



รายงานผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

ระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงบูรณาการร่วมกับผักตบชวาในบ่อกัก
น้ำเสียเพื่อการบำบัดน้ำ และ เพื่อผลผลิตจระเข้ น้ำจืด

INTEGRATION SYSTEMS OF NILE TILAPIA AND
WATERHYACINTH CULTIVATION IN THE WASTEWATER
STOCKING POND FOR WATER TREATMENT AND
FRESHWATER CROCODILE PRODUCTION

โดย

บุญญ์ติ มนเทียรอาสน์ ภูสิต ปุณณณิ จิราภรณ์ กิติกุล

และ พิมพร มนเทียรอาสน์



รายงานผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง ระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงบูรณาการร่วมกับผักตบชวาในบ่อกักน้ำเสียเพื่อการ
บำบัดน้ำและเพื่อผลผลิตจระเข้น้ำจืด

INTEGRATION SYSTEMS OF NILE TILAPIA AND WATERHYACINTH
CULTIVATION IN THE WASTEWATER STOCKING POND FOR WATER
TREATMENT AND FRESHWATER CROCODILE PRODUCTION

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2548 – 2549

จำนวน 792,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายบัญญัติ มนเทียรอาสน์

ผู้ร่วมโครงการ นายภูสิต ปุคมณี

น.ส. จิราภรณ์ กิติกุล

นางพิมพ์ร มนเทียรอาสน์

งานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2549

คำนิยม

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สภาวิจัยแห่งชาติ, สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, คุณอนุภาพ คุณาผล, นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและระดับปริญญาตรีทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ จนงานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญญัติ มนเทียรอาสน์
หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ค)
รายงานผลการทดลองช่วงแรกปี 2548	
การทดลองที่ 1 และ 2 : : การสะสมโลหะหนักแคดเมียมในเนื้อ	
ปลานิลที่ทดลองเลี้ยงในบ่อกักน้ำเสียที่ความหนาแน่น 3 ระดับ	1
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	2
อุปกรณ์และวิธีการ	4
ผลการทดลอง	6
วิจารณ์ และ สรุปผลการทดลอง	10
รายงานผลการทดลองช่วงที่สองปี 2549	
การทดลองที่ 3 : แนวทางการใช้ประโยชน์จากเนื้อปลานิลที่ปนเปื้อน	
แคดเมียมเพื่อผลิตจระเข้ไฟฟ้า	11
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลการทดลอง	13
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	16
เอกสารอ้างอิง	17

(ก)

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพน้ำเสียโดยทั่วไปก่อนเข้าระบบ	5
2	ค่าเฉลี่ยปริมาณแคะเมียมที่อยู่ในน้ำผสมตะกอนของบ่อกักน้ำเสียประมงระหว่างมกราคม-พฤศจิกายน 2548	6
3	ค่าเฉลี่ยปริมาณแคะเมียมที่อยู่ในเนื้อปลานิล ระหว่างมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2548	7
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคะเมียมดูดซับในปลานิลกับความหนาแน่นปลา 3 ระดับ	7
5	ค่าเฉลี่ยความยาวลูกปลานิลในบ่อกักน้ำเสียประมงระหว่างมกราคม-พฤศจิกายน 2548	8
6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคะเมียมดูดซับในปลานิลกับความยาวปลา	8
7	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักลูกปลานิลในบ่อกักน้ำเสียประมง ระหว่างมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2548	9
8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคะเมียมดูดซับในปลานิลกับน้ำหนักปลา	9
9	น้ำหนักเฉลี่ยของลูกจระเข้ที่เพิ่มขึ้นในเวลา 5 เดือน	13
10	ความยาวเฉลี่ยของลูกจระเข้ที่เพิ่มขึ้นใน 5 เดือน	14
11	การวิเคราะห์ทางสถิติ(Analysis of variance)ข้อมูลน้ำหนักของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง	14

12	การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลน้ำหนักของ ลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง	15
----	---	----

(ข)

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	การวิเคราะห์ทางสถิติ(Analysis of variance)ข้อมูลความยาว ของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง	15
14	การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลความยาวของ ลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง	16

(ค)

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สภาพภูมิทัศน์ของบ่อบำบัดน้ำเสีย	4
2	กระชังเลี้ยงลูกปลานิลทดลอง	4
3	การวัดความยาวลูกจระเข้ น้ำจืด	12
4	การเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงลูกจระเข้	12

รายงานผลการทดลองช่วงแรกปี 2548

การทดลองที่ 1 และ 2 : การสะสมโลหะหนักแคดเมียมในเนื้อ
ปลานิลที่ทดลองเลี้ยงในบ่อกักน้ำเสียที่ความหนาแน่น 3 ระดับ

การใช้ปลานิลดูดซับแคดเมียมในบ่อกักน้ำเสีย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

Utilization of Nile Tilapia for Cadmium Adsorption in the wastewater
Stocking Pond, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic
Resources, Maejo University, Chiang-mai.

