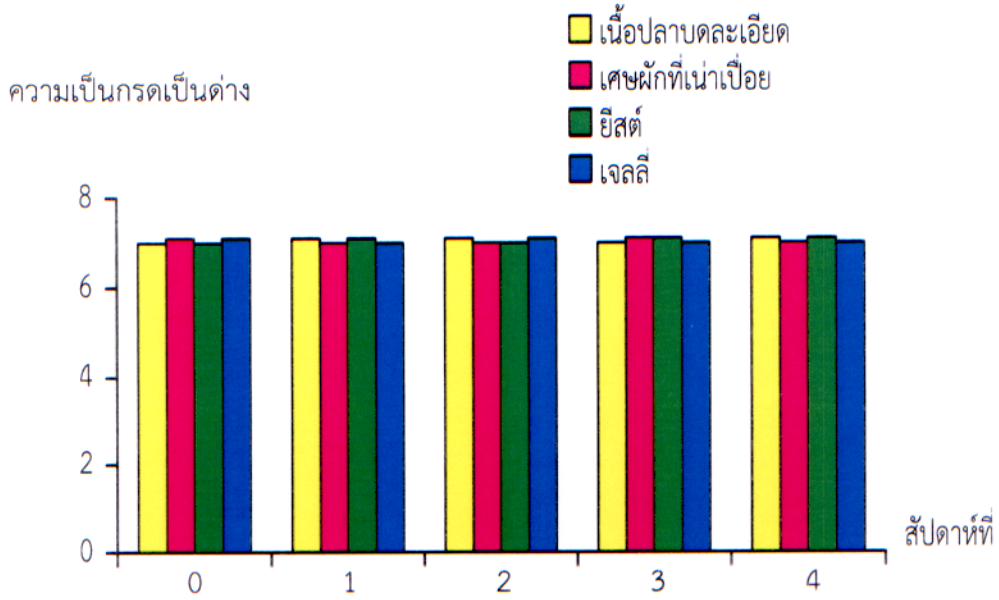
สัปดาห์ที่ 4 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.236±0.021, 0.231±0.021, 0.235±0.008 และ 0.234±0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23 และภาพที่ 28)



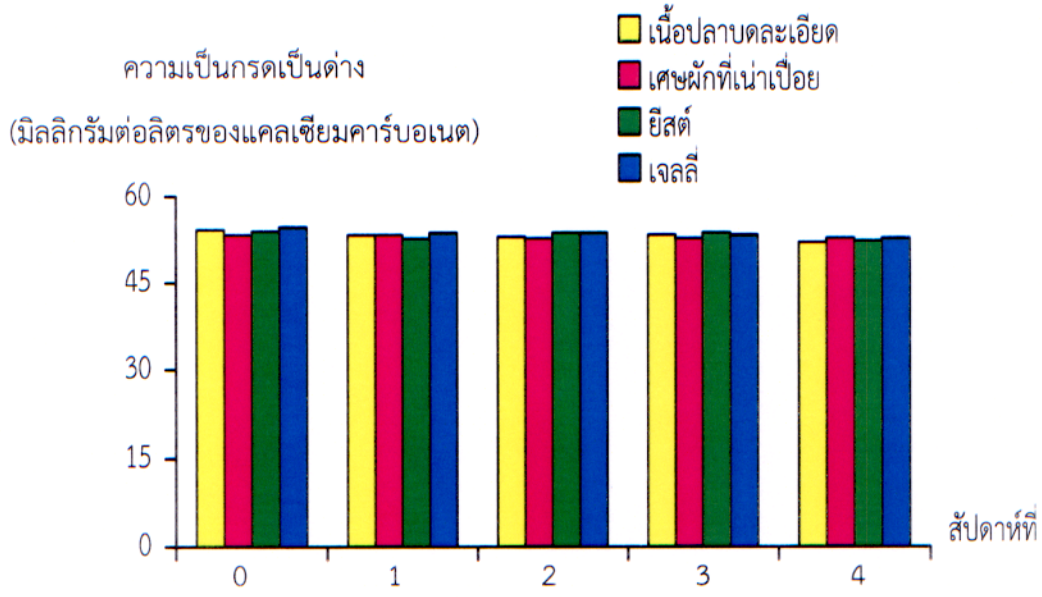
ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายของไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



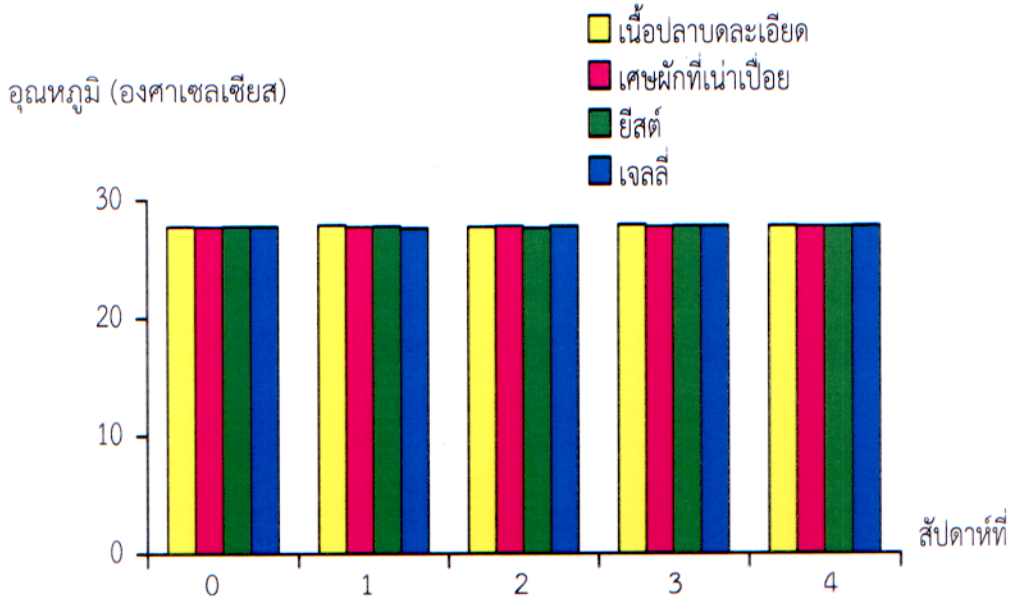
ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



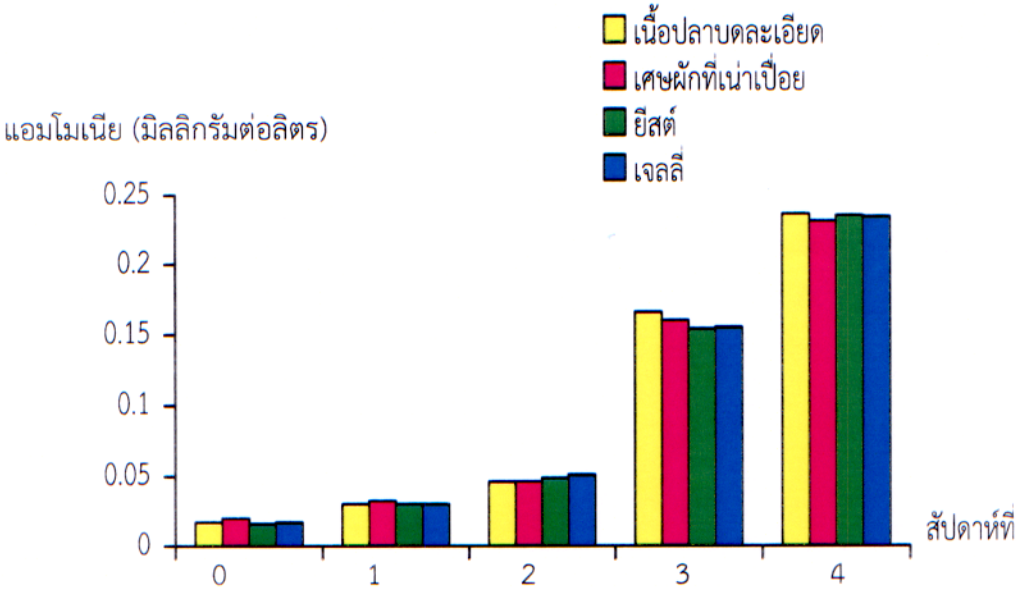
ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ดัชนี	อาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืด			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	50.5441±0.0265[a]	50.5512±0.0427[a]	50.5553±0.0458[a]	50.5448±0.0238[a]
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	62.3841±0.5788[ab]	65.7906±2.8045[bc]	67.6322±2.0874[c]	61.9354±1.5721[a]
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)	0.1316±0.0061[ab]	0.1693±0.0307[bc]	0.1897±0.0228[c]	0.1266±0.0172[a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	0.23±0.01[ab]	0.29±0.05[bc]	0.32±0.03[c]	0.23±0.03[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	5.7±0.3[a]	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]	5.7±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 1	5.7±0.2[a]	5.8±0.1[a]	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 2	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]	5.9±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 3	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]	5.7±0.1[a]	5.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 4	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]	5.8±0.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ความเป็นกรดเป็นด่าง	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 1	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 2	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 3	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]
สัปดาห์ที่ 4	7.1±0.1[a]	7.0±0.1[a]	7.1±0.1[a]	7.1±0.1[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	54.3±3.1[a]	53.3±1.5[a]	54.0±1.0[a]	54.7±1.5[a]
สัปดาห์ที่ 1	53.3±1.5[a]	53.3±1.2[a]	52.7±1.5[a]	53.7±1.5[a]
สัปดาห์ที่ 2	53.0±2.0[a]	52.7±2.1[a]	53.7±2.5[a]	53.7±1.5[a]
สัปดาห์ที่ 3	53.3±1.5[a]	52.7±1.2[a]	53.7±2.5[a]	53.3±1.2[a]
สัปดาห์ที่ 4	52.0±1.0[a]	52.7±1.5[a]	52.3±1.2[a]	52.7±1.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	27.8±0.2[a]	27.7±0.2[a]	27.8±0.2[a]	27.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 1	27.9±0.2[a]	27.7±0.3[a]	27.8±0.2[a]	27.6±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 2	27.7±0.3[a]	27.8±0.2[a]	27.6±0.3[a]	27.8±0.3[a]
สัปดาห์ที่ 3	27.9±0.1[a]	27.7±0.2[a]	27.8±0.3[a]	27.8±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 4	27.8±0.2[a]	27.7±0.3[a]	27.7±0.3[a]	27.8±0.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างการเลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วย			
	เนื้อปลาบดละเอียด	เศษผักที่เน่าเปื่อย	ยีสต์	เจลลี่
เริ่มต้นการทดลอง	0.017±0.005[a]	0.020±0.004[a]	0.016±0.004[a]	0.017±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 1	0.030±0.003[a]	0.032±0.010[a]	0.030±0.004[a]	0.030±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 2	0.046±0.006[a]	0.046±0.005[a]	0.049±0.003[a]	0.051±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 3	0.166±0.047[a]	0.160±0.051[a]	0.154±0.018[a]	0.155±0.022[a]
สัปดาห์ที่ 4	0.236±0.021[a]	0.231±0.021[a]	0.235±0.008[a]	0.234±0.022[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไส้เดือนน้ำจืดมากำจัดของเสีย ที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไส้เดือนน้ำจืดมากำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทดลองเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) ในกล่องพลาสติกทึบ ขนาด 47×66×34 เซนติเมตร ซึ่งจำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลา และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโตของปลาดุก

