

ปัญหาพิเศษ
เรื่อง

ผลของการเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอน
จากระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้อากาศของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง
The effect of using Activated sludge as supplemental feed on growth of
sex reversal Nile Tilapia (*Orreochromis niloticus*).

โดย
นางสาวสุวิภา เจียรวิทย์ รหัส 40044288



T099410

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Fisheries Science
Faculty of Agriculture Technology

ปพ.
๗๕๖ ๗
๒๕๔๔

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 99410

วันเดือนปี.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Chaokuntakarn Lardkrabang
Bangkok 10520

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของการเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอนจากระบบ
บำบัดน้ำเสียโดยใช้อากาศของโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง

The effect of using Activated sludge as supplemental feed on growth of sex
reversal Nile Tilapia (*Orreochromis niloticus*).

ชื่อนักศึกษา นางสาวสุวิภา เจียวัก

รหัส 40044288

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จตุพร บัณฑิต

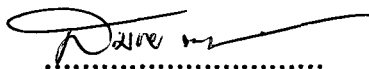
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(อาจารย์จตุพร บัณฑิต)

ภาควิชารับรองแล้ว



(อาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 23 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัยพิเศษ

เรื่อง

ผลของการเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้กากของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

The effect of using Activated sludge as supplemental feed on growth of sex
reversal Nile Tilapia (*Orreochromis niloticus*).

จากการทดลองเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*)แปลงเพศโดยใช้ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อดูการเติบโตของปลานิล โดยใช้ปลานิลแปลงเพศซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 13.08 ± 1.17 กรัมต่อตัว ทำการเลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลมความจุของน้ำเท่ากับ 0.8 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีอัตราการปล่อย 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยทำการให้อาหารที่มีส่วนผสมของตะกอนที่ต่างกัน 4 สูตร ดังนี้ คือ ไม่มีตะกอนในระดับอาหาร (T1) , 5 (T2) , 10 % (T3) และ 20 % (T4) ทำการให้อาหารในปริมาณที่ปลากินจนอิ่ม (Satiation) วันละ 2 ครั้ง คือช่วง 8.30 น. และ 16.30 น. เป็นระยะเวลา 56 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลานิลมีการเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกที่รีตเมนต์ ($p > 0.05$) ดังนี้ คือ T1 , T2 , T3 และ T4 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 67.48 , 78.61 , 76.68 และ 71.83 กรัมต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG) เท่ากับ 0.96 , 1.17 , 1.11 และ 1.01 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ (FCR) เท่ากับ 3.06 , 2.54 , 2.17 , และ 2.86 ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) 1.94 , 2.04 , 2.22 , และ 2.05 การใช้โปรตีนสุทธิ (NPU) 12.23 , 18.46 , 20.92 และ 18.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้พบว่ามีปริมาณที่น้อยซึ่งพบว่าไม่มีผลต่อการชะงักการเติบโตของปลานิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์จตุพร บัณฑิต เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำอย่างใกล้ชิดตลอดการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์นงนุช เลหาหะวิสุทธิ ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดต่างๆ และขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

ขอขอบคุณ คุณนุปลา จงพัฒน์ ที่ให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษและเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณสังข์เทพ สุขแก้ว คุณภาวิณี เทพาสีทธิ คุณปารีดา เจะดาแม คุณวนิดา สนมเมือง คุณพัชรี อ้นทุ่งยั้ง คุณชรินทร์ อยุธยาธิ คุณกาญจนา ชัยมงคล และเพื่อนๆ ทุกคน ที่ช่วยในการทำสูตรอาหารและคอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดการทดลอง

คุณความดีใดๆ อันเกิดกับข้าพเจ้าครั้งนี้ ขอยกให้กับบุพการีทั้งสองของข้าพเจ้าและครูอาจารย์อันเป็นที่เคารพรัก

นางสาวสุวิภา เจียวก๊ก
มิถุนายน 2544

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	20
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเติบโตของปลานิล	7
2.2 ค่าเฉลี่ยของความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์น้ำทั่วไป	9
2.3 หน้าทีหลักของวิตามินชนิดต่างๆ	10
2.4 ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆที่แนะนำให้ใส่ในอาหารสัตว์น้ำ	11
2.5 หน้าทีหลักของแร่ธาตุชนิดต่างๆที่สัตว์น้ำต้องการ	12
2.6 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาขนาดต่างๆ	13
3.1 อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหาร 4 สูตร	18
3.2 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร 4 สูตร	18
4.1 ผลการวิเคราะห์กากตะกอน	20
4.2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลานิล (กรัม/ตัว) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน	21
4.3 แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลานิล	22
4.4 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ในแต่ละช่วงการเลี้ยง	23
4.5 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลานิลที่ช่วงการเลี้ยงต่างๆ	24
4.6 อัตรารอด (%) ของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	26
4.7 ผลการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของตะกอนในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 4 สูตร	26
4.8 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาก่อนและหลังเลี้ยง	27
ตารางผนวกที่	
1 น้ำหนักของปลานิลในการชั่งวัดแต่ละครั้ง	38
2 น้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้นในการชั่งวัดแต่ละครั้ง	39
3 น้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG)	40
4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)	41
5 อัตรารอด (Survival Rate)	42
6 อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	43
7 DO ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 ปริมาณ SRP ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	45
9 ปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	46
10 ปริมาณไนไตรท์ ($\text{NH}_2\text{-N}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	47
11 ปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	48
12 ปริมาณ Alkalinity ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา	49
13 ผลกระทบที่เกิดจากสารพิษปริมาณน้อยหรือ Sublethal (ต่ำกว่า LC_{50})	50

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 แสดงน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน	21
4.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกันในแต่ละช่วงการเลี้ยง	22
4.3 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในแต่ละสูตรอาหาร	23
4.4 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของการเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารต่างกัน	24
4.5 การใช้โปรตีนสุทธิในปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน	25
4.6 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	28
4.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	28
4.8 ค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	29
4.9 ปริมาณ SRP ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	29
4.10 ค่า pH ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	30
4.11 ค่าแอมโมเนียตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	30
4.12 ค่าไนไตรต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	31
4.13 ค่าไนเตรตตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	31

ผลของการเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอนจากระบบน้ำเสียโดยใช้อากาศของโรงงานผลิตแอมโมเนีย

The effect of using Activated sludge as supplemental feed on growth of sex reversal Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

บทที่ 1 บทนำ

ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์บก มีการทดลองนำกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรมาเป็นส่วนผสมในอาหาร พบว่าสัตว์ทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของกากตะกอนมีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนมาเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการทดลองนี้ได้ใช้ปลานิลซึ่งเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี ในการเลี้ยงปลา ต้นทุนของอาหารที่ใช้เลี้ยงนับว่าเป็นต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ฉะนั้นความพยายามในการนำตะกอนมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงปลานั้นถือได้ว่าเป็นการช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงได้ อีกทางหนึ่งและยังเป็นการช่วยลดปริมาณตะกอนที่จะก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ ซึ่งจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่ากากตะกอนที่ได้จากโรงงานผลิตแอมโมเนียจากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับปลาเนื่องจากขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตไม่มีการใช้สารเคมีที่รุนแรง แต่ก็อาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในขั้นตอนการบำบัด จึงควรมีการศึกษาระยะสมของโลหะหนักในตัวปลา เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้ตะกอนในอาหารเลี้ยงปลาต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบอัตราการเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของกากตะกอนในระดับที่แตกต่างกัน
- 1.1.2 ศึกษาถึงคุณภาพน้ำซึ่งเป็นผลจากการเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของกากตะกอนในระดับที่แตกต่างกัน
- 1.1.3 ศึกษาการสะสมโลหะหนักในปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของกากตะกอนในระดับที่แตกต่างกัน

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

2.1 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ดีมาก สามารถขึ้นได้ดีในดินทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นดินเหนียวจัดหรือดินทรายจัด อีกทั้งมันสำปะหลังยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย มีศัตรูรบกวนน้อย สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาลและให้ผลผลิตสูงเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ราคาก็ยังจัดอยู่ในเกณฑ์ดี มันสำปะหลังสามารถแปรรูปไปเป็นมันสำปะหลังอัดเม็ดหรือมันสำปะหลังแท่ง มันสำปะหลังแห้ง มันสำปะหลังเส้น มันสำปะหลังปั่น กากมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดอยู่ในตระกูล *Euphorbiaceae* สกุล *Manihot* ส่วนมากเป็นพืชยืนต้นขนาดเล็ก มียาง ใบมีแฉกเล็ก เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน มันสำปะหลังมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *M.escutenta* และชื่อสามัญคือ cassava , yuca manioc , mandioca , madioc หรือ tapioca มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง คือ แถบประเทศแมกซิโก และกัวเตมาลา ซึ่งมันสำปะหลังมีทั้งชนิดหวานและขม แต่ที่เข้ามาในไทยรุ่นแรกๆเป็นชนิดหวาน ประโยชน์ของมันสำปะหลัง

ส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ลำต้น ใบและราก

1. ลำต้นที่ตัดก่อนการขูดหัวมันสำปะหลังจะนำมาทำเป็นท่อนพันธุ้ใช้ปลูกครั้งต่อไป
2. ลำต้นส่วนยอดที่ยังอ่อนอยู่อาจนำมาตากแห้ง ใช้ทำเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์
3. ใบมันสำปะหลังนำมาทำเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ในรูปของใบดัด หมัก ใบตากแห้งปั่น
4. หัวมันสำปะหลัง (รากสะสม) นำไปประกอบอาหาร ส่วนมากจะเข้าโรงงานอุตสาหกรรมทำมันเส้น โรงงานอุตสาหกรรมทำมันปั่น โรงงานมันอัดเม็ดหรือมันแท่ง โรงงานทำแป้งมัน

2.2 ขบวนการผลิตของบริษัทสำปะหลังพัฒนา จำกัด

2.2.1 การโม่มันสำปะหลัง

รถขนมันสำปะหลังจะมาส่งมันสำปะหลังที่ลานและจะมีสายพานเคลื่อนย้ายมันสำปะหลังไปเพื่อการปอกเปลือก จากนั้นจะทำการล้างมันสำปะหลังและจะเข้าสู่ระบบการโม่มันสำปะหลัง ซึ่งใน 1 วันจะมีการโม่มันสำปะหลังประมาณ 2,500 ตัน ซึ่งจะได้แป้งประมาณ 400 ตันของมันสด

ขั้นตอนการโม่มันสำปะหลังเกิดของเสียดังนี้ คือ

1. เปลือกที่เกิดจากการปอกมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. น้ำเสียที่เกิดจากการล้างมันสำปะหลังจะส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.2.2 การ Modified Starch

จากการไม่มันสำปะหลังจะได้แป้งที่มีความเข้มข้นประมาณ 20 - 22 โมลเม จะเข้าสู่การ Modified starch ดังนี้

(1) ถังปฏิกรณ์

น้ำแป้งที่ขึ้นจะเข้าสู่ถังปฏิกรณ์มีการอุ่นน้ำแป้งโดยใช้ Heat Exchanger จากนั้นมีการเติม สารเคมีและกำหนดระยะเวลาที่ให้น้ำแป้งอยู่ในถังปฏิกรณ์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ โดย ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการซึ่งอาจจะเป็น 4 , 5 หรือ 20 ชั่วโมง และเมื่อเกิด ปฏิกิริยาที่สมบูรณ์แล้วจะหยุดการ Operate ในขั้นตอนนี้จะมีการสุ่มตัวอย่างไปตรวจสอบคุณ ภาพของผลิตภัณฑ์ว่าตรงตามต้องการหรือไม่ จากนั้นจะปั๊มไปยังถังพัก

(2) ถังพัก

เมื่อปัมน้ำแป้งเข้าสู่ถังพัก น้ำแป้งจะถูกนำไปกรองล้างเอากากอ่อนหรือสารเคมีที่ตกปรก ออก และมีการทำให้น้ำแป้งข้นมากขึ้น น้ำที่ได้จะมีหางน้ำแป้งและจะนำไปกรอง ขั้นตอนนี้เกิดของเสีย คือ

1. กากอ่อนที่ได้จากการกรองถูกปั๊มไปอัด ส่วนกากส่งไปอัดเม็ดใช้ทำอาหารสัตว์
2. น้ำเสียจากการล้างกากอ่อน สารเคมีที่ตกปรกและหางน้ำแป้งจะเข้าสู่ระบบบำบัดแบบ

เติมอากาศ

(3) hydrocyclone

จะมีการทำให้น้ำแป้งข้นขึ้นอีกครั้ง ซึ่งน้ำที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่ระบบบำบัดแบบเติมอากาศ ส่วนน้ำแป้งที่ข้นและสะอาดจะถูกปั๊มไปยัง feed tank