บุญยัติ มนเทียรอาสน์¹ ภูสิต ปุณณ² จิราภรณ์ กิตติกุล² และ พิมพร มนเทียรอาสน์²

1 คณะเทคโนโลยีการประมง และ ทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

2 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

เลี้ยงลูกปลานิลเพื่อดูดซับแคดเมียมในบ่อกักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและ
ทรัพยากรทางน้ำ ระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤศจิกายน 2548(11 เดือน) โดยเลี้ยงปลานิลใน
กระชังจำนวน 3 จุดคือ จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อบำบัด จุดกลางบ่อบำบัด และจุดปลายทางก่อน
ปล่อยน้ำทิ้งออกจากบ่อบำบัด ผลการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่ดูดซับ
ในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงทั้งสามจุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยเรียงลำดับจากจุดที่มีการดูดซับเฉลี่ยมากที่สุดไปน้อยได้ดังนี้ จุดกลางบ่อ
บำบัด (57.47 มิลลิกรัม/กรัม) จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อบำบัด (53.51 มิลลิกรัม/กรัม) และจุด
ปลายทาง (51.20 มิลลิกรัม/กรัม) ตามลำดับ ส่วนความหนาแน่นทั้งสามระดับของการเลี้ยงปลา
นิล (1,2 และ 3 ตัว/ตารางเมตร)ในแต่ละชุดกระชังไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติต่อ

ระดับการดูดซับแคดเมียมในเนื้อปลา นอกจากนี้จากการศึกษาผลของแคดเมียมต่อการเจริญเติบโตของลูกปลานิลที่วัดจากขนาดและน้ำหนักปลานั้น พบว่า ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมทั้งสามจุดทดลองไม่มีผลต่อทั้งขนาดและความยาวปลาในทางสถิติ

Abstract

Utilization of Nile tilapia for cadmium adsorption in the wastewater stocking pond at Maejo university between January and November 2005. Three experimental stations in wastewater were decided, inlet, middle-pond and outlet water, respectively. Result showed that Cd-adsorption in fish at three experimental stations were significance (95%, $p < 0.05$); 57.47 mg/g at middle-pond, 53.51 mg/g at inlet and 51.20 mg/g at outlet water, respectively. In contrast to the relationships between Cd-adsorption and number of fish per area (1, 2, 3 fish/m²), fish length, fish weight, were not clearly significance.

คำนำ

ระบบการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยในปัจจุบันนี้ ต่างนิยมใช้เทคนิคชีววิธีโดยอาศัยหลักทางนิเวศน์เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Bioremediation or Self-purification techniques) เนื่องจากเป็นระบบที่ลงทุนทางด้านแรงงานและมีค่าใช้จ่ายทางด้านเทคโนโลยีค่อนข้างต่ำ แต่หัวใจสำคัญของระบบนี้นั้น อยู่ที่การคัดเลือกชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตที่จะใช้เป็นส่วนประกอบของระบบ ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันและให้ผลตอบสนองต่อการดูดซับอินทรีย์และอนินทรีย์สารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียได้ในปริมาณที่มากพอและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นด้วย การดูดซับอินทรีย์และอนินทรีย์สารเข้าสู่เซลล์เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนั้น สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทั้งจากการแพร่ซึมผ่านเนื้อเยื่อโดยตรง (Osmosis) และทั้งที่ผ่านปฏิกิริยาเข้ามาจากการกินอาหารของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ของเสียทั้งที่อยู่ในรูปอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร โดยเฉพาะกลุ่มโลหะหนักในบ่อฯ จะถูกย่อยสลายและถูกดูดเข้าสะสมในร่างกายโดยระบบชีวภาพภายในบ่อซึ่งมีสัตว์หน้าดินได้น้ำ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และพืชน้ำเช่นผักตบชวาเป็นผู้ทำหน้าที่ย่อยสลายและดูดซับร่วมกับกลุ่มแบคทีเรียและจุลชีพชนิดอื่นๆ (Abdel-Hamid *et al.*, 1992 ; Agami *et al.*, 1990) ทำให้สามารถดูดซับและลดปริมาณของเสียในน้ำได้ในระดับหนึ่ง แต่ในขณะเดียวกันกลุ่มประชากรปลาบางชนิดที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบ่อฯดังกล่าวได้และสามารถกินสิ่งมีชีวิต

ทั้งพืชและสัตว์ได้อีกเช่นกันคือ ปลานิล ก็เป็นอีกจุดหนึ่งที่น่าจะมีผลโดยตรงต่อการช่วยลดปริมาณของเสียและโลหะหนักในบ่อบำบัดน้ำเสียดังกล่าวได้จากการช่วยกินสิ่งต่างๆและอาจมีการดูดซับและสะสมโลหะหนักในร่างกายปลานิลในระดับหนึ่งด้วย สนับสนุนสมมุติฐานนี้จากรายงานของเดชา และคณะ(2543) ซึ่งได้ทำการวิจัยโดยเลี้ยงปลาสามชนิดได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน และปลายี่สกเทศ ในบ่อบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรีพบว่า ปลาทั้งสามชนิดดังกล่าวสามารถดูดซับและสะสมโลหะหนักได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว โครเมียม นิเกิล อาร์เซนิก และปรอท ในปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพบ่อและอายุของปลา ดังนั้น หากมีการเพิ่มความหนาแน่นของประชากรปลานิลในบ่อบำบัดน้ำเสียในการทดลองนี้ นอกจากจะเป็นการเพิ่มผลผลิตปลานิลต่อพื้นที่โดยตรงแล้ว ยังคาดว่าจะเป็นการเพิ่มโอกาสของการดูดซับสารต่างๆและโลหะหนัก จากน้ำเสียเข้าสู่ตัวปลานิลอีกเช่นกัน อีกทั้งผลผลิตปลานิลเหล่านี้ หากมีปริมาณสะสมสารพิษโลหะหนักในระดับที่ไม่เป็นอันตราย ก็ยังสามารถนำไปเพิ่มคุณค่าโดยการใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์กินเนื้อชนิดอื่นๆเช่นจระเข้ต่อไปได้

ระบบการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้ผักตบชวาร่วมกับการนำผลผลิตผักตบชวาที่ได้ไปใช้เป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยหมักอย่างต่อเนื่องนั้น มีการศึกษาและสรุปผลออกมาแล้วว่าสามารถทำได้ผลดี กลุ่มค่า และสามารถลดต้นทุนการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรได้ (Abdelhamid and Gabra, 1991 ; Ahmed *et al.*, 1995) ประกอบกับในสภาพความเป็นจริงนั้น บ่อบำบัดน้ำหรือบ่อบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพของภาควิชาเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นบ่อที่มีปลานิลทั้งจากธรรมชาติและการทดลองปล่อยเลี้ยงอยู่อาศัยเป็นบางส่วนอยู่แล้ว ดังนั้น หากจะมีการทดลองโดยเพิ่มความหนาแน่นของปลานิลให้มากยิ่งขึ้นในระดับต่างๆ โดยมีการศึกษาอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอินทรีสารและอนินทรีสารตกค้างทั้งในน้ำและในเนื้อเยื่อผักตบชวาและปลานิล โดยเฉพาะกลุ่มโลหะหนักซึ่งเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตนั้น จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งการเพิ่มผลผลิตปลานิล การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยใช้ปลานิลเป็นตัวดูดซับ และเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจที่จะนำผลผลิตปลานิลที่ผลิตได้จากบ่อบำบัดน้ำเสียนี้ไปเพิ่มคุณค่าโดยการใช้เลี้ยงสัตว์กินเนื้อเช่นจระเข้ได้หรือไม่ ซึ่งถ้าหากทราบอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสม อัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด รวมทั้งทราบปริมาณสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อปลานิลดังกล่าวนี้แล้ว จะเป็นประโยชน์ต่อการลดต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงจระเข้ของภาควิชาเทคโนโลยีการประมงได้อีกทางหนึ่งด้วย จึงเป็นที่มาของปัญหาและความสำคัญของงานวิจัยชิ้นนี้

จุดประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อค้นหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับไว้ในเนื้อเยื่อปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ
2. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ
3. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมบ่อดทดลอง

ใช้บ่อพักน้ำเสียของภาควิชาเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขนาดพื้นที่ 1,500 ตารางเมตร (30 x 50 เมตร) เป็นบ่อดทดลอง ก่อนใช้บ่อดทดลองจะเปิดระบายน้ำทิ้งทั้งบ่อและตากบ่อให้แห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน เพื่อกำจัดปลาชนิดอื่นที่ปะปนอาศัยภายในบ่อนี้มาก่อน หลังจากนั้นจึงเปิดน้ำเข้าสู่บ่อและควบคุมระดับน้ำในบ่อไว้ที่ระดับความลึกประมาณ 50-80 เซนติเมตรตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1,2)



ภาพที่ 1 สภาพภูมิทัศน์ของบ่อบำบัดน้ำเสีย

ภาพที่ 2 กระชังเลี้ยงลูกปลานิลทดลอง

คุณภาพน้ำเสียโดยทั่วไปก่อนเข้าระบบแสดงใน ตารางที่ 1
ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำเสียโดยทั่วไปก่อนเข้าระบบ

คุณภาพน้ำเสียก่อนเข้าระบบ (Wastewater characteristics)	ระดับค่า (Values)
1. Water transparency (cm.)	20
2. Total Dissolved Solids (TDS) (mg/l)	1.15
3. Total Suspended Solids (TSS) (mg/l)	1.50
4. pH	7.0
5. Dissolved Oxygen (DO) (mg/l)	4.0
6. Biochemical Oxygen Demand (BOD) (mg/l)	3.68
7. Chemical Oxygen Demand (COD) (mg/l)	32.0
8. Orthophosphate (PO_4 -P) (mg/l)	0.13
9. Nitrate-N (mg/l)	0.21
10. Nitrite-N (mg/l)	0.65
11. Cadmium (mg/l)	0.01

การเตรียมลัตว์ทดลอง

ปลานิลที่ใช้ทดลองเป็นปลานิลขนาดความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร โดยซื้อจากโรงเพาะฟักเอกชน นำปลานิลมาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตารางเมตร ที่จึงวางในบ่อคอนกรีตระบบน้ำหมุนเวียนในโรงเพาะฟักของภาควิชาเทคโนโลยีการประมง ด้วยความหนาแน่น 7-10 ตัว/ตารางเมตร เป็นเวลา 1 วัน ก่อนทำการสุ่มชั่งน้ำหนักตัวปลานิลเริ่มต้นก่อนปล่อยเลี้ยงในบ่อทดลองที่ระดับความหนาแน่นตามที่กำหนดในระเบียบวิธีวิจัยในแผนการทดลองต่างๆ

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาความเข้มข้นสะสมของแคดเมียม(Cd)ในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 3 ระดับ ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแคดเมียม 3 ระดับ

