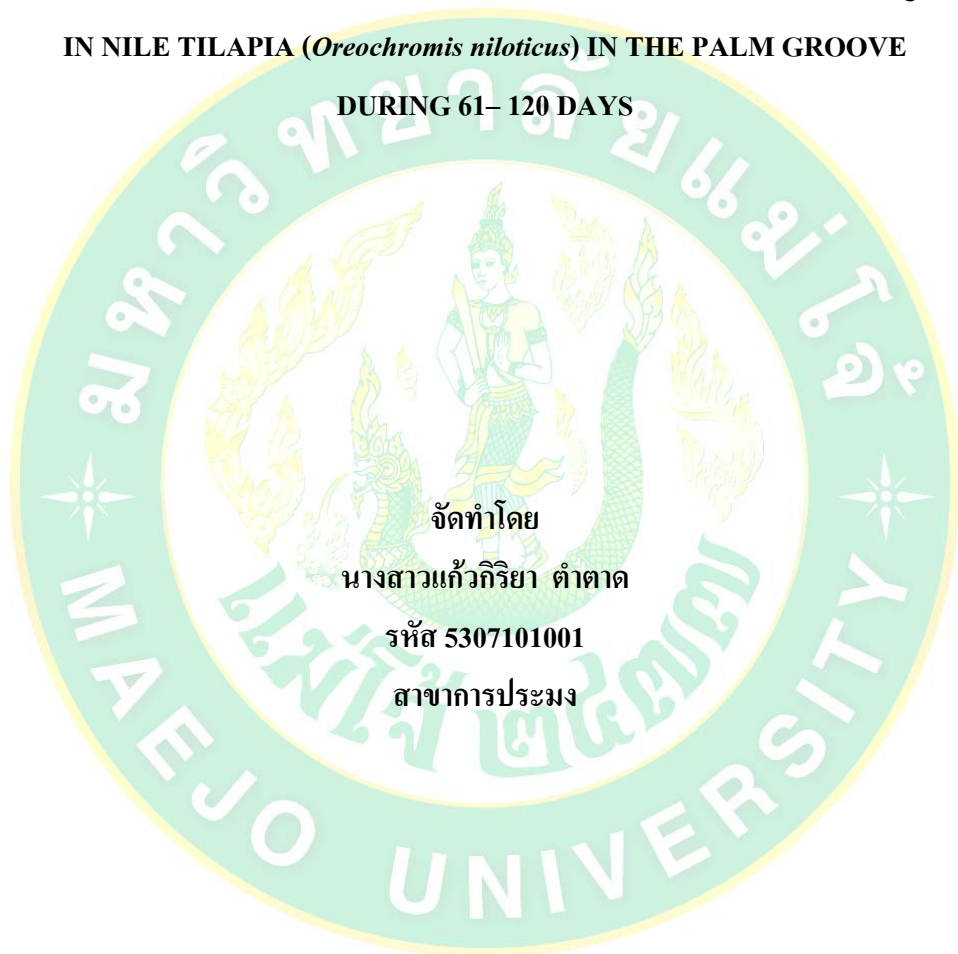


ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการใช้กากสัดปาล์มในอาหารต่อคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิล
ในร่องสวนปาล์มน้ำมันในช่วง 61-120 วัน

A RESULT OF USING PALM OIL SLUDGE TO BE A FOOD FOR WATER QUALITY
IN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN THE PALM GROOVE
DURING 61– 120 DAYS



จัดทำโดย
นางสาวแก้วกิริยา คำตาด
รหัส 5307101001
สาขาการประมง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปีการศึกษา 2555

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

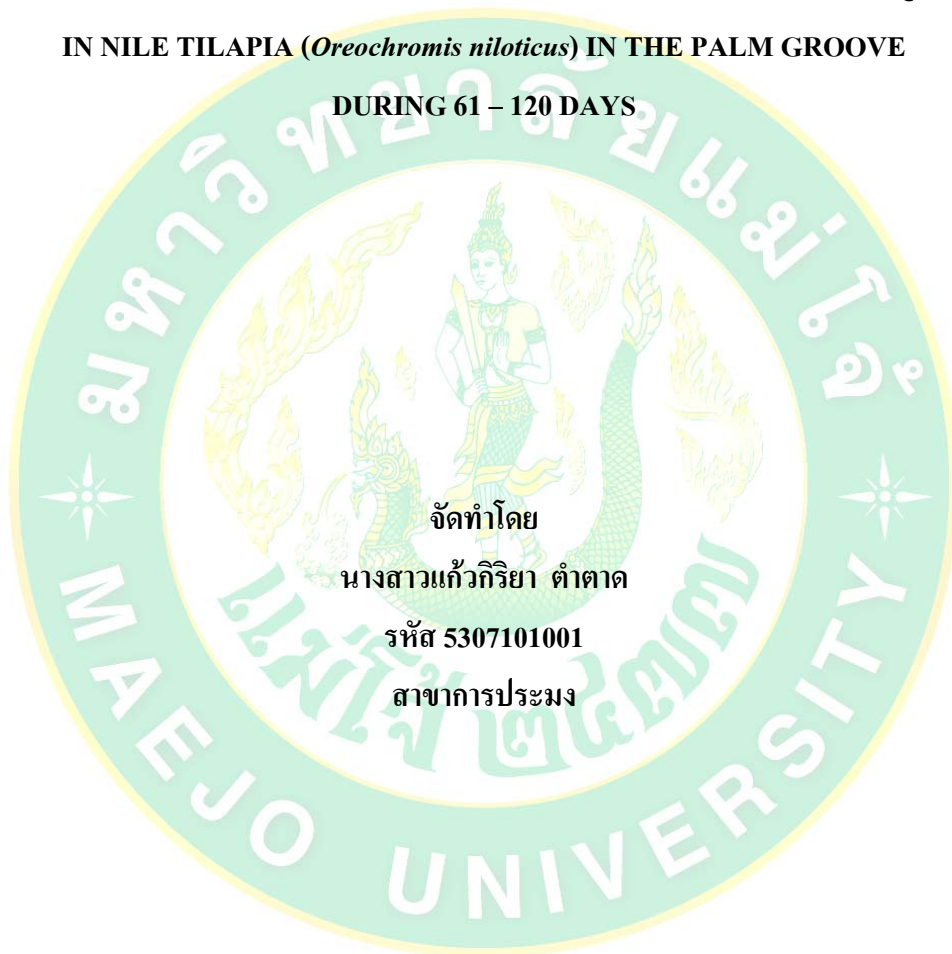
ผลของการใช้กากสลดปาล์มในอาหารต่อคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิล

ในร่องสวนปาล์มน้ำมันในช่วง 61-120 วัน

A RESULT OF USING PALM OIL SLUDGE TO BE A FOOD FOR WATER QUALITY

IN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN THE PALM GROOVE

DURING 61 – 120 DAYS



จัดทำโดย

นางสาวแก้วกิริยา คำตาด

รหัส 5307101001

สาขาการประมง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาการประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2555

ผลของการใช้กากสัดปาล์มในอาหารต่อคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิล

ในร่องสวนปาล์มน้ำมันในช่วง 61-120 วัน

A RESULT OF USING PALM OIL SLUDGE TO BE A FOOD FOR WATER QUALITY

IN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN THE PALM GROOVE

DURING 61 – 120 DAYS



ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(อาจารย์ยุทธนา สว่างอารมณ์)

.....

(อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ (ร่วม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อเรื่อง: การศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสัลดปาเล็มในร่องสวน
ปาเล็มน้ำมันในช่วง 61-120 วัน

A RESULT OF USING PALM OIL SLUDGE TO BE A FOOD FOR
WATER QUALITY IN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN THE
PALM GROOVE DURING 61– 120 DAYS

ชื่อผู้เขียน: นางสาวแก้วกิริยา คำตาด

ชื่อปริญญา: วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการประมง

อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์ยุทธนา สว่างอารมย์

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิล *Oreochromis niloticus* ในร่องสวนปาเล็มน้ำมันที่
เสริมกากสัลดปาเล็มลงในสูตรอาหารในอัตราส่วน 3 ระดับ ซึ่งคุณภาพน้ำคุณสมบัติทางกายภาพ
และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำพบว่า คุณภาพน้ำในร่องสวนปาเล็มน้ำมันที่มีการเลี้ยงปลานิล จากเริ่ม
การทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง และจะแสดงลักษณะของคุณภาพน้ำในร่องสวนปาเล็มน้ำมัน
ตามลำดับดังนี้ ปริมาณความเป็นด่าง 110.91 ± 64.77 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3),
 126.88 ± 73.51 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) และ 148.58 ± 82.04 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 1.06 ± 0.37 (มิลลิกรัมต่อลิตร) , 0.80 ± 0.25 (มิลลิกรัมต่อลิตร) ,
และ 0.98 ± 0.28 (มิลลิกรัมต่อลิตร) ,ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) 6.12 ± 0.39 , 6.14 ± 0.37 และ
 6.22 ± 0.39 , ปริมาณออร์โธฟอสเฟต 5.55 ± 1.36 (มิลลิกรัมต่อลิตร) , 5.03 ± 0.45 (มิลลิกรัมต่อ
ลิตร) และ 5.49 ± 1.54 (มิลลิกรัมต่อลิตร), ปริมาณแอมโมเนีย 0.16 ± 0.05 (มิลลิกรัมต่อลิตร),
 0.29 ± 0.08 (มิลลิกรัมต่อลิตร) และ 0.21 ± 0.05 (มิลลิกรัมต่อลิตร) , ปริมาณไนโตรที่ 0.51 ± 0.24
(มิลลิกรัมต่อลิตร) , 0.81 ± 0.51 (มิลลิกรัมต่อลิตร) และ 0.58 ± 0.31 (มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณ
ไนโตรเจนรวม 0.87 ± 0.37 (มิลลิกรัมต่อลิตร) , 1.17 ± 0.38 (มิลลิกรัมต่อลิตร) และ 1.35 ± 0.51
(มิลลิกรัมต่อลิตร) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จาก
ผลการทดลอง ดังกล่าวข้างต้นจึงสรุปได้ว่า อาหารที่เสริมกากสัลดปาเล็มในอัตราส่วนที่ต่างกัน
3 ระดับ นั้นไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิล

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ ยุทธนา สว่างอารมณ์ ซึ่งได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษให้แก่ข้าพเจ้า ให้คำแนะนำในการวางแผนการทดลอง และรูปภาพในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนช่วยเหลือในเรื่องค่าใช้จ่าย และสนับสนุนด้านอุปกรณ์สำหรับการทดลองงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆ ฝ่าย และอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู ในการแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบทานแก้ไข ปัญหาพิเศษเล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวณิชาพล แก้วชญา ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของการดำเนินการทดลองเป็น ไปอย่างเสร็จสมบูรณ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือ และกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง และเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และความปรารถนาดีของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณ ไว้ ณ โอกาสนี้

แก้วกิริยา คำตาด

มิถุนายน 2555

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
สารบัญภาพผนวก	จ
สารบัญตารางผนวก	ฉ
บทที่ 1	
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
ปลานิล	2
ปาล์มน้ำมัน	5
ชนิดของกากปาล์มน้ำมัน	6
คุณสมบัติของน้ำสมที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	8
ลักษณะทางกายภาพ	8
ลักษณะทางเคมี	8
ลักษณะทางชีวเคมี	8
ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	8
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)	9
-แหล่งที่มาของออกซิเจนในน้ำ	10
-สาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง	10
ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)	11
ฟอสฟอรัส (Phosphate)	12
แอมโมเนีย	13
ไนไตรท์ (Nitrite)	13

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ไนโตรเจน (Nitrogen)	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย	
อุปกรณ์	16
วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย	16
การดำเนินโครงการ	16
การเตรียมบ่อทดลอง	17
การเตรียมอาหารปลา	17
การเก็บน้ำตัวอย่าง	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	19
บทที่ 5 ผลการทดลอง	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก ประวัติผู้วิจัย	62



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าอาหารของกากปาล์มชนิดต่างๆ	7
2	ชนิดกากปาล์มน้ำมัน และปริมาณที่ใช้ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์	7
3	ระยะเวลาการวางแผนการดำเนินงาน	15
4	ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) การศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์ม น้ำมันด้วยอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	19
5	ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร) การศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยง ปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	21
6	ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ การศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลด้วย อาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	23
7	ค่าเฉลี่ยของค่าออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) การศึกษา คุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วย อัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	25
8	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย (NH_3) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) การศึกษาคุณภาพน้ำ ที่เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอัตราส่วน 3 ระดับในช่วง 61-120 วัน	27
9	ค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ (NO_2^-) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) การศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยง ปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	29
10	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน (N) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) การศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยง ปลานิลด้วยอาหารเสริมกากสาคัดปาล์มในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	31

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 รูปร่างและลักษณะของปลานิล	3
2 ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมัน	5
3 แผนผังของบ่อที่ใช้ทำการทดลอง	16
4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)(มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	20
5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)(มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	22
6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ (pH) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	24
7 การเปลี่ยนแปลงของค่าออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	26
8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) (มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ระดับ ในช่วง 61-120 วัน	28
9 การเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์ (NO_2^-) (มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ในช่วง 61-120 วัน	30
10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในบ่อเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากสาคัดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ในช่วง 61-120 วัน	32

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง	42
2	เครื่อง Spectrophotometer ที่ใช้ค่าของแอมโมเนีย ไนไตรท์ ออร์โทฟอสเฟต และไนโตรเจนรวม	42
3	เครื่องซังสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	43
4	กระดาษกรอง(ยี่ห้อ Whatman Schleicher & Schuell)	43
5	ชั้นวางสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	44
6	ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างน้ำที่นำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	44
7	ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ	45
8	บิวเรต (Buret)	45



สารบัญตารางผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 ค่าความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	46
2 ค่าความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	46
3 ค่าความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	47
4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	47
5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	48
6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	48
7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	49
8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	49
9 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	50
10 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	50
11 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	51
12 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	51

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
13 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	52
14 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	52
15 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	53
16 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	53
17 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	54
18 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	54
19 ปริมาณไนโตรเจนรวมของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0	55
20 ปริมาณไนโตรเจนรวมของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1	55
21 ปริมาณไนโตรเจนรวมของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2	56
22 ตาราง ANOVA แสดงค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในการทดลองเลี้ยงปลานิล ในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอาหารที่ผสมกากสัลดปาล์มร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 3 ระดับและชุดการทดลอง	57
23 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณความเป็นด่าง	58
24 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	58
25 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณ pH ของน้ำ	59
26 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำ	59
27 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของน้ำ	60