1.1 ด้านความยาว

ปลาดุกมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.63±0.11, 7.66±0.12, 7.62±0.04 และ 7.64±0.10 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และ 26 และภาพที่ 29)

สัปดาห์ที่ 2 ปลาดุกมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 7.74±0.02, 7.75±0.07, 7.75±0.02 และ 7.75±0.07 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความยาวเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 2 ของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 29)

สัปดาห์ที่ 4 ปลาดุกมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 8.72±0.13, 8.78±0.05, 8.86±0.16 และ 8.91±0.10 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความยาวเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 4 ของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 29)

สัปดาห์ที่ 6 ปลาดุกมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 9.50±0.16, 9.52±0.09, 9.55±0.14 และ 9.63±0.15 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความยาวเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 6 ของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 29)

สัปดาห์ที่ 8 ปลาดุกมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 10.32±0.12, 10.36±0.15, 10.41±0.05 และ 10.51±0.13 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความยาวเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 8 ของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 29)

สัปดาห์ที่ 10 ปลาดุกมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 11.43±0.08, 11.51±0.10, 11.61±0.18 และ 11.79±0.15 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 450 และ 600 กรัม มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0 และ 300 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 29)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ปลาดุกมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 13.38±0.15, 13.47±0.07, 13.53±0.09 และ 13.62±0.15 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และภาพที่ 29)

ความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.0639±0.002, 0.0646±0.001, 0.0657±0.001 และ 0.0664±0.002 เซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวมีค่าเท่ากับ 0.62±0.02, 0.63±0.01, 0.64±0.01 และ 0.64±0.02 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ (0, 300, 450 และ 600 กรัม) มีความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24 และ 26 และภาพที่ 29)

1.2 ด้านน้ำหนัก

ปลาดุกมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.5327±0.0678, 2.5353±0.0755, 2.5344±0.0882 และ 2.5319±0.0899 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และ 26 และภาพที่ 30)

สัปดาห์ที่ 2 ปลาดุกมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.6268±0.1019, 2.6281±0.0959, 2.6315±0.0643 และ 2.6238±0.0773 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 2 ของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และภาพที่ 30)

สัปดาห์ที่ 4 ปลาดุกมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 3.5944±0.1526, 3.6443±0.1580, 3.7278±0.0892 และ 3.8445±0.1210 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 4 ของปลาดุกในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และภาพที่ 30)

สัปดาห์ที่ 6 ปลาดุกมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 5.4135±0.1805, 5.4341±0.1021, 5.4758±0.1491 และ 5.6134±0.1367 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 6 ปลาดุกที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และภาพที่ 30)

สัปดาห์ที่ 8 ปลาดุกมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 7.3291±0.1296, 7.3381±0.0970, 7.4465±0.0507 และ 7.6272±0.2152 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 450 และ 600 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0 และ 300 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และภาพที่ 30)

สัปดาห์ที่ 10 ปลาดุกมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 9.3413±0.1357, 9.3504±0.1402, 9.5674±0.2819 และ 9.7844±0.0972 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 450 และ 600 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0 และ 300 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และภาพที่ 30)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ปลาดุกมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 11.4451±0.1128, 11.5145±0.0747, 11.6591±0.1020 และ 11.9011±0.2394 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 450 และ 600 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0 และ 300 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 25 และ 26 และภาพที่ 30)

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.0990±0.0018, 0.0998±0.0017, 0.1014±0.0020 และ 0.1041±0.0034 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 1.68±0.04, 1.68±0.03, 1.70±0.05 และ 1.72±0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักของปลาดุกที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 26 และภาพที่ 30)

1.3 อัตราการรอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) ในทุกชุดการทดลอง เหลือรอด 40 ตัว คิดเป็นอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ มีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 26)

2. การเจริญเติบโตของไส้เดือนน้ำจืด

2.1 น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก

ไส้เดือนน้ำจืดมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.0000±0.0000, 300.0277±0.0037, 450.0120±0.0008 และ 600.0110±0.0017 กรัม ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ไส้เดือนน้ำจืดมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.0000±0.0000, 348.4725±6.5906, 526.3777±8.3220 และ 707.2139±9.8021 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.0000±0.0000, 0.5383±0.0732, 0.8485±0.0925 และ 1.1911±0.1089 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 0.00±0.00, 0.17±0.02, 0.17±0.02 และ 0.18±0.02 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่ใส่ในปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม ระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวของปลาดุก จากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ความยาวของปลาดุก (เซนติเมตร)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้น	7.63±0.11[a]	7.66±0.12[a]	7.62±0.04[a]	7.64±0.10[a]
สัปดาห์ที่ 2	7.74±0.02[a]	7.75±0.07[a]	7.75±0.02[a]	7.75±0.07[a]
สัปดาห์ที่ 4	8.72±0.13[a]	8.78±0.05[a]	8.86±0.16[a]	8.91±0.10[a]
สัปดาห์ที่ 6	9.50±0.16[a]	9.52±0.09[a]	9.55±0.14[a]	9.63±0.15[a]
สัปดาห์ที่ 8	10.32±0.12[a]	10.36±0.15[a]	10.41±0.05[a]	10.51±0.13[a]
สัปดาห์ที่ 10	11.43±0.08[a]	11.51±0.10[a]	11.61±0.18[ab]	11.79±0.15[b]
สัปดาห์ที่ 12	13.38±0.15[a]	13.47±0.07[ab]	13.53±0.09[ab]	13.62±0.15[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักของปลาดุกจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

น้ำหนักของปลาดุก (กรัม)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้น	2.5327±0.0678[a]	2.5353±0.0755[a]	2.5344±0.0882[a]	2.5319±0.0899[a]
สัปดาห์ที่ 2	2.6268±0.1019[a]	2.6281±0.0959[a]	2.6315±0.0643[a]	2.6238±0.0773[a]
สัปดาห์ที่ 4	3.5944±0.1580[a]	3.6443±0.1580[a]	3.7278±0.0892[a]	3.8445±0.1210[a]
สัปดาห์ที่ 6	5.4135±0.1805[a]	5.4341±0.1021[a]	5.4758±0.1491[a]	5.6134±0.1367[a]
สัปดาห์ที่ 8	7.3291±0.1296[a]	7.3381±0.0970[a]	7.4465±0.0507[ab]	7.6272±0.2152[b]
สัปดาห์ที่ 10	9.3413±0.1357[a]	9.3504±0.1402[a]	9.5674±0.2819[ab]	9.7844±0.0972[b]
สัปดาห์ที่ 12	11.4451±0.1128[a]	11.5145±0.0747[a]	11.6591±0.1020[ab]	11.9011±0.2394[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวเริ่มต้น น้ำหนักเริ่มต้น ความยาวสุดท้าย น้ำหนักสุดท้าย ความยาวเพิ่มต่อวัน น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวและน้ำหนัก และอัตราการรอดตายของไส้เดือนน้ำจืด จากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

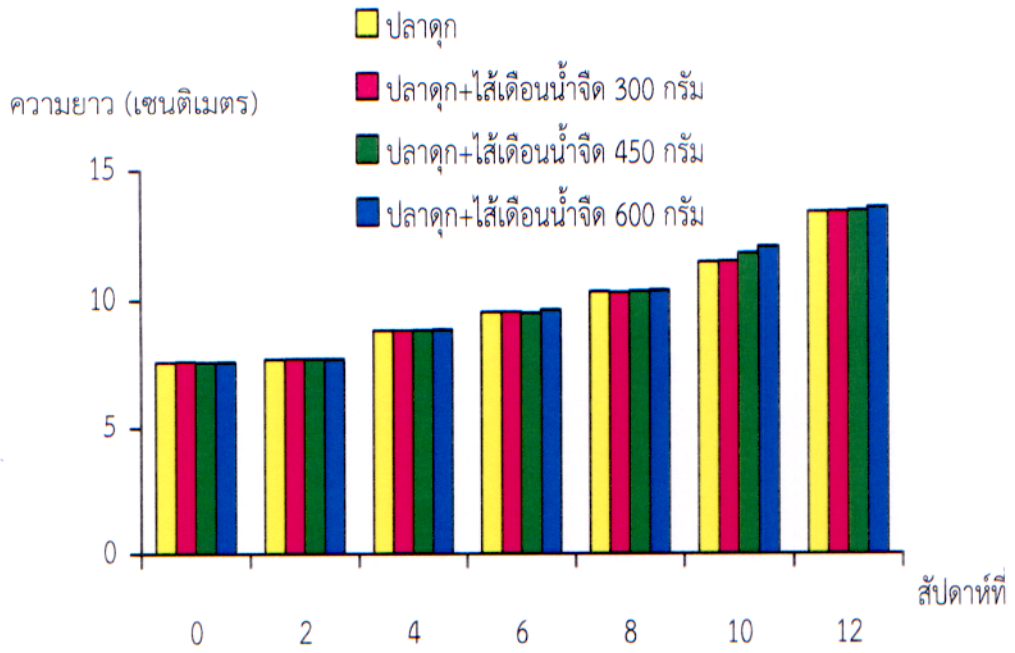
ดัชนี	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
ความยาวเริ่มต้น (เซนติเมตร)	7.63±0.11[a]	7.66±0.12[a]	7.62±0.04[a]	7.64±0.10[a]
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	2.5327±0.0678[a]	2.5353±0.0755[a]	2.5344±0.0882[a]	2.5319±0.0899[a]
ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร)	13.38±0.15[a]	13.47±0.07[ab]	13.53±0.09[ab]	13.62±0.15[b]
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	11.4451±0.1128[a]	11.5145±0.0747[a]	11.6591±0.1020[ab]	11.9011±0.2394[b]
ความยาวเพิ่มต่อวัน (เซนติเมตรต่อวัน)	0.0639±0.002[a]	0.0646±0.001[a]	0.0657±0.001[a]	0.0664±0.002[a]
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัมต่อวัน)	0.0990±0.0018[a]	0.0998±0.0017[a]	0.1014±0.0020[ab]	0.1041±0.0034[b]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาว (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	0.62±0.02[a]	0.63±0.01[a]	0.64±0.01[a]	0.64±0.01[a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	1.68±0.04[a]	1.68±0.03[a]	1.70±0.05[a]	1.72±0.06[a]
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	100[a]	100[a]	100[a]	100[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

