

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์
งบประมาณเพื่อการวิจัย ปี 2544

การผลิตปลานิลแดงด้วยวิธีการเลี้ยงแบบพัฒนาในระบบปิดเพื่อศึกษาและประเมิน
อัตราการเติบโต คุณภาพของผลผลิต ผลผลิตและความคุ้มค่าของระบบการผลิต

The Evaluation of Fish Production, Growth performance, Fillet quality, Production
and Cost Effectiveness of Red Tilapia Cultured in an Intensive Closed Re-circulating
Water System.



จตุพร บัณฑิต¹

Jatuporn Bundit

ระติพร หาเรือนกิจ²

Ratiporn Haruenkit

ภา.ค.บ. มหาวิทยาลัยการประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

²สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์
งบประมาณเพื่อการวิจัย ปี 2544

การผลิตปลานิลแดงด้วยวิธีการเลี้ยงแบบพัฒนาในระบบปิดเพื่อศึกษาและประเมิน
อัตราการเติบโต คุณภาพของผลผลิต ผลผลิตและความคุ้มค่าของระบบการผลิต

The Evaluation of Fish Production, Growth performance, Fillet quality, Production
and Cost Effectiveness of Red Tilapia Cultured in an Intensive Closed Re-circulating
Water System.

จตุพร บัณฑิต¹

Jatuporn Bundit

ระติพร หาเรือนกิจ²

Ratiporn Haruenkit

11984764

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

²สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

-ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบผลของการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) ในระบบน้ำแบบปิดกับการเลี้ยงในระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำบางส่วน ต่อการเติบโต คุณภาพน้ำ คุณภาพของผลผลิตและความคุ้มค่าของระบบการผลิตโดยมีอัตราการปล่อยเลี้ยงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 70 140 และ 210 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 140 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาที่เลี้ยงในสองระบบไม่มีความแตกต่างกันในด้านการเติบโต อัตราการรอด ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน คุณภาพของเนื้อปลาสดแล่นเนื้อ และ ผลผลิต ($p>0.05$) คุณภาพน้ำตลอดการทดลองในทั้งสองระบบอยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า อัตราการปล่อยเลี้ยง มีผลต่อการเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ในทั้งสองระบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งพบว่าที่อัตราการปล่อยเลี้ยง 70 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย การใช้โปรตีนสุทธิ ($p<0.05$) และให้ความคุ้มค่าต่อการผลิตมากที่สุด

Abstract

The comparative evaluation of culture system on growth performance, fish survival rate, fillets quality, fish production and cost effectiveness of sex reversal red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) cultured in two different culture systems; water re-circulation and the partially water exchange. Each culture system was employed with 3 different stocking densities; 70, 140 and 210 fish m^{-3} . The culture period was 140 days. There were no statistically significant ($p>0.05$) between two systems in terms of growth, survival rate, protein efficiency ratio and production. Water quality was found in acceptable ranges of all parameters measured throughout the experimental period. However, there were significant differences in final weight, protein efficiency ratio and cost effectiveness in groups of fish raised in different stocking densities of both systems ($p<0.05$). The stocking density of 70 fish m^{-3} gave highest an individual final weight, protein efficiency ratio and return of investment.

Keywords: ปลานิลแดง ระบบการเลี้ยงแบบปิด อัตราการปล่อยเลี้ยง การเติบโต คุณภาพปลาสดแล่นเนื้อ
คุณภาพน้ำ

Red tilapia, Water re-circulating system, stocking density, growth performance, fillet quality, water quality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง	5
ผลการทดลอง	9
สรุปผลและวิจารณ์	30
ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณสารอาหารที่มีในอาหารต่างๆที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดง	6
2	แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง	9
3	แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (ต่อ)	10
4	แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (ต่อ)	11
5	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดง (ทั้งตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	11
6	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดง (ทั้งตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)	12
7	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดง (ทั้งตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)	12
8	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงสดแล่นเนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	13
9	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงสดแล่นเนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)	13
10	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงสดแล่นเนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (%น.แห้ง) (ต่อ)	14
11	แสดงผลจากการทดสอบคุณภาพปลาสดแล่นเนื้อด้านสี และด้านประสาทสัมผัส	14
12	แสดงผลจากการทดสอบคุณภาพปลาสดแล่นเนื้อด้านสี (ต่อ)	15
13	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงก่อนการเลี้ยง	15
14	ผลของคุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำเฉลี่ยจากการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดเวลา 21 สัปดาห์	23
15	ผลของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเฉลี่ยจากการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดเวลา 21 สัปดาห์	24
16	คุณสมบัติของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงผังของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	5
2	แสดงปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_4\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพักน้ำ	19
3	แสดงปริมาณแอมโมเนีย($\text{NH}_4\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง	19
4	แสดงปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพักน้ำ	19
5	แสดงปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง	19
6	แสดงปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพัก	20
7	แสดงปริมาณไนเตรท($\text{NO}_3\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง	20
8	แสดงปริมาณไนโตรเจน (N) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพักน้ำ	20
9	แสดงปริมาณไนโตรเจน (N) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง	20
10	แสดงปริมาณออกซิฟอสเฟตของน้ำในบ่อพัก	21
11	แสดงปริมาณออกซิฟอสเฟตของน้ำในบ่อเลี้ยง	21
12	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในบ่อพักน้ำ	21
13	แสดงอุณหภูมิในบ่อเลี้ยง	22
14	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน	26
15	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน	27
16	ปริมาณไนโตรเจนรวมระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน	27
17	ปริมาณออกซิฟอสเฟต ในระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน	28
18	ปริมาณฟอสฟอรัส ในระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน	28
19	อุณหภูมิ ในระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปลานิลแดงนับว่าเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ อีกชนิดหนึ่งของไทย เนื่องจากเป็นปลาที่มีสีแดงซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคและยังมีปริมาณเนื้อสูงซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งตลาดหลักต่างประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ และสหรัฐอเมริกา (เครือวัลย์, 2542) ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นตลาดใหญ่นั้น ในระยะ 2-3 ปี ที่ผ่านมามีการนำเข้าปลาชนิดนี้มากขึ้น ซึ่งจากปี 2535 มีการนำเข้า 3,400 ตัน มูลค่า 4.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา ในปี 2540 ได้เพิ่มขึ้นเป็น 24,400 ตัน มูลค่า 49.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา และในรอบ 3 เดือนแรกของปี 2541 ปริมาณนำเข้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.8 ส่วนมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันในปี 2540 (กองเศรษฐกิจการประมง, 2541) ซึ่งการนำเข้าส่วนใหญ่ เป็นปลาสดแช่แข็งทั้งตัว และปลาแล่เนื้อแช่แข็ง (Fillet) ในส่วนของปลาแล่เนื้อแช่แข็ง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นคือปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.2 มูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 51.1 ซึ่งผู้นำเข้ารายใหญ่ ที่นำเข้าปลานิลแดงสดแล่เนื้อ คือประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งผู้ผลิตรายใหญ่สำหรับปี 2540 คือ ประเทศไต้หวัน

อย่างไรก็ตามสภาวะการณ์ตลาดปลานิลแดงในประเทศไทยในปัจจุบัน ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ยังใช้บริโภคภายในประเทศมากกว่าการส่งออก เหตุผลหลักเนื่องจากคุณภาพเนื้อปลาของไทยยังไม่ได้มาตรฐานพอสำหรับการส่งออก เนื่องจากผลผลิตปลานิลแดงส่วนใหญ่ของไทยในปัจจุบันมาจากระบบการเลี้ยงแบบผสมผสานร่วมกับสัตว์บกเศรษฐกิจ และเลี้ยงในบ่อดินธรรมชาติ ซึ่งเป็นที่มาและสาเหตุของการเกิด กลิ่นสาบหรือกลิ่นโคลน (Off Flavor) สะสมในเนื้อปลาที่เลี้ยง และเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียอยู่สูง โดยเฉพาะกลิ่นสาบหรือกลิ่นโคลนที่เกิดขึ้นนั้น เป็นปัญหาอย่างมากต่อคุณภาพเนื้อปลาเพื่อการส่งออก

เพราะฉะนั้นการศึกษาการเลี้ยงปลานิลแดงแบบพัฒนา (Intensive system) ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในบ่อซีเมนต์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ในการที่จะได้มาซึ่งผลผลิตปลานิลแดงที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาระบบการเลี้ยงให้สอดคล้องกับสภาวะการณ์ในปัจจุบันที่พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณลดน้อยลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อกิจกรรมในภาคอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย ประกอบกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปทำให้ไม่เอื้ออำนวยต่อการเลี้ยง รวมถึงผลกระทบจากการเลี้ยงที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นการใช้ประโยชน์สูงสุดจากพื้นที่ที่มีอยู่จำกัดด้วยระบบการเลี้ยงแบบปิด เพื่อป้องกันและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงน่าจะมีความเหมาะสมกับสภาวะการณ์ในปัจจุบันและอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด ผลผลิต และคุณภาพเนื้อของปลานิลแดงที่เลี้ยงแบบพัฒนาในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด และในระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน
2. เพื่อหาอัตราการปล่อยเลี้ยงที่เหมาะสม
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงแบบพัฒนาในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดและในระบบน้ำนิ่งที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน
4. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตของการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด และในระบบที่มีการถ่ายน้ำบางส่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

อาหารและพฤติกรรมการกินอาหาร

ปลานิลแดงในธรรมชาติเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ เช่น สาหร่าย แพลงก์ตอนพืช และ แพลงก์ตอนสัตว์ นอกจากนี้ปลานิลยังกินตะไคร่น้ำและของเสียที่เน่าเปื่อยต่างๆ นอกจากนั้นแล้ว ปลานิลยังเป็นปลาที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี พบว่าความต้องการ สารอาหารโปรตีนของปลานิลแดงขึ้นอยู่กับ ขนาดหรืออายุของปลา คุณภาพของโปรตีนในอาหาร และระดับพลังงานในอาหาร (วีรพงศ์, 2536) มานพและคณะ (2530) รายงานว่า ปลานิลแดงซึ่งมี ขนาดระหว่าง 1-10 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารระหว่าง 34-36% เมื่อปลาโตได้ขนาดระหว่าง 10-100 ระดับโปรตีนในอาหารที่ปลาต้องการคือ 28-30% ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอที่จะทำให้ปลา นิลมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อวันสูงและเมื่อปลา มีขนาดมากกว่า 100 กรัม ความต้องการโปรตีนจะลด น้อยลง คือจะอยู่ระหว่าง 20-25% และอาหารปลานิลที่ดีควรมีพลังงานรวม 3,000-3,500 กิโล แคลอรีต่อกิโลกรัมอาหาร

ระบบการเลี้ยงและผลผลิต

NIFI (1993) รายงานว่า การเลี้ยงปลาในระบบการเลี้ยงแบบพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตต่อ เนื้อที่สูงนั้นต้องมีระบบการถ่ายเทน้ำที่ดี มีการปล่อยปลาที่มีความหนาแน่นสูง และต้องมีการ อนุบาลให้ได้ขนาดก่อนปล่อยลงเลี้ยง ซึ่งลูกปลาที่ปล่อยเลี้ยงควรมีขนาด 50 -100 กรัม ที่อัตราการ ปล่อย 30-100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

กิจจา และพรรณศรี (2535) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลสีแดงแปลงเพศน้ำหนักเริ่มต้น 6 กรัมในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร ปล่อยเลี้ยงในอัตรา 50 และ 100 ตัวต่อตารางเมตร ให้ อาหารเม็ดลอยน้ำที่มีระดับโปรตีน 17.5% เปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดเวลา ในอัตรา 13 ลิตรต่อนาที เลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาที่เลี้ยงมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย มีอัตราผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 165 และ 85 กรัม มีผลผลิตสุทธิเท่ากับ 7.6 และ 8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีอัตราการรอดตาย เท่ากับ 96 และ 97 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 1.84 และ 2.0 และมี ต้นทุนการผลิตปลาต่อกิโลกรัม เท่ากับ 28.46 และ 31.63 บาท ตามลำดับ

Arul and Lin (1992) ได้ทดลองเลี้ยงปลานิลแดงน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 75 กรัม ในบ่อซีเมนต์ กลมที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด โดยมีอัตราการปล่อยเลี้ยง 50 100 และ 200 กรัมต่อลูกบาศก์ เมตร ตามลำดับ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 22 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 1.25 เปอร์เซ็นต์ของ น้ำหนักต่อวัน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 70 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลานิลแดงมีน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.77, 0.65 และ 0.64 ($p \leq 0.05$) มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 2.25 2.57 และ 2.61 ($p > 0.05$) และมีผลผลิตสุทธิเท่ากับ 2701 4098 และ 5737

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ และจะมีผลผลิตสุทธิเท่ากับ 2701 4098 และ 5737 การค้า ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกัน ต่อศักดิ์ (2543) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาชนิดขนาดเริ่มต้น 2 กรัม ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน คือ 100 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 4 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาที่มีน้ำหนักสุดท้ายสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 109 ± 13 102 ± 8 และ 75 ± 1 กรัม ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ และที่ 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จะมีอัตราการรอดตายที่สูงที่สุด

ผลการศึกษาคคุณค่าทางอาหาร

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลานิลแดงเปรียบเทียบกับปลานิลธรรมดาขนาดเฉลี่ย 150 กรัม ที่เลี้ยงในบ่อดิน พบว่า ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตของปลานิลแดงสูงกว่าปลานิลธรรมดา กล่าวคือ ปลานิลแดง มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 6.47% และ 7.16% ในขณะที่ปลานิลธรรมดามีเท่ากับ 4.10% และ 0.46% (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 80.42 และ 88.40 แร่ธาตุเท่ากับ 5.95 และ 7.03 ในปลานิลแดงและปลานิลธรรมดา ตามลำดับ (พรรณศรี, 2530) ในขณะที่ Arul and Lin (1992) พบว่า ปลานิลแดง (ทั้งตัว) ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลมที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่อัตราการปล่อย 50 100 และ 150 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายต่อตัวเท่ากับ 128.9 120.5 119.8 กรัม ตามลำดับ มีโปรตีน 50.6 50.8 และ 48.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 26.1 29.04 และ 29.9 เปอร์เซ็นต์ และโดยที่เมืองคประกอบของแร่ธาตุเท่ากับ 16.6 17.5 และ 16.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คุณภาพน้ำกับการเลี้ยงปลา