วางแผนการทดลองแบบ Split-plot Experiment Design 3x3 โดยสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาทดลอง 11 เดือนปลานิลด้วยอัตราความหนาแน่น 1 , 2 และ 3 ตัว/ตารางเมตร ลงในแต่ละบล็อกที่กั้นภายในบ่อพักน้ำเสีย ตั้งแต่จุดต้นน้ำที่สันนิษฐานว่ามีความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำสูง จุดกลางน้ำที่มีความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำปานกลาง และจุดปลายน้ำซึ่งมีความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำต่ำ ให้อาหารเสริมเป็นอาหารเม็ดปลากินพืช

สำหรับปลานิล โดยให้อาหารวันละครั้งในตอนเย็น ด้วยอัตรา 50% ของน้ำหนักตัวใน 15 วันแรก และ 10% ของน้ำหนักตัวใน 165 วันหลัง ตรวจสอบหาแคดเมียมทั้งในน้ำเสีย ในร่างกาย ปลานิล เมื่อเริ่มต้นและหลังจากปล่อยเลี้ยงแล้วทุกๆ 14 วัน เมื่อครบกำหนดการทดลองทำการตากบ่อให้แห้งทิ้งไว้ 7 วันก่อนเริ่มการทดลองครั้งต่อไป วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Sirichai Statistics 6.0

ผลการทดลอง

1. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับไว้ในเนื้อเยื่อปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับ ความหนาแน่นในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแคดเมียม 3 ระดับ

ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่อยู่ในน้ำผสมตะกอนตลอดการเก็บข้อมูล 11 เดือนพบว่า จะมีปริมาณจากมากไปน้อยเรียงตามลำดับดังนี้ จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ(0.146 มิลลิกรัม/ลิตร) จุดปลายทาง(0.087 มิลลิกรัม/ลิตร) และจุดกลางบ่อ(0.076 มิลลิกรัม/ลิตร) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในน้ำผสมตะกอนของบ่อพักน้ำเสียประมงระหว่าง มกราคม-พฤศจิกายน 2548

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยแคดเมียม(มก/ล) ในน้ำผสมตะกอน	ลำดับที่ความเข้มข้นของ แคดเมียม ในน้ำผสมตะกอน
จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ	0.146	1
จุดกลางบ่อ	0.076	3
จุดปลายทางบ่อ	0.087	2

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่สะสมในเนื้อปลานิลที่เลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่นในจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 3 จุดจากตารางที่ 1 พบว่า เนื้อปลานิลจะสะสมแคดเมียมในปริมาณเฉลี่ยจากมากไปน้อยเรียงตามลำดับดังนี้ จุดกลางบ่อ(57.47 มก/ก) จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ(53.51 มก/ก) และจุดปลายทางบ่อ (51.20 มก/ก) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในเนื้อปลานิล ระหว่างมกราคม-พฤศจิกายน 2548

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยแคดเมียม(มก/ก) ในเนื้อปลานิล	ลำดับที่ความเข้มข้นของ แคดเมียม ในเนื้อปลานิล
จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ	53.51	2
จุดกลางบ่อ	57.47	1
จุดปลายทางบ่อ	51.20	3

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิจัยเพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับไว้ในเนื้อเนื้อปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแคดเมียม 3 ระดับ พบว่า ระดับการสะสมแคดเมียมในปลานิลแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (A) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างชัดเจน($F = 10.8405^*$, $P < 0.05$) แต่การสะสมแคดเมียมในปลานิลที่เลี้ยงในทุกกระชังทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น (B) ของทุกๆจุดเก็บตัวอย่างกลับไม่แสดงความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมที่ดูดซับในตัวปลานิลที่เลี้ยงทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น (A x B) ก็ไม่แสดงความแตกต่างกันในทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมดูดซับในปลานิลกับความหนาแน่นปลา 3 ระดับ

Problem Identification		Procedure		Split Plot		
Source	df	SS	MS	F	F(0.05)	F(0.01)
REP	2	54.0739	27.0370	3.2375	6.94	18.00
A	2	181.0600	90.5300	10.8405*	6.94	18.00
ERROR A	4	33.4044	8.3511			
B	2	5.0615	2.5307	0.6572 ns	3.89	6.93
A X B	4	14.4583	3.6146	0.9386 ns	3.26	5.41
ERROR B	12	46.2100	3.8508			
TOTAL	26	334.2680	12.8565			

GRAND MEAN = 54.0581 / C.V. A = 5.3458% / C.V. B = 3.6301 %

2. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ

ความยาวเฉลี่ยของลูกปลานิลตลอดการเก็บข้อมูล 11 เดือนพบว่า จะมีความยาวเฉลี่ยเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้ จุดปลายทาง(259.61 มม) จุดกลางบ่อ(247.84 มม) และจุดปล่อยน้ำเสีย(247.61 มม) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความยาวลูกปลานิลในบ่อพักน้ำเสียประมง ระหว่างมกราคม-พฤศจิกายน 2548

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความยาวปลานิล(มม)	ลำดับที่ความยาวปลานิล
จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ	247.61	3
จุดกลางบ่อ	247.84	2
จุดปลายทางบ่อ	259.61	1

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิจัยเพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลูกปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น(B) ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ(A) พบว่า ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง(A) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างชัดเจน ($F=7.4750^*$, $P<0.05$) แต่ความยาวของลูกปลานิลที่เลี้ยงทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น(B) ในทุกๆจุดเก็บตัวอย่างกลับไม่แสดงความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียที่ดูดซับในตัวปลานิลที่เลี้ยงทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น (A x B) ก็ไม่แสดงความแตกต่างกันในทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียดูดซับในปลานิลกับความยาวปลา