(4) feed tank

เมื่อน้ำแป้งเข้าสู่ feed tank และมีการป้อนเข้าไปทำการ centrifuge ทำให้น้ำที่หนักจะ ตกลงและแป้งที่เบากว่าจะถูกดักไว้ แป้งที่ได้ผ่านเข้าสู่ magnetic separator เพื่อทำการแยกเศษ โลหะจากนั้นแป้งจะเข้าสู่เครื่องบดละเอียดและเข้าสู่ตู้แป้ง จะมีตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh แป้งที่ไม่ผ่านตะแกรงจะเป็นแป้งหยาบต้องให้ผ่านเครื่องเป่าลมใหม่ ส่วนแป้งที่ผ่านการร่อนจะทำการบรรจุให้ลูกค้า

น้ำเสียที่ได้ทั้งหมดจะนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยแบ่งเป็น

1. น้ำเสียจากขบวนการไม่แป้งจะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic)

2. น้ำเสียจากขบวนการ modified starch จะเข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (aerobic) เนื่องจากน้ำเสียที่มีสารเคมีสูง ถ้านำเข้าสู่ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic) อาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้อยู่ตายได้

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทสำปะหลังพัฒนา จำกัด

2.3.1 ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic)

มีลักษณะเป็นโดมพลาสติกทำด้วยไฟเบอร์ชนิดพิเศษที่ทนต่อความร้อน เป็นระบบปิด โดยน้ำเสียก่อนเข้าระบบนี้จะทำการ pretreat เพื่อปล่อยให้ตกตะกอนก่อนแล้วจึงเข้าสู่บ่อหมัก

(1) high load น้ำเสียที่เข้ามาจะมี BOD 12,000 - 18,000 mg/l โดยเริ่มต้นจะใช้ acid bacteria ทำการย่อยน้ำเสียก่อน ซึ่งทำให้เกิดสภาวะกรด ผลพลอยได้ของผลิตภัณฑ์จะเป็นอาหารของ methane bacteria ใน low load ส่วนแก๊สที่เกิดขึ้นจะเป็น biogas คือ CH_4 และ CO_2 ซึ่งจะใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยจ่ายไปยังระบบ modified starch สามารถจุดไฟได้ในเตาที่ใช้ความร้อนในการอบแป้ง สุดท้ายน้ำเสียที่ออกจากระบบนี้จะมี BOD ประมาณ 10,000 mg/l

กรณีค่า pH ของระบบนี้ต่ำมาก ต้องมีการ return sludge จาก activated sludge ที่มีค่า pH เป็น 7 - 8 มาช่วยปรับ pH ให้เหมาะสม แต่มีการ return sludge น้อยเนื่องจากถ้าใช้จำนวนมากจะมีพิษต่อเชื้อได้ เพราะเชื้อเป็น acid bacteria

(2) low load จะทำการปรับน้ำเสียจาก high load ให้เป็นกลางโดยใช้โซดาไฟ แล้วน้ำจะเข้าสู่ระบบ aerobic

2.3.2 ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (aerobic)

น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมาจากขบวนการ modified starch และน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (aerobic) ระบบนี้จะมีการเติมอากาศใต้น้ำด้วย blower ซึ่งเป็นหัวจ่ายอากาศจะทำให้เกิดฟองอากาศเล็กๆขึ้น ทำให้มีการแลกเปลี่ยนที่ดี มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบทั่วไป เมื่อผ่านจากบ่อเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสารอินทรีย์แล้วจะเข้าสู่ถังตกตะกอน เมื่อตกตะกอนแล้วน้ำที่ออกจากระบบจะปล่อยออกสู่ทะเล ซึ่งมี BOD ต่ำกว่า 20 mg/l pH 8-9 มีของแข็งที่แขวนลอย (ss) ประมาณ 50 mg/l และของแข็งที่ละลายได้ (DS) ประมาณ 2,800 mg/l ซึ่งอยู่ในมาตรฐานการปล่อยน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่วนตะกอนที่ได้จะเข้าสู่บ่อพักตะกอน เพื่อนำบางส่วนเติมลงในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศเพื่อปรับ pH ส่วนที่เหลือจะเข้าสู่การรีดตะกอน โดยมีการเติมสารโพลีเมอร์เพื่อให้ตะกอนรวมตัวกันและสามารถรีดเป็นแผ่นได้ ปริมาณตะกอนที่ได้ประมาณ 20 - 30 ตันต่อวัน

2.4 ตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย

ตะกอน คือ ของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำเสียที่ไม่สามารถย่อยได้สมบูรณ์ และจะจมลงสู่ด้านล่าง ตะกอนส่วนเกินเกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียทั้งในระบบแบบไร้อากาศและแบบใช้อากาศ ในระบบบ่อหมัก การกำจัดตะกอนส่วนเกินควรดำเนินการเป็นช่วงๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะของแต่ละโรงงาน ตะกอนชั้นสุดท้ายจะถูกกำจัดออกไปอย่างต่อเนื่อง โดยในกากตะกอนมีปริมาณของน้ำอยู่สูง

กากตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดขั้นทุติยภูมิ จะประกอบด้วยมวลชีวภาพของจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ และมีของแข็งแขวนลอยที่ยากต่อการกำจัดปนเปื้อนในปริมาณน้อย ส่วนแร่ธาตุและโลหะหนักในน้ำทิ้งสามารถดูดซับ (absorb) โดยจุลินทรีย์ในระบบบำบัดได้ ดังนั้นตะกอนส่วนเกินในบ่อบำบัดน้ำเสียจึงมีการสะสมโลหะหนัก

2.5 ปลานิล

อนุกรมวิธาน

Phylum	Vertebrata
Class	Osteichthyes
Order	Perciformes
Family	Cichlidae
Genus	Oreochromis
Species	Niloticus

ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* จัดอยู่ในวงศ์ Cichlidae ซึ่งปลาในวงศ์นี้มีอยู่ประมาณ 700 ชนิด

2.5.1 แหล่งกำเนิดและการแพร่กระจาย

ปลานิล (*Tilapia nilotica*) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา พบได้โดยทั่วไปตามทะเลสาบและแม่น้ำทุกสาย แต่พบว่าปลานิลมีอยู่ชุกชุมแถบลุ่มแม่น้ำไนล์ในประเทศอียิปต์และปาเลสไตน์ ต่อมาได้มีผู้นำเอาปลานิลไปเลี้ยงในประเทศต่างๆ ทั้งในภาคตะวันออกเฉียงและตะวันออกไกล เช่น ประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และอีกหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย

สำหรับประเทศไทยนั้น ปลานิลได้เริ่มเข้ามามีบทบาทเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2508 โดยเจ้าชายอาคิฮิโตะมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ได้จัดส่งปลานิลจำนวน 50 ตัว ทูลเกล้าถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2508 ในระยะแรกได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อดินเนื้อที่ประมาณ 10 ตารางเมตร ในบริเวณสวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต เมื่อเลี้ยงได้ 5 เดือน ปรากฏว่ามีลูกปลาเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจึงได้ทรงพระกรุณาโปรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกล้าฯ ให้เจ้าหน้าที่สวนหลวงขุดบ่อขึ้นใหม่อีก 6 บ่อ มีเนื้อที่เฉลี่ยบ่อละประมาณ 70 ตารางเมตร ซึ่งในโอกาสนี้พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงย้ายปลาด้วยพระองค์เอง ต่อจากนั้นจึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ มอบให้กรมประมงจัดส่งเจ้าหน้าที่วิชาการมาตรวจสอบการเจริญเติบโตเป็นประจำทุกเดือน

ปลานิลเป็นปลาที่กินพืชเป็นอาหาร เลี้ยงง่าย มีรสชาติของเนื้อดี ออกลูกตก และเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวมีพระราชประสงค์ที่จะให้ปลานิลแพร่ขยายพันธุ์อันจะได้เป็นประโยชน์แก่พสกนิกร และได้พระราชทานชื่อปลาใหม่นี้ว่า ปลานิล

2.5.2 รูปร่างและลักษณะ

มีรูปร่างและลักษณะคล้ายปลามอเทศมากที่สุด แต่สีจางกว่า หัวเล็กราบเรียบ บริเวณริมฝีปากล่างกับริมฝีปากบนเสมอกัน มีซี่เหงือกประมาณ 19 – 28 ซี่ ขอบตามีสีแดง ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่ 1 จุด ที่แก้มมีเกล็ด 4 แถว ลำตัวป้อม มีสีเขียวปนน้ำตาลและมีลายพาดขวางประมาณ 9 – 10 แถว ลักษณะของลายจะพาดขวางจากส่วนหลังมายังส่วนท้องอย่างสมบูรณ์โดยจะไม่แตกเป็นแฉก ด้านหลังหนา ที่บริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบกัน และครีบหางจะมีลายประจุดสีขาวและเส้นสีดำตัดขวาง ปลานิลต่างจากปลามอเทศตรงที่ปลานิลมีเกล็ด 3 แถว ที่บริเวณแก้มและอีก 1 แถวบริเวณเหนือเส้นข้างลำตัวเล็กน้อย ครีบหลังมีครีบเดี่ยว ประกอบไปด้วยก้านครีบแข็ง 15 – 18 อัน และก้านครีบอ่อน 12 – 14 อัน ครีบกันประกอบไปด้วยก้านครีบแข็ง 3 อัน ทางด้านข้างมีเกล็ดตามแนวเดียวกันจากด้านบนของครีบหลังลงมาจนถึงเส้นข้างลำตัวจำนวน 5 เกล็ด และเกล็ดจากเส้นข้างลำตัวลงมาจนถึงส่วนหน้าของครีบกันจำนวน 13 เกล็ด

2.5.3 อุปนิสัยและคุณสมบัติบางประการของปลานิล

ปลานิลชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงตามแหล่งน้ำจืดต่างๆ แต่ปลานิลก็สามารถเจริญได้ในแหล่งน้ำกร่อยเพราะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่กว้างมาก คือตั้งแต่ 11 – 42 °C แต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5 °C ปลานิลจะตายทันที และถ้าหากน้ำมี pH 4.5 – 3.5 ปลานิลจะตายทันที ปลานิลยังมีความทนทานต่อความเค็ม คือ สามารถอยู่ได้อย่างปลอดภัยในน้ำที่มีความเค็มสูงสุด 2 ppt ด้วยเหตุนี้เองปลานิลสามารถเลี้ยงในน้ำกร่อยได้

อาหารและนิสัยการกิน ปลานิลเป็นปลาที่กินทั้งเนื้อและสัตว์ แต่จะชอบกินสาหร่ายแพลงตอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ ตัวอ่อนของแมลง อินทรีย์วัตถุที่สลายแล้วบริเวณก้นบ่อ เมื่อปลานิลโตขึ้นจะกินพืชพวกสาหร่ายและส่วนอ่อนของใบพืช อาหารตามธรรมชาติ ได้แก่ ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ และตัวอ่อนของแมลง

การเจริญเติบโต ปลาชนิดเป็นปลาที่โตเร็ว มีอัตราการรอดของปลาสูง การเลี้ยงปลานิล จึงไม่ควรปล่อยหนาแน่นในบ่อเกินไป หากปลาแน่นมากไปในบ่อก็จะมีเจริญเติบโตเท่าที่ควร

2.6 การแปลงเพศปลานิล

ปลานิลเป็นปลาที่ทั้งเพศผู้และเพศเมียแยกกัน โดยปกติทั่วไปปลาตัวผู้จะโตเร็วกว่าปลาตัวเมีย 20 % ถ้าปล่อยทั้งสองเพศในบ่อเดียวกันจะมีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วทำให้จำนวนปลาเพิ่มขึ้นจนมีความหนาแน่นเกินไปยากต่อการทดลอง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้ วิธีที่นิยมในปัจจุบัน คือ การใช้ฮอร์โมนในการแปลงเพศปลา ฮอร์โมนที่ใช้ ได้แก่ 17 - methyltestosterone หรือ ethyltestosterone ผสมกับอาหาร 30 - 60 มก./อาหาร 1 กก. ให้กิน 30 - 60 วัน ขนาดของลูกปลา 9 - 12 มม. จะได้ปลานิลเพศผู้ 100 % (วิทยา, 2539)

ตารางที่ 2.1 การเจริญเติบโตของปลานิล

อายุ (เดือน)	ความยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
3	10	30
6	20	200
9	25	350
12	30	500

ที่มา : เพิ่มพูน (2539)

2.7 คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์

ปลานิลจัดได้ว่าเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง และราคาค่อนข้างถูก คุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย

โปรตีน	19.05 %
ไขมัน	0.95 %
ความชื้น	78.9 %
เถ้า	1.1 %
คาร์โบไฮเดรต	-
พลังงาน (แคลอรี/100 กรัม)	91 %

ปลาต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ อัตราการใช้พลังงาน (Metabolism) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความหนาแน่น ชนิด อายุ ขนาดของปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับฤดูกาล สำหรับความเข้มข้นของออกซิเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ ค่า pH และความเค็มของน้ำก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการให้พลังงาน การใช้ประโยชน์จากอาหารปลาแตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่นๆ ปลาบางอย่างใช้โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานเบื้องต้น ซึ่งต่างจากสัตว์อื่นๆที่ใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานเบื้องต้น เนื่องจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของปลายังมีไม่มากพอที่จะสรุปได้ว่าปลาต้องการพลังงานต้องการเท่าใดสำหรับการเจริญเติบโต แต่การใช้ระดับโปรตีนและแหล่งที่มาของโปรตีนอย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้พลังงานภายหลังการย่อยที่ดีจะเป็แนวทางให้ปลา มีการเจริญเติบโตที่ดี