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง ที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำควรต้องพิจารณาเพื่อควบคุมกิจการให้ประสบความสำเร็จในการผลิต เพราะน้ำเป็นตัวกลางในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ การกินอาหาร การเจริญเติบโต ความแข็งแรง ความทนทานต่อการเกิดโรค ความเครียดของสัตว์น้ำ รวมทั้งคุณภาพของสัตว์น้ำที่เลี้ยงขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำในบ่อเป็นสำคัญ

โดยทั่วไปปลานิลสามารถอาศัยในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตั้งแต่ 6.3 - 8.3 (Lan, 1993) อุณหภูมิ 25 -30 องศาเซลเซียส (วิรัช, 2544) ปริมาณออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาณุและคณะ, 2539) ค่าความเป็นด่างทั้งหมดอยู่ระหว่าง 20-400 มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO_3 (Balarin and Haller, 1982) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ของปลานิล ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียที่เป็นพิษ (Un - ionnized ammonia) ที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาไม่ควรเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2538) และพบว่า ปริมาณของแอมโมเนียที่เป็นพิษและปริมาณไนไตรต์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) ที่ทำให้ปลานิลตาย คือ 2 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arul and Lin (1992) ได้ทดลองเลี้ยงปลานิลแดงน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 75 กรัม ในบ่อซีเมนต์กลมที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด โดยมีอัตราการไหลของน้ำ เท่ากับ 1 ลิตร/1 กิโลกรัม ปลา /นาที่ โดยมีอัตราการปล่อยเลี้ยง 50 100 และ 200 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 22 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 1.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักต่อวัน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 70 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด ($\text{NH}_4\text{-N}$) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการทดลอง ในขณะที่ไนไตรต์มีการสะสมในระบบตามระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบปริมาณไนไตรต์ในช่วงท้ายของการเลี้ยงสูงถึง 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร .ในทุกอัตราการปล่อยเลี้ยง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

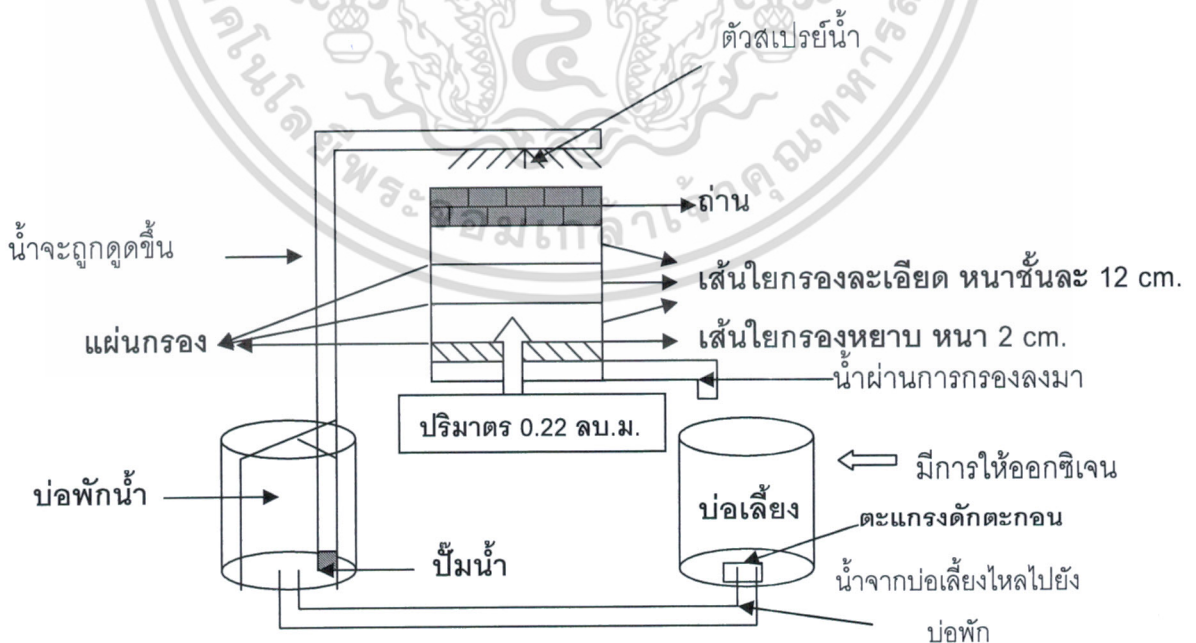
การวางแผนการทดลอง

ใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2X3 แฟคทอเรียล โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ

ปัจจัยที่1 คือ ระบบการเลี้ยง (ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด และ ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%)

ปัจจัยที่2 คือระดับการอัตราการเลี้ยง มี 3 ระดับ คือ 70 140 และ 210 ตัวต่อ m^3 ตามลำดับ (50, 100 และ 150 ตัว บ่อ¹) อัตราการเลี้ยงละ 3 ชั่วโมงในระบบการเลี้ยง

การดำเนินการทดลอง ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด



ภาพที่ 1 แสดงผังของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*** การคำนวณปริมาตรถังกรองใช้สูตร $\text{Area Filter} \times \text{Specific Surface Area}$ (Wheaton et al, 1994)

1. ไม่มีการถ่ายน้ำ แต่มีการดูดตะกอนและเติมน้ำในส่วนที่หายไป ทุกๆ 2 สัปดาห์
2. อัตราการไหลของน้ำ (water flow rate) เท่ากับ 5.4 ลิตร/นาทีก
3. ปล่องปลานิลแดงน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 13 ± 0.3 กรัม ลงเลี้ยงลงในบ่อซีเมนต์กลม (บ่อเลี้ยง) ปริมาตร 0.8 ม³ ที่ระดับน้ำสูง 0.7 เมตร

ระบบการถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์

1. เลี้ยงปลานิลแดงในบ่อซีเมนต์กลมปริมาตร 0.8 ม³ ที่ระดับน้ำสูง 0.7 เมตร โดยให้ออกซิเจนตลอดเวลา
2. เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ของปริมาตรน้ำในบ่อ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และทำการดูดตะกอนในบ่อ
3. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการถ่ายน้ำ

อาหารและการให้อาหาร

1. ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง โดยช่วงเช้าเวลาประมาณ 8.30 – 9.30 น. ช่วงเย็นเวลาประมาณ 15.30 – 16.30 น. โดยให้กินจนอิ่ม
2. การให้อาหารแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ให้อาหารปลาดุกเล็กพิเศษ ช่วงที่ 2 ให้อาหารปลาดุกใหญ่ ช่วงที่ 3 ให้อาหารปลากินพืช โดยมีองค์ประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารที่มีในอาหารต่างๆที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดง

สารอาหาร	อาหารปลาดุกเล็ก	อาหารปลาดุกใหญ่	อาหารปลากินพืช
โปรตีน(%)	35.77	32.6	20.75
ไขมัน	9.75	9.45	8.96
ความชื้น(%)	10.25	10.9	9.16
ถั่ว(%)	10.4	9.14	8.47
เยื่อใย (%)	3.32	4.24	6.20
NFE (%)	30.51	33.67	46.46

การประเมินการเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการสุ่มวัดความยาวและชั่งน้ำหนักน้ำหนักปลาชนิดแดง ทุก 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งบันทึกจำนวนปลาตาย และบันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้แต่ละครั้ง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้เพื่อคำนวณหาค่าต่างๆดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Diary Weight Gain, DWG) (กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}}$$

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)

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

B=ปริมาณโปรตีนในตัวปลาขณะเสร็จสิ้นการทดลอง

B₀=ปริมาณโปรตีนในตัวปลาขณะเริ่มต้นการทดลอง

I=ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่ปลากิน

5. อัตราการรอดตาย (Survival Rate)

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

การประเมินคุณภาพซาก

1.) วิเคราะห์การสะสมของสารอาหารในร่างกายปลาทั้งตัวและปลาสดแล้เนื้อ (Carcass composition) ก่อนและหลังการทดลอง โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1984)

การประเมินคุณภาพปลาสดแล้เนื้อ

1.) วัดปริมาณการสะสมของโปรตีน ไขมัน และความชื้น ของเนื้อฟิลเลตตาม AOAC (1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) วัดสีของเนื้อฟิลเลตบริเวณกล้ามเนื้อแดง และกล้ามเนื้อขาว ขึ้นละ 3 จุด ภายหลังจากแลเนื้อแล้ว 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดสี Goefo meter ของ Schutt instrument, Germany และเครื่องวัดสี Minolta, Chromameter II, CR 200/28, Japan โดยการวัดค่า L*, a* และ b*

3.) การตรวจค่าการยอมรับของผู้บริโภค กลิ่น และลักษณะสัมผัส (ความเหนียว)ของเนื้อฟิลเลต โดยวิธีการชิม (Taste panel) โดยใช้คนชิม 7 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ triangle test (DIN 10951)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์น้ำทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำก่อนทำการสูมซึ่งวัด เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติตามพารามิเตอร์ต่อไปนี้

1. ความเป็นกรดเป็นด่างใช้เครื่องวัด (HANA รุ่น HI 8424)
 2. ปริมาณความเป็นด่างวิเคราะห์โดยการไตเตรทด้วยวิธี APHA (1981)
 3. อุณหภูมิใช้เครื่องวัด (YSI 152)
 4. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ใช้เครื่องวัด (YSI 152)
 5. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน วิเคราะห์ด้วยวิธี Phenate method
 6. ปริมาณไนโตรท์-ไนโตรเจน วิเคราะห์ด้วยวิธี Azo dry method
 7. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ใช้เครื่อง Fluorometer
 8. ปริมาณออร์โทฟอสเฟตวิเคราะห์ด้วยวิธี Ascorbic method
 9. ฟอสฟอรัสรวม (TP) ใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
 10. ไนโตรเจนรวม (TKN) ใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
- ตะกอนรวม (TSS) ใช้การระเหยของน้ำโดยการใช้ Water baht

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง (2 way-ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์

สถานที่ทำการทดลอง

ห้อง D 104 ตึกเจ้าคุณทหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ระยะเวลาในการทำการทดลอง

ตั้งแต่ 4 กรกฎาคม – 28 พฤศจิกายน 2544 รวมระยะเวลาการทดลอง 140 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง

ระบบการเลี้ยง	อัตราการปล่อยเลี้ยง (ตัว/ลูกบาศก์เมตร)	น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม / ตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราผลผลิต (กก ม ³ crop ⁻¹)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	70	197.11 ± 0.36 ^c	1.32 ± 0.01 ^c	96 ± 2	11.82 ± 0.33 ^a
	140	185.80 ± 0.88 ^c	1.23 ± 0.00 ^c	95 ± 2	21.97 ± 0.37 ^b
	210	129.84 ± 2.40 ^b	0.83 ± 0.02 ^a	92 ± 1	22.43 ± 0.43 ^b
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	70	191.00 ± 1.73 ^c	1.27 ± 0.01 ^c	98 ± 1	11.70 ± 0.40 ^a
	140	167.00 ± 12.49 ^b	1.10 ± 0.09 ^b	92 ± 2	19.21 ± 0.61 ^b
	210	139.67 ± 12.50 ^a	0.90 ± 0.09 ^a	99 ± 1	26.08 ± 0.83 ^c
ANOVA (P > F)		ns	ns	ns	ns
ระบบการเลี้ยง		*	*	ns	*
อัตราการปล่อยเลี้ยง		*	*	ns	ns
ระบบการเลี้ยง X อัตราการปล่อยเลี้ยง		*	*	ns	ns

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (ต่อ)

ระบบการเลี้ยง	อัตราการปล่อยเลี้ยง (ตัว/ ลูกบาศก์เมตร)	อัตราการเปลี่ยนแปลงอาหารป้อนเนื้อ (FCR)	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER)	การให้โปรตีนสุทธิ (%NPU)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	70	1.89 ± 0.03	2.43 ± 0.17 ^b	20.36 ± 1.43 ^b
	140	1.98 ± 0.04	2.24 ± 0.17 ^{ab}	19.34 ± 0.74 ^a
	210	2.10 ± 0.05	2.05 ± 0.26 ^{ab}	17.01 ± 0.93 ^a
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	70	1.83 ± 0.04	2.05 ± 0.07 ^{ab}	28.46 ± 1.20 ^c
	140	1.96 ± 0.31	1.89 ± 0.34 ^{ab}	22.82 ± 1.72 ^b
	210	2.13 ± 0.23	1.68 ± 0.17 ^a	19.69 ± 1.71 ^{ab}
ANOVA (P > F)				
ระบบการเลี้ยง		ns	*	*
อัตราการปล่อยเลี้ยง		*	*	*
ระบบการเลี้ยง X อัตราการปล่อยเลี้ยง		ns		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (ต่อ)

ระบบการเลี้ยง	การใช้โปรตีนสุทธิ (%NPU)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	18.90 ± 1.72 ^a
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	23.66 ± 4.44 ^b
ANOVA (P > F)	
ระบบการเลี้ยง	*
อัตราการปล่อยเลี้ยง	*
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง	*

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดง (ทั้งตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ระบบการเลี้ยง	อัตราการปล่อยเลี้ยง	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ไขมัน (% นน.แห้ง)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	70	67.94 ± 0.52	19.94 ± 0.36 ^b
	140	67.39 ± 1.97	19.73 ± 0.27 ^{bc}
	210	65.83 ± 0.90	19.89 ± 0.29 ^{cd}
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	70	66.73 ± 2.91	20.85 ± 0.11 ^c
	140	66.84 ± 2.41	20.19 ± 0.49 ^{bcd}
	210	66.97 ± 2.38	19.10 ± 0.25 ^a
ANOVA (P > F)			
ระบบการเลี้ยง		ns	ns
อัตราการปล่อยเลี้ยง		ns	*
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง		ns	*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดง (ทั้งตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)

ระบบการเลี้ยง	โปรตีน (% นนแห้ง)	ไขมัน (% นนแห้ง)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	53.72 ± 0.69 ^a	12.25 ± 1.12 ^a
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	55.43 ± 1.80 ^b	14.86 ± 2.02 ^b
ANOVA (P > F)		
ระบบการเลี้ยง	*	**
อัตราการปล่อยเลี้ยง	ns	**
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง	ns	ns