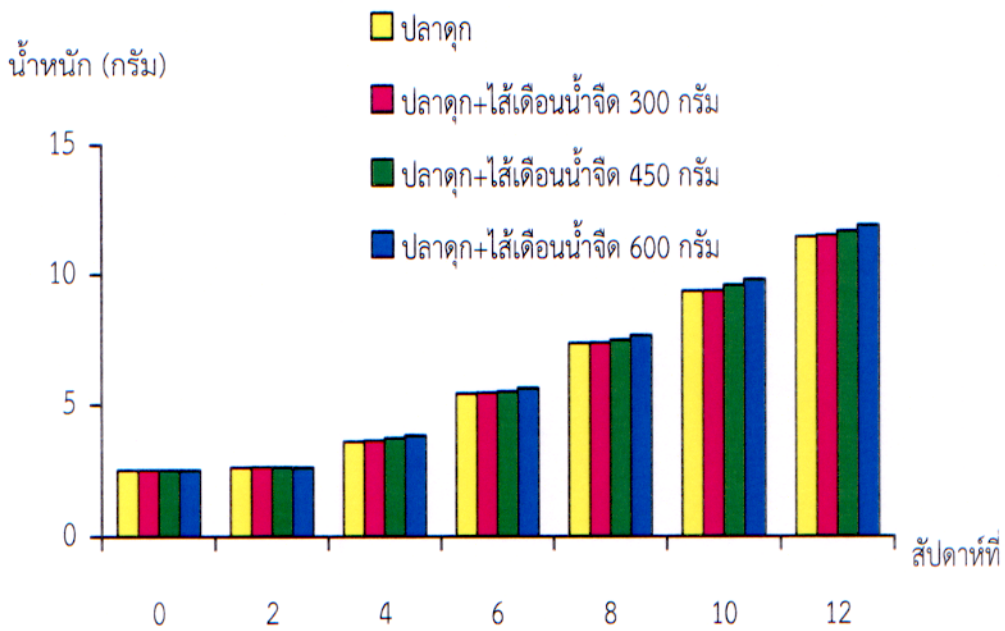
ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืด จากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ไส้เดือนน้ำจืด	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.000±0.000	300.0277±0.0037	450.0120±0.0008	600.0110±0.0017
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	0.000±0.000	348.4725±6.5906	526.3777±8.3220	707.2139±9.8021
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัมต่อวัน)	0.000±0.000	0.5383±0.0732	0.8485±0.0925	1.1911±0.1089
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	0.000±0.000[a]	0.17±0.02[b]	0.17±0.02[b]	0.18±0.02[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยของความยาวของปลาดุกที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของปลาดุกที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

3. คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลอง

3.1 อุณหภูมิน้ำ

เริ่มต้นการทดลอง อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.3±0.6, 26.2±0.3, 26.8±0.3 และ 26.3±0.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

สัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.5±0.5, 26.5±0.5, 26.5±0.5 และ 26.5±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

สัปดาห์ที่ 4 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.3±0.6, 26.5±0.5, 27.2±0.8 และ 27.2±0.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

สัปดาห์ที่ 6 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.5±0.5, 26.5±0.5, 27.0±0.5 และ 26.5±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

สัปดาห์ที่ 8 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.8±0.8, 27.2±1.0, 27.3±0.6 และ 27.5±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

สัปดาห์ที่ 10 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.3±0.6, 27.5±0.5, 27.3±0.6 และ 27.5±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.5±0.5, 27.5±0.5, 27.2±0.3 และ 27.5±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 28 และภาพที่ 31)

3.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)

เริ่มต้นการทดลอง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.9±0.4, 6.0±0.4, 5.5±0.2 และ 5.6±0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

สัปดาห์ที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.3±0.3, 5.4±0.3, 5.5±0.2 และ 5.6±0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

สัปดาห์ที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6±0.2, 5.4±0.3, 5.5±0.2 และ 5.4±0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

สัปดาห์ที่ 6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.3±0.1, 5.4±0.2, 5.5±0.2 และ 5.5±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

สัปดาห์ที่ 8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4±0.2, 5.6±0.3, 5.5±0.2 และ 5.5±0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

สัปดาห์ที่ 10 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.5±0.2, 5.7±0.3, 5.4±0.2 และ 5.5±0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.5±0.3, 5.5±0.2, 5.5±0.2 และ 5.6±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 32)

3.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8±0.2, 6.8±0.2, 7.0±0.2 และ 7.0±0.2 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

สัปดาห์ที่ 2 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9±0.2, 6.9±0.3, 7.0±0.3 และ 6.7±0.2 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

สัปดาห์ที่ 4 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.6±0.6, 7.0±0.7, 6.6±0.5 และ 6.9±0.7 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

สัปดาห์ที่ 6 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.5±0.6, 7.0±0.5, 6.7±0.5 และ 6.9±0.7 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

สัปดาห์ที่ 8 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9±0.6, 6.6±0.7, 7.1±0.5 และ 6.6±0.7 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

สัปดาห์ที่ 10 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1±0.6, 6.6±0.5, 6.7±0.6 และ 7.0±0.5 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0±0.2, 6.8 ±0.4, 6.9±0.3 และ 6.8±0.5 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 30 และภาพที่ 33)

3.4 แอมโมเนีย (NH_3)

เริ่มต้นการทดลองแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.060±0.018, 0.069±0.012, 0.077±0.012 และ 0.056±0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

สัปดาห์ที่ 2 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.085±0.017, 0.085±0.013, 0.081±0.017 และ 0.075±0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

สัปดาห์ที่ 4 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.168±0.020, 0.164±0.025, 0.161±0.008 และ 0.160±0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

สัปดาห์ที่ 6 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.196±0.005, 0.191±0.007, 0.191±0.006 และ 0.188±0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า แอมโมเนียเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

สัปดาห์ที่ 8 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.264±0.021, 0.231±0.028, 0.225±0.020 และ 0.219±0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

สัปดาห์ที่ 10 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.276±0.011, 0.256±0.015, 0.254±0.018 และ 0.245±0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.350±0.011, 0.333±0.024, 0.327±0.005 และ 0.318±0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31 และภาพที่ 34)

3.5 ไนไตรท์ (NO_2^-)

เริ่มต้นการทดลองไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0061±0.002, 0.0057±0.005, 0.0057±0.002 และ 0.0061±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

สัปดาห์ที่ 2 ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0247±0.002, 0.0250±0.001, 0.0250±0.002 และ 0.0250±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

สัปดาห์ที่ 4 ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0317±0.003, 0.0331±0.007, 0.0344±0.001 และ 0.0347±0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

สัปดาห์ที่ 6 ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0347±0.003, 0.0357±0.003, 0.0384±0.003 และ 0.0377±0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

สัปดาห์ที่ 8 ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0431±0.004, 0.0457±0.003, 0.0443±0.004 และ 0.0417±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

สัปดาห์ที่ 10 ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0551±0.004, 0.0534±0.002, 0.0560±0.004 และ 0.0550±0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0631±0.004, 0.0647±0.003, 0.0727±0.002 และ 0.0660±0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์เฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 35)

3.6 ไนเตรท (NO_3^-)

เริ่มต้นการทดลอง ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0111±0.004, 0.0101±0.002, 0.0101±0.003 และ 0.0097±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

สัปดาห์ที่ 2 ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0244±0.003, 0.0247±0.003, 0.0270±0.006 และ 0.0264±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

สัปดาห์ที่ 4 ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0346±0.004, 0.0356±0.002, 0.0367±0.001 และ 0.0377±0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

สัปดาห์ที่ 6 ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0463±0.007, 0.0441±0.004, 0.0447±0.006 และ 0.0477±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

สัปดาห์ที่ 8 ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0604±0.010, 0.0587±0.004, 0.0594±0.007 และ 0.0567±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

สัปดาห์ที่ 10 ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1244±0.018, 0.1246±0.008, 0.1237±0.011 และ 0.1240±0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3140±0.022, 0.3171±0.031, 0.3211±0.035 และ 0.3177±0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนเตรทเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 33 และภาพที่ 36)

3.7 ฟอสฟอรัส

เริ่มต้นการทดลองฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0578±0.009, 0.0607±0.013, 0.0580±0.006 และ 0.0577±0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

สัปดาห์ที่ 2 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0630±0.014, 0.0647±0.010, 0.0677±0.010 และ 0.0631±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

สัปดาห์ที่ 4 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0694±0.007, 0.0671±0.023, 0.0661±0.014 และ 0.0662±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

สัปดาห์ที่ 6 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0747±0.006, 0.0701±0.012, 0.0744±0.004 และ 0.0747±0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

สัปดาห์ที่ 8 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0772±0.016, 0.0750±0.012, 0.0760±0.030 และ 0.0766±0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

สัปดาห์ที่ 10 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0955±0.010, 0.0960±0.006, 0.0966±0.009 และ 0.0939±0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1035±0.008, 0.1030 ±0.011, 0.1028±0.005 และ 0.1030±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 34 และภาพที่ 37)

3.8 ความเป็นด่าง

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120.00±4.00, 118.00±2.00, 120.00±5.29 และ 121.33±6.11 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

สัปดาห์ที่ 2 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 122.67±8.33, 126.00±6.00, 123.33±8.08 และ 118.00±2.00 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

สัปดาห์ที่ 4 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.67±10.07, 122.67±8.33, 124.67±7.02 และ 127.33±3.06 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

สัปดาห์ที่ 6 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120.67±5.03, 122.00±5.29, 120.67±4.16 และ 122.67±4.16 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

สัปดาห์ที่ 8 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.67±7.02, 123.33±7.57, 122.67±8.33 และ 127.33±8.08 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

สัปดาห์ที่ 10 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 123.33±7.57, 124.00±9.17, 125.33±7.02 และ 126.67±6.11 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126.67±5.03, 124.67 ±7.02, 128.00±4.00 และ 127.33±7.02 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 35 และภาพที่ 38)

3.9 ความกระด้าง

เริ่มต้นการทดลองความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.33±7.51, 105.00±4.36, 107.33± 7.02 และ 110.67±5.03 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

สัปดาห์ที่ 2 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108.00±15.62, 104.67±10.26, 101.33 ±10.07 และ 112.67±4.16 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

สัปดาห์ที่ 4 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 106.67±15.14, 100.00±5.29, 108.00±10.58 และ 108.67±7.02 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