2.8 ความต้องการสารอาหารของปลา

2.8.1 โปรตีนและกรดอะมิโน

โปรตีนเป็นสารพวกอินทรีย์วัตถุที่มีจำนวนมากที่สุดในร่างกายสัตว์ สัตว์ต้องการโปรตีนตลอดเวลาที่สัตว์นั้นยังมีชีวิตอยู่และสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตต้องการโปรตีนมากกว่าเมื่อโตเต็มวัยแล้ว ปลาที่ต้องการโปรตีนก็เหมือนกับสัตว์ชนิดอื่นๆ แตกต่างกันในปลาต่างชนิดกัน ปลากินเนื้อต้องการปริมาณโปรตีนสูงกว่าปลาที่กินทั้งเนื้อและพืชและสูงกว่าปลากินพืชเพียงอย่างเดียว สำหรับปลารายอ่อนก็ต้องการโปรตีนสูงกว่าปลาที่โตเต็มวัยแล้ว

วิมล (2537) กล่าวว่า โปรตีนเป็นโภชนะที่สัตว์น้ำต้องการมากเป็นอันดับหนึ่งคือประมาณ 30-50 % ในอาหารเพื่อใช้เป็นสารอาหารสำหรับร่างกายในการสร้างเนื้อ หนัง อวัยวะต่างๆ เอนไซม์ ฮอร์โมน ภูมิกัมกันและสารพันธุกรรม ที่ถูกต้องแล้วสัตว์น้ำไม่ได้ต้องการโปรตีนแต่ต้องการกรดอะมิโนเพื่อนำกรดอะมิโนเหล่านี้ไปสร้างเป็นโปรตีนของตัวเอง กรดอะมิโนที่สัตว์น้ำต้องการมีประมาณ 20 ตัว ในจำนวนนี้มีเพียง 10 ตัว ที่ร่างกายสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้และจะต้องได้จากอาหารเท่านั้น เรียกรกรดอะมิโนทั้ง 10 ตัวนี้ว่า " กรดอะมิโนที่จำเป็น" ส่วนอีก 10 ตัว ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นเองได้จึงไม่จำเป็นต้องมีในอาหาร สัตว์น้ำต้องได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกตัวในปริมาณที่พอเหมาะ จึงจะทำให้ร่างกายสร้างโปรตีนได้ ถ้าขาดตัวใดตัวหนึ่งร่างกายจะหยุดการเจริญเติบโตทันที ซึ่งกรดอะมิโนที่จำเป็นจะแสดงดังตารางที่ 2.2 โดยการวัดปริมาณที่ต้องการวัดเป็นหน่วยน้ำหนักร้อยละของโปรตีนในอาหาร (%ของโปรตีน)

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยของความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์น้ำทั่วไป

กรดอะมิโนที่จำเป็น (ชื่อย่อ)	ชื่อเต็ม	ปริมาณที่สัตว์น้ำต้องการ (%ของโปรตีน)
P	ฟีนิลอลานีน	6.3
V	วาซีน	3.5
T	ทรีโอนีน	3.1
T	ทริปโตเฟน	0.7
I	ไอโซลิวซีน	2.8
M	เมทไธโอนีน	3.6
H	ฮิสทีดีน	1.9
A	อาร์จินีน	4.5
L	ลิวซีน	4.0
L	ไลซีน	5.3

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยจากความต้องการของปลากินเนื้อ ปลากินพืชและปลากินเนื้อกินพืช
ที่มา : วิมล (2537)

2.8.2 สารจำเป็นที่มาจากไขมัน

ประกอบด้วยกรดไขมันที่จำเป็นซึ่งเป็นกรดไขมันที่สัตว์น้ำสังเคราะห์เองไม่ได้และต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น กรดไขมันมีชื่อเรียกสั้นๆว่า โอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ซึ่งทั้งสองมีความสำคัญในการเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์และเป็นสารตั้งต้นกำเนิดของฮอร์โมนที่สำคัญหลายชนิด (วิมล, 2537)

2.8.3 พลังงาน

เป็นสารอาหารที่ใช้เพื่อดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต พลังงานที่ใช้เพื่อการดำรงชีวิตเป็นพลังงานที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การหายใจ การว่ายน้ำ เป็นต้น สัตว์น้ำจำเป็นต้องได้รับพลังงานในส่วนนี้เพียงพอเสียก่อน จึงจะเหลือใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยสารอาหารที่ให้พลังงาน ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยทั่วไปปลาสามารถย่อยโปรตีนและไขมันได้ดี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 70-90 % แต่ย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณ 30-60 % ขึ้นอยู่กับชีวิตของสัตว์น้ำ (วิมล, 2537)

2.8.4 วิตามิน

เป็นสารอินทรีย์ที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณน้อย แต่มีความสำคัญเพื่อให้การทำงานของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ วิตามินที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำมีทั้งหมด 15 ชนิด เป็นวิตามินที่ละลายในน้ำ 11 ชนิด และละลายในไขมัน 4 ชนิด หน้าที่หลักของวิตามินชนิดต่างๆ ได้เสนอไว้ในตารางที่ 2.3 ซึ่งสัตว์น้ำต้องการวิตามินชนิดต่างๆ แตกต่างกันไป แต่ก็สามารถใช้ได้กับสัตว์น้ำทุกชนิดเพราะได้คำนวณปริมาณเอาไว้สำหรับความผันแปรระหว่างชนิดสัตว์น้ำไว้แล้ว

ตารางที่ 2.3 หน้าที่หลักของวิตามินชนิดต่างๆ

วิตามิน	หน้าที่หลัก
ไทอะมิน	ร่วมในปฏิกิริยาการสันดาปคาร์โบไฮเดรต
ไรโบเฟลวิน	ร่วมในปฏิกิริยาการหายใจของเนื้อเยื่อที่เส้นเลือดไปเลี้ยงน้อย
ไพรีดอกซิน	ร่วมในปฏิกิริยาการสันดาปโปรตีนให้เป็น ATP
กรดแพนโททินิก	ร่วมในปฏิกิริยาการสันดาปโปรตีน/ไขมัน/คาร์โบไฮเดรต-สำหรับเนื้อเยื่อที่มีการหายใจสูง
ไนอาซิน	ร่วมในปฏิกิริยาถ่ายอิเล็กตรอน
ไบโอติน	ร่วมในปฏิกิริยาถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์
กรดโฟลิก	เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง
วิตามินบี-12	เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง
วิตามินซี	เกี่ยวกับการสร้างโปรตีนคอลลาเจน/เม็ดเลือดแดง/ภูมิคุ้มกัน
โคลีน	เป็นองค์ประกอบของเซลล์/ลำเลียงไขมัน
อินอสซิทอล	เป็นองค์ประกอบของเซลล์/กาวยึดเซลล์เข้าด้วยกัน
วิตามิน เอ	จำเป็นต่อการมองเห็น
วิตามิน ดี	จำเป็นต่อการสร้างกระดูก
วิตามินอี	จำเป็นเพื่อคงสภาพของเซลล์เมมเบรน
วิตามินเค	จำเป็นต่อการแข็งตัวของเลือด

ที่มา : วิมล (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5 แร่ธาตุ

สัตว์น้ำต้องการแร่ธาตุเพื่อการเจริญเติบโตและให้กิจกรรมต่างๆภายในร่างกายดำเนินไปอย่างปกติ สัตว์น้ำสามารถดูดซึมแร่ธาตุจากน้ำได้ทางเหงือก การดูดซึมแร่ธาตุเป็นขบวนการสำหรับการจัดระบบสมดุลของแร่ธาตุภายในร่างกายและเป็นโภชนาการด้วย แร่ธาตุที่สัตว์น้ำดูดซึมได้จากน้ำมักไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงจำเป็นต้องมีในอาหาร หน้าที่ของแร่ธาตุดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆที่แนะนำให้ใส่ในอาหารสัตว์น้ำ (มก. หรือ IU ต่อกิโลกรัมของ อาหาร)

วิตามิน	(1) + 30 %	(2) + สูญเสีย	(3) + แก่เครียด	(4) ปริมาณสูงสุด
A (IU)	3,250	5,375	8,625	25,000
D	2,340	3,042	5,382	18,000
E	39	46	76	3,000
K (mg)	5	6	10	4,000
C	130	360	460	10,000
โทอะมิน	13	25	35	10,000
โรโบเฟลวิน	26	31	51	400
กรดแพนโททีนิก	52	61	101	800
ไบโอติน	1	1.4	2.4	100
ไนอะซิน	195	230	380	3,000
กรดโฟลิก	7	9	14	-
วิตามินบี-12	0.02	0.03	0.05	-
โคลีน	4,000	4,400	7,400	12,000
อินอสซิทอล	520	620	1,010	-
ไพรีดอกซิน	13	15	25	20,000

หมายเหตุ : (1) ปริมาณที่ใช้สำหรับทุกชนิด (เมื่อไว้ 30 % สำหรับความผันแปรระหว่างชนิดสัตว์น้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (2) ปริมาณที่ใช้เพื่อป้องกันการสูญเสีย
- (3) ปริมาณที่ใช้เพื่อป้องกันความเครียด
- (4) ปริมาณสูงสุดที่สัตว์น้ำทนได้

ที่มา : วิมล (2537)

ตารางที่ 2.5 หน้าทีหลักของแร่ธาตุชนิดต่างๆที่สัตว์น้ำต้องการ

แร่ธาตุ	หน้าที่หลัก
แคลเซียม	สร้างกระดูก
ฟอสฟอรัส	สร้างกระดูก
แมกนีเซียม	สร้างกระดูก
เหล็ก	องค์ประกอบของเม็ดเลือดแดง
ไอโอดีน	ป้องกันคอหอยพอก
เซลิเนียม	จำเป็นต่อการคงสภาพของเซลล์เมมเบรน
สังกะสี	เป็นองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต
ทองแดง	จำเป็นต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง องค์ประกอบของเลือดกึ่งและปู
แมงกานีส	องค์ประกอบของเอนไซม์ย่อยโปรตีน ไซมันและคาร์โบไฮเดรต
โคบอลท์	จำเป็นต่อการสร้างวิตามินบี 12

ที่มา : วิมล (2537)

2.9 ความต้องการโปรตีนโดยทั่วไปและปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา

วีรพงศ์ (2536) กล่าวว่า ปลามีความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ แต่ในทางด้านอาหารปลาได้มีการศึกษาความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่าความต้องการเพื่อดำรงชีพ หรือการสืบพันธุ์ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงในการผลิตอาหารปลาเพื่อเลี้ยงปลาให้มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว โดยโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในอาหารธรรมชาติของปลาซึ่งพบว่ามีโปรตีนอยู่ 6.4 – 17.9 % ถ้าอาหารที่ใช้เลี้ยงมีโปรตีนอยู่น้อยกว่า 6 % ปลาที่เลี้ยงจะไม่มีชีวิตอยู่ได้ และปลาแต่ละชนิดมีความต้องการโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไซมัน วิตามิน ตลอดจนแร่ธาตุในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปถือว่าโปรตีนเป็นอาหารหลักที่สำคัญที่สุด ถ้าปลาได้รับปริมาณโปรตีนเพียงพอต่อความต้องการก็จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ร่างกายมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ แต่ถ้าได้รับไม่เพียงพอก็จะทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลง เพราะโปรตีนจะสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาทดแทนเซลล์เก่าทำให้น้ำหนักปลาเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงไปได้ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

2.9.1 ขนาดปลา (size)

ความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงเมื่อปลามีขนาดหรืออายุมากขึ้น เพราะปลาขนาดใหญ่ขึ้นมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายต่ำกว่าปลาขนาดเล็ก จึงทำให้ปลาขนาดใหญ่มีความต้องการโปรตีนน้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาขนาดต่างๆ

ชนิดปลา	วัยอ่อน	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่
ปลาเรนโบว์เทรา	45 - 55	28 - 50	35 - 40
ปลาไหล	50 - 56	45 - 50	-
ปลาไน	43 - 47	37 - 42	28 - 32
ปลานิล	35 - 40	28 - 35	20 - 30
ปลาแซลมอนแคทฟิช	36 - 40	25 - 36	26 - 34

ที่มา : วีรพงศ์ (2536)

2.9.2 อุณหภูมิ (Temperature)

ปลาโดยทั่วไปมีแนวโน้มต้องการปริมาณโปรตีนมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปลาบางชนิดต้องการโปรตีนเท่าเดิมถึงแม้ว่าอุณหภูมิน้ำสูงขึ้น สาเหตุที่อุณหภูมิน้ำมีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลาเนื่องมาจากปลาได้รับปริมาณที่จำกัด หรือน้อยเกินไปขณะที่ปลาที่มีอัตราเมแทบอลิซึมสูงขึ้น และระยะเวลาที่อาหารหมดจากกระเพาะอาหารเร็วขึ้น ดังนั้นอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงกว่าจึงทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่า

2.9.3 คุณภาพโปรตีน (Quality of protein)