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดง (ทั้งตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)

อัตราการปล่อยเลี้ยง (ตัว/ ลูกบาศก์เมตร)	ไขมัน (% นนแห้ง)
70	12.46 ± 1.75 ^a
140	13.24 ± 1.63 ^{ab}
210	14.97 ± 2.23 ^b
ANOVA (P > F)	
ระบบการเลี้ยง	**
อัตราการปล่อยเลี้ยง	**
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงสดแช่เนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ระบบการเลี้ยง	อัตราการปล่อยเลี้ยง (ตัว / ลูกบาศก์เมตร)	ไขมัน ((% นนแห้ง)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	70	6.40 ± 1.60
	140	8.91 ± 2.25
	210	6.73 ± 0.91
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	70	5.92 ± 0.77
	140	6.77 ± 1.24
	210	5.56 ± 0.70
ANOVA (P > F)		
ระบบการเลี้ยง		ns
อัตราการปล่อยเลี้ยง		ns
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง		ns

ตารางที่ 9 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงสดแช่เนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ต่อ)

ระบบการเลี้ยง	โปรตีน ((% นนแห้ง)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	84.28 ± 0.72 ^a
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	88.30 ± 1.21 ^b
ANOVA (P > F)	
ระบบการเลี้ยง	**
อัตราการปล่อยเลี้ยง	**
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงสดแช่เนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (%นน. แห้ง) (ต่อ)

อัตราการผลิตเลี้ยง (ตัว/ ลูกบาศก์เมตร)	โปรตีน ((% นน แห้ง)	ไขมัน ((% นน แห้ง)
70	87.28 ± 2.60 ^a	7.72 ± 1.83 ^a
140	86.23 ± 2.21 ^{ab}	7.71 ± 1.28 ^a
210	85.35 ± 2.30 ^b	5.82 ± 1.11 ^b

ANOVA (P > F)

ระบบการเลี้ยง

**

ns

อัตราการผลิตเลี้ยง

**

*

ระบบการเลี้ยง × อัตราการผลิตเลี้ยง

ns

ns

ตารางที่ 11 แสดงผลจากการทดสอบคุณภาพปลาสดแช่เนื้อด้านสี และด้านประสาทสัมผัส

ระบบการเลี้ยง	อัตราการผลิตเลี้ยง (ตัว/ลูกบาศก์เมตร)	สี (กล้ำมเนื้อแดง)	ลักษณะ เนื้อสัมผัส	การยอมรับ	กลิ่น
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	70	9.27 ± 0.96	2	2	2
	140	9.63 ± 0.81	2	2	1
	210	10.74 ± 0.56	2	2	2
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	70	10.43 ± 1.45	2	3	2
	140	10.56 ± 0.31	2	2	2
	210	9.87 ± 0.64	3	2	2

ANOVA (P > F)

ระบบการเลี้ยง

ns

ns

ns

ns

อัตราการผลิตเลี้ยง

ns

ns

ns

ns

ระบบการเลี้ยง × อัตราการผลิตเลี้ยง

ns

ns

ns

ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงผลจากการทดสอบคุณภาพพลาสติกแล้วเนื้อด้านสี (ต่อ)

ระบบการเลี้ยง	สี (กล้ำมเนื้อขาว)
ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	48.42 ± 1.66 ^a
ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%	50.11 ± 1.50 ^b

ANOVA (P > F)

ระบบการเลี้ยง	**
อัตราการปล่อยเลี้ยง	ns
ระบบการเลี้ยง × อัตราการปล่อยเลี้ยง	ns

ตารางที่ 13 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงก่อนการเลี้ยง

	องค์ประกอบทางเคมี(%)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
ปลานิลแดง (ทั้งตัว)	73.4	51.7	18.9	20.0
ปลานิลแดงสดแล้วเนื้อ	76.4	81.4	16.9	7.3

หมายเหตุ โปรตีน ไขมัน และ เถ้า (%น้ำหนักแห้ง)

การเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่มีผล ต่อการเพิ่มน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการรอด และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ($p > 0.05$) ในขณะที่อัตราการปล่อยเลี้ยง มีผลต่อน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ($p < 0.05$) ในทั้งสองระบบ คือ ในระบบปิดอัตราการปล่อยเลี้ยง ที่ 70 และ 140 ตัว.ม⁻¹ ให้ น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน สูงสุด มากกว่าที่ 210 ตัว.ม⁻¹ ($p < 0.05$) ในขณะที่ระบบถ่ายน้ำบางส่วน อัตราการปล่อยเลี้ยง ที่ 50 ตัว.ม⁻¹ เป็นอัตราการปล่อยเลี้ยงให้ผลน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันดีที่สุดใน (p < 0.5) (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสุทธิ มีความแตกต่างทางสถิติ ในทั้งสองระบบการเลี้ยง ($p < 0.05$) และมีความแตกต่างทางสถิติที่อัตราการปล่อยเลี้ยง กล่าวคือ ที่ระดับการปล่อยเลี้ยงที่ 50 ตัว.ม⁻¹ ให้ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสุทธิสูงสุดในทั้งสองระบบ (ตารางที่3)

คุณภาพของปลาสดแล่นเนื้อ (quality of fish fillets)

ข้อมูลองค์ คุณภาพปลาสดแล่นเนื้อ คือ สี กล้ามเนื้อแดง ลักษณะเนื้อสัมผัส การยอมรับกลิ่น แสดงในตารางที่ 10 และ ตารางที่ 12 ($p > 0.05$) :ซึ่งพบว่า ปลาที่เลี้ยงในระบบถ้ำน้ำบางส่วน มีสีของกล้ามเนื้อขาวเด่นชัดกว่าปลาที่เลี้ยงในระบบปิด ($p < 0.05$) (ตารางที่ 11 และ 12)

คุณภาพน้ำในระบบปิด

จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำจากการเลี้ยงปลานิลในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด โดยมีการใช้ระบบกรองเพื่อช่วยปรับปรุงให้น้ำมีคุณสมบัติดีขึ้นเหมาะสมในการเลี้ยง สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงและบ่อพัก แสดงในตารางที่ 14 และ 15

1. ปริมาณแอมโมเนียรวม

บ่อพัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 8 10 และ 12 แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.44 – 0.46 มก./ล. จากภาพที่ 2 และ 3 พบว่า มีการสะสมของแอมโมเนียเป็น 3 ช่วง คือในช่วงสัปดาห์ที่ 2-6 สัปดาห์ที่ 6-16 และช่วงสัปดาห์ที่ 16-21 โดยสัปดาห์ที่ 6-16 มีการสะสมสูงสุด

บ่อเลี้ยง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 8 10 และ 12 โดยค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.20 – 1.93 มก./ล. แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 4 พบว่า มีการสะสมของแอมโมเนียเป็น 3 ช่วง คือในช่วงสัปดาห์ที่ 2-6 สัปดาห์ที่ 6-16 และช่วงสัปดาห์ที่ 16-21 โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 6-16 มีการสะสมสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณไนโตรเจน (NO₂)

บ่อพัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และ 10 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 4 พบว่า มีการสะสมของไนโตรเจนเป็น 3 ช่วง คือในช่วงสัปดาห์ที่ 2-6 สัปดาห์ที่ 6-16 และช่วงสัปดาห์ที่ 16-21 เช่นเดียวกับแอมโมเนีย โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 6-16 นอกจากนั้นจะเห็นว่าปริมาณของไนโตรเจนมีค่าไม่สูงมาก แต่จะสูงขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 10 ซึ่งมีค่าสูงถึง 0.7 ppm ใน T3

บ่อเลี้ยง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.62 มก./ล. (ภาพที่ 5)

3. ปริมาณไนเตรท (NO₃)

บ่อพัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนเตรทเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 10 -14 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 6 พบว่าปริมาณของไนเตรทมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่สัปดาห์แรก และเริ่มลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 12 จากนั้นก็สูงขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 20 (ภาพที่ 6)

บ่อเลี้ยง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนเตรทเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 8-14 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 7 พบว่าปริมาณของไนเตรทมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่สัปดาห์แรก และเริ่มลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 12 จากนั้นก็สูงขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 20 (ภาพที่ 7)

4. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (SRP) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งในบ่อพักน้ำและบ่อ จากภาพที่ 10 และ 11 พบว่า กราฟจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 12 และหลังจากนั้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ (ภาพที่ 10 และ 11)

5. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าความเป็นด่าง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในบ่อพักน้ำ แต่ในบ่อเลี้ยงพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 6 , 14 , 18 และ 20 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยบ่อพักน้ำและบ่อเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 79.00 ถึง 168.66 มก./ล.CaCO₃ และ 80.00 ถึง 177.66 มก./ล.CaCO₃ ตามลำดับ แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าในบ่อเลี้ยงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

6. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

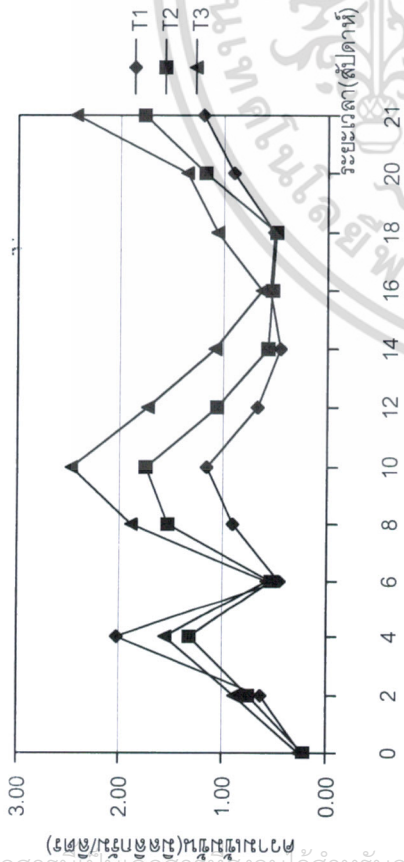
บ่อพัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเจลีย์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 0, 2, 6 และ 18 แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

บ่อเลี้ยง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเจลีย์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 – 21 พบว่า ในแต่ละช่วงสัปดาห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จะต่างกันในแต่ละทริทเมนต์

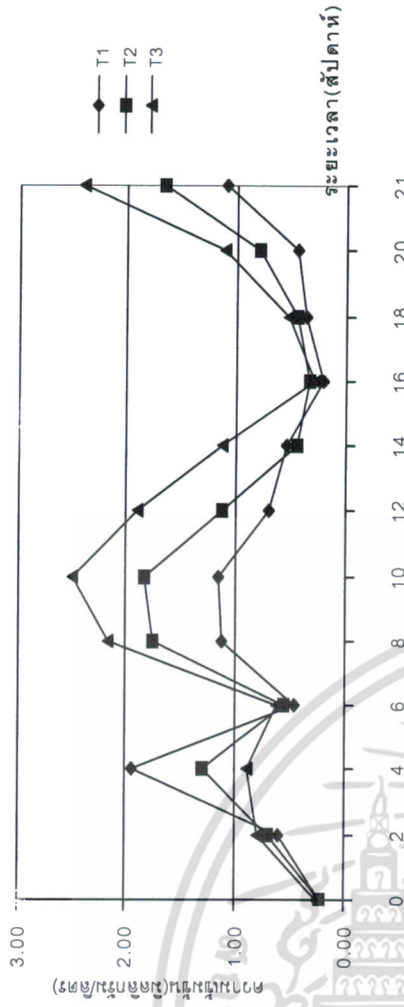
7. อุณหภูมิ

บ่อพัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิเจลีย์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 12 พบว่า อุณหภูมิตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 20.40 – 29.40 องศาเซลเซียส โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 0 – 16 กราฟมีลักษณะคงที่ และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 18 ซึ่งเป็นช่วงสัปดาห์ที่อุณหภูมิลดลงต่ำที่สุด

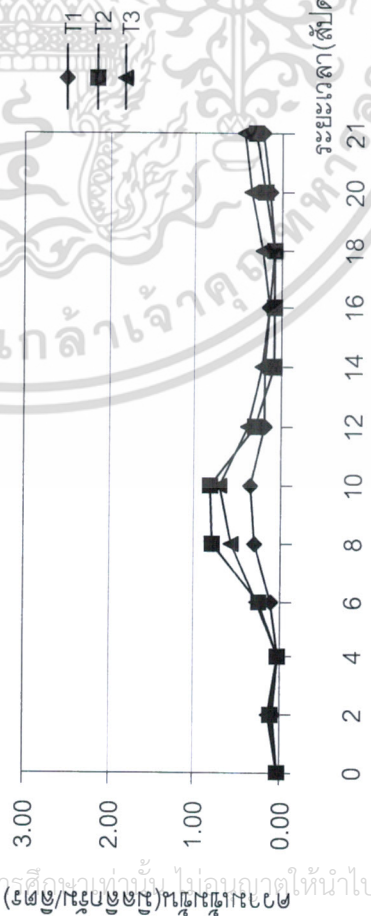
บ่อเลี้ยง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิเจลีย์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 14, 16 และ 18 จากภาพที่ 13 พบว่าอุณหภูมิตลอดการทดลองจะอยู่ในช่วง 20.27 – 29.43 องศาเซลเซียส โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 0 – 16 กราฟมีลักษณะคงที่ และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 18 ซึ่งเป็นช่วงสัปดาห์ที่อุณหภูมิลดลงต่ำที่สุดคือ 20.27 องศาเซลเซียส แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



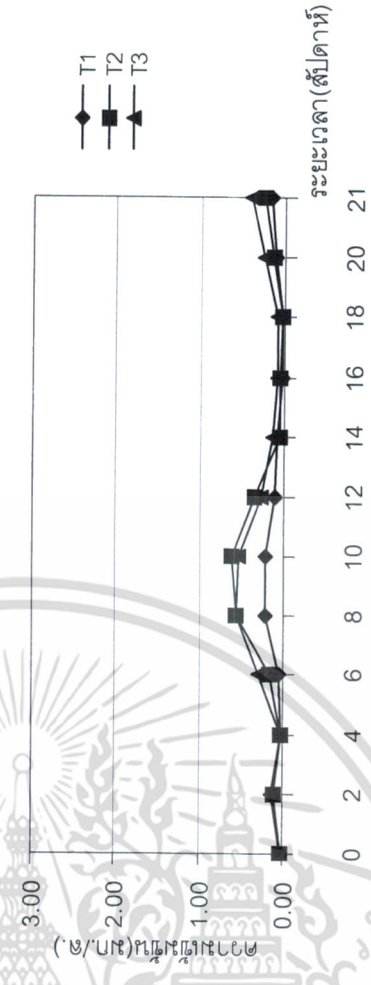
ภาพที่ 2 แสดงปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_4\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพักน้ำ