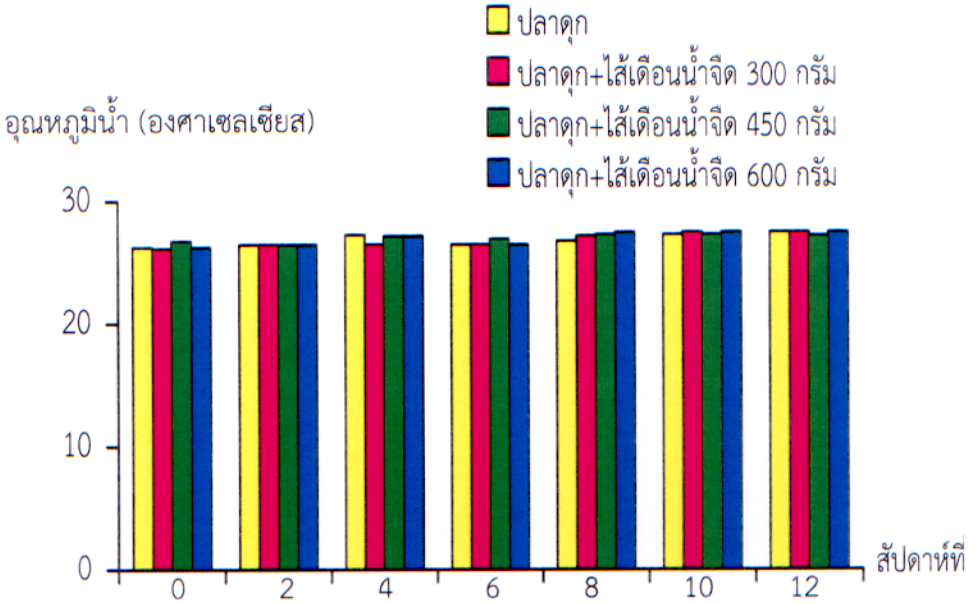
สัปดาห์ที่ 6 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108.00±7.55, 107.00±8.19, 106.67±7.02 และ 113.33±12.22 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

สัปดาห์ที่ 8 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.33±3.21, 105.33±7.57, 108.67±6.43 และ 104.00±2.00 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

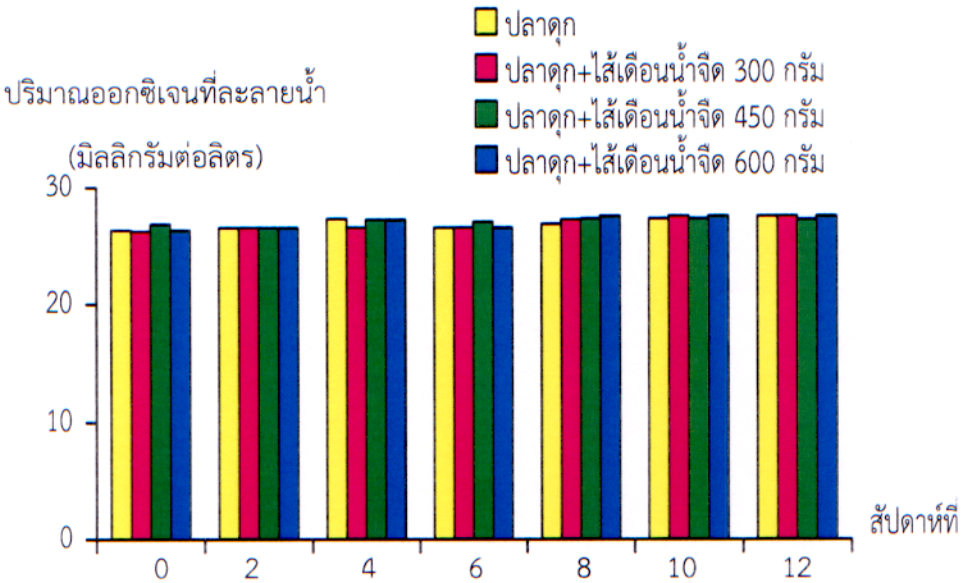
สัปดาห์ที่ 10 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.67±1.15, 104.00±7.21, 107.33±3.06 และ 108.67±7.57 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 106.00±10.39, 103.33±3.06, 107.33±9.02 และ 110.67±4.16 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความกระด้างเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 36 และภาพที่ 39)

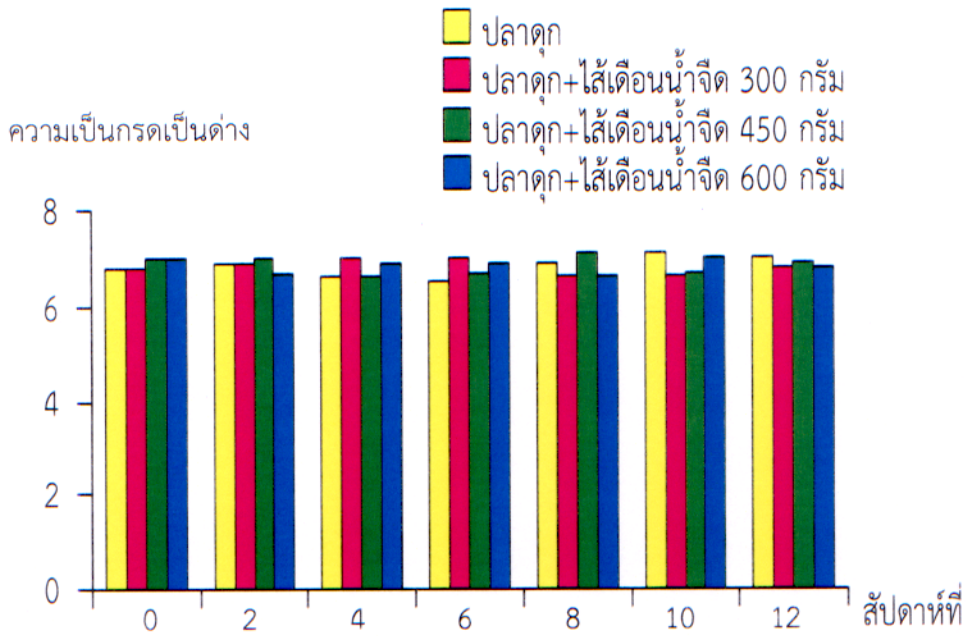
จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า คุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์ระหว่างการทดลองอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ อุณหภูมิน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 26-28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (วิรัช, 2544) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 5.1-6.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การขยายพันธุ์ และการอนุรักษ์สัตว์น้ำ ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความกดดันของอากาศ และสิ่งเจือปนในน้ำ น้ำที่มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงจะมีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าน้ำที่มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (บีโอดี) กล่าวคือ ถ้าแหล่งน้ำมีค่าบีโอดีมากแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความสกปรกมาก เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมากในการการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือปฏิกูล ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง แหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าบีโอดีที่เหมาะสมไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 6.1-7.5 ซึ่งความเป็นกรดเป็นด่างภายในแหล่งน้ำที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5-9 ความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่ได้ตามมาตรฐานอาจเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) แอมโมเนียระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.043-0.356 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.002-0.075 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรตระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.005-0.353 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.005-0.113 มิลลิกรัม ซึ่งค่าที่เหมาะสมของแอมโมเนียควรมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ควรมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทควรมีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสรวมมีค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.05-1 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อเลี้ยงที่มีค่าฟอสฟอรัสสูงกว่าเกณฑ์จะมีสีของน้ำค่อนข้างเขียวเข้ม (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ความเป็นด่างระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 114-134 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต และความกระด้างระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 92-126 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือ 50-300 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต และค่าความกระด้างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ คือ 75-150 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (วิรัช, 2544)



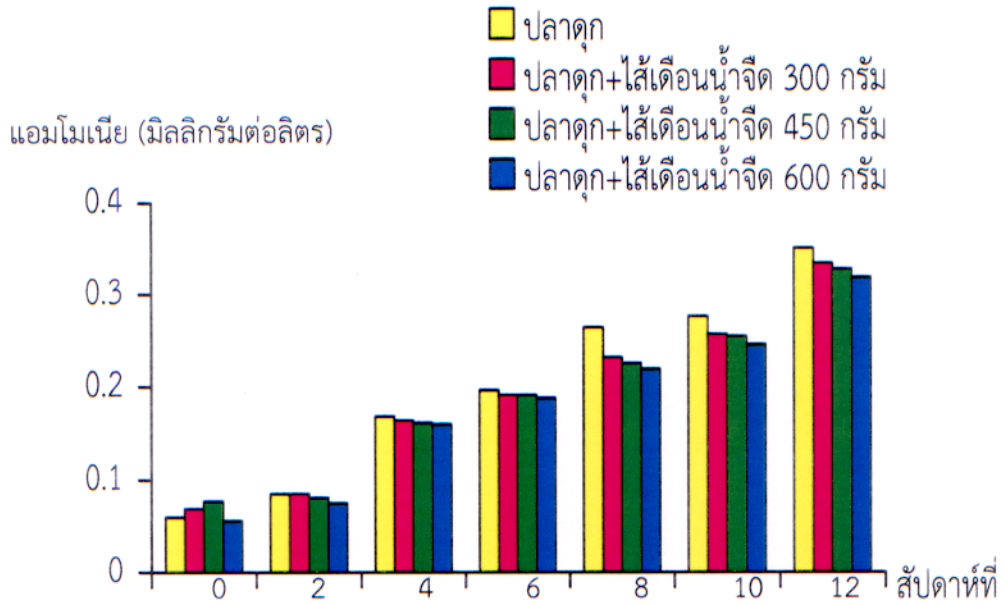
ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



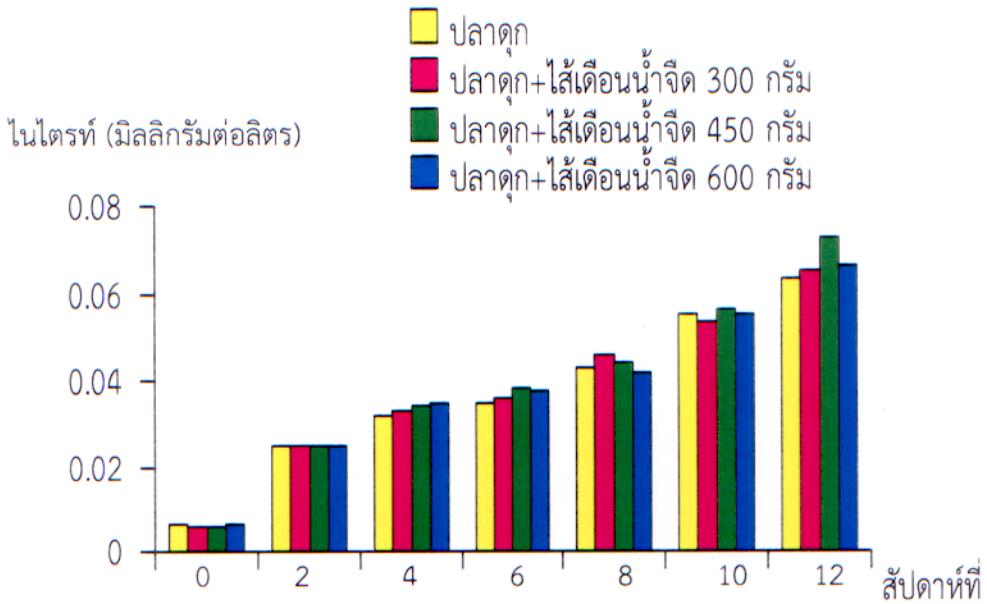
ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