แหล่งโปรตีนในอาหารจะมีชนิดหรือปริมาณกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้โปรตีนมีคุณภาพแตกต่างกัน แต่โดยความเป็นจริงแล้วความต้องการกรดอะมิโนมีความสำคัญต่อปลามากกว่าความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต เนื่องจากปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนเท่ากัน แต่หากมีชนิดหรือปริมาณกรดอะมิโนแตกต่างกัน ก็ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต

แตกต่างกัน ปลาจะเจริญเติบโตได้ดีจะต้องได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดีหรือมีกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบครบถ้วน ทั้งคุณภาพและปริมาณ

2.9.4 ระดับพลังงานในอาหาร

อาหารที่มีพลังงานมากทำให้ปลากินอาหารลดลง เนื่องจากปลาจะหยุดกินอาหารถ้าได้รับพลังงานมากเกินไปเกินความต้องการ (Lee and Putnam, 1973) จึงมีการผลิตอาหารปลาที่ให้พลังงานเท่ากัน (Isoenergetic diet) แต่มีระดับโปรตีนต่างกัน ซึ่งเป็นการลดต้นทุน แต่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันที่ผสมในอาหาร เช่น ปลากินเนื้อจะย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ไม่ดี จึงไม่สามารถใส่ในอาหารทดสอบได้ในปริมาณที่น้อยกว่าปลากินพืช การทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยไขมันส่วนใหญ่ประสบความสำเร็จมากกว่าการทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต

2.9.5 อัตราการให้อาหาร (Feeding rate)

ถ้าปลาได้รับอาหารน้อยเกินไปหรือต่ำกว่าความต้องการจะทำให้ปลาหิวและปลาจะนำโปรตีนมาใช้เป็นพลังงานมากกว่านำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ในการให้อาหารปริมาณคงที่จะมีความสะดวกรวดเร็วแต่อาจมีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา ปลาที่ได้รับอาหารปริมาณน้อย (2% ของน้ำหนักตัวต่อวัน) จะได้รับปริมาณโปรตีนพอดีกับความต้องการก็ต่อเมื่ออาหารที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูงเท่านั้น ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารปริมาณมาก (4% ของน้ำหนักตัวต่อวัน) สามารถได้รับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการจากอาหารที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า ในการให้อาหารให้ปลากินจนอิ่มก็จะทำให้ปลาได้รับปริมาณอาหารเพียงพอกับความต้องการทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่เป็นปกติ สามารถดูผลการเจริญเติบโตได้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- ใช้ปลานิลแปลงเพศทั้งหมด 480 ตัว
- บ่อซีเมนต์กลม ปริมาตร 0.8 ม.³ จำนวน 12 บ่อ
- อุปกรณ์ขังวัดปลาแบบดิจิตอล
- ไม้บรรทัดสำหรับวัดความยาวปลา
- หัวทราย และ เครื่องให้ออกซิเจน
- pH meter
- DO meter
- Thermometer
- เครื่อง Spectrophotometer
- เครื่องไมโครเวฟ
- Atomic Absorbance Spectroscopy

3.2 วัตถุดิบในสูตรอาหาร

1. ตะกอน
2. ปลาป่น
3. กากถั่วเหลือง
4. ข้าวโพด
5. น้ำมันพืช
6. แปะงมันสำปะหลัง
7. DCP (dicalciumphosphate)
8. premix

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

นำตะกอนที่แห้งไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลา ซึ่งได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดและแปะงมันสำปะหลัง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 และทำการวิเคราะห์หาค่าอินทรีย์วัตถุและปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในตะกอน ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล เหล็ก แมงกานีสและสังกะสี โดยจะทำการย่อยด้วยวิธี Microwave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digestion และทำการวิเคราะห์ต่อด้วยวิธี Absorption Spectroscopy (Milestone, 1996) เมื่อทราบค่าทั้งหมดแล้ว จึงคำนวณสูตรอาหารเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของปลา โดยในการทดลองนี้แบ่งเป็น 4 สูตร

สูตร 1 คือ อาหารสูตรพื้นฐาน (ไม่มีกากตะกอนผสม)

สูตร 2 คือ อาหารสูตรพื้นฐาน 95 % + กากตะกอน 5 %

สูตร 3 คือ อาหารสูตรพื้นฐาน 90 % + กากตะกอน 10 %

สูตร 4 คือ อาหารสูตรพื้นฐาน 80 % + กากตะกอน 20 %

ก่อนนำกากตะกอนไปใช้กากตะกอนจะถูกบดจนละเอียด จากนั้นจึงทำการผสมวัตถุดิบอาหารตามที่ได้คำนวณไว้แต่ละสูตร (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7) โดยผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงนำไปอัดเป็นเม็ด จากนั้นนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง เมื่อแห้งได้ตามที่ต้องการนำอาหารแต่ละสูตรไปวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น NFE (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8)

3.4 การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize design; CRD) ประกอบด้วย 4 Treatment แต่ละ Treatment มี 3 ซ้ำ โดยแบ่งเป็น :

Treatment 1 คือ อาหารสูตร 1 (กลุ่มควบคุม)

Treatment 2 คือ อาหารสูตร 2

Treatment 3 คือ อาหารสูตร 3

Treatment 4 คือ อาหารสูตร 4

3.5 วิธีการทดลอง

1. สุ่มปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 13.08 ± 1.17 กรัมต่อตัวลงในบ่อ ๆ ละ 40 ตัว
2. ทำการให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 8.30 น. และ 16.00 น. โดยให้กินจนอิ่ม (Satiation)
3. เก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ทุกอาทิตย์ พร้อมทั้งมีการทำความสะอาดและเปลี่ยนถ่ายน้ำทั้งบ่อ ซึ่งการเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บก่อนการถ่ายน้ำทุกครั้ง คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเข้มข้นของไนโตรเจน ไนเตรต แอมโมเนีย SRP และ Total Alkalinity พร้อมทั้งวัด อุณหภูมิ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ บันทึกผล

4. สุ่มชั่งวัดปลาทุก 2 อาทิตย์ พร้อมทั้งดูอัตราการรอด บันทึกผล

5. ทำการเลี้ยงปลาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จึงนำผลทั้งหมดไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธีหา

ความแปรปรวนทางสถิติ (One-way Analysis of Variance)

ข้อมูลที่ได้นำมาหาค่าการเติบโตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Dairy Weight Gain ,DWG) (กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)}}$$

2. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio , FCR)

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

3. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio , PER)

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

4. การใช้โปรตีนสุทธิ (Net Protein Utilization , NPU)

$$= \frac{B - B_0}{I} * 100$$

I = ปริมาณโปรตีนในตัวปลาขณะเสร็จสิ้นการทดลอง

B_0 = ปริมาณโปรตีนในตัวปลาขณะเริ่มการทดลอง

I = ปริมาณโปรตีนในอาหารทั้งหมดที่ปลากิน

5. อัตรารอด (Survival rate)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือรอด} * 100}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อยเลี้ยง}}$$

3.6 การเตรียมอาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารเม็ดจมน้ำที่ผสมขึ้นเอง โดยใช้วัตถุดิบดังแสดงในตาราง

ที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหาร 4 สูตร

วัตถุดิบ	กลุ่มควบคุม	ตะกอน 5 %	ตะกอน 10 %	ตะกอน 20 %
ปลาป่น	43.00	42.00	40.75	38.50
กากถั่วเหลืองป่น	14.50	12.75	11.50	8.00
ข้าวโพด	8.25	6.75	5.50	3.25
แป้งมันสำปะหลัง	26.75	26.00	24.75	22.75
น้ำมัน	6.50	6.50	6.50	6.50
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50
DCP	0.50	0.50	0.50	0.50
กากตะกอน	-	5.00	10.00	20.00
รวม	100	100	100	100

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร 4 สูตร

	กลุ่มควบคุม	ตะกอน 5%	ตะกอน 10 %	ตะกอน 20 %
โปรตีน	29.36	30.57	31.44	29.10
ไขมัน	2.90	2.56	3.11	2.77
ความชื้น	4.67	4.14	6.63	4.50
เถ้า	17.49	18.48	19.32	20.09
เยื่อใย	1.62	1.46	1.34	1.04
NFE	43.96	42.79	38.16	42.50
รวม	100	100	100	100
พลังงาน (Gross Energy) (Kcal)	408.16	401.77	398.99	393.72
G:P Ratio	13.55	13.37	13.25	13.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

ห้อง D103 อาคารเจ้าคุณทหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาการทดลอง 56 วัน คือ ตั้งแต่วันที่ 27 มกราคม 2544 ถึงวันที่ 26 มีนาคม 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์กากตะกอน

Parameters	ปริมาณที่ตรวจพบ
Organic matter	58.81 %
Crude protein	28.19 %
Crude lipid	0.64 %
Ash	24.04 %
Moisture	7.46 %
NFE	39.68 %
PH	7.5
Pb	0.009
Cd	ND
Ni	0.007
Fe	0.967
Mn	0.163
Zn	0.084

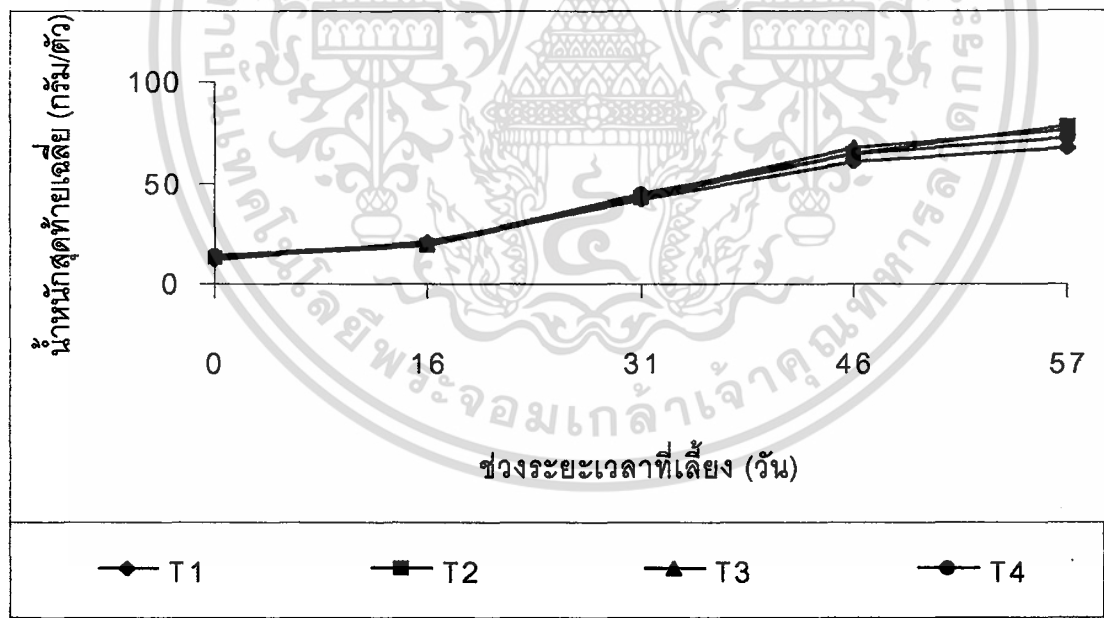
จากผลการวิเคราะห์ตะกอนพบว่า มีอินทรีย์วัตถุสูงถึง 58.81 % และมีโปรตีน 28.19 % จึงมีความเป็นไปได้ในการนำตะกอนมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลา ส่วนปริมาณโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อปลา (Pb Cd Ni) มีอยู่ในปริมาณน้อย ไม่น่าจะเป็นอันตรายต่อตัวปลา ส่วนเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ก็เป็นแร่ธาตุที่ปลาต้องการ

4.2 อัตราการเติบโต

จากการทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของตะกอนทั้ง 4 สูตร คือ 0 % , 5 % , 10 % และ 20 % เป็นเวลา 56 วัน โดยมีน้ำหนักเริ่มต้น 13.08 ± 1.17 กรัมต่อตัว พบว่า อัตราการเติบโตของปลานิล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ได้ผลดังนี้ ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลานิล (กรัม/ตัว) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม/ตัว)			
	กลุ่มควบคุม (T1)	ตะกอน 5 % (T2)	ตะกอน 10 % (T3)	ตะกอน 20 % (T4)
16	20.52 ± 1.65	19.06 ± 3.23	19.42 ± 2.69	19.83 ± 1.38
31	42.03 ± 3.22	42.76 ± 7.61	43.50 ± 6.14	44.83 ± 2.08
46	60.06 ± 7.55	63.98 ± 9.44	66.93 ± 13.11	64.42 ± 5.45
57	67.48 ± 10.01	78.61 ± 14.23	76.68 ± 15.93	71.83 ± 11.53

หมายเหตุ : \pm คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.1 แสดงน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน

จากกราฟจะเห็นได้ว่าน้ำหนักสุดท้ายของการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร มีแนวโน้มสูงขึ้นใกล้เคียงกัน โดยที่ T2 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ T3 T4 และ T1 ตามลำดับ แต่ทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