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_4\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง

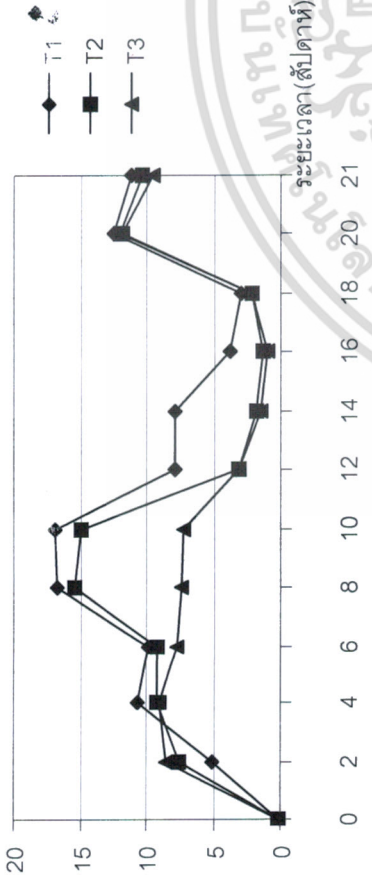


ภาพที่ 4 แสดงปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพักน้ำ

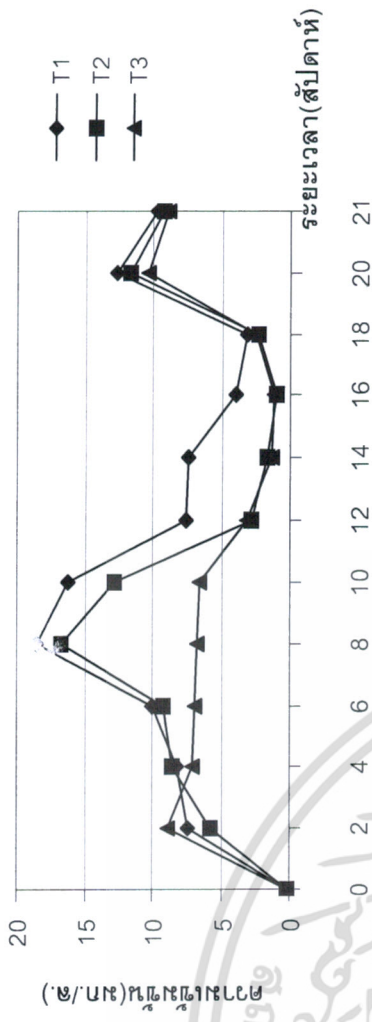


ภาพที่ 5 แสดงปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง

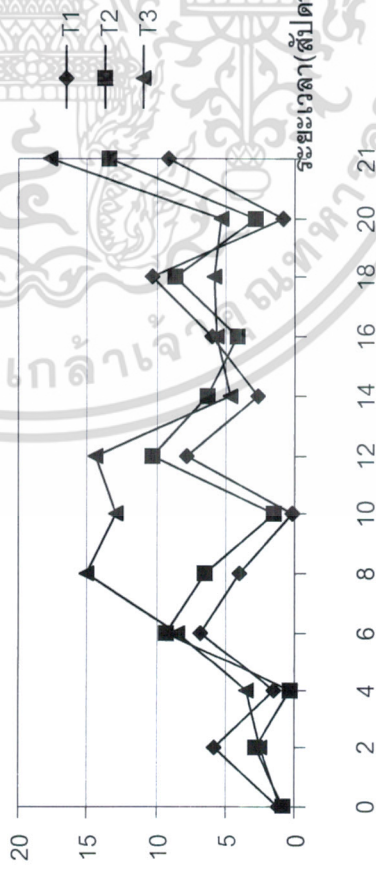
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



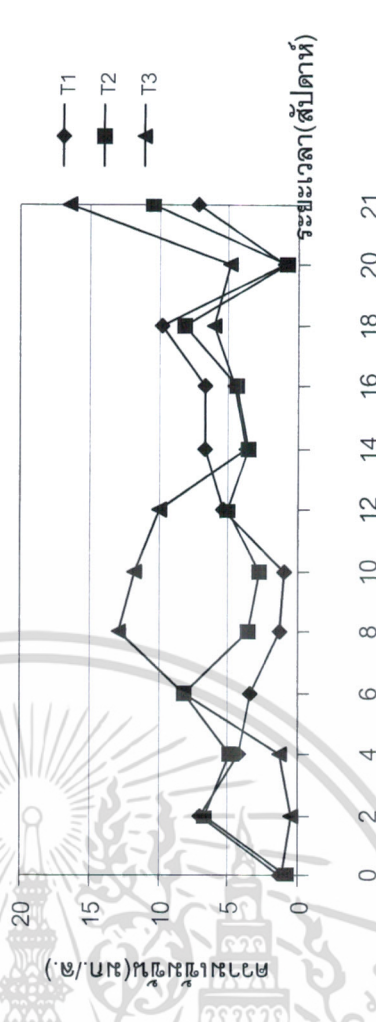
ภาพที่ 6 แสดงปริมาณไนเตรท (NO₃-N) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพัก



ภาพที่ 7 แสดงปริมาณไนเตรท(NO₃-N) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง

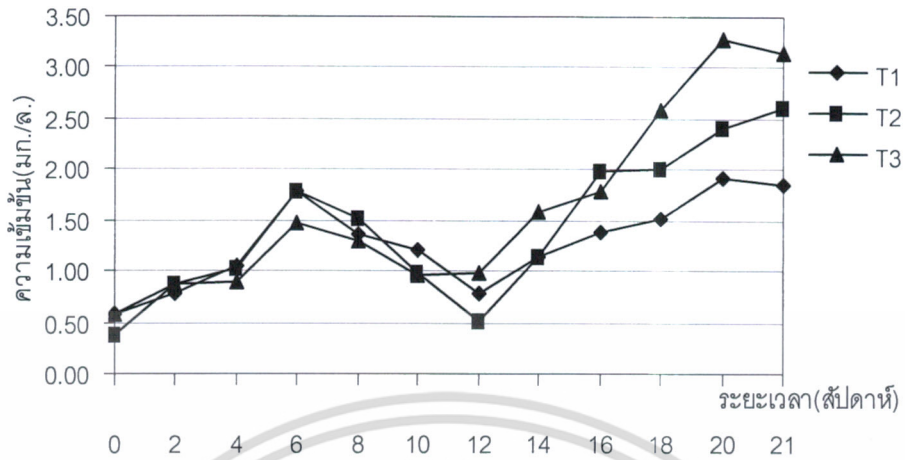


ภาพที่ 8 แสดงปริมาณไนเตรทเจน (N) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อพักน้ำ

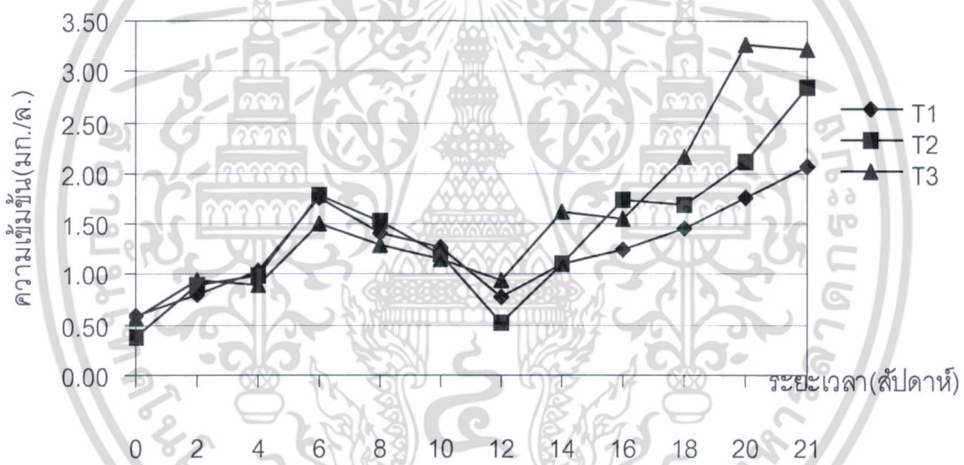


ภาพที่ 9 แสดงปริมาณไนเตรทเจน (N) เฉลี่ยในน้ำจากบ่อเลี้ยง

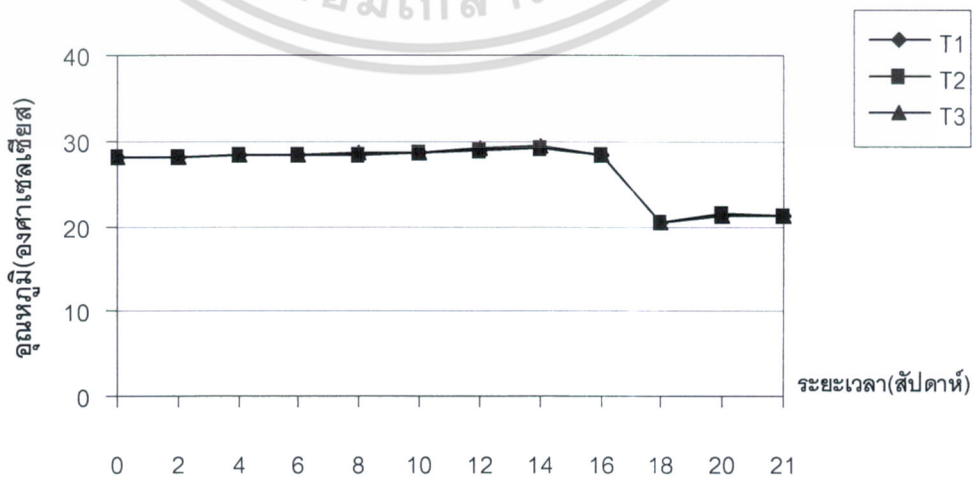
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ผู้จัดทำไม่รับผิดชอบต่อข้อผิดพลาดใดๆ ที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้ หากท่านมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้



ภาพที่ 10 แสดงปริมาณออกซิฟอสเฟตของน้ำในบ่อพัก

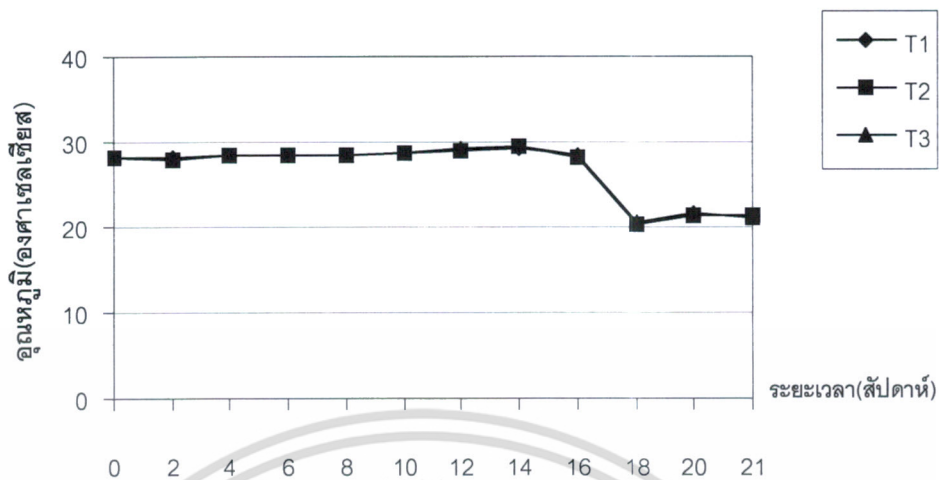


ภาพที่ 11 แสดงปริมาณออกซิฟอสเฟตของน้ำในบ่อเลี้ยง



ภาพที่ 12 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในบ่อพักน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา โดยผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 แสดงอุณหภูมิในบ่อเลี้ยง

8. ปริมาณตะกอนรวม (TSS)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณตะกอนรวม มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในบ่อพักน้ำและบ่อเลี้ยง พบว่าปริมาณตะกอนรวมมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.37 ถึง 0.62 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.37 ถึง 0.60

9. ค่าความเป็นกรด-เป็นด่าง (pH)

บ่อพัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่า pH เฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และพบว่า ค่า pH มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ และเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 14 ตลอดการทดลองค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.49 – 7.25

บ่อเลี้ยง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่า pH เฉลี่ย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 16 และ 20 พบว่า ค่า pH มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ และเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 10 ตลอดการทดลองค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.25 – 7.25 แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 14 ผลของคุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำเฉลี่ยจากการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดเวลา 21 สัปดาห์

พารามิเตอร์	T1	T2	T3
	เฉลี่ย ± SD	เฉลี่ย ± SD	เฉลี่ย ± SD
1. ปริมาณแอมโมเนียรวม (NH ₄ ⁺) (มก.ล. ⁻¹)	0.86±0.47 (0.44 – 2.03)	1.04±0.50 (0.49 – 1.76)	1.32±0.62 (0.58 – 2.46)
2. ปริมาณไนไตรท์ (NO ₂ ⁻) (มก.ล. ⁻¹)	0.17±0.10 (0.03 – 0.36)	0.22±0.21 (0.03 – 0.79)	0.30±0.20 (0.03 – 0.71)
3. ปริมาณไนเตรท (NO ₃ ⁻) (มก.ล. ⁻¹)	9.59±4.70 (2.94 – 16.89)	7.89±5.19 (1.26 – 15.38)	5.99±3.23 (0.94 – 11.79)
4. ปริมาณไนโตรเจนรวม (TKN) (มก.ล. ⁻¹)	14.87±4.47 (9.45 – 21.99)	14.74±6.28 (5.95 – 25.67)	15.88±7.66 (6.89 – 24.88)
5. ปริมาณอโรฟอสเฟต (SRP) (มก.ล. ⁻¹)	1.33±0.41 (0.77 – 2.06)	1.49±0.65 (0.52 – 2.88)	1.54±0.63 (0.89 – 3.27)
6. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) (มก.ล. ⁻¹)	2.05±0.53 (1.30 – 3.25)	2.27±0.73 (1.31 – 3.70)	2.24±0.71 (1.29 – 3.47)
7. ค่าความเป็นด่าง (มก. ล. ⁻¹ CaCO ₃)	120.24±24.66 (79.00–162.25)	118.39±19.31 (92.33–148.33)	136.24±17.69 (110.33-168.67)
8. ปริมาณตะกอนรวม (TSS) (มก.ล. ⁻¹)	0.42±0.04 (0.37 – 0.48)	0.45±0.03 (0.38 – 0.50)	0.59±0.02 (0.50 – 0.62)
9. ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) (มก.ล. ⁻¹)	2.52±0.53 (1.97 – 3.61)	2.06±0.34 (1.44 – 2.67)	1.67±0.19 (1.29 – 1.92)
10. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	(20.30 -29.27)	(20.40-29.33)	(20.47-29.40)
11. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	(7.02 – 7.25)	(6.51 – 7.12)	(6.49 – 7.06)
12. ปริมาณแอมโมเนียอิสระ(NH ₃) (มก.ล. ⁻¹)	0.006±0.003 (0.003 – 0.015)	0.007±0.003 (0.002 – 0.012)	0.009±0.005 (0.003 – 0.017)