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
27 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียของน้ำ	60
28 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบไนโตรเจนรวมของน้ำ	61



บทที่ 1

คำนำ

ปัจจุบันปลานิลเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว มีความทนต่อสภาพแวดล้อมได้ในระดับหนึ่ง อีกทั้งเนื้อปลายังมีรสชาติที่ดี เป็นโปรตีนที่ข่อยง่าย จึงเป็นปลาที่นิยมบริโภค และตลาดมีความต้องการอย่างมาก นอกจากนั้นยังได้มีการพัฒนาในระบบการเลี้ยง และการจัดการภายในบ่อเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่มักเป็นการเลี้ยงแบบธุรกิจเป็นหลัก เพื่อให้ได้ผลผลิต และค่าตอบแทนสูงสุด และปัญหาหนึ่งในการเลี้ยงปลานิลก็คือ คุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยง โดยเฉพาะการเลี้ยงแบบหนาแน่น (Intensive) ซึ่งในการเลี้ยงประเภทนี้เป็นการเลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปซึ่งจะมีราคาแพง ส่งผลทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำวัตถุดิบทางการเกษตรที่เหลือมาผสมในอาหารปลานิล เพื่อลดต้นทุนการผลิต ซึ่งการเลี้ยงแบบนี้จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำ เนื่องจากของเสียจากการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต และเศษอาหารที่เหลือ จึงส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในอันดับต้นๆ ในการเลี้ยงปลานิล ฉะนั้นจึงควรมีการศึกษาและทำความเข้าใจกับคุณภาพน้ำ หรือคุณสมบัติของน้ำที่สำคัญต่อการเลี้ยงปลานิลในระบบปัจจุบัน

การศึกษานี้จะทำการศึกษาคูณภาพน้ำจากร่องสวนปาล์มน้ำมันที่เลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่มีการเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน โดยการเลี้ยงแบบ Intensive จะพบว่าของเสียจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ และเศษอาหารที่เหลือตกค้างภายในบ่อและจะส่งผลกระทบต่อต่อการเจริญเติบโตของปลานิล จากการเลี้ยงในร่องสวนปาล์มน้ำมัน และ ข้อมูลทั้งหมดในการศึกษานี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำงานวิจัยขั้นสูงสุดต่อไป

ดังนั้นการศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการใช้กากสัดปาล์มที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบางประการเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการจัดการการเลี้ยงปลานิลด้วยกากสัดปาล์มที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากสัดปาล์มในอาหารต่อคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมันในช่วง 61-120 วัน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

อนุกรมวิธานของปลานิล

Phylum Vertebrata

Class Osteichthyes

Order Perciformes

Family Cichlidae

Genus *Oreochromis*

Species *niloticus*

ปลานิล *Oreochromis niloticus*

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพ การเพาะเลี้ยงในระยะเวลา 8 เดือน – 1 ปี สามารถเจริญเติบโตได้ถึงขนาด 500 กรัม เนื้อปลามีรสชาติดี มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง ขนาดปลานิลที่ตลาดต้องการจะมีน้ำหนักตัวละ 200 – 300 กรัม จากคุณสมบัติของปลานิลซึ่งเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว แต่ปัจจุบันปลานิลพันธุ์แท้ค่อนข้างจะหายาก เพื่อให้ได้ปลานิลพันธุ์ดี กรมประมงจึงได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลในด้านต่างๆ อาทิ เจริญเติบโตเร็ว ปริมาณความคอกของไข่สูง ให้ผลผลิตและมีความต้านทานโรคสูง เป็นต้น ดังนั้น ผู้เลี้ยงปลานิลจะได้มีความมั่นใจในการเลี้ยงปลานิลเพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำให้เพียงพอต่อการบริโภคต่อไป (กรมประมง, 2553)

ความเป็นมา

สมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะ เมื่อครั้งดำรงพระอิสริยยศ มงกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ทรงจัดส่งปลานิลจำนวน 50 ตัว ความยาวเฉลี่ยประมาณตัวละ 9 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 14 กรัม มาทูลเกล้าฯ ถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 นั้น ในระยะแรกได้ทรงโปรดเกล้าฯ ให้นำปล่อยในบ่อดินเนื้อที่ประมาณ 10 ตารางเมตร ณ บริเวณสวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต เมื่อเลี้ยงมาได้ 5 เดือนเศษ ปรากฏว่ามีลูกปลาเกิด ขึ้นเป็นจำนวนมาก จึงได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าหน้าที่ที่สวนหลวงฯ บ่อใหม่ขึ้น 6 บ่อ มีเนื้อที่เฉลี่ยบ่อละ 70 ตารางเมตร ซึ่งในโอกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงย้ายพันธุ์ปลาด้วยพระองค์เองจากบ่อเดิมไป ปล่อยเลี้ยงในบ่อใหม่ทั้ง 6 บ่อ เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2508 ต่อจากนั้น ทรงพระกรุณาโปรด

เกล้าฯให้กรมประมงจัดส่งเจ้าหน้าที่วิชาการมาตรวจสอบการเจริญเติบโตเป็นประจำทุกเดือน โดยที่ปลาชนิดนี้เป็นจำพวกกินพืช เลี้ยงง่าย มีรสชาติดี มีไข่ดก เจริญเติบโตได้รวดเร็ว ในเวลา 1 ปี จะมีน้ำหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม และมีความยาวประมาณ 1 ฟุต พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชประสงค์ที่จะให้ปลาชนิดนี้แพร่ขยายพันธุ์ อันจะเป็นประโยชน์แก่พสกนิกรของพระองค์ต่อไป ดังนั้น เมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2509 ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯพระราชทานชื่อ ปลาชนิดนี้ว่า “ปลานิล” และได้พระราชทานปลานิลขนาด 3 – 5 เซนติเมตร จำนวน 10,000 ตัว ให้แก่กรมประมงนำไปเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ที่แผนกทดลองและเพาะเลี้ยงในบริเวณเกษตรกลางบางเขนและที่สถานีประมงต่างๆทั่วราชอาณาจักร รวม 15 แห่ง เพื่อดำเนินการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์พร้อมกัน เมื่อปลานิลแพร่ขยายพันธุ์ออกไปได้มากเพียงพอแล้วจึงได้แจกจ่ายให้แก่ราษฎรนำไปเพาะเลี้ยงตามพระราชประสงค์ต่อไป (กรมประมง, 2553)

ลักษณะทั่วไปของปลานิล



ภาพที่ 1 รูปร่างและลักษณะของปลานิล

ที่มา: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=12>

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลซิกลิดี (Cichlidae) มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ทวีปแอฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบ ในประเทศซูดาน ชูกันดา แทนแกนยีกา โดยที่ปลานิลชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและเลี้ยงง่าย เหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี จึงได้รับความนิยมและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในภาคเอเชีย แม้แต่ในสหรัฐอเมริกาก็นิยมเลี้ยงปลาชนิดนี้รูปร่างลักษณะของปลานิลคล้ายกับปลาหมอเทศ แต่ลักษณะของปลานิลมีดังนี้ คือ ริมฝีปาก