Problem Identification		Procedure		Split Plot		
Source	df	SS	MS	F	F(0.05)	F(0.01)
REP	2	22.5672	11.2836	0.1988	6.94	18.00
A	2	848.4749	424.2375	7.4750*	6.94	18.00
ERROR A	4	227.0152	56.7538			
B	2	3.7829	1.8915	0.0329 ns	3.89	6.93
A X B	4	274.4864	68.6216	1.1938 ns	3.26	5.41
ERROR B	12	689.8078	57.4840			
TOTAL	26	2066.1345	79.4667			

GRAND MEAN = 251.6872 / C.V. A = 2.9932% / C.V. B = 3.0124 %

3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ

น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลานิลตลอดการเก็บข้อมูล 11 เดือนพบว่า จะมีน้ำหนักเฉลี่ยเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้ จุดปลายทาง (1,320.19 กรัม) จุดปล่อยน้ำเสีย (1,220.33 กรัม) และจุดกลางบ่อ (1,112.86 กรัม) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักลูกปลานิลในบ่อพักน้ำเสียประมง ระหว่างมกราคม-พฤศจิกายน 2548

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลานิล(กรัม)	ลำดับที่ขนาดน้ำหนักปลานิล
จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ	1,220.33	2
จุดกลางบ่อ	1,112.86	3
จุดปลายทางบ่อ	1,320.19	1

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิจัยเพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของลูกปลานิลที่ปล่อยเลี้ยง 3 ระดับความหนาแน่น (B) ในบ่อพักน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 3 ระดับ (A) พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียที่ดูดซับในตัวปลานิลที่เลี้ยงทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นและน้ำหนักปลา (A x B) ไม่แสดงความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียดูดซับในปลานิลกับน้ำหนักปลา

Problem Identification		Procedure		Split Plot		
Source	df	SS	MS	F	F(0.05)	F(0.01)
REP	2	9516.7623	4758.3812	0.1684	6.94	18.00
A	2	193499.4882	96749.7441	3.4243 ns	6.94	18.00
ERROR A	4	113014.0027	28253.5007			
B	2	19790.9192	9895.4596	0.4768 ns	3.89	6.93
A X B	4	114587.1460	28646.7865	1.3803 ns	3.26	5.41
ERROR B	12	249043.4225	20753.6185			
TOTAL	26	699451.7409	26901.9900			

GRAND MEAN = 1217.7926 / C.V. A = 13.8027% / C.V. B = 11.8297 %

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากข้อมูลเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมที่พบในน้ำผสมตะกอนและที่พบในเนื้อปลานิล (ตารางที่ 2,3) นั้นเป็นที่น่าสังเกตว่า จุดที่เนื้อปลานิลดูดซับแคดเมียมมากที่สุดนั้นไม่ใช่จุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะกระแสน้ำบริเวณจุดปล่อยน้ำเสียไหลแรงไม่เหมาะต่อการตกตะกอน ดังนั้นตะกอนแคดเมียมจึงมาเริ่มตกสู่พื้นบ่อมากที่สุด ในจุดถัดมาคือบริเวณกลางบ่อ ปลานิลมีพฤติกรรมชอบหาอาหารตามก้นบ่อและชอบกระชัง ดังนั้นปลานิลในชุดทดลองกลางบ่อจึงได้รับแคดเมียมที่ติดมากับตะกอนและสาหร่ายมากกว่าจุดอื่น สำหรับข้อมูลเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมในน้ำผสมตะกอนบริเวณกลางบ่อจะพบน้อยที่สุดนั้น อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการเก็บข้อมูลบริเวณนี้ที่ผู้เก็บไม่สามารถสูบน้ำที่ปนเปื้อนตะกอนก้นบ่อขึ้นมาได้อย่างสมบูรณ์ เพราะกลางบ่อมีความลึกมากนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติกลับพบว่า ปริมาณแคดเมียมดูดซับในเนื้อปลานิลทั้งสามจุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) แสดงว่า การตกตะกอนของแคดเมียมในน้ำทั้งสามจุดมีต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ระดับความหนาแน่นที่ใช้เลี้ยงปลานิลทั้ง 3 ระดับ (1,2 และ 3 ตัว/ตร.ม) ไม่มีผลใดๆต่อการเร่งประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมเข้ามาในร่างกายปลาได้มากนักแตกต่างกัน

จากข้อมูลความยาวเฉลี่ยลูกปลานิลพบว่า ลูกปลานิลที่เลี้ยงในจุดที่ห่างไกลจากจุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อมีค่าเฉลี่ยความยาวมากกว่าลูกปลานิลที่เลี้ยงในจุดอื่นๆ (ตารางที่ 5) แต่ในการวิเคราะห์สถิติกลับพบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในลูกปลานิลในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างนี้ไม่มีความสัมพันธ์ใดๆกับความยาวของลูกปลานิล และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5 และ 7 เปรียบเทียบกันจะพบว่า ลูกปลานิลที่เลี้ยงในจุดปลายทางจะมีความยาวและน้ำหนักมากที่สุด ดังนั้นจึงสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ปริมาณแคดเมียมที่ตกตะกอนในบ่อพักน้ำเสียและถูกดูดซับในเนื้อปลานิลที่เลี้ยงบริเวณจุดปล่อยน้ำเสีย จุดกลางบ่อ และจุดปลายทางก่อนปล่อยน้ำทิ้งออกจากบ่อ มีปริมาณแตกต่างกันอย่างชัดเจนทางสถิติ
2. ปริมาณแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสีย คณะเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ไม่มีอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ใดๆในทางสถิติกับการเจริญเติบโตของลูกปลานิล
3. อัตราความหนาแน่นของลูกปลานิลที่ปล่อยเลี้ยงตั้งแต่ 1,2 และ 3 ตัว/ตารางเมตร ในกระชังขนาด 3.0x4.0x1.5 เมตร ภายในบ่อพักน้ำเสียนี้ ไม่มีผลต่อการเร่งประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมออกจากน้ำและตะกอนของบ่อ

4. การลดลงของแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสียนี้ คาดว่าจะเกิดจากอิทธิพลอื่นๆภายในบ่อรวมด้วย เช่น อัตราการไหลของมวลน้ำ การตกตะกอน การดูดซับโดยสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากปลานิลภายในบ่อ เป็นต้น
5. ปลานิลทดลองสามารถมีชีวิตอยู่ในบ่อพักน้ำเสียได้ตลอดการทดลอง ดังนั้นจึงสามารถนำปลานิลที่ได้ไปสร้างมูลค่าเพิ่มต่อธุรกิจการเลี้ยงจระเข้ น้ำจืดได้ตลอดปี

รายงานผลการทดลองช่วงที่สองปี 2549

การทดลองที่ 3 : แนวทางการใช้ประโยชน์จากเนื้อปลานิลที่ปนเปื้อน แคดเมียมเพื่อผลิตจระเข้ น้ำจืด

จุดประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อหาแนวทางการเพิ่มคุณค่าปลานิลจากบ่อพักน้ำเสีย โดยนำไปใช้เลี้ยงลูกจระเข้ น้ำจืด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมบ่อทดลอง

บ่อเลี้ยงปลานิล

ใช้บ่อพักน้ำเสียของภาควิชาเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขนาดพื้นที่ 1,500 ตารางเมตร (30 x 50 เมตร) เป็นบ่อทดลอง ก่อนใช้บ่อทดลองจะเปิดระบายน้ำทิ้งทั้งบ่อและตากบ่อให้แห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน เพื่อกำจัดปลาชนิดอื่นที่ปะปนอาศัยภายในบ่อนี้มาก่อน หลังจากนั้นจึงเปิดน้ำเข้าสู่บ่อและควบคุมระดับน้ำในบ่อไว้ที่ระดับความลึกประมาณ 50-80 เซนติเมตรตลอดการทดลอง

บ่อเลี้ยงจระเข้ น้ำจืด

บ่อคอนกรีตขนาด 1x1x1 เมตร จำนวน 23 บ่อ มีโครงหลังคาติดตั้งม่านลวดแสงแดด ระบบน้ำของบ่อทดลองเป็นแบบระบบไหลเวียนตลอดเวลา ทุกบ่อมีตาข่ายเหล็กปิดป้องกันการรบกวนของบุคคลภายนอก

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลานิล ปล่อยปลานิลลงเลี้ยงในกระชังที่วางไว้ในบ่อพักน้ำเสียด้วยอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สรุปได้จากการทดลองที่ 1-2 (คือ 3 ตัว / ตารางเมตร) ให้อาหารเม็ดปลากินพืช

สำหรับปลานิล โดยให้อาหารวันละครั้งในตอนเย็น ด้วยอัตรา 50% ของน้ำหนักตัวใน 15 วันแรก และ 10% ของน้ำหนักตัวใน 75 วันหลัง ระยะเวลาการเตรียมปลานิลชุดแรก สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงจระเข้นาน 90 วัน (3 เดือน) หลังจากนั้นจะปล่อยปลานิลชุดที่สองลงในบ่อพักน้ำเสียโดยตรง ทำการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเม็ดร่วมกับอาหารธรรมชาติในบ่อพักน้ำเสียตลอดการทดลองเพื่อใช้เป็นอาหารสดเลี้ยงจระเข้

ลูกจระเข้ เป็นลูกจระเข้ที่จับได้จากฟาร์มเพาะเลี้ยงจระเข้จังหวัดอุทัยธานี ก่อนปล่อยเลี้ยงทดลองต้องปรับสภาพความเคยชินในการเริ่มฝึกกินเนื้อปลาแบบแช่แข็งให้ได้ก่อนประมาณ 1-2 เดือน ก่อนเริ่มทดลองจริง



ภาพที่ 3 การวัดความยาวลูกจระเข้

ภาพที่ 4 การเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงลูกจระเข้

การวางแผนการทดลอง

สำหรับจระเข้ที่ใช้ในการทดลองที่ 3 นี้ใช้ทั้งสิ้น 23 ตัว แบ่งกลุ่มทดลอง (Treatments) ออกเป็น 2 กลุ่มละ 3 ซ้ำ (Replications) ซ้ำละ 3 ตัว มีจระเข้กลุ่มควบคุม (Control) อีกจำนวน 5 ตัว วางแผนการทดลองแบบ CRD ระยะเวลาทดลอง 5 เดือน โดยกำหนดสูตรอาหารทดสอบแต่ละกลุ่มดังนี้