หมายเหตุ : 1. มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)ในทุกพารามิเตอร์

2. (_ - _) : ต่ำสุด - สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ผลของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเจลลี่จากการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดเวลา 21 สัปดาห์

พารามิเตอร์	T1	T2	T3
	เฉลี่ย ± SD	เฉลี่ย ± SD	เฉลี่ย ± SD
1. ปริมาณแอมโมเนียรวม (NH ₄ ⁺) (มก./ล.)	0.782±0.501 (0.2 – 1.94)	0.993±0.563 (0.34 – 1.84)	1.213±0.756 (0.29 – 2.50)
2. ปริมาณไนไตรท์ (NO ₂) (มก./ล.)	0.103±0.067 (0.02 – 0.22)	0.217±0.213 (0.03 – 0.63)	0.238±0.182 (0.03 – 0.55)
3. ปริมาณไนเตรท (NO ₃) (มก./ล.)	9.537±4.723 (3.17 – 18.55)	7.644±5.138 (1.06 – 16.77)	5.539±2.819 (1.20 – 10.40)
4. ปริมาณไนโตรเจนรวม (TKN) (มก./ล.)	15.073±2.725 (10.85 – 21.18)	15.627±5.679 (6.03 – 24.58)	14.355±6.664 (6.18 – 22.26)
5. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (SRP) (มก./ล.)	1.339±0.396 (0.78 – 1.91)	1.527±0.681 (0.51 – 2.60)	1.558±0.657 (0.87 – 3.27)
6. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) (มก./ล.)	2.022±0.456 (1.44 – 3.05)	2.232±0.703 (1.39 – 3.62)	2.174±0.689 (1.36 – 3.24)
7. ค่าความเป็นด่าง (มก./ล. CaCO ₃)	129.39±20.47 (98.00 -177.67)	110.76±18.42 (83.33 -142.00)	132.36±23.33 (80.33 -168.33)
8. ปริมาณตะกอนรวม (TSS) (มก./ล.)	0.407±0.030 (0.37 – 0.47)	0.449±0.039 (0.37 – 0.53)	0.563±0.034 (0.49 – 0.60)
9. ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) (มก./ล.)	5.015±0.427 (4.40 – 5.92)	4.260±0.195 (4.10 – 4.57)	3.400±0.223 (3.18 – 3.76)
10. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	(20.7– 29.17)	(20.7– 29.43)	(20.5– 29.43)
11. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	(6.92 – 7.25)	(6.39 – 7.05)	(6.25 – 7.08)
12. ปริมาณแอมโมเนียอิสระ (NH ₃) (มก./ล.)	0.005±0.004 (0.001 – 0.014)	0.006±0.004 (0.002 – 0.013)	0.008±0.005 (0.002 – 0.017)

หมายเหตุ : 1. มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกพารามิเตอร์

2. (_ - _) : ต่ำสุด - สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้ำในระบบถ่ายน้ำบางส่วน (50%)

ตารางที่ 16 คุณสมบัติของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

คุณสมบัติของน้ำ	T1	T2	T3
	เฉลี่ย+SD	เฉลี่ย+SD	เฉลี่ย+SD
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	(29-21.1)	(28.9-21.2)	(29-21.7)
ความเป็นกรดเป็นด่าง(มก./ล. CaCO ₃)	(7.5-6.63)	(7.2-6.47)	(7.31-6.4)
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(มก./ล.)	3.88±0.24 (5.0-3.0)	3.81±0.16 (5.2-3.0)	3.34±0.09 (4.8-2.9)
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มก./ล.)	3.36±0.17 (7.89-0.22)	3.50±0.14 (6.02-0.22)	3.73±0.17 (7.65-0.21)
ไนโตรท์-ไนโตรเจน (มก./ล.)	3.86±0.18 (6.81-0.01)	4.04±0.1 (6.81-0.009)	4.47±0.36 (7.36-0.01)
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก./ล.)	13.70±0.11 (24.76-0.20)	14.55±0.20 (25.85-0.19)	14.57±0.18 (25.87-0.21)
ออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	0.31±0.01 (1.23-0.06)	0.41±0.09 (1.44-0.07)	0.44±0.02 (1.53-0.06)
ฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.)	0.81±0.08 (2.72-0.08)	1.13±0.07 (3.22-0.65)	1.36±0.04 (4.94-0.76)
ความเป็นด่าง (มก./ล.CaCO ₃)	82.64±1.3 (132.30-108.20)	82.99±1.34 (132.70-112.83)	80.91±2.34 (129.70-110.83)
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (mg/m ³)	nf	nf	nf

หมายเหตุ (-) ใช้ค่าสูงสุด-ต่ำสุด

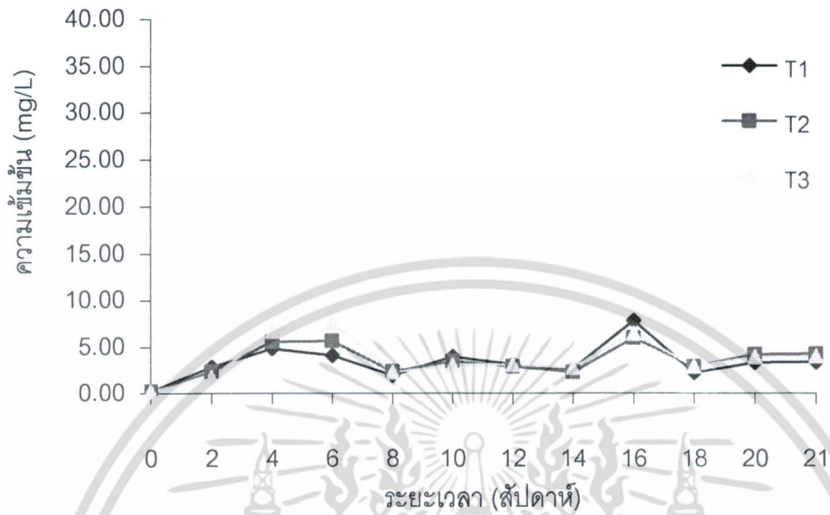
nf=ปริมาณที่มีไม่สามารถตรวจได้ด้วยวิธี Fluoremeter method

ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกพารามิเตอร์ (p>0.05)

จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมในการเลี้ยงโดยในการทดลองได้ทำการเลี้ยงปลานิลแดงในระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในทรีตเมนต์ที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 ± 0.17 , 3.50 ± 0.14 และ 3.73 ± 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ(ตารางที่ 14) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ทั้งใน



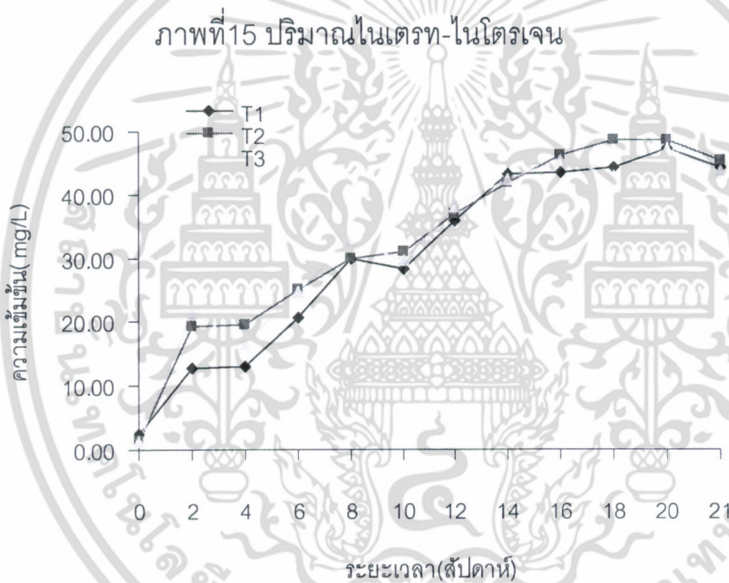
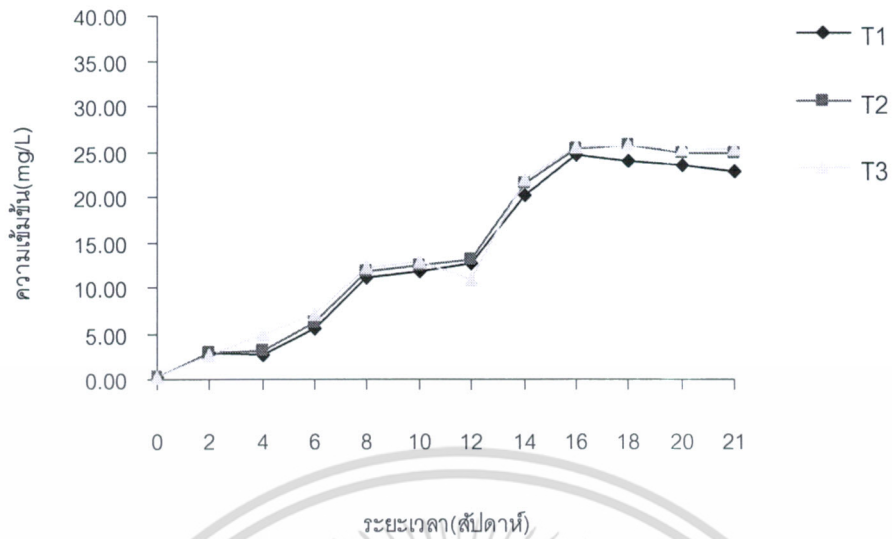
ภาพที่ 14 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ทรีตเมนต์ที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดลอง ดังภาพที่ 18

2. ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ทรีตเมนต์ที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 ± 0.18 , 4.04 ± 0.1 และ 4.47 ± 0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในทรีตเมนต์ที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.70 ± 0.11 , 14.55 ± 0.20 และ 14.57 ± 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) จากภาพที่ 15 จะเห็นว่าแนวโน้มของปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น จนถึงสัปดาห์ที่ 16 พบว่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีปริมาณค่อนข้างคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 ปริมาณไนโตรเจนรวม

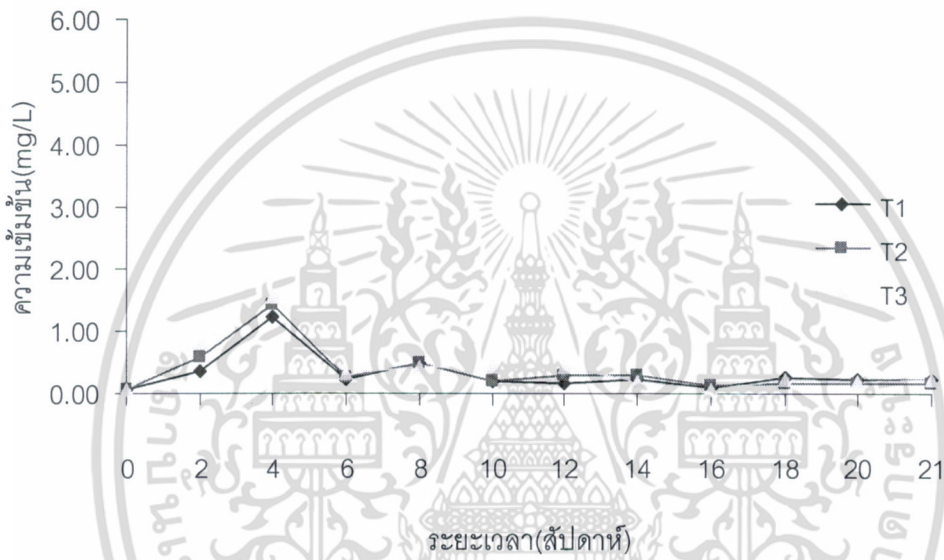
4. ปริมาณไนโตรเจนรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมในทรีตเมนต์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.42 ± 1.19 , 32.78 ± 1.21 และ 32.14 ± 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับแสดงในตารางที่ 16 และจากภาพที่ 16 พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

5. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในการวิเคราะห์ทางสถิติ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในทรีตเมนต์ที่ 1, 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.31 ± 0.01 , 0.41 ± 0.09 และ 0.44 ± 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) และจากภาพที่ 17 พบว่าปริมาณออโรฟอสเฟตมีแนวโน้มคงที่ในทุกทรีตเมนต์

6.ปริมาณฟอสฟอรัสรวม จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในทรีตเมนต์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ± 0.08 , 1.13 ± 0.07 และ 1.36 ± 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงขึ้นในช่วงแรก และลดลงเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสรวมในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มคงที่ (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 17 ปริมาณออโรฟอสเฟต ในการเลี้ยงปลานิลแดงที่ความหนาแน่นต่างกัน