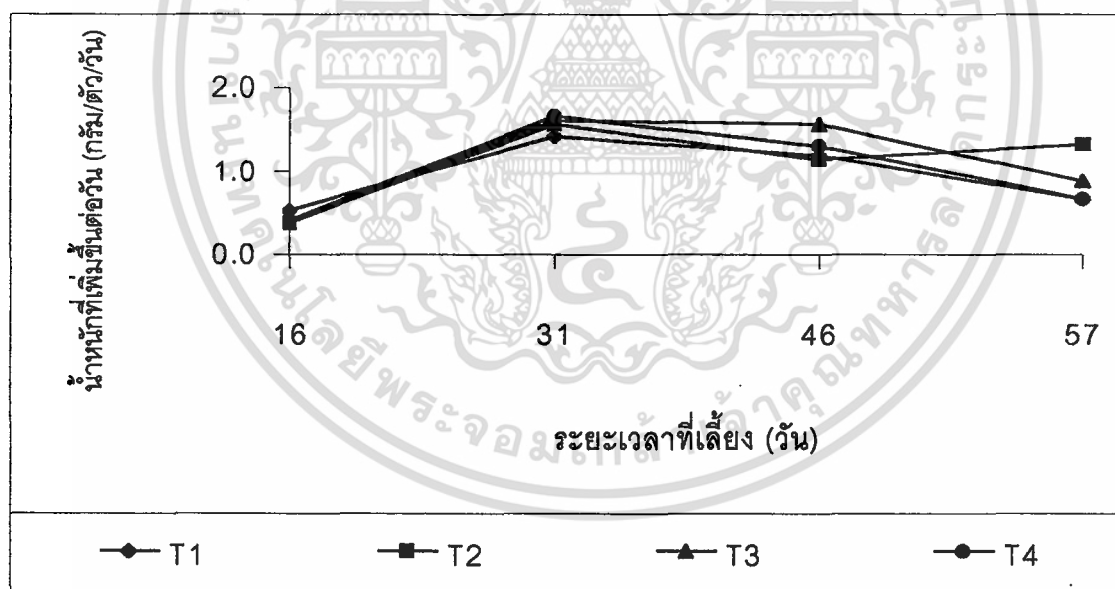
4.3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Day Weight Gain : DWG)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/วัน) ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกันได้ผลดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลานิล

ช่วงการเลี้ยง (วัน)	สูตรอาหาร			
	ตะกอน 0 %	ตะกอน 5 %	ตะกอน 10 %	ตะกอน 20 %
0-16	0.53± 0.12	0.37± 0.23	0.37± 0.16	0.40 ±0.09
17-31	1.43± 0.17	1.58± 0.30	1.61± 0.28	1.67± 0.08
32-46	1.20 ±0.34	1.14 ±0.16	1.56± 0.53	1.31± 0.34
47-57	0.67± 0.44	1.33± 0.91	0.89± 0.29	0.67 ±0.60
เฉลี่ย	0.96±0.21	1.17±0.29	1.11±0.28	1.01±0.24

หมายเหตุ : ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.2 แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกันในแต่ละช่วงการเลี้ยง

จากกราฟจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกค่า DWG มีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงวันที่ 31 เริ่มลดต่ำลงในทุกสูตรอาหาร มีเพียงสูตรที่ 2 ที่มีแนวโน้มเริ่มสูงขึ้นเมื่อผ่านช่วงวันที่ 46 ของการเลี้ยง และพบว่า มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจะพบว่า DWG (Day Weight Gain) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

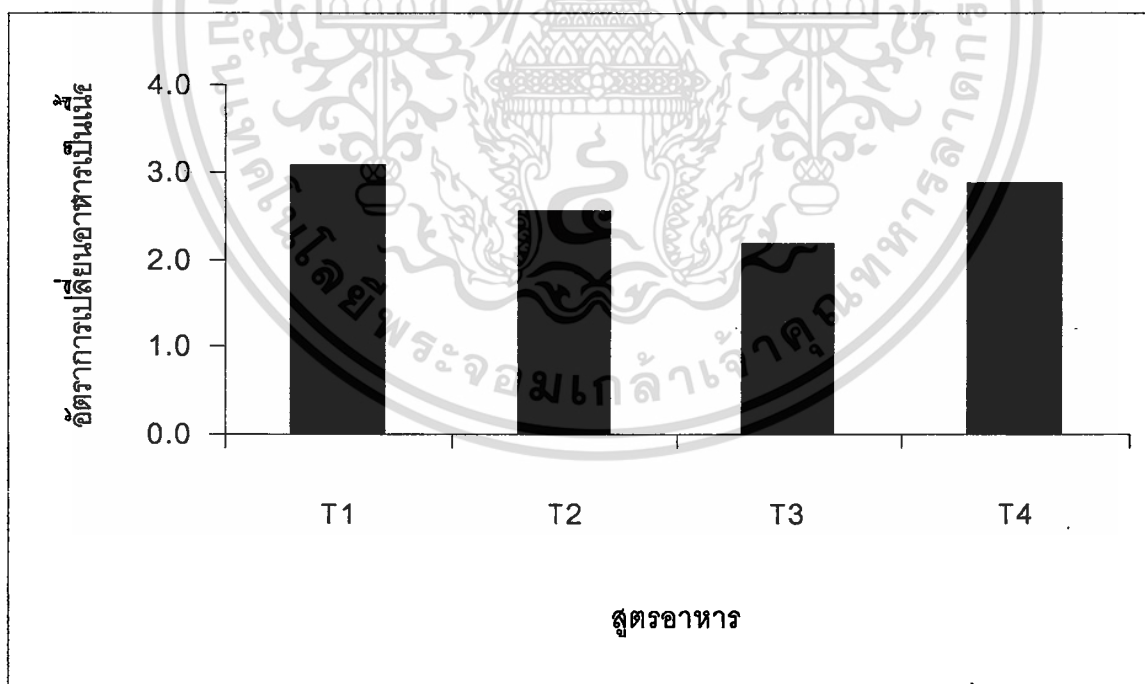
4.4 อัตราการแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio : FCR)

ค่า FCR ของการเลี้ยงปลาชนิดเดียวกันด้วยสูตรอาหารต่างกัน พบว่า สูตรที่ 3 มีค่า FCR น้อยที่สุด ซึ่งก็แสดงว่ามีการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าสูตรอื่นๆ รองลงมา คือ สูตรที่ 2, 3 และสูตรที่ 4 ตามลำดับ ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ในแต่ละช่วงการเลี้ยง

ช่วงการเลี้ยง (วัน)	สูตรอาหาร			
	T1 (ตะกอน 0%)	T2 (ตะกอน 5%)	T3 (ตะกอน 10%)	T4 (ตะกอน 20%)
0-16	2.45 ± 0.42	4.92 ± 3.86	3.81 ± 1.46	3.35 ± 0.99
17-31	1.09 ± 0.07	1.09 ± 0.21	1.00 ± 0.18	0.99 ± 0.01
32-46	1.81 ± 0.43	1.60 ± 0.13	1.36 ± 0.33	1.57 ± 0.32
47-57	6.90 ± 7.48	2.56 ± 1.64	2.50 ± 1.13	5.51 ± 4.33
เฉลี่ย	3.06 ± 1.93	2.54 ± 0.96	2.17 ± 0.73	2.86 ± 1.27

หมายเหตุ : ± คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในแต่ละสูตรอาหาร

จากกราฟแห่งนี้จะเห็นได้ว่าแต่ละสูตรอาหารจะให้ผลของค่า FCR ต่างกัน แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio : PEP)

จากการทดลองให้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลานิลที่ช่วงการเลี้ยงต่างๆ

ช่วงการเลี้ยง (วัน)	สูตรอาหาร			
	T1 (ตะกอน 0 %)	T2 (ตะกอน 5 %)	T3 (ตะกอน 10%)	T4 (ตะกอน 20 %)
16	1.49	0.99	0.99	1.12
31	3.30	3.20	3.47	3.61
46	2.06	2.12	2.98	2.35
57	0.90	1.85	1.40	1.11
เฉลี่ย	1.94±0.59	2.04±0.53	2.21±0.69	2.05±0.69

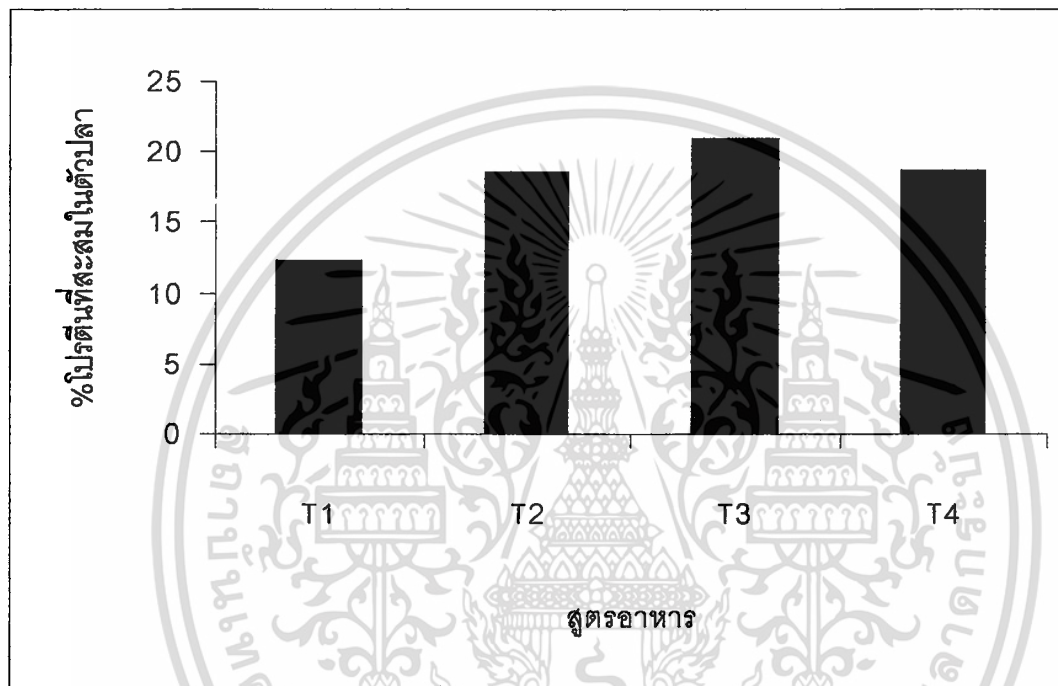


ภาพที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของการเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การใช้โปรตีนสุทธิ (Net Protein Utilization : NPU)

การใช้โปรตีนสุทธิก็คือเปอร์เซ็นต์ที่สะสมในตัวปลา ในการทดลองนี้พบว่า ทรีตเมนต์ที่ 3 มีค่า NPU สูงที่สุด รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ที่ 4 , 2 และ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.92 % , 18.67 % , 18.46 % และ 12.23 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าทั้ง 4 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 4.5 แสดงการใช้โปรตีนสุทธิในปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน

4.7 อัตรารอด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ทรีตเมนต์ที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 91.25 % , 88.33 % , 98.33 % และ 96.67 % ตามลำดับ ซึ่งทรีตเมนต์ที่ 3 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด รองลงมาคือ ทรีตเมนต์ที่ 4 , 1 และ 2 ตามลำดับ อัตรารอดตายในทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.6 อัตรารอด (%) ของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ช่วงการเลี้ยง (วัน)	สูตรอาหาร			
	T1	T2	T3	T4
0	100	100	100	100
16	100	98	100	100
31	96	93	100	98
46	94	88	99	97
57	91	88	98	97

ตารางที่ 4.7 ผลการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของตะกอนในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 4

สูตร

Parameter ± SD.	สูตรที่ 1 (ตะกอน 0 %)	สูตรที่ 2 (ตะกอน 5%)	สูตรที่ 3 (ตะกอน 10%)	สูตรที่ 4 (ตะกอน 20%)
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	12.08 ± 1.18	13.07 ± 0.44	13.46 ± 0.15	13.43 ± 0.5
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	67.48 ± 10.01	78.61 ± 14.23	76.68 ± 15.93	71.83 ± 11.53
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG) (กรัมต่อวัน)	0.96 ± 0.21	1.17 ± 0.29	1.11 ± 0.28	1.01 ± 0.24
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)	3.06 ± 1.93	2.54 ± 0.96	2.17 ± 0.73	2.86 ± 1.27
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER)	1.94	2.04	2.21	2.05
การใช้โปรตีนสุทธิ (NPU)	12.23 %	18.46 %	20.92 %	18.67 %
อัตราการรอดตาย	91 %	88 %	98 %	97 %