บนและล่างเสมอกัน ที่บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวน 9 – 10 แถบ นอกจากนั้นลักษณะทั่วไปมีดังนี้ ครีบหลังมีเพียง 1 ครีบ ประกอบด้วยก้านครีบแข็งและก้านครีบอ่อนเป็นจำนวนมาก ครีบกันประกอบด้วยก้านครีบแข็งและอ่อนเช่นกัน มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 33 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่จุดหนึ่งบริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบกัน และครีบหางนั้นจะมีจุดสีขาวและสีดำคั่นขวางแลดูคล้ายลายข้าวตอกอยู่โดยทั่วไป ต่อมากรมประมงโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาและพันธุกรรมสัตว์น้ำได้นำปลานิลสายพันธุ์แท้มีชื่อว่าปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาไปดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ได้ปลานิลสายพันธุ์ใหม่ จำนวน 3 สายพันธุ์ ดังนี้

1. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 1 เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์แบบคัดเลือกภายในครอบครัว (within family selection) เริ่มดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบันเป็นชั่วอายุที่ 7 ซึ่งทดสอบพันธุ์แล้วพบว่ามียออัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลพันธุ์ที่เกษตรกร เลี้ยง 22 %

2. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2 เป็นปลานิลที่พัฒนาพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา โดยการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมในพ่อพันธุ์ให้มีโครโมโซมเป็น “YY” ที่เรียกว่า “YY – Male” หรือ ชูปเปอร์เมล ซึ่งเมื่อนำพ่อพันธุ์ดังกล่าวไปผสมพันธุ์กับแม่พันธุ์ปกติจะได้ลูกปลานิล เพศผู้ที่เรียกว่า “ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2” ซึ่งมีลักษณะเด่นคือเป็นเพศผู้ที่มีโครโมโซมเพศเป็น “XY” ส่วนหัวเล็กลำตัวกว้าง สีขาวนวล เนื้อหนาและแน่น รสชาติดี อายุ 6 – 8 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 2 – 3 ตัวต่อกิโลกรัม ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าปลานิลพันธุ์ที่เกษตรกรเลี้ยง 45 %

3. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์จากการนำปลานิลพันธุ์ผสมกลุ่มต่างๆที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาและปลานิลสายพันธุ์อื่นๆ อีก 7 สายพันธุ์ ได้แก่ อียิปต์ กานา เคนยา สิงคโปร์ เซเนกัล อิสราเอล และไต้หวัน ซึ่งมีการเจริญเติบโตเร็วและมีอัตราการรอดสูง ในสภาพแวดล้อมการเลี้ยงต่างๆ ไปสร้างเป็นประชากรพื้นฐาน จากนั้นจึงดำเนินการคัดพันธุ์ในประชากรพื้นฐานต่อไปโดยวิธีคัดเลือกครอบครัว ร่วมกับวิธีคัดเลือกภายในครอบครัว ปลานิลชั่วอายุที่ 1 – 5 ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์โดยหน่วยงาน ICLARM ในประเทศฟิลิปปินส์ จากนั้นจึงนำลูกปลาชั่วอายุที่ 5 เข้ามาในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2538 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำจึงดำเนินการปรับปรุงปลาพันธุ์ดังกล่าวต่อไปโดยวิธีการเดิมจนในปัจจุบันได้ 2 ชั่วอายุ และเรียกว่า “ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3” ปลาสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือ ส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้าง สีเหลืองนวล เนื้อหนาและแน่น รสชาติดี อายุ 6 – 8 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 3 – 4 ตัวต่อกิโลกรัม ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าปลานิลพันธุ์ที่เกษตรกรเลี้ยง 40 % ปัจจุบันสถาบันวิจัย

และพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำได้กระจายพันธุ์ปลานิลทั้ง 3 สายพันธุ์ ไปสู่ภาครัฐและเอกชนทั่วประเทศ เพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงแล้ว โดยหน่วยงานของสถาบันฯ ในจังหวัดปทุมธานีและหน่วยพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำจืด พิชญ์โลก ขอนแก่น และสุราษฎร์ธานี นอกจากนี้ยังดำเนินการดำรงสายพันธุ์และทดสอบพันธุ์ปลานิลดังกล่าวด้วย (กรมประมง, 2553)

คุณสมบัติและนิสัย

ปลานิลมีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง (ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์) มีความอดทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี จากการศึกษาพบว่า ปลานิลทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพันส่วน ทนต่อค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ได้ดีในช่วง 6.5– 8.3 และสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ถึง 40 องศาเซลเซียส แต่ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส พบว่าปลานิลปรับตัวและเจริญเติบโตได้ ไม่นักทั้งนี้เป็นเพราะถิ่นกำเนิดเดิมของปลาชนิดนี้อยู่ในเขตร้อน (กรมประมง, 2553)



ภาพที่ 2 ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมัน

ที่มา: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=12>

ปาล์มน้ำมัน จัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์มน้ำมัน กลุ่มเดียวกับ มะพร้าว ระกำ จาก และสละ มีอายุยืนถึง 100 ปี จัดอยู่ในวงศ์ Palmae หรือ Recaceae จีนัส *Elaeis* สปีชีส์ *guineensis* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* โดยสามารถให้ผลผลิตได้ เมื่อมีอายุ 3 ปี ขึ้นไป จนอายุถึง 25 ปี และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น อุตสาหกรรมด้านอาหาร อุตสาหกรรม โอเลโอเคมีคอล

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง ทำให้มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลกจึงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว แต่ภายใต้ข้อตกลงการค้าระหว่างประเทศ ที่จะทำให้มีการเปิดเสรีการค้าระหว่างประเทศซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันเป็นสินค้าหนึ่งที่ไทยมีความเสียเปรียบ ซึ่งปาล์มน้ำมันเหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้น จัดอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น ปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในทางภาคใต้ของประเทศไทยบริเวณพื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด คือ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง โดยจังหวัดกระบี่ ปลูกมากที่สุดจำนวน 537,637 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.40 ต่อมา ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 405,213 ไร่ จังหวัดชุมพร 216,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.70 และ 15.89 ของพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลตอบแทนการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น เช่น ยางพาราและการทำนาข้าว จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมัน ประกอบกับมีโครงการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั่วประเทศ คาดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันปาล์มภายในเพิ่มขึ้นมาก ทั้งนี้เพราะราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้ความแตกต่างของราคาภายในและภายนอกประเทศไม่จูงใจให้มีการลักลอบนำเข้ามาบริโภคทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงเช่นกัน (ภาควิชาพืชไร่ฯ, 2552)

ชนิดของกากปาล์มน้ำมัน

กากปาล์มน้ำมันที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันปาล์มมีทั้งหมด 5 ชนิด คือ กากเยื่อใยปาล์ม (Palm press fiber, PPF), กากน้ำมันหรือกากปาล์มรวมหรือกากผลปาล์ม (Oil Palm meal, PM), กากเมล็ดปาล์ม (Palm seed meal, PSM), กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel cake PKC), กากน้ำมันปาล์ม (Palm oil sludge, POS), และกากที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์มี 4 ชนิด คือ

1. กากปาล์มน้ำมัน, กากปาล์มรวม หรือกากผลปาล์ม (Oil palm meal, PM) โดยมากกากปาล์มน้ำมันชนิดนี้จะได้จากโรงงานที่มีขบวนการผลิตแบบใช้เครื่องบีบน้ำมัน (Expeller) และพบว่าเป็นกากปาล์มน้ำมัน ที่มีปริมาณการผลิตในท้องตลาดจำนวนมาก กากปาล์มน้ำมันชนิดนี้มีเยื่อใยและกะลามาก โดยเฉพาะส่วนเยื่อใยที่มีมากกว่ากากปาล์มน้ำมันชนิดอื่นๆ