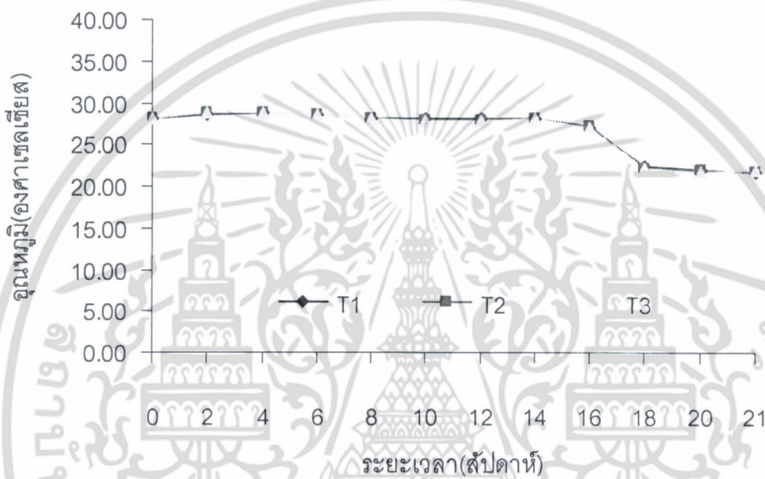


ภาพที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัส ในการเลี้ยงปลานิลแดงที่ความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ค่าความเป็นต่าง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ในทุกทริตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และพบว่าค่าความเป็นต่างตลอดการทดลองมีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดลอง แสดงในตารางที่ 16

8. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พบว่าจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าในทริตเมนต์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 3.88 ± 0.24 , 3.81 ± 0.16 และ 3.34 ± 0.09 (ตารางที่ 16)



ภาพที่ 19 อุณหภูมิ ในการเลี้ยงปลานิลแดงที่ความหนาแน่นต่างกัน

9. อุณหภูมิ พบว่า จากการวิเคราะห์ทางสถิติในทุกทริตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองอุณหภูมิจากสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 21 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 29 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในทริตเมนต์ที่ 1 และ 3 และอุณหภูมิต่ำสุดคือ 21.1 องศาเซลเซียสซึ่งอยู่ในทริตเมนต์ที่ 1 ในสัปดาห์ที่ 20 แสดงในตารางที่ 16 และภาพที่

23

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองคุณภาพน้ำ

ในระบบปิด

การเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดจะทำให้เกิดการสะสมตัวของธาตุอาหาร โดยเฉพาะสารประกอบที่เป็นพิษต่อปลา คือแอมโมเนียและไนไตรท์ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าแอมโมเนียรวมและไนไตรท์มีการสะสมตัวอย่างเห็นได้ชัด 2 ช่วง ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงที่ปลากินอาหารมากและเจริญเติบโตเร็ว การกินอาหารของปลาทำให้มีการขับแอมโมเนียออกมาในรูปของเสีย ซึ่งจุลชีพกลุ่มเฮเทอโรโทรป (heterotroph : สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์เองได้) จะย่อยสารอินทรีย์และปล่อยแอมโมเนียออกมา (ดุสิตและคณะ, 2536) ดังนั้นสาเหตุนี้จึงทำให้บ่อเลี้ยงปลาที่มีปริมาณแอมโมเนียรวมเพิ่มมากขึ้น

การเกิดไนไตรท์เป็นการบ่งชี้ว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ไนไตรท์เป็นสารตัวกลางของการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท โดยไนตริไฟอิง 2 กลุ่ม คือ Nitrosomonas และ Nitrobacter (สิริและคณะ, 2542) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่อเลี้ยงเพิ่มขึ้นจาก 0.8 มก./ล. มาเป็น 2.5 มก./ล. ภายในเวลา 10 สัปดาห์ ในช่วงเดียวกันก็พบการเพิ่มขึ้นของไนไตรท์จาก 0.03 มก./ล. มาเป็น 0.55 มก./ล. ด้วย โดยทั่วไปในการบำบัดน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะเร่งให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันขึ้น โดยการสร้างระบบ Biofilter ซึ่งต้องใช้วัสดุเป็นพื้นที่ยึดเกาะให้กับแบคทีเรีย ซึ่งในการทดลองนี้มีการใช้เส้นใยกรองหยาบและละเอียดเป็นวัสดุยึดเกาะให้แบคทีเรีย นอกจากนี้น้ำในบ่อพักและบ่อเลี้ยงยังมีอนุภาคสารแขวนลอยอยู่ แบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปจะอาศัยอนุภาคเหล่านี้เป็นอาหาร และพื้นที่ยึดเกาะไปพร้อมๆ กันกับการปล่อยแอมโมเนียออกมา การเพิ่มจำนวนของไนตริไฟอิงแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารคือแอมโมเนียที่ผลิตจากพวกเฮเทอโรโทรปที่ย่อยสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงปลา จนกระทั่งไนตริไฟอิงแบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นมากเกินไป ปริมาณแอมโมเนียรวมและไนไตรท์จะค่อยๆ ลดลง และในบ่อเลี้ยงยังมีการเพิ่มและย่อยสารอินทรีย์จึงเกิดการสะสมของปริมาณแอมโมเนียรวมและไนไตรท์ใหม่ได้ ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ได้ผลคล้ายคลึงกับของ พุทธและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งทะเลในระบบปิดเช่นเดียวกัน ปล่อยกุ้ง P17 ที่ความหนาแน่น 100,000 ตัว/ไร่ ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 147 วัน และพบการสะสมของแอมโมเนียและไนไตรท์ 2 ช่วง คือในช่วงประมาณ 50 วัน และ 100 วัน ซึ่งการสะสมแอมโมเนียรวมสูงสุดประมาณ 2.6 มก./ล. และมีการสะสมอีกครั้งคือ 1.4 มก./ล. ส่วนการสะสมของไนไตรท์ในการทดลองพบว่าการสะสมประมาณ 0.26 และ 0.51 มก./ล. ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ ที่มีการสะสมของแอมโมเนียรวมสูงสุดประมาณ 2.4 มก./ล. และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการสะสมอีกครั้งประมาณ 1.9 มก./ล. และการสะสมของไนโตรที่ประมาณ 0.13 และ 0.62 มก./ล. นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมและปริมาณไนโตรที่มีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Twarowska *et al.* (1997) ได้ทำการเลี้ยงปลานิลในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดโดยมีการใช้ถังกรองชีวภาพทำการเลี้ยงปลานิลขนาดเริ่มต้น 3.6 กรัม 108 ตัวต่อลบ.ม. เป็นระยะเวลา 177 วันเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าเท่ากับ 0.62 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ Suresh และ Lin (1992) ยังได้ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด โดยทำการเลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน คือ 50 100 และ 200 ตัวต่อลบ.ม. เลี้ยงปลาขนาด 75 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณไนโตรที่อยู่ในช่วง 0.24 - 0.27 มก./ล. ในขณะเดียวกัน สิริและคณะ (2542) ได้รายงานถึงผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยวิธีชีวภาพ โดยเลี้ยงในระบบปิด ปล่อกุ้ง 27 ตัว/ตร.ม. ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 5 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปริมาณของไนโตรที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 0.10 มก./ล. ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลองนี้ จะเห็นว่าปริมาณแอมโมเนียรวมและไนโตรที่มีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากระบบกรองที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดการสะสมของแอมโมเนียและไนโตรในระบบ นอกจากนี้จากการทดลองครั้งนี้มีการใช้พวก หิน กรวด ทราย เป็นเป็นวัสดุกรองเพื่อเป็นที่ยึดเกาะของพวกแบคทีเรียที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์จากของเสียที่สัตว์น้ำขับออกมา ซึ่งหากมีพวกแบคทีเรียชนิดนี้มากก็จะทำให้วัฏจักรไนโตรเจนเกิดขึ้นเร็วและทำให้ไม่มีการสะสมของไนโตรเจนที่เป็นพิษมากนักเป็นผลให้ในการทดลองมีการสะสมของปริมาณแอมโมเนียและไนโตรที่ไม่สูงมากนัก

ในการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณของอโรฟอสเฟตพบค่อนข้างสูงคืออยู่ในช่วง 0.5 - 2.6 มก./ล. มีรายงานกล่าวว่าในธรรมชาติความเข้มข้นของปริมาณฟอสเฟตจะค่อนข้างต่ำ เพราะ SRP โดยปกติจะมีค่าไม่เกิน 5-20 ไมโครกรัม/ลิตร (สุชาติและคณะ, 2543) และนอกจากนี้ทางกรมประมงได้ทำการศึกษาคูณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงปลาทุกแบบเปิด จากการศึกษาพบว่าค่า SRP มีค่าอยู่ประมาณ 0.0 - 2.1 มก./ล. แต่ในกรณีของบ่อปลานิลแดงนี้มีความแตกต่างกับแหล่งน้ำธรรมชาติและการเลี้ยงแบบเปิด ปริมาณของ SRP มีแนวโน้มสูงขึ้น และลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 6 -12 หลังจากนั้นก็มีปริมาณสูงขึ้นเรื่อยๆ สาเหตุที่ SRP มีค่าสูงขึ้นเรื่อย ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 -6 เนื่องมาจากระบบเลี้ยงนี้เป็นแบบระบบปิด อาจเกิดจากไม่มีแหล่งกักตอนพีชซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ฟอสฟอรัสในการดำรงชีวิตอยู่ในระบบการเลี้ยงนี้ เนื่องจากในการทดลอง ห้องปฏิบัติการอยู่ในที่ร่มแสงมีน้อยซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพีช และระบบการเลี้ยงนี้ยังไม่มีกรถ่ายเทน้ำออกไปทำให้มีการสะสมมากขึ้น และสาเหตุที่ทำให้ปริมาณของ SRP ลดลง เป็นเพราะช่วงก่อนสัปดาห์ที่ 6 มีการเปลี่ยนอาหารให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและเป็นอาหารปลากินพีช เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งปลายังไม่คุ้นเคยกับอาหารจึงทำให้กินอาหารน้อยลง ค่า SRP จึงน้อยลงด้วย แต่ต่อมาปลาก็เริ่มชินกับอาหารทำให้ปริมาณของ SRP เพิ่มสูงขึ้นด้วย

ความเป็นต่างในบ่อเลี้ยงปลานิลในทุกระดับความหนาแน่น อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าอยู่ในช่วง 80 –170 มก./ล. CaCO_3 เพราะความเป็นต่างของน้ำที่ให้ผลผลิตสูงควรมีค่ามากกว่า 100 มก./ล. CaCO_3 (ไมตรี, 2532) เพราะความเป็นต่างของน้ำเป็นตัว Buffering capacity ที่ช่วยควบคุมไม่ให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลง ค่า pH อย่างรวดเร็ว (ศุภรัตน์, 2540) ดังจะเห็นได้ในการทดลองครั้งนี้ ค่า pH ในแต่ละทริทเมนต์ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก คืออยู่ในช่วง ประมาณ 6.5 – 7.2 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ(ไมตรี, 2530) และจากการทดลองจะเห็นว่า ค่า pH ในทริทเมนต์ที่ 1 จะมากกว่า ทริทเมนต์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เนื่องจากในทริทเมนต์ที่ 3 มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นที่สุด ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ซึ่ง ค่า pH ของน้ำก็ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวได้ H^+ ออกมาทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ดังนั้นหากมีคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมากก็จะทำให้ ค่า pH น้อยลงด้วย(ไมตรี, 2532)

อุณหภูมิที่วัดได้ในการทดลองอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยปกติปลาในเขตร้อนจะอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25 – 32 องศาเซลเซียส (ไมตรี, 2530) ดังนั้นการทดลองนี้ อุณหภูมิจึงอยู่ในช่วงที่พอเหมาะในการเลี้ยงปลา แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 18 –21 อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากอุณหภูมิในอากาศลดลง เป็นผลทำให้ช่วงนั้นปลากินอาหารได้น้อยลง

ระบบเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50%

จากการทดลองพบว่าคุณสมบัติของน้ำบางประการที่เป็นพิษต่อปลานิลแดง เช่น ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่เกิดขึ้นในระบบเกิดจากสิ่งขับถ่ายของปลาเป็นส่วนใหญ่ ไม่ได้มาจากอาหารโดยตรง ซึ่งทราบได้จากวิธีการให้อาหารโดยการให้อาหารในปริมาณที่ปลากินอิ่มพอดี ทำให้ไม่เหลือเศษอาหารภายในระบบการเลี้ยง ดังนั้นของเสียที่เกิดขึ้นในระบบจึงเกิดจากการขับถ่ายของเสียของปลา จากการย่อยสลายตะกอนและของเสีย ทำให้เกิดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและ ไนไตรท์-ไนโตรเจน ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าในการเลี้ยงปลานิลแดงที่ระดับความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ มีค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจนต่ำที่สุด และที่ความหนาแน่น 150 ตัวต่อบ่อ มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนไตรท์-ไนโตรเจน สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการเติบโตของปลานิลแดง โดยที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ มีการเติบโตดีที่สุดและที่ความหนาแน่น 150 ตัวต่อบ่อ มีการเติบโตต่ำที่สุด

ซึ่งทิพวรรณ (2530) กล่าวว่าปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในรูปที่เป็นพิษ(Unionized Form : NH_3) ของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และวิรัช (2544) กล่าวว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าสัตว์น้ำจะเริ่มเครียดเมื่อน้ำมีปริมาณแอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่า ทั้งสามชุดการทดลองมีปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในรูปที่เป็นพิษ (Unionized Form : NH_3) เท่ากับ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์สามารถยอมรับได้ และสามารถเลี้ยงปลานิลแดงต่อไปได้ เนื่องจากปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะแตกตัวอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (Ionized ammonia : NH_4^+) ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ประเทือง ,2534) ส่วนค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจะไม่เป็นอันตรายต่อปลานิลโดยตรง แต่จะเป็นผลสืบเนื่องมาจาก ค่าไนโตรท-ไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จากภาพที่ 3 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าสูงกว่ามาตรฐานแต่ปลานิลแดงสามารถทนอยู่ได้เพราะปลานิลเป็นปลาที่ต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี (มานพ ,2536)

นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) อยู่ในช่วง 100-150 มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO_3 ซึ่งยังอยู่ในในช่วงมาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังที่วิรัช (2544) รายงานว่า โดยทั่วไปน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าสภาพความเป็นด่างสูงกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO_3 โดยค่าสภาพความเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าระหว่าง 20-150 มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO_3 และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) พบว่าอยู่ในช่วง 6.0-9.0 ซึ่งยังอยู่ในช่วงมาตรฐานที่ยอมรับได้และเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยที่อุณหภูมิในระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 25- 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลแดง แม้นในสัปดาห์ที่ 18 ถึง สัปดาห์ที่ 21 อุณหภูมิจะลดลงอยู่ในช่วง 17-20 องศาเซลเซียส แต่ปลานิลยังสามารถทนอยู่ได้ ดังที่ Fast (1986) กล่าวว่า ปลานิลสามารถทนต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้ในช่วงกว้าง