หมายเหตุ : ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

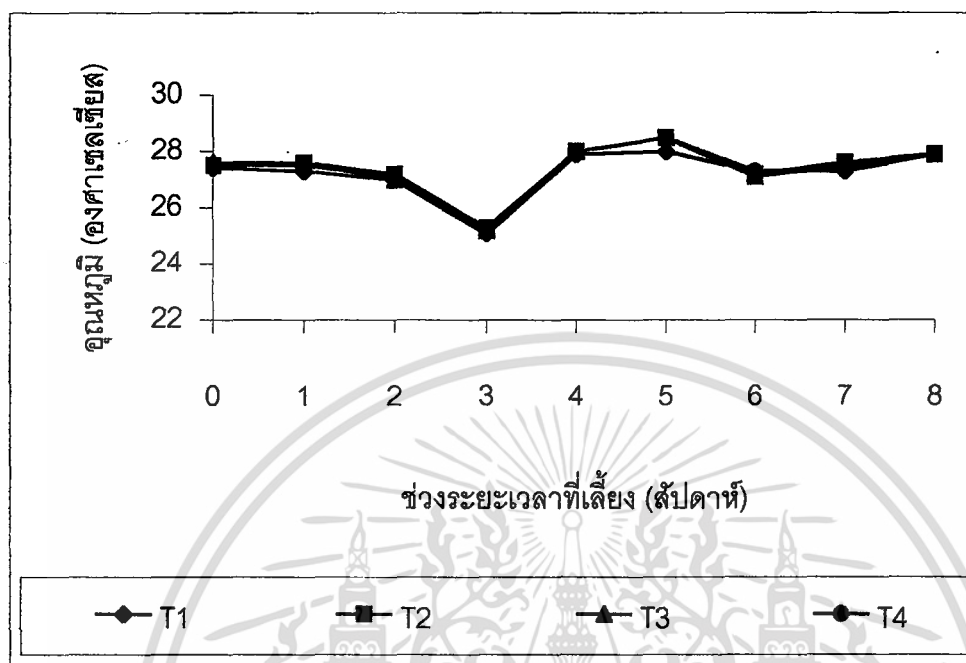
ตารางที่ 4.8 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาก่อนและหลังเลี้ยง

ชนิดของโลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาก่อนและหลังเลี้ยง (ppm)				
	ก่อนเลี้ยง	กลุ่มควบคุม	ตะกอน 5 %	ตะกอน 10 %	ตะกอน 20 %
Pb	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-
Ni	0.084±0.008	0.148±0.033	0.113±0.006	0.129±0.002	0.186±0.0100
Fe	0.234±0.036	0.193±0.017	0.122±0.004	0.120±0.006	0.131±0.003
Mn	-	-	-	-	-
Zn	0.220±0.009	0.121±0.003	0.106±0.007	0.103±0.004	0.106±0.004

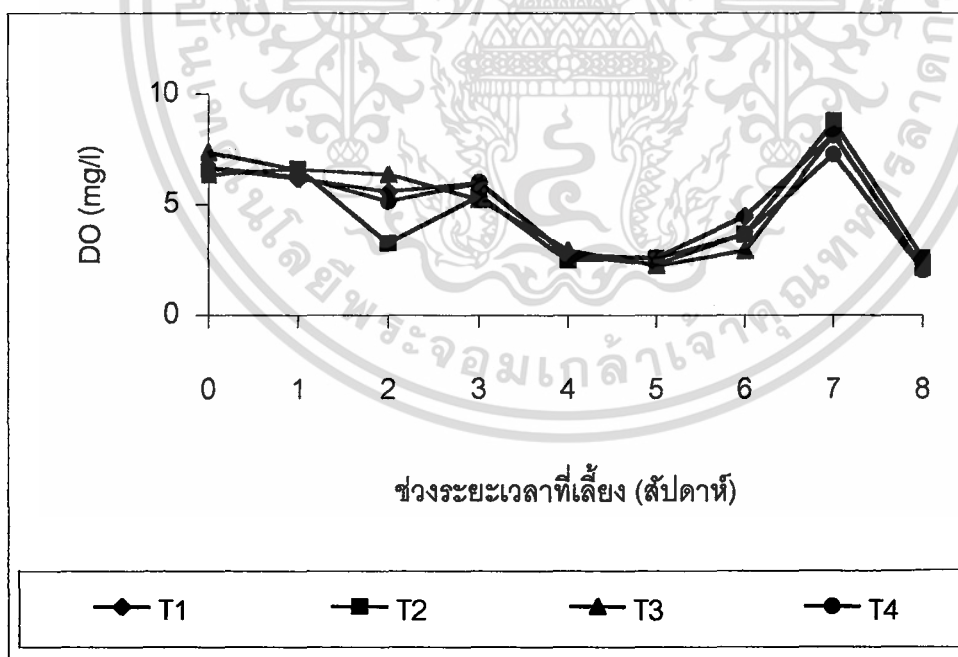
หมายเหตุ : ± คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางจะเห็นได้ว่า มีเพียง Ni Fe และ Zn ที่สามารถหาค่าได้ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองก็เพิ่มขึ้นในปริมาณน้อย ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลา

ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

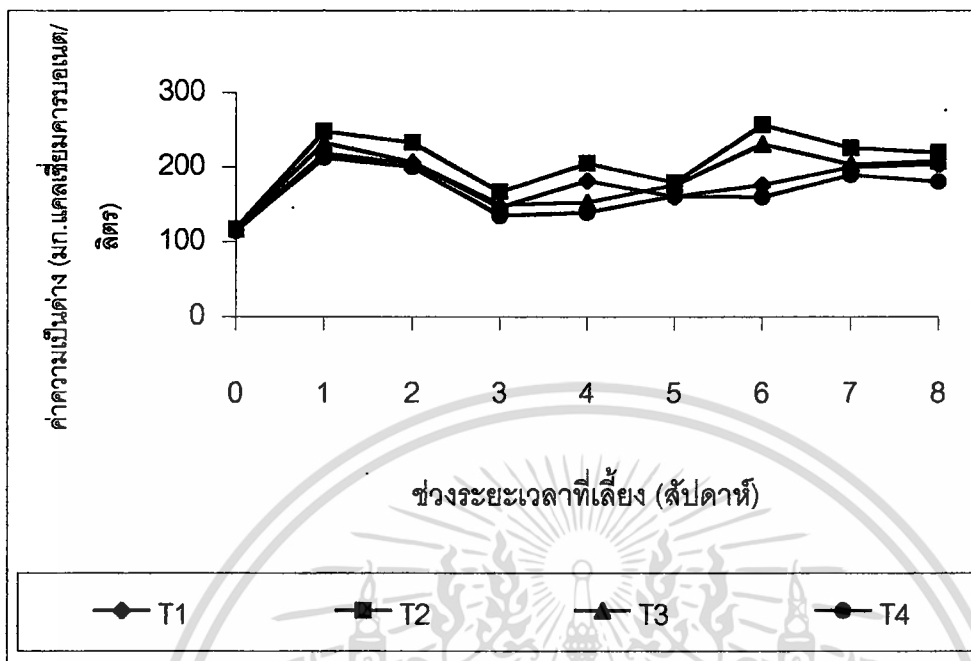


ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

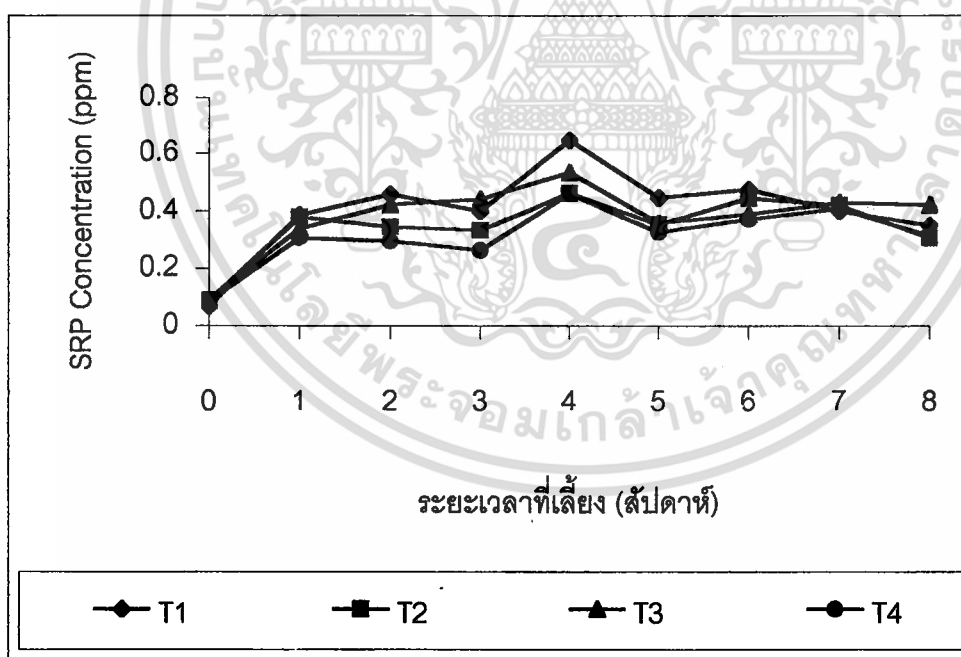


ภาพที่ 4.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

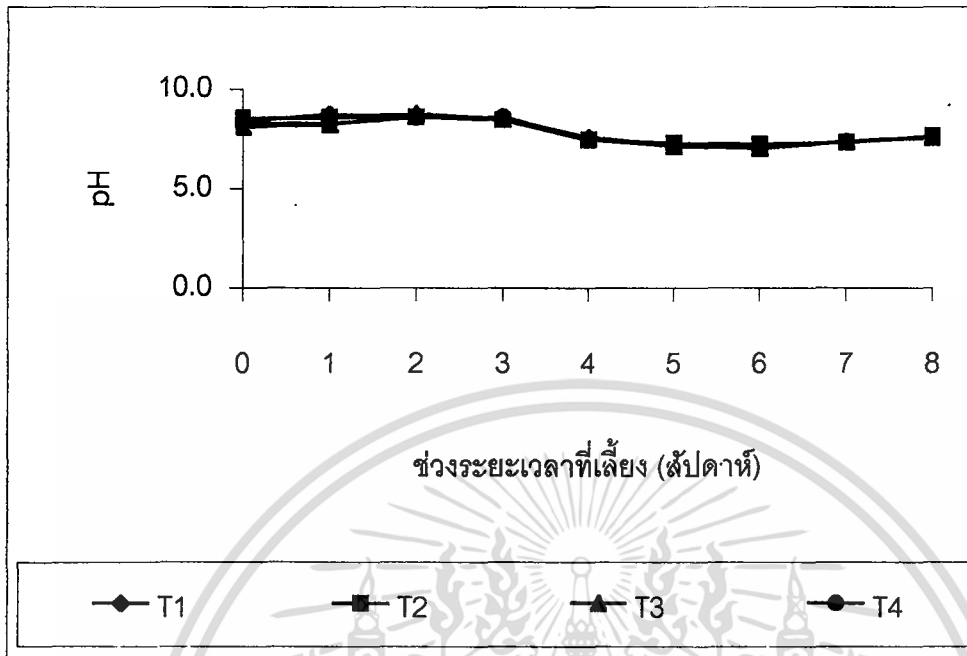


ภาพที่ 4.8 แสดงค่าความเป็นต่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

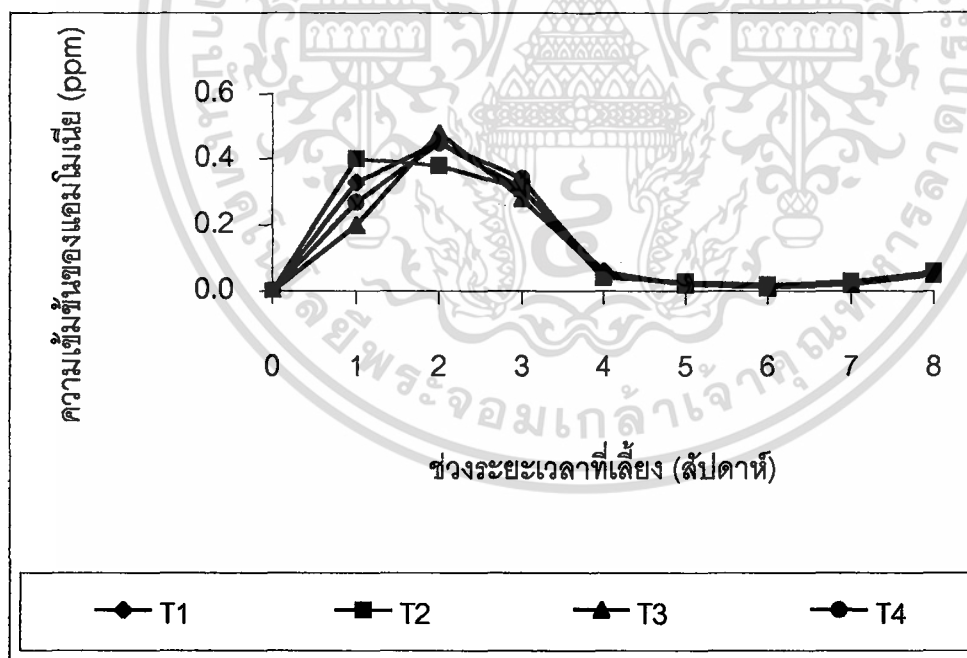


ภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณ SRP ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