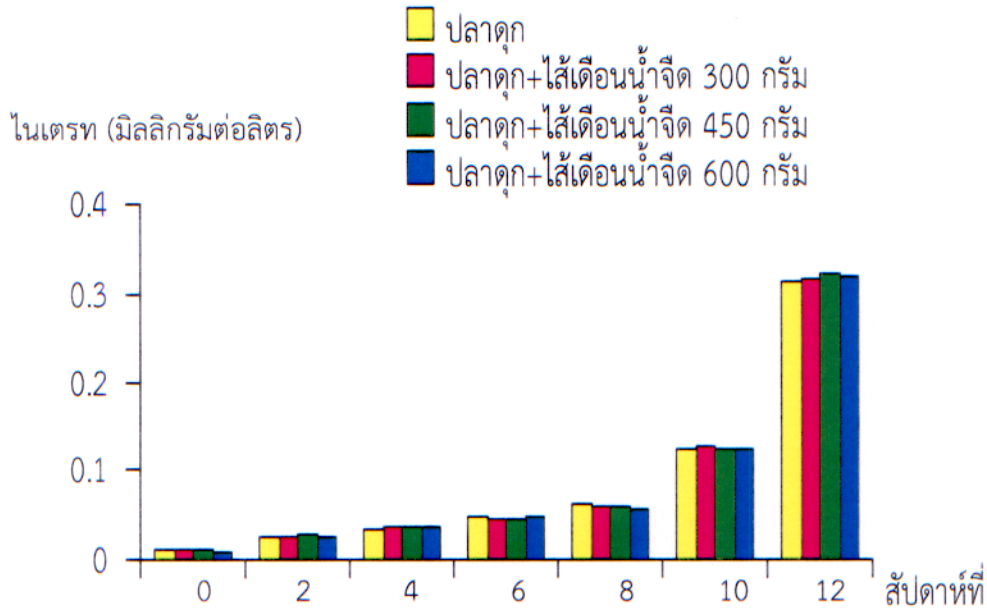
ภาพที่ 33 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



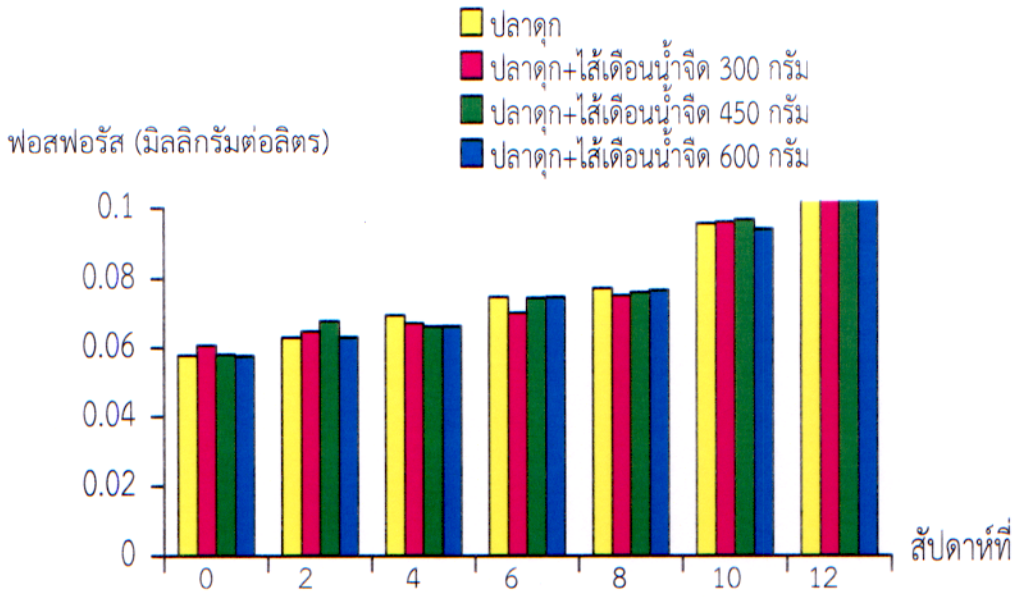
ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



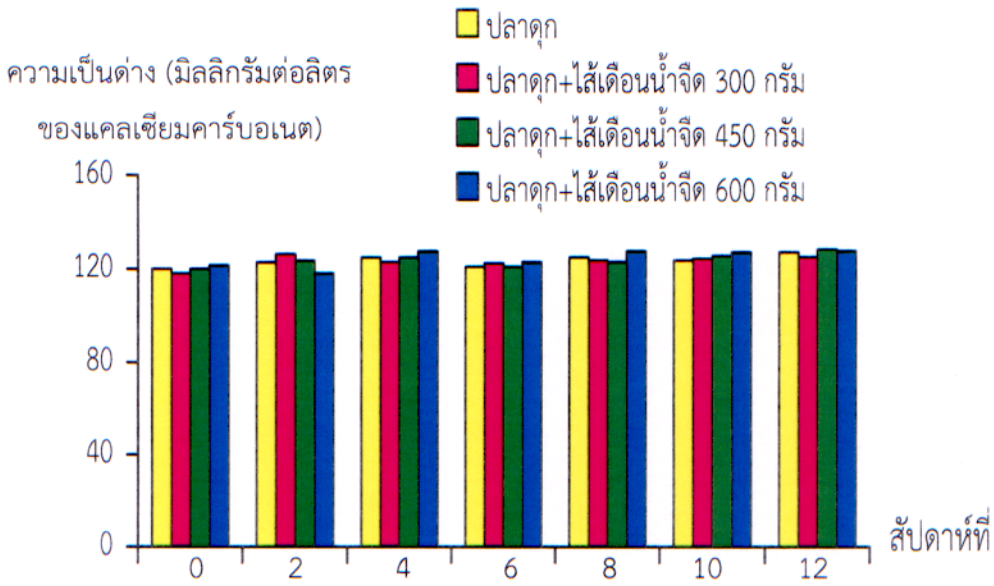
ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



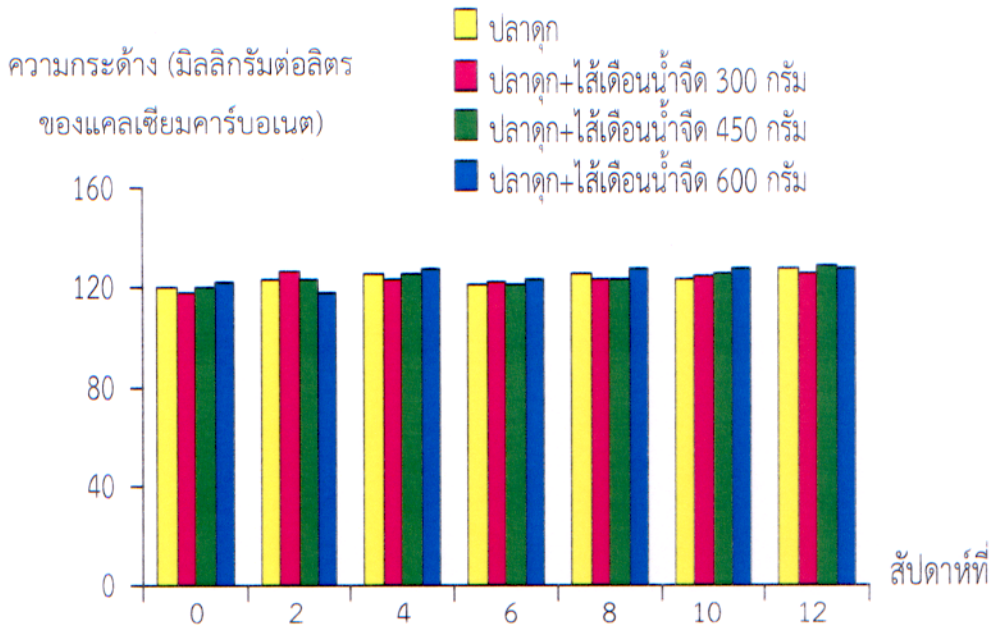
ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยของไนเตรทในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 37 ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 38 ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่างในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 39 ค่าเฉลี่ยของความกระด้างในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	26.3±0.6[a]	26.2±0.3[a]	26.8±0.3[a]	26.3±0.6[a]
สัปดาห์ที่ 2	26.5±0.5[a]	26.5±0.5[a]	26.5±0.5[a]	26.5±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 4	27.3±0.6[a]	26.5±0.5[a]	27.2±0.8[a]	27.2±0.8[a]
สัปดาห์ที่ 6	26.5±0.5[a]	26.5±0.5[a]	27.0±0.5[a]	26.5±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 8	26.8±0.8[a]	27.2±1.0[a]	27.3±0.6[a]	27.5±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 10	27.3±0.6[a]	27.5±0.5[a]	27.3±0.6[a]	27.5±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 12	27.5±0.5[a]	27.5±0.5[a]	27.2±0.3[a]	27.5±0.5[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	5.9±0.4[a]	6.0±0.4[a]	5.5±0.2[a]	5.6±0.3[a]
สัปดาห์ที่ 2	5.3±0.3[a]	5.4±0.3[a]	5.5±0.2[a]	5.6±0.4[a]
สัปดาห์ที่ 4	5.6±0.2[a]	5.4±0.3[a]	5.5±0.2[a]	5.4±0.3[a]
สัปดาห์ที่ 6	5.3±0.1[a]	5.4±0.2[a]	5.5±0.2[a]	5.5±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 8	5.4±0.2[a]	5.6±0.3[a]	5.5±0.2[a]	5.5±0.4[a]
สัปดาห์ที่ 10	5.5±0.2[a]	5.7±0.3[a]	5.4±0.2[a]	5.5±0.3[a]
สัปดาห์ที่ 12	5.5±0.3[a]	5.5±0.2[a]	5.5±0.2[a]	5.6±0.2[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำ	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	6.8±0.2[a]	6.8±0.2[a]	7.0±0.2[a]	7.0±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 2	6.9±0.2[a]	6.9±0.3[a]	7.0±0.3[a]	6.7±0.2[a]
สัปดาห์ที่ 4	6.6±0.6[a]	7.0±0.7[a]	6.6±0.5[a]	6.9±0.7[a]
สัปดาห์ที่ 6	6.5±0.6[a]	7.0±0.5[a]	6.7±0.5[a]	6.9±0.7[a]
สัปดาห์ที่ 8	6.9±0.6[a]	6.6±0.7[a]	7.1±0.5[a]	6.6±0.7[a]
สัปดาห์ที่ 10	7.1±0.6[a]	6.6±0.5[a]	6.7±0.6[a]	7.0±0.5[a]
สัปดาห์ที่ 12	7.0±0.2[a]	6.8±0.4[a]	6.9±0.3[a]	6.8±0.5[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนียในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

แอมโมเนียในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	0.060±0.018[a]	0.069±0.012[a]	0.077±0.012[a]	0.056±0.012[a]
สัปดาห์ที่ 2	0.085±0.017[a]	0.085±0.013[a]	0.081±0.017[a]	0.075±0.013[a]
สัปดาห์ที่ 4	0.168±0.020[a]	0.164±0.025[a]	0.161±0.008[a]	0.160±0.009[a]
สัปดาห์ที่ 6	0.196±0.005[a]	0.191±0.007[a]	0.191±0.006[a]	0.188±0.007[a]
สัปดาห์ที่ 8	0.264±0.021[a]	0.231±0.028[ab]	0.225±0.020[ab]	0.219±0.016[b]
สัปดาห์ที่ 10	0.276±0.011[a]	0.256±0.015[ab]	0.254±0.018[ab]	0.245±0.011[b]
สัปดาห์ที่ 12	0.350±0.011[a]	0.333±0.024[ab]	0.327±0.005[ab]	0.318±0.016[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรท์ในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ไนไตรท์ในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	0.0061±0.002[a]	0.0057±0.005[a]	0.0057±0.002[a]	0.0061±0.002[a]
สัปดาห์ที่ 2	0.0247±0.002[a]	0.0250±0.001[a]	0.0250±0.002[a]	0.0250±0.002[a]
สัปดาห์ที่ 4	0.0317±0.003[a]	0.0331±0.007[a]	0.0344±0.001[a]	0.0347±0.003[a]
สัปดาห์ที่ 6	0.0347±0.003[a]	0.0357±0.003[a]	0.0384±0.003[a]	0.0377±0.003[a]
สัปดาห์ที่ 8	0.0431±0.004[a]	0.0457±0.003[a]	0.0443±0.004[a]	0.0417±0.002[a]
สัปดาห์ที่ 10	0.0551±0.004[a]	0.0534±0.002[a]	0.0560±0.004[a]	0.0550±0.003[a]
สัปดาห์ที่ 12	0.0631±0.004[a]	0.0647± 0.003[a]	0.0727±0.002[a]	0.0660±0.011[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนเตรทในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ไนเตรทในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	0.0111±0.004[a]	0.0101±0.002[a]	0.0101±0.003[a]	0.0097±0.005[a]
สัปดาห์ที่ 2	0.0244±0.003[a]	0.0247±0.003[a]	0.0270±0.006[a]	0.0264±0.005[a]
สัปดาห์ที่ 4	0.0346±0.004[a]	0.0356±0.002[a]	0.0367±0.001[a]	0.0377±0.003[a]
สัปดาห์ที่ 6	0.0463±0.007[a]	0.0441±0.004[a]	0.0447±0.006[a]	0.0477±0.004[a]
สัปดาห์ที่ 8	0.0604±0.010[a]	0.0587±0.004[a]	0.0594±0.007[a]	0.0567±0.005[a]
สัปดาห์ที่ 10	0.1244±0.018[a]	0.1246±0.008[a]	0.1237±0.011[a]	0.1240±0.007[a]
สัปดาห์ที่ 12	0.3140±0.022[a]	0.3171±0.031[a]	0.3211±0.035[a]	0.3177±0.022[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟอสฟอรัสในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ฟอสฟอรัสในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	0.0578±0.009[a]	0.0607±0.013[a]	0.0580±0.006[a]	0.0577±0.001[a]
สัปดาห์ที่ 2	0.0630±0.014[a]	0.0647±0.010[a]	0.0677±0.010[a]	0.0631±0.005[a]
สัปดาห์ที่ 4	0.0694±0.007[a]	0.0671±0.023[a]	0.0661±0.014[a]	0.0662±0.005[a]
สัปดาห์ที่ 6	0.0747±0.006[a]	0.0701±0.012[a]	0.0744±0.004[a]	0.0747±0.007[a]
สัปดาห์ที่ 8	0.0772±0.016[a]	0.0750±0.012[a]	0.0760±0.030[a]	0.0766±0.018[a]
สัปดาห์ที่ 10	0.0955±0.010[a]	0.0960±0.006[a]	0.0966±0.009[a]	0.0939±0.010[a]
สัปดาห์ที่ 12	0.1035±0.008[a]	0.1030±0.011[a]	0.1028±0.005[a]	0.1030±0.005[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเป็นด่างในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ความเป็นด่างในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับ ใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	104.33±7.51[a]	105.00±4.36[a]	107.33±7.02[a]	110.67±5.03[a]
สัปดาห์ที่ 2	108.00±15.62[a]	104.67±10.26[a]	101.33±10.07[a]	112.67±4.16[a]
สัปดาห์ที่ 4	106.67±15.14[a]	100.00±5.29[a]	108.00±10.58[a]	108.67±7.02[a]
สัปดาห์ที่ 6	108.00±7.55[a]	107.00±8.19[a]	106.67±7.02[a]	113.33±12.22[a]
สัปดาห์ที่ 8	104.33±3.21[a]	105.33±7.57[a]	108.67±6.43[a]	104.00±2.00[a]
สัปดาห์ที่ 10	104.67±1.15[a]	104.00±7.21[a]	107.33±3.06[a]	108.67±7.57[a]
สัปดาห์ที่ 12	106.00±10.39[a]	103.33±3.06[a]	107.33±9.02[a]	110.67±4.16[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกระด้างในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ความกระด้างในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต)	เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับใส่ไส้เดือนน้ำจืด (กรัม)			
	0	300	450	600
เริ่มต้นการทดลอง	120.00±4.00[a]	118.00±2.00[a]	120.00±5.29[a]	121.33±6.11[a]
สัปดาห์ที่ 2	122.67±8.33[a]	126.00±6.00[a]	123.33±8.08[a]	118.00±2.00[a]
สัปดาห์ที่ 4	124.67±10.07[a]	122.67±8.33[a]	124.67±7.02[a]	127.33±3.06[a]
สัปดาห์ที่ 6	120.67±5.03[a]	122.00±5.29[a]	120.67±4.16[a]	122.67±4.16[a]
สัปดาห์ที่ 8	124.67±7.02[a]	123.33±7.57[a]	122.67±8.33[a]	127.33±8.08[a]
สัปดาห์ที่ 10	123.33±7.57[a]	124.00±9.17[a]	125.33±7.02[a]	126.67±6.11[a]
สัปดาห์ที่ 12	126.67±5.03[a]	124.67±7.02[a]	128.00±4.00[a]	127.33±7.02[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4. คุณสมบัติของดิน

4.1 ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน

เริ่มต้นการทดลอง ความเป็นกรดเป็นด่างในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.07±0.21, 7.07±0.12, 7.13±0.15 และ 7.07±0.21 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างในดินเฉลี่ยในกล่องพลาสติกที่จำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 37)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ความเป็นกรดเป็นด่างในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.17±0.06, 7.20±0.10, 7.13±0.15 และ 7.10±0.10 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 37)

4.2 สารอินทรีย์รวมในดิน

เริ่มต้นการทดลอง สารอินทรีย์รวมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.75±0.16, 2.77±0.20, 2.75±0.18 และ 2.78±0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าสารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยในกล่องพลาสติกที่จำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 37)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 สารอินทรีย์รวมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.35±0.09, 3.17±0.05, 3.13±0.10 และ 3.05±0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า สารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 37)

4.3 ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ในดิน

เริ่มต้นการทดลอง ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.33±1.53, 35.00±2.65, 35.67±1.53 และ 35.33±2.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ในดินเฉลี่ยในกล่องพลาสติกที่จำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 37)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.67±2.52, 39.33±1.53, 39.67±2.08 และ 39.67±1.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 37)

4.4 ไนโตรเจนรวมในดิน

เริ่มต้นการทดลอง ไนโตรเจนรวมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.11±0.03, 0.12±0.03, 0.11±0.03 และ 0.11±0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนโตรเจนรวมในดินเฉลี่ยในกล่องพลาสติกที่จำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 37)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 ไนโตรเจนรวมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24±0.02, 0.23±0.03, 0.22±0.05 และ 0.22±0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ไนโตรเจนรวมในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 37)

4.5 โพแทสเซียมในดิน

เริ่มต้นการทดลอง โพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.33±1.53, 87.33±2.08, 87.33±2.52 และ 87.33±3.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า โพแทสเซียมในดินเฉลี่ยในกล่องพลาสติกที่จำลองเป็นบ่อเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 37)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 โพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.33±1.53, 87.33±2.08, 87.33±2.52 และ 87.33±3.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า โพแทสเซียมในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 37)