ในขณะที่ปริมาณออร์โธฟอสเฟตและปริมาณฟอสฟอรัสรวมในทรีตเมนต์ที่ 3 มีปริมาณสูงสุดและในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตและปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณสูงซึ่งอาจเกิดจากอาหารที่ให้ เนื่องจากอาหารปลา มีสารอาหารพวกไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) เป็นส่วนประกอบ (มันสินและไพพรรณ, 2539) ซึ่งจะทำให้ปริมาณของออร์โธฟอสเฟตที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น โดยปกติแล้วปริมาณออร์โธฟอสเฟต ในน้ำจะมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่ได้มาจากอาหารที่ใช้เลี้ยง แต่เมื่อควบคุมการให้อาหาร และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ในทุกๆหนึ่งสัปดาห์ ทำให้ไม่มีอาหารเหลือปริมาณออร์โธฟอสเฟตที่จะได้จากสิ่งขับถ่ายจึงมีไม่มากนัก

จากการทดลองของทวีและจินตนา (2539) ที่ทำการอนุบาลลูกปลาช่อนที่เพิ่งฟักออกจากไข่ โดยเลี้ยงในถังไฟเบอร์ขนาดความจุ 200 ลิตร ด้วยอัตราปล่อย 500 , 1000 และ 2000 ตัวต่อ 150 ลิตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ให้อาหารมีชีวิต คือ ไรแดง วันละ 3 มื้อ เช้า กลางวัน เย็น และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ๆ ละ 20-50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า คุณสมบัติของน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 27.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 31.0 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 5.4-10.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.32-8.98 และค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 64-176 มิลลิกรัมต่อลิตรCaCO₃ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้คือ ในทรีตเมนต์ที่มีระดับความหนาแน่นของปลาน้อยกว่าจะมีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าที่ระดับความหนาแน่นสูง

นอกจากนั้นในการทดลองของ Steve *et al.* (1999) ซึ่งทำการเลี้ยงปลา Lake sturgeon ระยะ juvenile ในบ่อซีเมนต์ขนาด 3.66x0.56x0.61 เมตร เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่สามความหนาแน่นคือ 150, 300 และ 450 ตัวต่อตารางเมตร ในระบบน้ำไหลที่อัตรา 38 ลิตรต่อนาที พบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง13-20 องศาเซลเซียส และมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 11.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการทดลองของ Abdul *et al.* (1991) ที่ทำการทดลองโดยเลี้ยงปลานิล *Oreochromis niloticus* เพื่อศึกษาการเติบโตของปลานิลในระบบการเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ระดับต่างกัน โดยใช้ปลาที่มีน้ำหนัก 19±0.5 กรัม ในบ่อขนาด 3.75 ลูกบาศก์เมตร ที่ความหนาแน่น 240 ตัวต่อบ่อ เป็นเวลา 98 วัน ซึ่งแบ่งเป็น 4 ทรีตเมนต์ที่มีระดับการไหลของน้ำต่างกันโดย ทรีตเมนต์ที่ 1 มีระดับการไหลของน้ำเท่ากับ 1ลิตรต่อนาที ทรีตเมนต์ที่ 2 มีระดับการไหลของน้ำ 0.5 ลิตรต่อนาที ทรีตเมนต์ที่ 3 มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 2 ครั้งคือ เช้าและเย็น (8.00 และ 20.00 น.) และทรีตเมนต์ที่ 4 มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 1 ครั้งคือ ช่วงเช้า (8.30 น.) พบว่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 26.9-31.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วง 21.4-26.5 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในทรีตเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 4.2-4.8, 3.8-4.4, 2.1-3.0 และ 1.8-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH₄⁺) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.06-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.8 - 7.0 ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 230 - 240 มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO₃ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.03-0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 3.05-3.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.10-0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้พบว่าในการทดลองของ Abdul *et al.* (1991) ในทรีตเมนต์ที่ 4 ที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 1 ครั้ง มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผล การเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร คุณภาพซาก

จากการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดและระบบถ่ายน้ำบางส่วน ที่มีอัตราความหนาแน่น 70 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร 140 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร และ 210 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 21 สัปดาห์ โดยปลานิลแดงมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นคือ 13.91 ± 1.11 กรัมต่อตัว ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นนี้สามารถสรุปได้ว่า การเลี้ยงปลานิลแดงในทั้งสองระบบ ที่ความหนาแน่น 70 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จะให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด โดยพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งในทรีตเมนต์ที่ 1 จะมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ($p > 0.05$) ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ($p > 0.05$) และการใช้โปรตีนสุทธิ (NPU) ดีที่สุด ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1 และ 2) จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตจะลดลงในทิศทางตรงกันข้ามกับการเพิ่มอัตราความหนาแน่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ สมปองและคณะ(2536) ที่รายงานผลการเลี้ยงปลานิลแดงในกระชังในอ่างเก็บน้ำดอกกราย จ. ระยอง ว่าอัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับการเพิ่มระดับอัตราความหนาแน่นของอัตราการปล่อยเลี้ยง นอกจากนี้แล้ว ความหนาแน่นของปลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารของปลา ปลาที่อยู่รวมกันอย่างหนาแน่น มีโอกาสจะได้รับอาหารไม่ทั่วถึง ทำให้เกิดการแย่งอาหารกัน ปลาที่มีขนาดเล็ก หรือมีร่างกายอ่อนแอจะม่มีโอกาสกินอาหารได้น้อยลง นอกจากนี้รายงานของ Vijayan และ Leatherland (1988) ในการเลี้ยงปลา Brook Charr ที่ความหนาแน่นสูงจะมีผลทำให้ปลาเกิดความเครียดได้สูง และส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่น (stocking density) นั้นเป็นปัจจัยควบคุมการเจริญเติบโตของปลาแต่ละตัวและกำลังผลิตของบ่อ (Hepher, 1997) อัตราการปล่อยปลาที่เหมาะสมซึ่งไม่ทำให้ปลาเกิดความเครียดจากการแย่งพื้นที่อยู่อาศัยและอาหาร จะทำให้ปลานำพลังงานที่ได้จากอาหารไปใช้ในการเติบโตมากกว่าการดำรงชีวิต (วีรพงศ์, 2536)

เนื่องจากอัตราการปล่อยเลี้ยงที่ 70 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นอัตราความหนาแน่นของการปล่อยเลี้ยงปลาน้อยที่สุดซึ่งน่าจะทำให้ปลาเกิดความเครียดน้อยสุด ส่งผลให้ปลาโตดีที่สุดและทำให้ขนาดของปลาในทรีตเมนต์ที่ 1 มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งบ่อ (homogenous size) จากการทดลองของสุวิภา (2544) ซึ่งทำการเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเพื่อดูการเติบโตของปลานิล โดยใช้ปลาขนาด 13.08 กรัมต่อตัว เลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาด 0.8 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 บ่อซึ่งแบ่งเป็น 4 ทรีตเมนต์โดยมีอัตราการปล่อย 50 ตัวต่อบ่อ มีระยะเวลาในการเลี้ยง 56 วัน ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทั้งบ่อทุก 1 สัปดาห์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ปลาในทรีตเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 67.48, 78.61, 76.68 และ 71.83 กรัมต่อตัว อัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 3.06, 2.54, 2.17 และ 2.86 ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน 1.94, 2.4, 2.22 และ 2.05 การใช้โปรตีนสุทธิ 12.23, 18.46, 20.92 และ 18.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของงานทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่ได้จากการทดลองในทรีตเมนต์ที่ 1 ที่ระดับความหนาแน่น 50 ตัวต่อ บ่อ

และจากผลการทดลองในด้านอัตราการรอดตายเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งสองระบบการเลี้ยง และนอกจากนี้พบว่า เมื่อเปรียบเทียบ ผลผลิตทั้งสองระบบ ในอัตราการปล่อยเลี้ยงเท่ากัน พบว่า ที่อัตราการปล่อยเลี้ยง ที่ 210 ตัว m^{-1} การเลี้ยงปลาในระบบถ่ายน้ำบางส่วนจะให้ผลผลิตมากกว่าการเลี้ยงในระบบปิด ($p < 0.05$) แต่ใน ภาพรวม ทั้งสองระบบการผลิต ให้ผลผลิตในทรีตเมนต์ที่ 3 มีผลผลิตต่อบ่อน้อยกว่าในทรีตเมนต์ที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับที่ สมปองและคณะ (2536) กล่าวว่า ขนาดของน้ำหนักเฉลี่ย ของปลา มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อยเพิ่มมากขึ้น และในทาง ตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อยมากขึ้นก็จะเป็นผลให้ผลผลิตปลา สุทธิเพิ่มมากขึ้นด้วย

จากการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในบ่อซีเมนต์ของกิจจาและพรรณศรี (2535) ซึ่ง ทำการปล่อยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร จำนวน 6 บ่อ ใช้ปลาขนาดเฉลี่ยประมาณ 6 กรัม ปล่อยในอัตรา 50 และ 100 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารเม็ดลอยน้ำที่มีระดับโปรตีน 17.5 เปอร์เซ็นต์ เปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดเวลาในอัตรา 13 ลิตรต่อนาที เลี้ยงนานเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามี ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 382.58 และ 399.02 กิโลกรัมต่อบ่อ หรือ 7.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ 8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.84 และ 2.0 ตามลำดับ และอัตราการรอดตายเท่ากับ 96.33 และ 96.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ผลการทดลองที่ได้พบว่าผลผลิตต่อตารางเมตรใกล้เคียงกัน

จากการทดลองของ Steve *et al.* (1999) ในการเลี้ยงปลา Lake Sturgeon ระยะ Juvenile ที่ระดับความหนาแน่น 150,300 และ 450 ตัวต่อตารางเมตร ระยะเวลา 5 สัปดาห์ ใน ระบบน้ำไหลที่อัตรา 38 ลิตรต่อนาที ได้ผลผลิตเท่ากับ 1.35, 2.5 และ 3.75 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ และพบว่ามีการแลกเนื้อเท่ากับ 7.2 นอกจากนี้ในด้านของน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

และนอกจากนี้จากการทดลองของ Vaiyapoch และ Korakod (2000) ในการเลี้ยงปลา Red Snapper ขนาด 4.16 ± 0.36 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่น 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์ เมตร ในบ่อขนาด $1 \times 1 \times 1.5$ เมตร พบว่าผลของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันและอัตราการแลกเนื้อไม่มี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่อัตราการเติบโตด้านน้ำหนักที่อัตราการปล่อย 100 , 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ กับที่ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร และมีผลผลิตเท่ากับ 4.20 ± 0.89 , 6.39 ± 0.91 และ 6.43 ± 0.85 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในการทดลองของ Suresh (1990) ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงปลานิลแดง ในบ่อซีเมนต์กลมที่มีระบบหมุนเวียนน้ำ เป็นระยะเวลา 70 วัน มีอัตราปล่อยที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้ปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 75 กรัมต่อตัว พบว่า ปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 128.9, 120.5 และ 119.8 กรัมต่อตัว และอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 2.38, 3.08 และ 4.28 ตามลำดับ

จากการทดลองของสมปองและคณะ (2536) ซึ่งทำการเลี้ยงปลานิลเพศผู้ น้ำหนักเริ่มต้น 8.3 กรัม ในกระชังขนาด $2 \times 2 \times 13.3$ เมตร ในอัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัวต่อตารางเมตร โดยให้อาหารเม็ดที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง ในอัตราประมาณ 5.2-2.6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวปลา หลังจากเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 375, 326 และ 310 กรัมต่อตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.32, 1.39 และ 1.40 และผลผลิตเท่ากับ 17.8, 29.2 และ 40.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง โดยที่ระดับความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ จะมีปริมาณน้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ดีกว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นที่ 100 และ 150 ตัวต่อบ่อ

คุณภาพปลาสดแล่นเนื้อ (สีของกล้ามเนื้อแดง ลักษณะเนื้อสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค) ไม่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องจากระบบที่เลี้ยงทั้งสองไม่เอื้อให้ตะกอนดินสะสม แบคทีเรียและแพลงค์ตอนไม่สามารถเติบโตในระบบได้ ประกอบกับอาหารที่ใช้เลี้ยงมีคุณภาพดีมีองค์ประกอบของสารเหมาะสมที่ปลากินแล้วไม่ทำให้เกิดกลิ่นสาบ (Roberts et al., 1982)

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตปลานิลแดง จะพบว่า อัตราการปล่อยเลี้ยงที่ 70 ตัว m^{-3} ให้ความคุ้มค่ามากที่สุด ในทั้งสองระบบการเลี้ยง ซึ่งในระบบปิด อัตราการปล่อยเลี้ยงที่ 70 ตัว m^{-3} ใช้ต้นทุนการเลี้ยงในด้านของต้นทุนอาหารต่ำที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบกับราคาผลผลิตพบว่าในทริตเมนต์ที่ 1 ได้ผลกำไร ในขณะที่ทริตเมนต์ที่ 2 ให้กำไรลดลงมา และขาดทุน ในทริตเมนต์ที่ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วัชรินทร์และไพบุลย์ (2002) ที่ทำการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินขนาด 300 ตารางเมตร เป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยใช้ลูกปลานิลขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 1.65 กรัม ที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 15 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเลี้ยงปลานิลทั้งด้านต้นทุนการผลิตและการเติบโตของปลานิลที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน ซึ่งพบว่าผลผลิตที่อัตราความหนาแน่น 15 ตัวต่อตารางเมตร มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร แต่เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตแล้ว ที่อัตราความหนาแน่น 15 ตัวต่อตารางเมตรมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า ที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร และนอกจากนี้ เมื่อคำนวณกำไรเบื้องต้นแล้ว ที่อัตราความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่น 15 ตัวต่อตารางเมตร มีกำไรสูงกว่าที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร ทั้งนี้เพราะว่าขนาดปลาที่ ณ อัตราความหนาแน่น 15 ตัวต่อตารางเมตร มีขนาดใหญ่ทำให้จับขายได้ในราคาที่สูงกว่าที่ความหนาแน่นที่ 30 ตัวต่อตารางเมตร