กลุ่มควบคุม : สูตรอาหารพื้นฐานที่ไม่มีแหล่งของโลหะหนัก (ใช้เนื้อปลานิลสดจากตลาดเป็นอาหารเลี้ยง) จำนวน 100 % ใช้ลูกจระเข้ 5 ตัว

กลุ่มทดลองที่ 1 : ใช้สูตรอาหารพื้นฐาน (50%) + ส่วนเนื้อและหนังปลานิลปนเปื้อนแคดเมียมจากบ่อน้ำเสีย (50%) ใช้ลูกจระเข้ 9 ตัว

กลุ่มทดลองที่ 2 : ใช้สูตรอาหารพื้นฐาน (50%) + อวัยวะภายในปลานิลปนเปื้อนแคดเมียมจาก
ป้อนน้ำเสีย บดรวมกัน (50%) ใช้ลูกจระเข้ 9 ตัว

ให้อาหารจระเข้วันเว้นวันในตอนเย็น ด้วยอัตรา 30% ของน้ำหนักตัวใน 2 สัปดาห์แรก และ
5% ของน้ำหนักตัวใน 18 สัปดาห์หลัง ระยะเวลาเลี้ยงจระเข้นาน 150 วัน (5 เดือน) นำข้อมูล
ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยเดียว (ANOVA) เพื่อศึกษา
ความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธีสุ่มตลอด (Completely Random Design , CRD)
จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p <$
0.05 และ 0.01 ตามลำดับ และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองโดย
วิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

ผลการทดลอง

น้ำหนักเฉลี่ยของลูกจระเข้แต่ละกลุ่มทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 9 จากการทดลอง
เลี้ยงนาน 5 เดือนนี้พบว่า ลูกจระเข้กลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งใช้เนื้อปลานิลสดที่ปราศจากการ
ปนเปื้อนของแคดเมียมมีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกจระเข้ที่เพิ่มขึ้นในเวลา 5 เดือน

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ยลูกจระเข้ที่ เพิ่มขึ้นใน 5 เดือน (กรัม)
1. สูตรอาหารปราศจากแคดเมียม	37.11
2. สูตรอาหารผสมเนื้อปลานิลเจือปนแคดเมียม 50%	2.96
3. สูตรอาหารผสมอวัยวะภายในปลานิลปนแคดเมียม 50%	0.86

ความยาวเฉลี่ยของลูกจระเข้แต่ละกลุ่มทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 10 จากการทดลอง
เลี้ยงนาน 5 เดือนนี้พบว่า ลูกจระเข้กลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งใช้เนื้อปลานิลสดที่ปราศจากการ
ปนเปื้อนของแคดเมียมมีความยาวน้อยกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ความยาวเฉลี่ยของลูกจระเข้ที่เพิ่มขึ้นใน 5 เดือน

กลุ่มทดลอง	ความยาวเฉลี่ยลูกจระเข้ที่เพิ่มขึ้นใน 5 เดือน (ซม.)
1. สูตรอาหารปราศจากแคดเมียม	1.77
2. สูตรอาหารผสมเนื้อปลานิลเจือปนแคดเมียม 50%	2.34
3. สูตรอาหารผสมอวัยวะภายในปลานิลปนแคดเมียม 50%	4.46

จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติระหว่างข้อมูลน้ำหนักของลูกจระเข้ทั้ง 3 กลุ่มทดลอง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของลูกจระเข้ทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($F = 6.74^{**}$, $p < 0.01$) (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Analysis of variance) ข้อมูลน้ำหนักของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	2	103984.0547	51992.0274	6.74**	3.47	5.78	0.0057
Error	21	161960.8029	7712.4192				
Total	23	265944.8576	11562.8199				
Grand mean = 209.814814885457		CV = 41.8561%					
LSD 0.05 = 91.3331954591283		LSD 0.01 = 124.309748242689					

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลน้ำหนักของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT พบว่า น้ำหนักของลูกจระเข้กลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งกินเนื้อปลานิลสดปราศจากแคดเมียมปนเปื้อนนี้น้ำหนักเฉลี่ยของลูกจระเข้แตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งใช้อาหารที่ปนเปื้อนแคดเมียมอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักลูกจระเข้ที่กินอาหารปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างกลุ่มที่ 2 และ 3 นี้กลับไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลน้ำหนักของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง

Duncan' Multiple-Range Test (DMRT)

กลุ่มทดลอง	Mean	Ranked at Probability Level 0.01
1. สูตรอาหารปราศจากแคดเมียม	117.9167	B
2. สูตรอาหารผสมเนื้อปลานิลเจือปนแคดเมียม 50%	268.6111	A
3. สูตรอาหารผสมอวัยวะภายในปลานิลปนแคดเมียม 50%	242.9167	A

จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติระหว่างข้อมูลความยาวของลูกจระเข้ทั้ง 3 กลุ่มทดลอง พบว่า ความยาวเฉลี่ยของลูกจระเข้ทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($F = 8.22^{**}$, $p < 0.01$) (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Analysis of variance) ข้อมูลความยาวของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	2	3026.9727	1513.4864	8.22**	3.47	5.78	0.0026
Error	21	3867.6700	184.1748				
Total	23	6894.6427	299.7671				
Grand mean = 37.1962960561117			CV = 36.4851%				
LSD 0.05 = 14.1139443112118			LSD 0.01 = 19.2098924735772				