2. กากเมล็ดปาล์ม (Palm seed meal, PSM) เป็นกากปาล์มที่ใช้เมล็ด โดยไม่แยกกะลาออก โดยทั่วไปจะเข้าใจเรียกว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel cake PKC) หรือกากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ไม่กะเทาะเปลือกเป็นกากปาล์มที่มีการผลิตและมีการใช้เป็นอาหารสัตว์มาก กากปาล์มชนิดนี้มีส่วนประกอบของกะลาและเนื้อมากอย่างเห็นได้ชัด พบส่วนของเส้นใยปริมาณไม่มากนัก

3. กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel meal, PKM) เป็นกากปาล์มที่เอาเฉพาะเนื้อในมาผ่านขบวนการสกัดน้ำมันเป็นกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันพืชที่มีขนาดใหญ่ มีขบวนการผลิตแยกส่วนซึ่งมีความแตกต่างทางกายภาพกับกากปาล์มชนิดอื่นอย่างชัดเจนและประกอบด้วยส่วนของเนื้อเป็นส่วนมาก ชิ้นส่วนของกะลาปาล์ม พบว่ามีปะปนเพียงเล็กน้อย

4. กากตะกอนน้ำมันหรือกากสลัดน้ำมันปาล์ม (Palm oil sludge, POS) กากปาล์มชนิดนี้ทางโรงงานผลิตจะเรียกว่า กากปาล์ม (Decanter) ปริมาณของกากปาล์มชนิดนี้มีปริมาณน้อย ทั้งนี้เป็นส่วนที่ได้จากการกรองน้ำมัน และมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกับกากปาล์มชนิดอื่น ประกอบด้วยส่วนของกะลา เส้นใยและเนื้อ แต่ค่อนข้างเป็นชิ้นละเอียด ยกเว้นสำหรับโรงงานที่นำมาผสมกากพืช เพื่อช่วยให้สามารถบีบอัดน้ำมันที่เหลืออยู่ในตะกอนน้ำมันออกได้อีก แต่จะมีการนำกากปาล์มนี้ไปผสมรวมกับกากปาล์มน้ำมัน (ภาควิชาพืชไร่, 2552)

ตารางที่ 1 คุณค่าอาหารของกากปาล์มชนิดต่างๆ

ชนิดของกากปาล์มน้ำมัน	คุณค่าทางอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	โปรตีน	ไขมัน	กาก	ความชื้น
กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม	15.30	8.86	17.15	6.27
กากเมล็ดปาล์ม	14.99	9.19	18.9	5.26
กากปาล์มรวม	16.01	10.72	19.07	5.12

ที่มา: จากการสำรวจโรงงานผลิตอาหารสัตว์ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548

ตารางที่ 2 ชนิดกากปาล์มน้ำมัน และปริมาณที่ใช้ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์

ชนิดกากปาล์ม	ปีการผลิตต่อตัน			เพิ่ม (เปอร์เซ็นต์)
	2545	2546	2547	
กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม	18,803.56	22,966.76	21,950.04	16.73
กากเมล็ดปาล์ม	8,354.49	7,877.25	9,774.25	16.63
กากปาล์มรวม	1,000.00	2,383.50	3,864.33	286.43
รวม	28,158.05	33,227.51	35,588.62	26.04

ที่มา: จากการสำรวจโรงงานผลิตอาหารสัตว์ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548

คุณสมบัติของน้ำกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น ได้มีนักวิชาการจากหลายสถาบัน จากหลายประเทศพยายามกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ แต่เนื่องจากสัตว์น้ำมีมากมายหลายชนิด ทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ความทนต่อสภาพแวดล้อมของสัตว์แต่ละชนิดแต่ละวัยแตกต่างกัน จึงทำให้เกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดนั้นต้องยืดหยุ่นผันแปรไปตามท้องที่ อย่างไรก็ตาม ดัชนีคุณภาพน้ำที่ควรมีความรู้และนำไปใช้เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น อาจจำแนกได้ 3 ลักษณะ

1.ลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ดัชนีคุณภาพน้ำที่ผันแปร อันเกิดจากลักษณะกายภาพที่สามารถตรวจวัดได้ และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ในทางตรงหรือทางอ้อม เช่น สี (Colour), ความขุ่น (Turbidity), อุณหภูมิ (Temperature), ความนำไฟฟ้า (Conductivity), ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) เป็นต้น

2.ลักษณะทางเคมีภาพ หมายถึง ดัชนีคุณภาพน้ำที่ผันแปรอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สามารถตรวจวัดได้ และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ความเป็นกรด (Acidity), ความเป็นด่าง (Alkalinity), ความกระด้าง (Hardness), ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen), ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (Free carbondioxide), ไนโตรเจน (Nitrogen), ฟอสฟอรัส (Phosphorus), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulphide), ความเค็ม (Salinity), โลหะหนัก (Heavy metals), สารพิษ (Pesticides)

3.ลักษณะทางชีวภาพ หมายถึง ดัชนีคุณภาพน้ำที่ผันแปรเนื่องจากสิ่งมีชีวิตในน้ำอันมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งทางตรงและอ้อม เช่น แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ (Plankton), แบคทีเรีย (Bacteria), พืชน้ำ (Aquatic Macrophytes), เชื้อโรค (Pathogens) จะเห็นได้ว่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 3 ลักษณะมีดัชนีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งล้วนเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและกระบวนการต่าง ๆ

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึงคุณสมบัติของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง โดยความเป็นด่างของน้ำประกอบด้วย คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ไฮดรอกไซด์ (OH^-) เป็นส่วนใหญ่ แต่อาจมีพวกบอเรต ซิลิเกต ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ค่าความเป็นด่างโดยตัวมันเองไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษ แต่มีผลเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด (acidity) และความกระด้าง (Hardness) คุณสมบัติของความเป็นด่างต่อแหล่งน้ำเป็นด้านการควบคุมมิให้ pH เปลี่ยนแปลงเร็วเกินไปหากปรากฏว่าแหล่งน้ำมีค่าเป็นด่างต่ำแสดงว่ามี buffering capacity น้อย ค่าความเป็นด่างของน้ำมีค่าแตกต่างกันไป มีค่าตั้งแต่ 25-500 mg/l แหล่งน้ำเสียชุมชนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจมีค่าเป็นด่างสูง เกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์

น้ำควรมีค่าความเป็นด่างระหว่าง 100-120 mg/l เราสามารถปรับค่าความเป็นด่างให้สูงขึ้นโดยใส่ปูนขาว (Liming) การลดความเป็นด่างและความกระด้างจะทำให้ยากไม่นิยมกระทำกัน ค่าความเป็นด่างกับความกระด้าง (Hardness) มีความสัมพันธ์กัน น้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน ค่าความเป็นด่างในน้ำไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ และความเป็นด่างต่ำจะให้ผลผลิตไม่ดี เช่น การเจริญเติบโตจะต่ำ ฯลฯ

แพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำจะใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงขึ้น คือน้ำจะมีสภาพความเป็นด่างมากขึ้นและค่อยๆลดในตอนกลางคืน เนื่องจาก คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปล่อยออกมาจากการหายใจน้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6-7.5 ในตอนเช้าหากมีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นค่า pH ในตอนบ่ายอาจจะสูงถึง 10 หรือมากกว่า ส่วนน้ำที่มีค่าเป็นด่างสูงจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ pH มากนักโดยอาจมีค่าอยู่ระหว่าง 7.5-8 ในตอนเช้าและเพิ่มเป็น 9-10 ในช่วงบ่ายในบ่อที่มีค่าความเป็นด่างสูงมาก ประกอบกับมีค่ากระด้างต่ำค่า pH อาจสูงมากถึง 11 ในระหว่างที่มีการสังเคราะห์แสง ดังนั้น การวัดค่า pH จึงควรตรวจวัดในตอนเช้าและช่วงบ่ายเพื่อได้ทราบค่าความเปลี่ยนแปลงต่ำสุดและสูงสุดในแต่ละวัน (อนุพงศ์, 2545)

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำรงชีวิตเนื่องจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ย่อมต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจและเจริญเติบโต ออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น อุณหภูมิ ระดับความสูงและความเค็ม ออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยเมื่ออุณหภูมิสูง และน้ำที่มีความเค็มสูงจะมีออกซิเจนละลายอัตราความเข้มข้นเท่ากับออกซิเจนในบรรยากาศเรียกว่า จุดอิ่มตัว (Saturation Level) ดังนั้นสัตว์น้ำจะเสี่ยงต่อการขาดแคลนออกซิเจนมากกว่าสัตว์บก ในช่วงฤดูร้อนอัตราการย่อยสลายและปฏิกิริยาต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณความต้องการออกซิเจนสูงไปด้วย บางครั้งในแหล่งน้ำจะมีปรากฏการณ์เกินจุดอิ่มตัว (supersaturation) เนื่องจากการผลิตออกซิเจนออกมามาก เช่น พืชสีเขียวทำการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ตอนกลางวัน สภาพดังกล่าวหากเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้เช่นกัน ดังนั้นการควบคุมและป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงอยู่ในระดับต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อคุ้มครองให้สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ปกติ

แหล่งที่มาของออกซิเจนในน้ำ

1. จากบรรยากาศโดยตรง เช่น กระแสลมพัดผ่านผิวน้ำ แต่มีปริมาณไม่มาก
2. จากขบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของพืชน้ำ เช่น แพลงก์ตอนพืชเป็นแหล่งให้ออกซิเจนในน้ำมากที่สุด ซึ่งตอนกลางวันพืชน้ำจะสังเคราะห์แสงผลิตออกซิเจนออกมาละลายในน้ำ
3. จากขบวนการเคมีอื่นๆ ในน้ำโดยแหล่งน้ำบางแหล่งมีแร่ธาตุทำปฏิกิริยากันทำให้เกิดออกซิเจนละลายในน้ำได้

สาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง

1. จากการหายใจของสัตว์น้ำและพืชน้ำ
2. จากการเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุ เช่น แบคทีเรีย
3. จากขบวนการทางเคมีหรือสารประกอบแร่ธาตุต่างๆ
4. จากการหมุนเวียนของน้ำผสมกับน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำน้อยกว่า สัตว์น้ำและพืชน้ำใช้ออกซิเจนละลายน้ำเพื่อการหายใจ การควบคุมปริมาณพืชน้ำและแพลงก์ตอน จึงมีความจำเป็นเพื่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพียงพอตลอดวัน การเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุต่างๆ โดยแบคทีเรียที่ต้องการใช้ออกซิเจนอย่างเดียวยังเรียกว่า Biochemical oxygen demand (BOD) จะเป็นกรณีในการแสดงว่าน้ำมีความเน่าเสียเล็กน้อยเพียงใด ถ้าปริมาณความต้องการออกซิเจนสูงมาก แสดงว่า ในน้ำมีอินทรีย์วัตถุเน่าสลายอยู่มาก โดยมีแบคทีเรียทำการย่อยสลาย โดยทั่วไปปลาไม่สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.3 mg/l หรือต่ำกว่า 1.0 mg/l เป็นเวลานานแต่ปลาบางชนิดมีความต้องการออกซิเจนต่ำและมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ สามารถที่จะอยู่ได้ ดังนั้น ในการควบคุมป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายไม่ควรให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่า 3mg/l หรือหากต่ำกว่านี้ควรเป็นระยะเวลาสั้นเพียง 2-3 ชั่วโมง

การขาดแคลนออกซิเจนในน้ำถึงแม้ไม่ต่ำถึงระดับทำให้ปลาตาย แต่อาจมีผลต่อการดำรงชีวิตสัตว์น้ำได้หลายประการ เช่น ปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 3 mg/l ทำให้ระยะฟักไข่ของปลาช้ากว่าปกติ นอกจากนี้สัตว์น้ำขนาดเล็กตัวอ่อนมีความแข็งแรงน้อยลง การเจริญเติบโตและด้านทานสารพิษน้อยลงไปด้วย แนวทางแก้ไขภาวะขาดแคลนออกซิเจนระยะสั้น ควรใช้เครื่องมือพ่นน้ำเป็นฝอยกระจายเพื่อดึงเอาออกซิเจนในบรรยากาศลงมา การป้องกันระยะยาว ควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนไม่ให้มีมากเกินไปโดยใช้วิธีวัดความโปร่งใส(Transparency) เป็นแผ่นไม้ทาสีขาวสลับดำหย่อนลงไปใต้น้ำ หากต่ำกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่ามีแพลงก์ตอนมากเกินไประยะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตช่วง 30-60 เซนติเมตร การลดปริมาณแพลงก์ตอนโดยการระบายน้ำออกจากบ่อ

ประมาณหนึ่งในสามของปริมาณเดิม เอน้ำใหม่เข้าจากนั้นคอยควบคุมลดปริมาณอาหารและปุ๋ยที่ใส่ในบ่อ นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชชนิดสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) จะเกิดขึ้นในน้ำมีอุณหภูมิสูงช่วงฤดูร้อน แพลงก์ตอนชนิดนี้อาจตายพร้อมกันในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสลมสงบ ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงหรือสังเกตจากสีเขียวเป็นสีเทาหรือน้ำตาล แสดงว่าเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงชนิดแพลงก์ตอน ซึ่งต้องเฝ้าดูและตรวจสอบออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำตลอดการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยง

ปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอมักจะว่ายน้ำเร็วกว่าปกติ กระวนกระวาย กระโดดออกมาจากบ่อหรืออาจจะว่ายน้ำอยู่บริเวณผิวน้ำและโผล่ปากขึ้นมาเหนือน้ำเพื่อสูบอากาศการขาดออกซิเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงมักเกิดจากการเปลี่ยนน้ำไม่ดีพอหรือให้อาหารมากเกินไป อาหารที่เหลือจะเกิดการเน่าเปื่อยและใช้ออกซิเจนมากทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง นอกจากนี้การที่น้ำมีอุณหภูมิสูงจะมีผลช่วงเร่งปฏิกิริยาการเน่าเปื่อยของอาหารทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีก ด้วยการใช้สารเคมีบางชนิดเพื่อรักษาโรคทำให้เกิดภาวะ การขาดออกซิเจน เช่น ฟอร์มาลิน และค่าทบทิม เป็นต้น

การป้องกันการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงทำได้โดยการดูแลความสะอาดของบ่อ มีระบบการให้อากาศที่ดีและมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่เสมอ โดยคุณน้ำจากกันบ่อออกให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ นอกจากนี้ไม่ควรปล่อยปลาเลี้ยงหนาแน่นเกินไป