ผลผลิตของปลานอกจากจะแปรตามจำนวนหรืออัตราการรอดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตหรือขนาดของปลาเป็นหลักด้วย การทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าได้ผลผลิตน่าพอใจระดับหนึ่ง แต่ขนาดของปลานิลแดงในทุกระดับความหนาแน่นยังเล็ก ซึ่งก็ยังไม่ใช่ศักยภาพของการเลี้ยงปลานิลแดงขนาดตลาดที่แท้จริง อีกสาเหตุหนึ่งอาจเนื่องจากปลานิลแดงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้เป็นปลานิลแปลงเพศ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าในช่วงการเลี้ยงของสัปดาห์ที่ 6 มีลูกปลานิลเกิดเพิ่มขึ้นใหม่ และได้คัดแยกออกเลี้ยงต่างหาก

ข้อเสนอแนะ

การเลี้ยงปลานิลแดงที่ความหนาแน่น 70 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรทำให้ปลานิลแดงมีอัตราการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่ดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบในด้านต้นทุนอาหารพบว่าปลาที่เลี้ยงในความหนาแน่น 70 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรให้ความคุ้มค่ามากที่สุด แต่น้ำหนักสุดท้ายของปลานิลแดงในทุกระดับความหนาแน่นยังถือว่าน้อย ซึ่งยังไม่ใช่น้ำหนักที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการ และยังเป็นขนาดที่ยังไม่เหมาะสมที่จะทำเป็นชิ้นเนื้อสด (Filets) ได้ ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจเนื่องจากปลานิลแดงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้เป็นปลานิลแปลงเพศ 100 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองนี้พบว่าปลานิลแดงที่ใช้ในการเลี้ยงมีการเกิดลูก (Reproductive) ในทุกที่รีตเมนต์ ทำให้ซึ่งปลานิลจะนำเอาสารอาหารที่กินไปเพื่อใช้พัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ แทนที่จะนำไปใช้เพื่อการเติบโต ดังนั้นในการทดลองควรเลือกใช้ปลาที่การแปลงเพศที่สมบูรณ์ เพื่อที่จะได้ผลของระบบการเลี้ยงที่ชัดเจนขึ้น

ควรขยายเวลาการเลี้ยงให้ยาวนานขึ้น และ/หรือ ใช้ปลานิลแดงที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยต่อตัวที่มากขึ้น เพื่อเปรียบเทียบกับระบบการเลี้ยงแบบอื่น เช่น การเลี้ยงในกระชังในระบบเปิด จะทำให้เกษตรกรสามารถที่จะเปรียบเทียบ ข้อมูล เพื่อตัดสินใจในการเลือกระบบการผลิตปลานิลแดงที่เหมาะสมกับตัวเองได้

เอกสารอ้างอิง

- กองเศรษฐกิจการประมง. 2541. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. เอกสารฉบับที่ 9/2541 กรมประมง. 57 หน้า
- กาญจนรี พงษ์ฉวี, 2542. การเพาะพันธุ์ปลาทอง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม. การฝึกอบรม. กรมประมง. 19 – 23 น.
- กาหลง นิยมสุข, 2543. ผลของอัตราการให้อาหารต่อการเติบโตของปลาทอง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร. 34 น.
- กัจจา ใจเย็น และพรรณศรี จริโมภาส. 2536. การศึกษาเบื้องต้นในการเลี้ยงปลานิลสีแดงแบบหนาแน่นในบ่อซีเมนต์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 137. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรุงเทพฯ. 11 น.
- เครือวัลย์ สถิติรัตน์. 2542. ตลาดสัตว์น้ำตระกูลปลาหมอเทศ/ ปลานิล (Tilapia) ในซีกโลกตะวันออก. วารสารการประมง 52(3): 263-266.
- ช่วยชูศรี ศรีภูม้น และ จารุวรรณ สมศิริ. 2525. พืชเลี้ยงปลันของแอมโมเนียและไนโตรเจนที่มีต่อปลาอุกด้าน. วารสารการประมง. 35(4): 373-378.
- ดุสิต ต้นวิไลย, พุทธ ส่องแสงจินดา และคณิต ไชยาคำ. 2536. ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2536. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 16 น.
- ทวี วิพุทธานุมาศและจินตนา โตรณะโกศา .2539. การศึกษาอัตราการปล่อยที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาช่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2539 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 62-79 น.
- ทิพวรรณ แผ้วสกุล, 2530. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยสาหร่ายในระบบหมุนเวียนน้ำของถังนิเวศน์ เรืองพานิช และเจนจิตต์ คงกำเนิด .2535. ศึกษาปัจจัยบางประการที่เหมาะสมเพื่อป้องกันและลดอัตราการตายของลูกปลากะพงขาว(Lates calcarifer) อายุ12-30 วัน. รายงานสัมมนาวิชาการประจำปี 2535. กรมประมง. 206-209น.
- ปกรณ อุ่นประเสริฐ. 2527. ปลานิลแดง. วารสารการประมง 37(1): 229-234.
- ประวิทย์ สุรนิรนาถ, 2531. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 99 น.
- พรรณศรี จริโมภาส. 2531. ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย. วารสารกรมประมง 41(1): 40-43.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พุทธ ส่องแสงจินดา, สิริ ทุกขวินาศ, ชัชวาล อินทมนตรี และ ลักขณา ละอองศิริวงศ์. 2543. การบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลระบบปิดหมุนเวียนโดยใช้บ่อออกซิเดชันและระบบกรองด้วยทราย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2543. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทยจังหวัดสงขลา. 12 น.
- พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ต้นวิไลย. 2534. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1/2534. กรมประมง. 19-23น.
- เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. ปรานิล. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร, กรุงเทพฯ
- ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และนวลมณี พงศ์นา. 2539. หลักการเลี้ยงปลา. ข่าวกรมประมง สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 19-23น.
- มันสิน ตันฑุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2539. การจัดการคุณภาพและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 น.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และ วิมล จันทโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กรมประมง. กรุงเทพมหานคร. 95 น.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์. 2530. การเลี้ยงปลานิล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กองประมงน้ำจืด, กรมประมง กรุงเทพมหานคร. 112 น.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ และพรรณศรี จริโมภาส. 2530. ปลานิลสีแดง. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 10 สถาบันประมงแห่งชาติ กรมประมง. 12 หน้า
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 น.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 38 น.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2532. การควบคุมคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 15 น.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2538. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยงยุทธ ปรีดาลัยพะบุตร, เพิ่มศักดิ์ เฟิงมาก, พุทธ ส่องแสงจินดา, ศุภโยค สุวรรณมณี และวิชาญ ชูสุวรรณ. 2532. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2532. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา. 20 น.
- ยนต์ มุสิก. 2530. กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อปลา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 105 น.
- วัชรินทร์ รัตนชู และ ไพบุญย์ วัฒนกิจ. 2002. การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในบ่อดินที่ความหนาแน่นต่างกัน. วารสารการประมง. 55(1):33-46.
- วัยอ่อนให้มีขนาด 1 นิ้ว ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน. วารสารการประมง. 48(1):47-52.
- วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 166 น.
- วีรพงษ์ วุฒิพันธ์ชัย, 2536. อาหารปลา. มหาลัยบูรพา กรุงเทพฯ. 216 น.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 255 น.
- ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2538. การเพาะและอนุบาลปลาน้ำจืด. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ เทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 191 น.
- ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์. 2540. วิทยานิพนธ์เรื่องผลของความหนาแน่นที่มีต่อการเลี้ยงปลาดุกอุยเทศ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 12 น.
- สถาพร ดิเรกบุษราคัม. 2534. ผลของออกซิเจนระดับต่ำกระทบต่อตัวกุ้ง. รายงานสัมมนาเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง(ครั้งที่3). เกรทเทอร์นิวส์(มีนาคม). 1(3): 1-4.
- สมปอง หิรัญวัฒน์, บุญส่ง ศรีเจริญธรรม และ เรณู ปิติพรชัย. 2536. การเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำดอกกราย จ. ระยอง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 133. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด. กรุงเทพมหานคร. 36 น.
- สิริ ทุกขวินาศ, ขวัญฤทัย ถนอมเกียรติ และ ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง. 2542. ประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยวิธีชีวภาพ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2542. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน. 13 น.
- สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวลยวุฒิ และ วิสุทธิ์ ศรีชุมพวง. 2531. การเปรียบเทียบผลผลิตของลูกปลานิลและลูกปลานิลแดงที่เพาะในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 91. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กรุงเทพมหานคร. 15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุชาติ อิงธรรมจิตร, โสภ อารีรัตน์, ไพพรรณ เทียนทอง และเสาวคนธ์ วัลลีย์. 2534. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ แพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาดุก. รายงานสัมมนาวิชาการประจำปี 2534. กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. น. 203 –
- สุธรรม สิทธิเกษม, ชีระ เล็กชลยุทธ์และจาวรธรณ สมศิริ .2534. ผลกระทบของค่า pH ที่เป็นต่างต่อปลาน้ำจืด. รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่24.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 53-59น.
- สุวิภา เจียวกัก, 2544. ผลของการเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้อากาศของโรงงานผลิตแอมันสำปะหลัง.ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร. 50 น.
- อรพินท์ จินตสถาพร, สุรศักดิ์ ชมเชย และ ธงชัย ธรรมเสฐียร. 2538. การทดลองอนุบาลลูกปลาสลิดอ่างเก็บน้ำดอกกราย จ. ระยอง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 133. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด. กรุงเทพมหานคร. 36 น.
- American Public Health Association. 1980. Standard Method for the Examination Water and Wastewater. Washington D.C. 1134 p.
- Association of Official Analysis Chemist. 1984. Official Method of Analysis. 15th edition. Arlington, Virginia.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Auburn University, Alabama. 318 p.
- Cipriano R.C., G.L Bullock and A. Noble. 1996. Nature of *Aeromonas salmonicida* Carriage on Asymptomatic Rainbow trout Maintained in A Culture System with Recirculating Water and Fluidized and Biofilters. Journal of Aquatic Animal Health. 8:47-51.
- Fast, A. W. 1986. Pond Production System: Water Quality Management Practices. p.141-167. In J. E. Lannan, R. O. Smitherman and G. Tchobanoglous. Principles and Practies of Pond Aquaculture. Oregon State University Press. Corvallis, Oregon.
- Hargrove, L.L.,P.W. Westerman and T.M. Losordo. 1996. Nitrification in Three-stage and Single-stage Floating Bead Biofilters in Laboratory-scale Recirculating Aquaculture System. Aquaculture Engineering 15(1): 67-80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hepher, B. and Y. Pruginin. 1981. Commercial Fish Farming: with Special Reference to Fish Culture in Israel. John Wiley & Sons. New York, U. S. A. 261 pp. Hasam, PJ Macintosh. SJ Kaushik and Pluquet, 1993. Fish nutrition in practice. p.767-774.
- Kikuchi, K.1995. Nitrogen Excretion Rate of Japanese Flounder a Criterion for Designing Closed Recirculating Culture System. The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh. 47(3-4):122-128.
- Lake Sturgeon Reared in Tank at Three Densities . North American Journal of Aquaculture. 61: 331-335.
- National Inland Fisheries Institute. 1993. Annual Seminar on Fisheries 15-17 September 1993. Department of Fisheries. Bangkok. Thailand.
- Roberts R.J and C. Sommerville. 1982. Disease of Tilapias, p. 247-263. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceeding 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Suresh, A. V., 1990. Influence of Stocking Density on Red Tilapia Production in Circulation System. M.Sc. Thesis, Asin Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 61 p.
- Twarowska, J. G., P. W. Westerman and T. M. Losordo. 1997. Water Treatment and Waste Characterization Evaluation of an Intensive Recirculating Fish Production System. Aquacultural Engineering 16(1997):133 – 147.
- Vaiyapoch Kruesanae and Korakod Sunpeth. 2000. Effect of Nursing Density on Growth Feed Conversion and Survival of Red Snapper Reared in Net Cages From 4 to 5 Cm With Minced Fishes. [Online]. Available :[http://www. Fisheries.go.th/dof-thai/Zycon/Project2000.html](http://www.Fisheries.go.th/dof-thai/Zycon/Project2000.html).
- Vijayan, M.M. and Leatherland, J.F. 1998. Effect of Stocking Density on Growth and Production of Red Tilapia in a Recirculated Water System. Aquaculture Engineering 11: 1-22.
- Wheaton, F. W., J. N. Hochheimer, G. E. Kaiser, R. F. Malone, M. J. Krones, G. S. Libey and C. C. Easter. 1994. Nitrification Filter Design Methods. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 27:167 – 171.

ภาคผนวกที่ 1 ต้นทุนการผลิตปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงแบบปิดและระบบการเลี้ยงที่ถ่ายน้ำบางส่วน

อัตราการปล่อย(ตัว)	ราคาลูกพันธุ์ปลา (บาท)	ค่าอาหาร (บาท)	รวมต้นทุนผันแปร (บาท)	ราคาผลผลิต (บาท)	รายได้สุทธิ (บาท ปอ ⁻¹ crop ⁻¹)
ระบบปิด					
70 ตัว ต่อลูกบาศก์เมตร	50.75	230.1	280.85	413.7	132.85
140 ตัว ต่อลูกบาศก์เมตร	75.00	476.12	551.12	659.1	107.98
210 ตัว ต่อลูกบาศก์เมตร	112.5	741.9	854.4	672.9	-181.5
ระบบถ่ายน้ำบางส่วน					
70 ตัว ต่อลูกบาศก์เมตร	50.75	302.4	353.15	409.5	56.35
140 ตัว ต่อลูกบาศก์เมตร	75.00	553.08	628.08	576.3	-51.78
210 ตัว ต่อลูกบาศก์เมตร	112.5	111,9.09	1,231.59	782.4	-449.19

หมายเหตุ

- ปลาอุกเล็กพิเศษ กก ละ 20 บาท
 - ปลาอุกใหญ่ กก ละ 14 บาท
 - อาหารปลาकिनพีช กก ละ 9.5 บาท
- ราคาผลผลิต - ปลานิลแดงขนาด 190 กรัมขึ้นไป ราคา 35 บาทต่อกก
 - ปลานิลแดงขนาดเล็กกว่า 190 กรัม ราคา 30 บาทต่อกก
 (-) หมายถึงขาดทุน