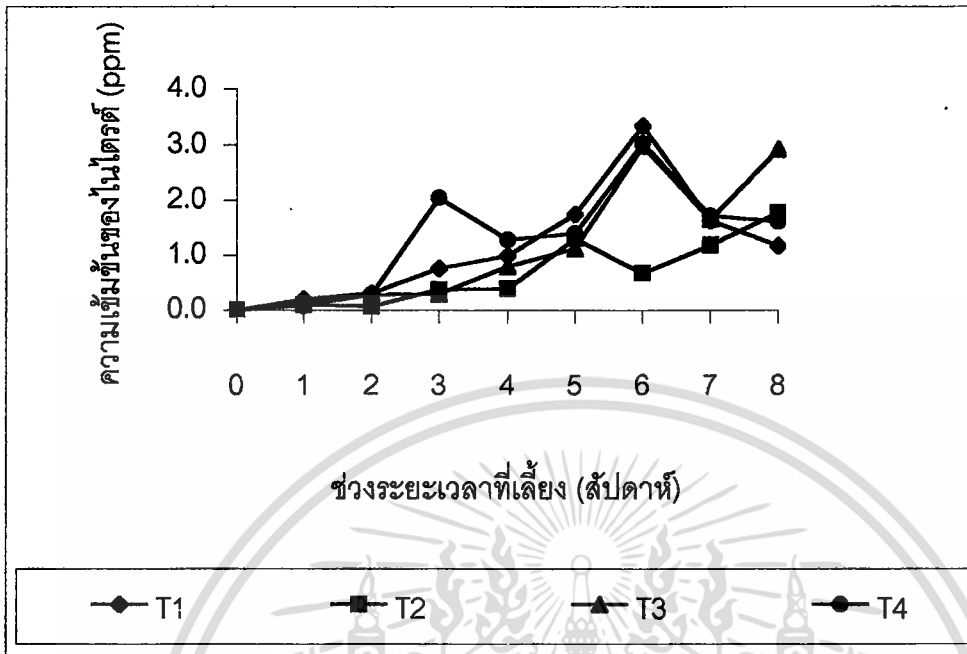
ภาพที่ 4.10 แสดงค่า pH ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



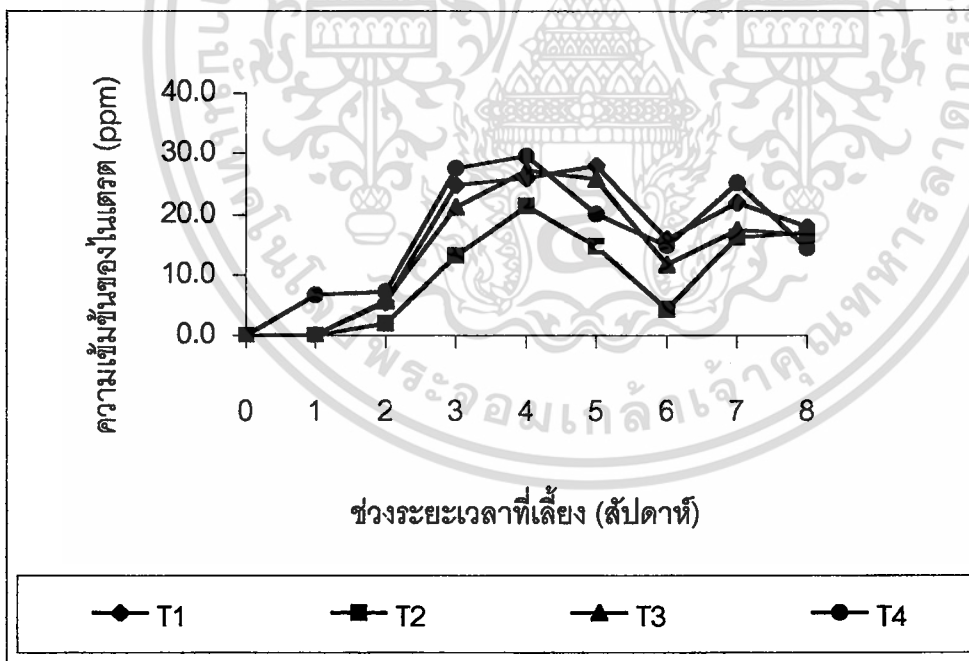
ภาพที่ 4.11 แสดงค่าแอมโมเนียตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

จากภาพจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นแสดงว่ามีของเสียจากตัวปลาอยู่ในบ่อเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 แสดงค่าไนเตรตตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



ภาพที่ 4.13 แสดงค่าไนเตรตตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ตะกอนพบว่า มีอินทรีย์วัตถุสูงถึง 58.81 % และมีโปรตีน 28.19% จึงมีความเป็นไปได้ในการนำตะกอนมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลา ส่วนปริมาณโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อปลา (Pb Cd Ni) มีอยู่ในปริมาณน้อย ไม่น่าจะเป็นอันตรายต่อตัวปลา ส่วนเหล็ก (Fe)แมงกานีส (Mn)สังกะสี (Zn) ก็เป็นแร่ธาตุที่ปลาต้องการ จากการทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของตะกอนเป็นในปริมาณต่างกัน 4สูตร พบว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของสูตรอาหารที่มีตะกอนเป็นส่วนผสม จะให้ผลดีกว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของสูตรควบคุม โดยที่น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของสูตรที่ 3 จะให้ผลดีกว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของสูตร 4, 2 และ 1 ตามลำดับ อาจเนื่องจากตะกอนมี Crude protein เป็นองค์ประกอบ 28.19% และยังมีธาตุบางชนิดที่เป็นธาตุอาหารรอง จึงทำให้ปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ปลาสามารถนำไปใช้ได้เต็มที่ในการเจริญเติบโต ถึงแม้ว่าในสูตร 4 มีโปรตีนน้อยกว่าสูตร 1แต่น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยก็ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวิทยา (2539) ซึ่งทำการเลี้ยงปลานิลด้วยกากตะกอนจากโรงงานผลิตเบียร์ที่ผ่านการฉายรังสีในอัตรา 60% ของอาหาร เป็นระยะเวลา 22 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจะมีการเติบโตดีกว่าสูตรควบคุม และจากการทดลองของดวงรัตน์ (2540) รายงาน ปลาดุกกลุ่มผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอนจากโรงงานผลิตเบียร์มีอัตราการเติบโตที่ดีที่สุดในสูตรอาหารที่มีส่วนผสม 50%, 40%, 30 %, 20% และ 10%ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG)และน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของการเลี้ยงด้วยสูตรที่ 2 จะให้ผลดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่าอาหารทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)ของสูตรที่ 3 จะให้ผลดีกว่า ซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการที่อาหารสูตรที่ 3 มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด จึงทำให้ค่า FCR, PER และNPU ของสูตรที่ 3 ให้ผลดีที่สุด แต่ก็ควรเลือกใช้สูตร 4 เพราะเป็นการช่วยลดต้นทุน

ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะพบว่า ค่า Total Alkalinity ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาจะอยู่ในช่วง 50-300 mg/l อยู่ในช่วงมาตรฐาน ที่ยอมรับได้ ค่า SRP หรือฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ สำหรับฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ช่วยในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชจากกราฟมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ เนื่องจากบ่อเลี้ยงอยู่ในที่ร่ม สภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่เป็นอันตรายต่อปลา

ค่าไนโตรเจนที่ได้มีแนวโน้มสูงขึ้นโดยเฉพาะที่รีตเมนต์ที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าสูงสุด

รองลงมาคือ ทริตเมนต์ที่ 2,4 และ 1 ตามลำดับ เนื่องมาจากบ่อเลี้ยงอยู่ในที่ร่มจึงไม่มีการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชซึ่งช่วยดูดซับสารไนโตรเจนที่ตกค้างมาจากอาหารที่ปลากินไม่หมด ทำให้ค่าไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนค่าไนเตรตไม่เป็นอันตรายต่อปลาโดยตรง แต่จะเป็นผลสืบเนื่องมาจากค่าไนโตรเจนและแอมโมเนีย ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จากกราฟค่าไนเตรตมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน แต่ปลานิลก็สามารถอยู่ได้เพราะปลานิลเป็นปลาที่ทนต่อสภาพแวดล้อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- (1) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าน่าจะมีการศึกษาโดยการเพิ่มกากตะกอนในการทำอาหารเลี้ยงปลา
- (2) ควรทำการตรวจสอบหาชนิดกรดอะมิโนในกากตะกอนด้วย เพื่อจะได้รู้ว่ากากตะกอนมีตะกอนไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดไหนและปริมาณเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้กากตะกอนในการเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- จุฑารัตน์ แสงกุล. 2543. ผลของความถี่ในการให้อาหารต่อการเติบโตของปลานิลแดง, ภาควิชา
วิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และคณะ. 2525. อาหารปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กองประมงน้ำ
จืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. ปลานิล. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร, กรุงเทพฯ
- ภาสกร อินทรเรืองศรี. 2543. ผลของระดับโปรตีนในอาหารที่ต่างกันต่อการเติบโตของลูกปลาแวด
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- มะลิ บุญยรัตผลิน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ และถาวร สินธุเสน. 2538. ผลของระดับโปรตีนต่อการ
เจริญเติบโต อัตรารอดและอัตราการแลกเนื้อของลูกปลานิลสีแดง. รายงานสัมมนาวิชา
การประจำปี 2538. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ 23 หน้า
- วิมล จันทุโรทัย. 2537. อาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำสาระสำคัญโดยสรุป. สถาบันวิจัยประมง
น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 หน้า
- วิทยา ดินนังวัฒนะ. 2539. การเลี้ยงปลานิลด้วยกากตะกอนจากโรงงานผลิตเบียร์ที่ผ่านการฉาย
รังสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 122 หน้า
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ.เอส.พรินติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ 215 หน้า
- วุฒิพร พรหมขุนทอง, กิจการ สุภมาตย์ และประเสริฐ กาญจนภาส. 2527. ประสิทธิภาพในการ
ย่อยโปรตีนของโปรตีนของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่างกัน. บทความย่อ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 8: 309-399
- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ
- สมปอง หิรัญวัฒน์. 2526. ชีวิตประวัติของปลานิล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2527. สถาบันประมง
น้ำจืด, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 34 หน้า
- สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 2526. ปลานิลสีแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17/2526. สถาบัน
ประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 7 หน้า
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC, Vol. II Heenemann, Berlin.
229-238 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee, D.J. and Putnam, G.B. 1973. The Respose of Rainbow Trout to Varying
Proteein/Energy Ratios in a Test Diet. J. Nutr. 103:916-922 pp.

Waton, M.J. 1985. Aspect of Amino Acid Metabolism in Teleost Fish. In:Nutrition and
Feeding in Fish. Acadamic Press. London. 47-67 pp.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงน้ำหนักของปลานิลในการชั่งวัดแต่ละครั้ง

ตัวอย่าง	น้ำหนักของปลา (g) เมื่อทำการชั่งวัดครั้งที่									
	0 (เริ่มต้น)		1		2		3		4	
	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว
T ₁ R ₁	529	13.23	867	21.68	1640	41.00	2150	53.75	1240	56.36
T ₁ R ₂	486	12.15	745	18.63	1420	39.44	2030	58.00	2460	70.29
T ₁ R ₃	435	10.88	850	21.25	1780	45.64	2600	68.42	2880	75.79
เฉลี่ย	483.33	12.08	820.67	20.52	1613.33	42.03	2260.00	60.06	2193.33	67.48
SD	47.06	1.18	66.08	1.65	181.48	3.22	300.50	7.55	851.90	10.01
T ₂ R ₁	542	13.55	580	15.68	1200	34.29	1700	53.13	2110	65.94
T ₂ R ₂	518	12.95	776	19.40	1620	45.00	2400	68.57	3290	94.00
T ₂ R ₃	508	12.70	884	22.10	1960	49.00	2740	70.26	2960	75.90
เฉลี่ย	522.67	13.07	746.67	19.06	1593.33	42.76	2280.00	63.98	2786.67	78.61
SD	17.47	0.44	154.11	3.23	380.70	7.61	530.28	9.44	608.80	14.23
T ₃ R ₁	545	13.63	895	22.38	1920	48.00	2770	71.03	3260	83.59
T ₃ R ₂	537	13.43	750	18.75	1840	46.00	3100	77.50	3520	88.00
T ₃ R ₃	533	13.33	685	17.13	1460	36.50	2090	52.25	2280	58.46
เฉลี่ย	538.33	13.46	776.67	19.42	1740.00	43.50	2653.33	66.93	3020.00	76.68
SD	6.11	0.15	107.51	2.69	245.76	6.14	515.01	13.11	653.91	15.93
T ₄ R ₁	550	13.75	843	21.08	1820	45.50	2320	59.49	2520	64.62
T ₄ R ₂	547	13.68	734	18.35	1700	42.50	2540	63.50	2630	65.75
T ₄ R ₃	514	12.85	802	20.05	1720	46.49	2600	70.27	3150	85.14
เฉลี่ย	537.00	13.43	793.00	19.83	1746.67	44.83	2486.67	64.42	2766.67	71.83
SD	19.97	0.50	55.05	1.38	64.29	2.08	147.42	5.45	336.50	11.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นในการชั่งวัดแต่ละครั้ง