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ เช่น ความเค็ม, ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นด่าง ความกระด้าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ฯลฯ พารามิเตอร์เหล่านี้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้น การควบคุมและป้องกันคุณสมบัติของน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจึงต้องสังเกตสัตว์น้ำและตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำอย่างสม่ำเสมอ (ไมตรี, 2528)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH)

แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป มีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ระหว่าง 5 – 9 ซึ่งความแตกต่างนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดินและหิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปกติพบอยู่เสมอว่าระดับ pH ของน้ำผันแปรไปตามคุณสมบัติของดิน ดังนั้นในบริเวณที่ดินมีสภาพเป็นกรดก็จะทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรดตามไปด้วย นอกจากนี้ สิ่งมีชีวิตทั้งในดินและน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ในแหล่งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในช่วงกลางวัน และกลางคืน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำ ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงขึ้น และค่อย ๆ ลดลงตอนกลางคืน เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาจากระบบการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำ และมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก จะมีค่า pH สูงอาจมีค่า 9 ถึง 10 ในตอนบ่าย แต่ถ้าน้ำมีค่าความเป็นด่างสูง การเปลี่ยนแปลง pH มีไม่มากนัก การเปลี่ยนแปลงค่า pH แม้จะอยู่ในช่วงที่ดีและสูงมาก หากเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ นับว่ายังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของ pH เกินกว่า 2 หน่วยในรอบวัน

ฟอสฟอรัส (Phosphate)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนและพืชน้ำรูปแบบของฟอสฟอรัสที่แพลงก์ตอนและพืชน้ำสามารถนำไปใช้ได้เลย จะอยู่ในรูปของฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Soluble reactive phosphorus) หรือออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphates) ส่วนโพลีฟอสเฟต (Polyphosphates) ซึ่งพบมากในน้ำที่มาจากอาคาร บ้านเรือน และอินทรีย์ฟอสเฟต (Organicphosphateas) ที่มาจากขบวนการทางชีวภาพ แพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำไม่สามารถนำไปใช้ได้ (พงศ์เชษฐ, มปป)

ฟอสฟอรัส มีความสำคัญเนื่องจากเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ และพืช ฟอสฟอรัสจะสะสมในดินและหินแร่หรือแหล่งสะสมอื่นๆ ซึ่งจะปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาในรูปที่ละลายน้ำได้โดยการชะล้าง พืชและสัตว์ก็จะนำเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างโปรโตพลาสซึม (Protoplasm) เมื่อพืชและสัตว์เหล่านั้นตายลง ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในร่างกายก็จะถูกย่อยสลายกลับสู่พื้นดินหรือทะเล และถูกพัดพาจมลงไปในที่สุด บางส่วนอาจถูกสิ่งมีชีวิตดึงกลับมาใช้ประโยชน์ แต่ปริมาณที่สูญเสียไปมีมากกว่าปริมาณที่ถูกนำมาใช้กลับคืน ดังนั้นมนุษย์เราจึงจำเป็นต้องเติมหรือเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสใช้ปูยทางการเกษตร น้ำที่จากการอุตสาหกรรม และน้ำที่จากบ้านเรือนที่อยู่อาศัย เป็นต้น ซึ่งของเสียเหล่านี้มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในปริมาณมากน้อยต่างกัน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ดังนั้น จึงสามารถทำให้พืชน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปก็อาจทำให้เกิดสถานะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ซึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำ หรือที่เรียกว่า Eutrophication ในที่สุด จากการศึกษาในต่างประเทศมีผู้รายงานว่า หากแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.01 mg/l จัดว่าแหล่งน้ำนั้นมีอาหารธรรมชาติมากเกินไป และแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 mg/l

อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำไม่ได้เป็นมลพิษที่จะทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่เป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และเป็นเครื่องแสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในแหล่งน้ำนั้น ในการควบคุมและป้องกันปัญหาเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจึงได้กำหนดมาตรฐานไว้โดยไม่ควรมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 mg/l

ปัจจุบัน สารประกอบพวกโพลีฟอสเฟตสามารถเปลี่ยนแปลงมาเป็นออร์โทฟอสเฟต ได้โดยขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เมื่อมีอยู่ในน้ำและถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ลดลงก็จะช่วยเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวให้เร็วขึ้น ซึ่งออร์โทฟอสเฟตจะมีอิทธิพลต่อการแพร่พันธุ์เจริญเติบโตของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช (เกรียงศักดิ์, 2539)

แอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ และย่อยสลายของสารอินทรีย์ของแบคทีเรียและจุลินทรีย์ ยิ่งให้อาหารมากโอกาสที่แอมโมเนียที่สะสมในบ่อเลี้ยงก็มีได้มากเช่นเดียวกัน แอมโมเนียเมื่อละลายน้ำจะมีความเป็นพิษลดลง แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิสูงขึ้น ความเป็นพิษของแอมโมเนียก็มากขึ้น เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นปริมาณแอมโมเนียอิสระความเป็นด่าง 7 เท่ากับ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแอมโมเนียรวม และที่ความเป็นกรด-ด่าง 0.9 ปริมาณแอมโมเนียอิสระเท่ากับ 44.9 เปอร์เซ็นต์ (อนุพงษ์, 2545)

ไนไตรท์ (Nitrite)

เป็นสารตัวกลางที่ได้จากขบวนการ Nitrification ของแอมโมเนีย โดยมีแบคทีเรียชนิด *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrobacter* sp. เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำ ไนไตรเจนในน้ำส่วนใหญ่มาจากสารอินทรีย์ ไนไตรท์เกิดขึ้นเนื่องจาก

1. ขบวนการ ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจาก ขาดออกซิเจน และความไม่สมดุลของสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N ratio)
2. ขบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ที่ไม่สมบูรณ์ เพราะขบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ที่จะเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ในสภาวะตามธรรมชาติเป็นไปได้ยาก เนื่องจากจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยประกอบหลายๆ อย่าง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบ ต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก เพื่อดึงอิเล็กตรอนออก (Electron Transfer System; ETS) จึงเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้น
3. ขบวนการไนเตรตรีดักชัน (Nitrate reduction) ในสภาวะการขาดออกซิเจนที่พื้นบ่อ จะมี

จุลินทรีย์บางชนิด สามารถดึงออกซิเจนจากไนเตรทมาใช้จนเกิดเป็นไนไตรท์และมีการสะสมเกิดขึ้น

ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำเกิดจากการที่ไนไตรท์ไปออกซิไดซ์เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบิน ทำให้กลายเป็นเมทฮีโมโกลบินซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ทำให้เกิดการตายเนื่องจากการขาดออกซิเจน ในสัตว์ประเภทพวกกุ้งและปูมีเลือดสีน้ำเงินมีฮีโมไซยานิน ไนไตรท์จะเข้าจับกับเม็ดเลือดได้น้อยกว่า ไนไตรท์จึงมีความเป็นพิษต่อกุ้งน้อยกว่า ความเป็นพิษมาจากเลือดกุ้งไม่สามารถจับกับออกซิเจน (ประเทือง, 2534)

ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่เป็นตัวควบคุมผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ และเป็นธาตุที่จัดเป็นปัจจัยจำกัด (Limiting factor) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำสาหร่ายใช้ไนโตรเจนในรูปสารประกอบของแอมโมเนีย และไนเตรท