จากผลการทดลองข้างต้น คุณสมบัติของดินก่อนเริ่มต้นการทดลองและสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (40 ตัว) และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 300, 450 และ 600 กรัม เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า คุณสมบัติของดินทุกพารามิเตอร์ (ยกเว้นสารอินทรีย์รวมในดิน) ทั้งก่อนเริ่มต้นการทดลองและสิ้นสุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า สารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไส้เดือนน้ำจืดที่ใส่ลงไปช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มาจากเศษอาหารที่เหลือและมูลของปลาดุกที่อยู่ที่พื้นก้นบ่อทดลองได้จริง สอดคล้องกับที่มีการรายงานว่า ไส้เดือนน้ำจืดมีกระเพาะอาหารไปทางเดียวและสิ้นสุดที่ส่วนปลายของร่างกาย ไส้เดือนน้ำจืดกินซากเน่าเปื่อยของพืชและสัตว์ (Scavenger) สาหร่าย จุลชีพอื่นๆ ตะกอน และซากอินทรีย์ขนาดเล็กในดินและโคลนที่อยู่ในรู ยื่น pharynx ออกมาจาก bulb แตะกับอาหาร เมื่อกที่ bulb จะติดอาหารขึ้นมาเมื่อกล้ามเนื้อหดตัว อาหารก็จะถูกส่งเข้า pharynx ไปสู่กระเพาะอาหารและย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น สกัดของเสียในรูปของแอมโมเนีย (Clifford, 1991; บพิธ และ นันทพร, 2546) ระบบนิเวศน์ของไส้เดือนน้ำจะเป็นเหยื่อของสัตว์น้ำในระบบห่วงโซ่อาหาร รวมไปถึงช่วยบำบัดตะกอนดินของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำอีกด้วย (Brinkhurst, 1982) จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนน้ำจืดที่พื้นก้นบ่อเนื่องจากไส้เดือนน้ำจืดมีอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต เห็นได้จากผลการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืดเมื่อสิ้นสุดการทดลองในชุดการทดลองที่ใส่ไส้เดือนน้ำจืดจะมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุสรณ์ (2523) ที่ศึกษาสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบว่า การหาความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของปริมาณสัตว์หน้าดินกับเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารเป็นปฏิภาคผกผันกัน คือ ปริมาณสัตว์หน้าดินมีมากขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารลดลง ดังที่ Moore (1978) รายงานว่า องค์ประกอบของลำไส้ไส้เดือนน้ำจืด Tubificid ประกอบด้วยเศษอินทรีย์ (detritus) และแบคทีเรีย ส่วนใหญ่จะกินตะกอนดินเข้าไป หลังจากนั้นเกิดการย่อยตะกอนดินเหล่านั้นโดยแบคทีเรีย จึงมีการคิดค้นการนำเอาไส้เดือนน้ำมาใช้ประโยชน์เพื่อเปลี่ยนของเสียให้กลายมาเป็นแหล่งโปรตีนและสารอาหารได้ นอกจากจะนำมาเป็นอาหารให้แก่ปลาแล้ว ยังพบว่าไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในหลายประเทศมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำอินทรีย์ ไส้เดือนน้ำจืดมีส่วนช่วยลดแอมโมเนียในน้ำเห็นได้จากผลการทดลองคุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองครั้งนี้ที่เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืด

ปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ไส้เดือนน้ำจืดมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและน้ำหนักของปลาดุก เห็นได้จากผลการทดลองเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และผลการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 450 และ 600 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0 และ 300 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การจำแนกชนิดของไส้เดือนน้ำจืดที่พบในประเทศไทยจาก 2 แหล่งที่มา คือ ร้านขายไส้เดือนน้ำจืดในเขตภาคกลางและลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะทางภายนอก สรุปได้ว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่มีที่มาจากภาคกลางจำแนกได้ 4 วงศ์ 5 สกุล คือ *Tubifex* sp. (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 38.64 รองลงมาคือ *Nais* sp. (Naididae) คิดเป็นร้อยละ 30.85, *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) คิดเป็นร้อยละ 22.55, *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 4.86 และ *Haplotaxis* sp. (Haplotaxidae) คิดเป็นร้อยละ 3.10 ซึ่งมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่มาจากจังหวัดเชียงใหม่ที่มี 3 วงศ์ 3 สกุล คือ *Aeolosoma* sp. (Aeolosomatidae) คิดเป็นร้อยละ 85.81 รองลงมาคือ *Branchiura sowerbyi* (Tubificidae) คิดเป็นร้อยละ 11.23 และ *Nais* sp. (Naididae) คิดเป็นร้อยละ 2.96

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่ สรุปได้ว่า เมื่อวิเคราะห์ปริมาณและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 3 มีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดรวมมากที่สุด คือ 23,587 ตัวต่อตารางเมตร แต่สามารถแยกไส้เดือนน้ำจืดได้เพียง 2 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp. และ *Branchiura sowerbyi* รองลงมา คือ จุดสำรวจที่ 2 มีไส้เดือนน้ำจืดรวม 10,137 ตัวต่อตารางเมตร และจุดสำรวจที่ 1 มีไส้เดือนน้ำจืดรวม 6,908 ตัวต่อตารางเมตร จุดสำรวจที่ 1 และ 2 มีไส้เดือนน้ำจืดครบทั้ง 3 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Nais* sp. ไส้เดือนน้ำจืดที่พบทุกจุดสำรวจคือ *Aeolosoma* sp. และ *Branchiura sowerbyi* โดย *Aeolosoma* sp. พบมากที่สุดในทุกจุดสำรวจ คิดเป็นร้อยละ 91.71 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลที่สำรวจ พบว่า ฤดูหนาวมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดรวมมากที่สุด คือ 20,241 ตัวต่อตารางเมตร *Aeolosoma* sp. พบในปริมาณมากที่สุด ฤดูร้อนมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดรวมน้อยที่สุด คือ 7,410 ตัวต่อตารางเมตร ฤดูฝนมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืด 12,981 ตัวต่อตารางเมตร ทุกฤดูกาลที่สำรวจพบไส้เดือนน้ำจืดครบทั้ง 3 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Nais* sp. แต่พบในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบ *Aeolosoma* sp. ในปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.71 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณและการแพร่กระจายของไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดที่สำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 3 ในฤดูหนาวมีปริมาณ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด คือ 11,482 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งในจุดสำรวจนี้พบไส้เดือนน้ำจืดเพียง 2 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp. และ *Branchiura sowerbyi* แต่ไม่พบ *Nais* sp. ในขณะที่จุดสำรวจที่ 1 และ 2 ในทุกฤดูกาลที่สำรวจพบไส้เดือนน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด คือ *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* และ *Nais* sp. แต่พบในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจาก *Aeolosoma* sp. เป็นชนิดที่พบมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดอื่นๆ ใน

การศึกษาครั้งนี้ จึงขอกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงประชากรไส้เดือนน้ำจืดตามฤดูกาลและจุดสำรวจเฉพาะ *Aeolosoma* sp. เท่านั้น พบว่า ประชากรของ *Aeolosoma* sp. มีการแพร่กระจายในลำเหมืองสาธารณะตลอดทั้งปี โดยพบมากที่สุดในฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 และพบน้อยที่สุดในฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 1 เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลพบว่า ฤดูหนาวมีปริมาณ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 3 จะมีปริมาณ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด

การศึกษาอาหารที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนน้ำจืดด้วยอาหารทดลอง 4 ชนิด คือ เนื้อปลาบดละเอียด เศษผักที่เน่าเปื่อย ยีสต์ และเจลลี่ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดทุกสัปดาห์ เพื่อดูการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืด สรุปได้ว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเศษผักที่เน่าเปื่อยและยีสต์ ($p>0.05$) เมื่อทดลองใหม่แต่เปลี่ยนเป็นชั่งน้ำหนักรวมของไส้เดือนน้ำจืดเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง เพื่อดูการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืด สรุปได้ว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด ไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยยีสต์และเศษผักที่เน่าเปื่อยมีค่าน้ำหนักรวมเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าสูงมากกว่าไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเศษผักที่เน่าเปื่อยมีน้ำหนักรวมเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และไส้เดือนน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาบดละเอียดและเจลลี่มีน้ำหนักรวมเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไส้เดือนน้ำจืดมากำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยทดลองเลี้ยงปลาดุกร่วมกับการใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณต่างกัน 4 ระดับ จนครบ 12 สัปดาห์ พบว่า สารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไส้เดือนน้ำจืดที่ใส่ลงไปช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มาจากเศษอาหารที่เหลือและมูลของปลาดุกที่อยู่ที่พื้นก้นบ่อทดลองได้จริง จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนน้ำจืดที่พื้นก้นบ่อเนื่องจากไส้เดือนน้ำจืดมีอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต เห็นได้จากผลการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักของไส้เดือนน้ำจืดเมื่อสิ้นสุดการทดลองในชุดการทดลองที่ใส่ไส้เดือนน้ำจืดจะมีปริมาณไส้เดือนน้ำจืดเพิ่มมากขึ้น ไส้เดือนน้ำจืดมีส่วนช่วยลดแอมโมเนียในน้ำเห็นได้จากผลการทดลองคุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองครั้งนี้ที่เลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่

ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำน้อยกว่าที่เลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ไส้เดือนน้ำจืดมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและน้ำหนักของปลาดุก เห็นได้จากผลการทดลองเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 300, 450 และ 600 กรัม มีค่าความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และผลการเลี้ยงปลาดุกในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 450 และ 600 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0 และ 300 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ปลาดุกที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร และใส่ไส้เดือนน้ำจืดปริมาณ 0, 300 และ 450 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สามารถนำไส้เดือนน้ำจืดมาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงปลา

ข้อเสนอแนะ

การทดลองขั้นต่อไปสามารถนำไส้เดือนน้ำจืดไปเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจริงเพื่อช่วยกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่เลี้ยงเป็นระยะเวลานานตั้งแต่เริ่มปล่อยลูกพันธุ์สัตว์น้ำจนถึงระยะเวลาจับขาย อาจใช้เวลาประมาณ 6-12 เดือน เป็นการพัฒนาไปสู่ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปถ่ายทอดสู่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป และจากองค์ประกอบของลำไส้ไส้เดือนน้ำจืดที่ประกอบด้วยเศษอินทรีย์ (detritus) และแบคทีเรีย โดยส่วนใหญ่จะกินตะกอนดินเข้าไป หลังจากนั้นเกิดการย่อยตะกอนดินเหล่านั้นโดยแบคทีเรีย จึงเป็นการนำเอาไส้เดือนน้ำมาใช้ประโยชน์เพื่อเปลี่ยนของเสียที่พื้นก้นบ่อให้กลายมาเป็นแหล่งโปรตีนและสารอาหารได้ นอกจากจะนำมาเป็นอาหารมีชีวิตให้แก่สัตว์น้ำแล้ว ยังพบว่าไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในหลายประเทศมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำอินทรีย์

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2546. **คู่มือการติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ขวัญเรือน ยอดคำ, สุขุม เร้าใจ และ อิสริยา วุฒิสินธุ์. 2553. การศึกษานิเวศวิทยาทางน้ำเพื่อกำหนดแนวทางการอนุรักษ์ประมงในพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองบงคาย จังหวัดเชียงราย. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 4 (1), มิถุนายน–กรกฎาคม, 65-77.

จิตติมา อายุตตะกะ. 2544. **การศึกษาเบื้องต้นประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุมพล สงวนคืน และ นิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2525. **ค่าดัชนีความแตกต่างในกลุ่มประชากรสัตว์ทะเลหน้าดินในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนที่ใช้บ่งคุณภาพน้ำ.** กรุงเทพฯ: กรมประมง.