ตัวอย่าง	น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นในการชั่งวัดแต่ละครั้ง (g)							
	1		2		3		4	
	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว
T_1R_1	338	8.45	773	19.33	510	12.75	-910	2.61
T_1R_2	259	6.48	675	20.82	610	18.56	430	12.29
T_1R_3	415	10.38	930	24.39	820	22.78	280	7.37
เฉลี่ย	337.33	8.43	792.67	21.51	646.67	18.03	-66.67	7.42
SD	78.00	1.95	128.63	2.60	158.22	5.04	734.19	4.84
T_2R_1	38	2.13	620	18.61	500	18.84	410	12.81
T_2R_2	258	6.45	844	25.60	780	23.57	890	25.43
T_2R_3	376	9.40	1076	26.90	780	21.26	220	5.64
เฉลี่ย	224.00	5.99	846.67	23.70	686.67	21.22	506.67	14.63
SD	171.55	3.66	228.01	4.46	161.66	2.37	345.30	10.02
T_3R_1	350	8.75	1025	25.63	850	23.03	490	12.56
T_3R_2	213	5.33	1090	27.25	1260	31.50	420	10.50
T_3R_3	152	3.80	775	19.38	630	15.75	190	6.21
เฉลี่ย	238.33	5.96	963.33	24.08	913.33	23.43	366.67	9.76
SD	101.40	2.54	166.31	4.16	319.74	7.88	156.95	3.24
T_4R_1	293	7.33	977	24.43	500	13.99	200	5.13
T_4R_2	187	4.68	966	24.15	840	21.00	90	2.25
T_4R_3	288	7.20	918	26.44	880	23.78	550	14.86
เฉลี่ย	256.00	6.40	953.67	25.00	740.00	19.59	280.00	7.41
SD	59.81	1.50	31.37	1.25	208.81	5.05	240.21	6.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงน้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (DWG)

ตัวอย่าง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (g/day) ในช่วงวันที่เลี้ยง									
	1 - 16		17 - 31		32 - 46		47 - 57		เฉลี่ย	
	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว	ทั้งบ่อ	ต่อตัว
T ₁ R ₁	21.13	0.53	51.53	1.29	34.00	0.85	-82.73	0.24	5.98	0.73
T ₁ R ₂	16.19	0.40	45.00	1.39	40.67	1.24	39.09	1.12	35.24	1.04
T ₁ R ₃	25.94	0.65	62.00	1.63	54.67	1.52	25.45	0.67	42.01	1.12
เฉลี่ย	21.08	0.53	52.84	1.43	43.11	1.20	-6.06	0.67	27.74	0.96
SD	4.88	0.12	8.58	0.17	10.55	0.34	66.74	0.44	19.15	0.21
T ₂ R ₁	2.38	0.13	41.33	1.24	33.33	1.26	37.27	1.16	28.58	0.95
T ₂ R ₂	16.13	0.40	56.27	1.71	52.00	1.57	80.91	2.31	51.33	1.50
T ₂ R ₃	23.50	0.59	71.73	1.79	52.00	1.42	20.00	0.51	41.81	1.08
เฉลี่ย	14.00	0.37	56.44	1.58	45.78	1.41	46.06	1.33	40.57	1.17
SD	10.72	0.23	15.20	0.30	10.78	0.16	31.39	0.91	11.42	0.29
T ₃ R ₁	21.88	0.55	68.33	1.71	56.67	1.54	44.55	1.14	47.86	1.23
T ₃ R ₂	13.31	0.33	72.67	1.82	84.00	2.10	38.18	0.95	52.04	1.30
T ₃ R ₃	9.50	0.24	51.67	1.29	42.00	1.05	17.27	0.56	30.11	0.79
เฉลี่ย	14.90	0.37	64.22	1.61	60.89	1.56	33.33	0.89	43.34	1.11
SD	6.34	0.16	11.09	0.28	21.32	0.53	14.27	0.29	11.64	0.28
T ₄ R ₁	18.31	0.46	65.13	1.63	33.33	0.93	200.00	0.47	79.19	0.87
T ₄ R ₂	11.69	0.29	64.40	1.61	56.00	1.40	90.00	0.20	55.52	0.88
T ₄ R ₃	18.00	0.45	61.20	1.76	58.67	1.59	550.00	1.35	171.97	1.29
เฉลี่ย	16.00	0.40	63.58	1.67	49.33	1.31	280.00	0.67	102.23	1.01
SD	3.74	0.09	2.09	0.08	13.92	0.34	240.21	0.60	61.54	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

ตัวอย่าง	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่อปลาหนึ่งตัว (FCR) ในช่วงวันที่เลี้ยง				
	1 - 16	17 - 31	32 - 46	47 - 57	เฉลี่ย
T ₁ R ₁	2.37	1.10	2.21	15.49	5.29
T ₁ R ₂	2.91	1.15	1.86	1.84	1.94
T ₁ R ₃	2.09	1.01	1.36	3.38	1.96
เฉลี่ย	2.45	1.09	1.81	6.90	3.06
SD	0.42	0.07	0.43	7.48	1.93
T ₂ R ₁	9.34	1.31	1.46	2.31	3.61
T ₂ R ₂	3.21	1.05	1.61	1.06	1.73
T ₂ R ₃	2.23	0.90	1.72	4.31	2.29
เฉลี่ย	4.92	1.09	1.60	2.56	2.54
SD	3.86	0.21	0.13	1.64	0.96
T ₃ R ₁	2.36	0.92	1.33	1.88	1.63
T ₃ R ₂	3.78	0.87	1.04	1.82	1.88
T ₃ R ₃	5.29	1.21	1.70	3.81	3.00
เฉลี่ย	3.81	1.00	1.36	2.50	2.17
SD	1.46	0.18	0.33	1.13	0.73
T ₄ R ₁	2.78	0.99	1.91	4.59	2.57
T ₄ R ₂	4.49	1.00	1.27	10.23	4.25
T ₄ R ₃	2.77	0.99	1.53	1.71	1.75
เฉลี่ย	3.35	0.99	1.57	5.51	2.86
SD	0.99	0.01	0.32	4.33	1.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงอัตราการรอด (Survival Rate)

ตัวอย่าง	อัตราการรอดในช่วงวันที่เฉลี่ย (ร้อยละ)			
	1 - 16	17 - 31	32 - 46	47 - 57
T ₁ R ₁	100.00	100.00	100.00	55.00
T ₁ R ₂	100.00	90.00	87.50	87.50
T ₁ R ₃	100.00	97.50	95.00	95.00
เฉลี่ย	100.00	95.83	94.17	79.17
SD	0.00	5.20	6.29	21.26
T ₂ R ₁	92.50	87.50	80.00	80.00
T ₂ R ₂	100.00	90.00	87.50	87.50
T ₂ R ₃	100.00	100.00	97.50	97.50
เฉลี่ย	97.50	92.50	88.33	88.33
SD	4.33	6.61	8.78	8.78
T ₃ R ₁	100.00	100.00	97.50	97.50
T ₃ R ₂	100.00	100.00	100.00	100.00
T ₃ R ₃	100.00	100.00	100.00	97.50
เฉลี่ย	100.00	100.00	99.17	98.33
SD	0.00	0.00	1.44	1.44
T ₄ R ₁	100.00	100.00	97.50	97.50
T ₄ R ₂	100.00	100.00	100.00	100.00
T ₄ R ₃	100.00	92.50	92.50	92.50
เฉลี่ย	100.00	97.50	96.67	96.67
SD	0.00	4.33	3.82	3.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แสดงอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)															
	T ₁ R ₁	T ₁ R ₂	T ₁ R ₃	เฉลี่ย	T ₂ R ₁	T ₂ R ₂	T ₂ R ₃	เฉลี่ย	T ₃ R ₁	T ₃ R ₂	T ₃ R ₃	เฉลี่ย	T ₄ R ₁	T ₄ R ₂	T ₄ R ₃	เฉลี่ย
0	27.4	27.4	27.5	27.4	27.5	27.6	27.5	27.5	27.6	27.2	27.5	27.6	27.4	27.5	27.3	27.5
8	27.1	27.6	27.3	27.3	27.6	27.8	27.3	27.6	27.8	27.3	27.6	27.6	27.5	27.6	27.3	27.5
16	26.7	27.2	27.1	27.0	27.3	27.1	27.1	27.2	27.1	26.7	27.3	27.0	27.2	27.2	26.8	27.1
22	25.1	25.2	25.0	25.1	25.5	25.2	25.2	25.3	25.3	24.8	25.6	25.2	25.4	25.4	24.8	25.2
31	27.9	28.0	27.9	27.9	28.1	28.0	27.9	28.0	27.9	28.0	28.0	28.0	27.8	28.2	28.0	28.0
37	28.4	27.2	28.3	28.0	28.5	28.6	28.3	28.5	28.7	28.3	28.5	28.5	28.6	28.5	28.4	28.5
43	27.0	27.7	27.1	27.3	27.3	26.9	27.3	27.2	27.1	26.9	27.4	27.1	27.3	27.4	27.1	27.3
51	27.1	27.7	27.1	27.3	27.5	27.7	27.7	27.6	27.9	27.2	27.5	27.5	27.5	27.5	27.3	27.4
56	28.0	28.0	27.8	27.9	28.0	27.8	27.9	27.9	28.1	27.6	28.0	27.9	28.0	27.8	27.8	27.9

ตารางผนวกที่ 7 แสดง DO ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	ค่า DO (mg/L)			
	เฉลี่ย T1	เฉลี่ย T2	เฉลี่ย T3	เฉลี่ย T4
0	6.65	6.32	7.37	6.66
8	6.17	6.62	6.58	6.25
16	5.58	3.24	6.35	5.15
22	6.00	5.40	5.24	5.98
31	2.76	2.47	2.92	2.68
37	2.59	2.57	2.23	2.29
43	4.47	3.62	2.89	3.67
51	8.16	8.78	8.18	7.26
56	2.07	2.55	2.12	2.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 แสดงปริมาณ SRP ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	ความเข้มข้นของ SRP (ppm)			
	เฉลี่ย T1	เฉลี่ย T2	เฉลี่ย T3	เฉลี่ย T4
0	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.69	0.67	0.58	0.50
16	0.78	0.52	0.71	0.45
22	0.72	0.56	0.81	0.40
31	1.29	0.86	1.03	0.86
37	0.83	0.61	0.63	0.54
43	0.89	0.82	0.69	0.65
51	0.72	0.74	0.79	0.74
56	0.60	0.50	0.74	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ๑ แสดงปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (ppm)			
	เฉลี่ย T1	เฉลี่ย T2	เฉลี่ย T3	เฉลี่ย T4
0	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.33	0.40	0.20	0.27
16	0.45	0.38	0.48	0.45
22	0.31	0.31	0.28	0.34
31	0.06	0.04	0.05	0.04
37	0.02	0.03	0.02	0.03
43	0.02	0.02	0.01	0.01
51	0.02	0.03	0.02	0.02
56	0.05	0.06	0.05	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 แสดงปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง วัน	ความเข้มข้นของไนไตรท์ (ppm)			
	เฉลี่ย T1	เฉลี่ย T2	เฉลี่ย T3	เฉลี่ย T4
0	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.20	0.10	0.13	0.08
16	0.30	0.07	0.27	0.28
22	0.76	0.37	0.29	2.05
31	1.00	0.39	0.80	1.28
37	1.75	1.30	1.12	1.40
43	3.35	0.67	2.99	3.03
51	1.63	1.18	1.66	1.72
56	1.17	1.78	2.93	1.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 แสดงปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3 - \text{N}$) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	ความเข้มข้นของไนเตรท (ppm)			
	เฉลี่ย T1	เฉลี่ย T2	เฉลี่ย T3	เฉลี่ย T4
0	0.04	0.03	0.02	0.02
8	0.14	0.03	0.13	6.73
16	5.54	2.01	5.79	7.25
22	24.90	13.21	21.31	27.56
31	25.99	21.48	27.26	29.56
37	27.97	14.78	25.81	20.15
43	15.99	4.34	11.72	14.87
51	21.95	16.24	17.54	25.25
56	18.01	17.10	16.68	14.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 แสดงปริมาณ Alkalinity ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)	ความเข้มข้นของ Alkalinity (mg CaCo ₃ /L)			
	เฉลี่ย T1	เฉลี่ย T2	เฉลี่ย T3	เฉลี่ย T4
0	116.37	116.88	118.01	115.07
8	251.33	248.00	233.33	212.67
16	204.67	233.00	206.67	199.67
22	145.33	166.33	148.67	134.33
31	181.00	184.33	183.00	138.67
37	160.00	179.33	175.33	160.33
43	175.33	256.67	230.67	159.00
51	199.70	225.90	203.73	189.47
56	203.50	219.43	207.70	179.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ผลกระทบที่เกิดจากสารพิษปริมาณน้อยหรือ Sublethal (ต่ำกว่า LC_{50})

สารพิษ	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	ความเข้มข้นที่ทดสอบ
Cd^{2+}	เพิ่มกลูโคสในเลือด	5-500 ไมโครกรัมต่อลิตร
Cd^{2+}	ลดแคลเซียมในพลาสมา	0.1-10 ไมโครกรัมต่อลิตร
Ni	อัตราฟักไข่เป็นตัวลดลง	0.5-1 มิลลิกรัมต่อลิตร
Pb	ลดอัตราเจริญเติบโต	0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
Zn^{2+}	ลดอัตราเจริญเติบโต	0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้