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลความยาวของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT พบว่า ความยาวของลูกจระเข้กลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งกินเนื้อปลานิลสดปราศจากแคดเมียมปนเปื้อนนั้นมีค่าเฉลี่ยความยาวตลอดการทดลองแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งใช้อาหารที่ปนเปื้อนแคดเมียมอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความยาวลูกจระเข้ที่กินอาหารปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างกลุ่มที่ 2 และ 3 นี้กลับไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลความยาวของลูกจระเข้ในแต่ละกลุ่มทดลอง

Duncan' Multiple-Range Test (DMRT)

กลุ่มทดลอง	Mean	Ranked at Probability Level 0.01
1. สูตรอาหารปราศจากแคดเมียม	21.3903	B
2. สูตรอาหารผสมเนื้อมีปลาป่นเจือปนแคดเมียม 50%	46.4458	A
3. สูตรอาหารผสมอวัยวะภายในปลาป่นเจือปนแคดเมียม 50%	43.7528	A

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ลูกจระเข้ที่เลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารเนื้อมีปลาป่นปราศจากการปนเปื้อนแคดเมียม จะทำให้ลูกจระเข้มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นดีที่สุด(เฉลี่ย 37.11 กรัม / 5 เดือน) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารปนเปื้อนแคดเมียม (2.96 และ 0.86 กรัม / 5 เดือนตามลำดับ) จากความแตกต่างของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นนี้จะเห็นได้ว่าแตกต่างกันมากถึงประมาณ 18 เท่าตัว แต่ลูกจระเข้ที่อ้วนเหล่านี้จะมีขนาดความยาวสั้น หากเกษตรกรต้องการเลี้ยงจระเข้เพื่อชำแหละขายเนื้อ เลือด และโครงกระดูกจระเข้แล้วนั้น การเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารเนื้อมีปลาป่นปราศจากการปนเปื้อนแคดเมียมย่อมเหมาะสมที่สุดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค
2. ลูกจระเข้ที่เลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารปนเปื้อนแคดเมียมจะมีขนาดความยาวมากที่สุด (4.46 และ 2.34 ซม / 5 เดือน ตามลำดับ) โดยมีความยาวมากกว่าลูกจระเข้ที่เลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารเนื้อมีปลาป่นปราศจากการปนเปื้อนแคดเมียมอย่างชัดเจน (1.77 ซม / 5 เดือน) จากผลการทดลองนี้อาจจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการผลิตเพื่อการค้าหนังจระเข้สำหรับผลิตภัณฑ์กระเป๋า เข็มขัด และรองเท้าหนังจระเข้ เพราะอุตสาหกรรมหนังจระเข้ในตลาดต้องการจระเข้ที่มีลำตัวยาวเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่หนังจระเข้ให้มีมากยิ่งขึ้นได้

3. ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงลูกจระเข้นาน 5 เดือน ลูกจระเข้ทุกกลุ่มทดลองมีอัตราการรอดตาย 100% ดังนั้น จากผลการทดลองในครั้งนี้จึงสามารถขยายผลต่อแนวทางการเพิ่มมูลค่าปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียโดยการนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงลูกจระเข้ น้ำจืดเพื่อผลิตหนังจระเข้และการท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้เป็นอย่างดี
4. ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้ประโยชน์ปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียที่ปนเปื้อนแคดเมียมสูง เพื่อผลิตจระเข้สำหรับอุตสาหกรรมหนังสัตว์ในครั้งนี้คือ เกษตรกรควรให้อาหารแก่ลูกจระเข้สลับกันไปมาระหว่างอาหารที่ปนเปื้อนแคดเมียมและอาหารที่ปราศจากการปนเปื้อนแคดเมียม โดยควรให้อาหารแต่ละชนิดนานไม่เกิน 3 เดือน / ครั้ง ทั้งนี้เพื่อลดความเครียดของจระเข้ อีกทั้งบ่อเลี้ยงจระเข้ควรมีระบบน้ำไหลเวียนและถ่ายเทได้ดีตลอดเวลาเพื่อลดกลิ่นจากของเสีย นอกจากนี้อุณหภูมิในบ่อเลี้ยงลูกจระเข้ควรอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส จะช่วยให้การกินอาหารของจระเข้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เดชา นาวานุเคราะห์, วิทย์ ธารชลาณกิจ และเกษม จันทรแก้ว. 2543. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัด เพชรบุรี. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต พิษณุโลก กระทรวงศึกษาธิการ. 35 น.
- Agami, M., Reddy, K.R. and Graetz, D.A. 1990. Phosphorus and nitrogen storage and release capacity of aquatic macrophytes in two wetland and streams of the Taylor Creek-Nubbins Slough and Kissimmee river basin, Florida. Proc. 8th. Inter.Symp. Aqua. Weed. Upp. Sweden., pp. 1-2.
- Abdelhamid, A.M. and Gabra, A.A. 1991. Evaluation of waterhyacinth as a feed for ruminants. Arch. Anim. Nutri., 41 (7-8): 745-756.
- Abdel-Hamid, M.I., Shaaban-Dessouki, S.A. and Skulberg, O.M. 1992. Water quality of the River Nile in Egypt : II. Water fertility and toxicity evaluated by an algal growth potential test. Arch. Hydrobiol. Suppl., 3 : 311-337.
- Ahmed, M.I., Rekhate, D.H., Dhore, R.N., Honmode, J. and Sarde, P.P. 1995. Nutritive value of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) hay in sheep Indian. J. Anim. Nutri., 12(3) : 187-188.