ธีระ เล็กชลยุทธ. 2522. **การใช้สัตว์ทะเลหน้าดินเป็นดัชนีบ่งชี้ความเน่าเสียที่ปล่อยจากโรงงานมันสำปะหลัง ในการศึกษาสภาวะน้ำเสียที่มีผลต่อสัตว์น้ำและการประมงที่อ่าวศรีราชา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระ เล็กชลยุทธ. 2535. **นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บพิธ จารุพันธุ์ และ นันทภร จารุพันธุ์. 2546. **สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 2**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บังอร แถวโนนงิ้ว. 2539. **คุณภาพน้ำ ชนิด และปริมาณของสัตว์หน้าดินในแม่น้ำแม่กลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

บุญยัง ขันธะกาด. 2545. **ไส้เดือนน้ำจืดในแม่น้ำเพชรบุรี.** เพชรบุรี: สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิลาสินี ไตรยราช. 2546. **สภาวะที่เหมาะสมของการบำบัดไนเตรตในน้ำทะเลด้วยระบบบำบัดไนเตรตแบบบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระศักดิ์ ซั่วต๋อ. 2543. **ความชุกชุมและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำในแม่น้ำท่าจีน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

หทัยรัตน์ สุดตา. 2550. **การใช้ไส้เดือนน้ำเป็นตัวบ่งชี้สถานภาพทางอินทรีย์สารของพื้นท้องน้ำในแม่น้ำนครชัยศรีบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่แตกต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริ ทุกข์วินาศ, สัจจา สุขวิบูรณ์, วิรัช ภัทรภิญโญ, วรวิทย์ อภิลักษมีวรรณ, จารุวัฒน์ นภีตภัฏ และประสิทธิ์ พัฒนุช. 2519. **การสำรวจคุณสมบัติและผลเกี่ยวเนื่องของน้ำต่อการดำรงชีวิตสัตว์หน้าดินในแม่น้ำท่าจีน.** กรุงเทพฯ: กรมประมง.

สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2526. **สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อนุสรณ์ ฤทธาคนี. 2523. **สัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำบางพระอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

Anschutz, P., A. Ciutat, P. Lecroart, M. Gerino and A. Boudou. 2012. Effects of Tubificid worm bioturbation on freshwater sediment biogeochemistry. **Aquatic Geochemistry**, 475-497.

Bartsh, A. F. and W. M. Ingram. 1959. Stream life and pollution environment. **Public Work**, 9, 104-110.

Behrend, RDL., Takeda, AM.b, Gomes, LC.b and Fernandes, SEP. 2012. Using oligochaeta assemblages as an indicator of environmental changes. **Braz. J. Biol**, 873-884.

Brinkhurst, R. O. 1971. **A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta**. 2nd ed. Toronto: University of Toronto.

_____. 1982. **British and other marine and estuarine Oligochaetes: keys and notes for the identification of the species**. London: Cambridge University Press.

_____. 1986. **Guide to the Freshwater Aquatic Microdrile Oligochaetes of North America**. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans.

Brinkhurst, R. O. and B. G. M. Jamieson. 1971. **Aquatic Oligochaeta of the World**. Edinburgh: University of Toronto Press.

Brunne, D. E., Schwartz, G., Eversole, A. G., Collier, J. A. and T. E. Schwedler. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosysthetic systems. ***Aquacultural Engineering***, 28, 65-86.

Burford, M. A., Thompson, P. J., Mcintosh, R. P., Bauman, R. H. and D. C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, 219, 393-411.

Clarke, K. R. and R. M. Warwick. 1994. **Change in Marine Community : an Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.

Clifford, H. F. 1991. **Aquatic Invertebrates of Alberta**. Alberta: The University of Alberta.

Curds, C. R. and H. A. Hawkes. 1975. **Ecological aspects of used-water treatment.** Vol.1 The Organisms and their ecology. London: Academic Press.

Ebeling, J. M. and M. B. Timmons. 2007. Stoichiometry of ammonia-nitrogen removal in zero-exchange systems. **World Aquaculture,** 38, 22-25.

Edmonson, W. T. 1963. **Freshwater Biology**. New York: John.Willey & Sons Inc.

Elissen, H. J. H. 2007. **Sludge reduction by aquatic worms in wastewater treatment With emphasis on the potential application of *Lumbriculus variegates***. Doctoral Dissertation. Wageningen University.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2010.** Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department.

Hargreaves, J. A. 2006. Photosysthesis suspended-growth systems in aquaculture. ***Aquacultural Engineering,*** 24, 344-363.

Harper, R. M., J. C. Fry and M. A. Learner. 1981. A bacteriological investigation to eludidate the feeding biology of *Nais variabilis* (Oligochaeta: Naididae). **Freshwater Biology**, 11, 227-236.

Hickman C. P., J. S. Roberts and Larry, S. H. Roberts and J. E. David. 2006. **Integrated Principles of Zoology: Chapter 17 Sediment worm**. 362-379.

Inamori, Y., R. Suzuki and R. Sudo. 1983. **Mass culture of small aquatic oligochaete**. Ibaraki: National Institute for Environmental Studies.

Kamemoto, F. I. and C. J. Goodnight. 1956. The effects of various concentrations of ions on the asexual reproduction of the oligochaete *Aeolosoma hemprichi*. **Transactions of the American Microscopical Society Invertebrate Biology**, 75, 219-228.

Kuniyasu, K., N. Hayashi, Y. Inamori and R. Sudo. 1997. Effected of environmental factors on growth characteristics of Oligochaeta. **Japanese Journal of Water Treatment Biology**, 33 (4), 207-214.

Learner, M. A. 1979. The distribution and ecology of the Naididae (Oligochaeta) which Inhabit the filter-beds of sewage-works in Britain. **Water Research,** 13, 1291-1299.

Learner, M. A., G. Lochhead and B. D. Hughes. 1978. A review of the biology of British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the logic environment. **Freshwater Biology**, 8, 357-375.

Liang, P., X. Huang, Y. Qian, Y. Wei and G. Ding. 2006. Determination and comparison of sludge reduction rates caused by microfaunas' predation. **Bioresour. Technol**, 97(6), 854-861.

Little, C. 1984. Ecophysiology of Nais elinguis (Oligochaeta) in a brackish-water lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf science**, 18, 231-244.

Lochhead, G. and M. A. Learner. 1983. The effect of temperature on asexual Population growth of three species of Naididae (Oligochaeta). **Hydrobiologia**, 98, 107-112.

Lucai, D. G., W. Kan, H., Liu and X. Wan. 2016. Sludge reduction using aquatic worms under different aeration regimes. **Environmental Technology**, 38, 737-743.

Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. **Statistical ecology: A primer on methods and Computing**. New York: John Wiley & Sons.

Macmichael, G. J., L. R. Brown and C. M. Ladner. 1988. An oligochaete as a potential food source for fish in aquaculture. **The Progressive Fish-culturist**, 50, 31-35.

Marian M. P., T. J. Pandian. 1984. Culture and harvesting technique of *Tubifex tubifex*. **Aquaculture**, 42, 303-315.

Marian M.P., S. Chandran and T. J. Pandian. 1989. A rack culture system for *Tubifex tubifex*. **Aquacultural Engineering**, 329-338.

Mclachlan, A.I. and M.A. Cantrell. 1976. Sediment Development and Its Influence on the Distribution and Tube Structure of *Chironomidae plumosus* (Chironomidae: Diptera) in a new Impoundment. **Freshwater Biology**, 437-443.

Moore, J. W. 1978. Importance of algae in the diet of the oligochaetes *Lumbriculus variegatus* (Muller) and *Rhyacodrillus sodalist* (Eisen). **Oecologia**, 35, 357-363.

Nootong, K. 2006. **Performance and kinetic evaluations of a novel bioreactor system in the low-oxygen/low-fluid shear reaction environments**. Doctoral Dissertation. University of Pennysylvania.

Peterson, G. S., G. Arlt, A. Faubel and K. R. Carman. 1998. On the nutritive significance of Dissolved free amino acid uptake for the cosmopolitan oligochaete *Nais elinguis* Muller (Naididae). **Estuarine, Coastal and Shelf science**, 46, 85-91.

Pennak, R. N. 1953. **Fresh–Water Invertebrates of the United States.** New York: The Ronald Press Company.

Ratsak, C. H. 1994. **Grazer induced sludge reduction in wastewater treatment**. Doctoral Dissertation. Vrije University.

Ratsak, C. H. 2001. Effects of *Nais elinguis* on the performance of activated sludge plant. **Hydrobiologia**, 463, 217-222.

Ratsak, C. H. and J. Verkuijlen. 2006. Sludge reduction by predatory activity of aquatic oligochaetes in wastewater treatment plants: science or fiction? A review. **Hydrobiologia,** 564, 197-211.

Singer, R. 1978. Suction feeding in Aeolosoma (Annelida). **Transactions of the American *Microscopical* Society,** 97, 53-62.

Sperber, C. 1948. A Taxonomical Study of the Naididae**. Zoologiska Bidrag Från Uppsala**, 28, 1-296**.**

Stephenson, J. 1930. **The Oligochaeta.** Oxford: Clarendon Press.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and H. D. Stensel. 2003. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** 4th ed. New York: McGraw-Hill.

Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis : A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. **Ecology**, 67, 1167-1179.

Tudorancea, C., R. H. Green and J. Huebner. 1979. Structure, dynamics and production of the benthic fauna in Lake Manitoba. **Hydrobiology**, 64, 59-95.

Vineetha A. and G. Maheswarudu. 2013. Culture of the littoral oligochaete *Pontodrilus bermudensis* Beddard. **The Journal of Bioprocess Technology Photon**, 97, 142-155.

Washington, H. G. 1984. River of diversity, biotic and similarity indices. **Water Res**, 18(6), 653-694.

Wei, Y., R. T. Houten, A. R. Borger, D. H. Eikelboom and Y. Fan. 2003. Comparison performances of membrane bioreactor and conventional activated sludge processes on sludge reduction induced by Oligochaete. **Environ. Sci. and Technol.**, 37(14), 3171-3180.

Wei, Y. and J. Liu. 2005. The discharged excess sludge treated by Oligochaeta. **Water Science and Technology**, 52(10-11), 265-272.

Welch, P. S. 1952. **Limnology.** New York: McGraw-Hill.

Whitney, R. J. 1942. **The relation of animal size to oxygen consumption in some fresh water Turbellarian worms.** Birmingham: Zoology Department of the University of Birmingham.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสิริฉัตร สุนทรวิภาต	
เกิดเมื่อ	22 กุมภาพันธ์ 2518	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 ปริญญาโท คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ	
	พ.ศ. 2539 ปริญญาตรี คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ	
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2542-2543	นักวิชาการประมง 3 สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดแพร่ ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ กองประมงน้ำจืด กรมประมง
	พ.ศ. 2543-2547	นักวิชาการประมง 4-5 กองประมงต่างประเทศ กรมประมง
	พ.ศ. 2547-2559	นักวิชาการประมง 5, 6ว, 7ว, ชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง
	พ.ศ. 2559-ปัจจุบัน	ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดน่าน กองวิจัยและพัฒนาพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง
อีเมล	pu_sirichat@hotmail.com	