ความเข้มข้นของไนเตรท และแอมโมเนีย จะเปลี่ยนแปลงได้จากหลายปัจจัย เช่น ปริมาณที่ลงไปสู่แหล่งน้ำ ปริมาณที่พืชนำไปใช้ และขบวนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของ แอมโมเนีย ไนเตรท และ ไนไตรท์ ในวงจรของไนโตรเจน และการตรึงไนโตรเจนของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ จำพวกจุลินทรีย์ และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไนโตรเจนในรูปของสารประกอบอินทรีย์ พืชสามารถนำไปใช้ได้ไนรูปของไนเตรท และแอมโมเนีย โดยอาศัยจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลาย (ศิริเพ็ญ, 2537)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจน ที่พืชและแพลงก์ตอนใช้ในการเจริญเติบโต และเป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ถ้ามีอยู่ในความเข้มข้นที่สูงเกินไป โดยแอมโมเนียอิสระ หรือ (NH_3) เป็นพิษอย่างมากต่อสัตว์น้ำ แต่อิออนแอมโมเนีย (NH_4^+) ไม่มีพิษ สัดส่วนของแอมโมเนีย และ อิออนแอมโมเนีย ในน้ำขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิ และปริมาณเกลือแร่ (มันสิน และไพพรรณ, 2539)

ไนไตรท์เป็นไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทได้โดยขบวนการ Nitrification ถ้ามีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอย่างเพียงพอ จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว และสามารถถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียได้ด้วย Denitrification ถ้าขาดออกซิเจนในน้ำ การสะสมของไนไตรท์ในน้ำจะเกิดขึ้นได้เมื่อแหล่งน้ำ หรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการเน่าสลายของสารอินทรีย์ และปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) ออกมามาก (พงศ์เชษฐ, มปป)

ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบมากที่สุดแหล่งน้ำ เนื่องจากสามารถถูกชะล้างไปได้ง่าย ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตขั้นต้น ดังนั้นจึงเป็นดัชนีชี้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (ศิริเพ็ญ, 2537)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

1. สถานที่การศึกษาวิจัย

- สวนป่าส้มของ นางพล สีนุพาชี อำเภอละแม จังหวัดชุมพร
- ห้องปฏิบัติการ คุณภาพน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

2. ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย

เวลาเริ่มดำเนินการ มิถุนายน 2554
เวลาเสร็จสิ้น มิถุนายน 2555

3. สถานที่ค้นคว้าข้อมูล

ห้องสมุด และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

4. แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3 ระยะเวลาการวางแผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	พ.ศ. 2554							พ.ศ. 2555					
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1. ศึกษาข้อมูลเขียนโครงร่างปัญหาพิเศษ	↔												
2. เสนอโครงร่างปัญหาพิเศษ		↔											
3. เตรียมวัสดุอุปกรณ์			↔										
4. ดำเนินการศึกษาวิจัย					↔								
5. บันทึกและสรุปผลการวิจัย						↔							
6. เขียนรายงานและนำเสนอผลการวิจัย								↔					

อุปกรณ์

1. กระชังขนาด 2x5x1.5 เมตร
2. กระเบื้องกันแดดละกระชัง
3. ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำ (Plastic bottles)
4. บีกเกอร์ (Beaker)
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)
6. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)
7. กระบอกตวง (Measuring Cylinder)
8. ปิเปต (Measuring Pipette)
9. บิวเรต และชุดยึดจับ (Burette, Burette Clamp and Stand)
10. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Spectronic Instrument รุ่น 20 GENESTS TM
11. กล้องถ่ายรูป ยี่ห้อ Panasonic รุ่น DMC-S1
12. สมุด ปากกาใช้ในการบันทึกข้อมูล
13. เครื่องวัด pH ยี่ห้อ Cosort รุ่น c830
14. เครื่องคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ Acer รุ่น Aspire one happy
15. เครื่องวัดออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ยี่ห้อ YZI รุ่น 550 DO
16. อาหารเม็ดสำเร็จรูป
17. แอร์ปั๊ม
18. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BHP 3100 S

วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

1. การดำเนินโครงการ

ภาพที่ 3 แผนผังของบ่อที่ใช้ทำการทดลอง



T1R3	T2R2	T1R1	T1R2	T3R2	T2R3	T2R1	T3R1	T3R3
------	------	------	------	------	------	------	------	------

การศึกษาในครั้งนี้มีการทดลองแบบสุ่มทดลอง (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง และทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 เป็นการเลี้ยงปลานิล ในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว

ชุดการทดลองที่ 2 เป็นการเลี้ยงปลานิล ในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับกากสาคัดปาล์ม ในปริมาณอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ตลอดการเลี้ยง

ชุดการทดลองที่ 3 เป็นการเลี้ยงปลานิล ในร่องสวนปาล์มน้ำมันด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับกากสาคัดปาล์ม ในปริมาณอัตราส่วน 1 ต่อ 2 ตลอดการเลี้ยง

2. การเตรียมบ่อทดลอง

การทดลองในครั้งนี้จะใช้ร่องน้ำภายในสวนปาล์มน้ำมันที่กำลังเริ่มให้ผลผลิตเป็นบ่อทดลอง โดยเริ่มกำจัดวัชพืชบริเวณริมบ่อและภายในบ่อออกให้หมด ก่อนใช้เครื่องสูบน้ำมาสูบน้ำภายในร่องน้ำออกให้หมด แล้วจึงโรยปูนขาว 150 กิโลกรัมต่อไร่จนทั่วบ่อ เพื่อปรับสภาพบ่อทดลอง ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง จึงค่อยเก็บสัตว์น้ำที่ตาย จากนั้นนำกระชังที่มีขนาด $2.0 \times 5.0 \times 1.5$ เมตร ที่มีตาข่ายคลุมปิดปากกระชังเพื่อป้องกันปลาทดลองหลบหนี และสัตว์อื่นๆ เข้ามารบกวนสัตว์ทดลอง ทำการกางกระชังลงภายในบ่อทดลองที่เตรียมไว้แล้ว ในระหว่างการเลี้ยงจะรักษาระดับน้ำภายในกระชังให้มีความสูงประมาณ 1.0 เมตรจากนั้นจะทำการเตรียมน้ำก่อนปล่อยลูกปลาลงเลี้ยง โดยการวิเคราะห์หา ค่าความเป็นด่างของน้ำ, ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO), ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH), ค่าออร์โทฟอสเฟต, ค่าปริมาณไนไตรต์ (NO_2), ค่าปริมาณแอมโมเนียของน้ำ (NH_3), และค่าไนโตรเจนรวม เพื่อเป็นการประเมินพร้อมปรับสภาพน้ำใหม่ความเหมาะสมต่อปลาทดลองมากยิ่งขึ้นก่อนเริ่มต้นการทดลอง

3. การเตรียมอาหารปลา

นำเอากากสาคัดปาล์มที่หาซื้อมาจากโรงงานแปรรูปปาล์มน้ำมันแห่งหนึ่งใน อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี มาผสมรวมกับอาหารปลาคูกสำเร็จรูปในอัตราส่วนที่กำหนด แล้วคูลูกเกล้าให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที รอให้อาหารปลาคูกสำเร็จรูปพองตัว เพื่อให้ง่ายต่อการอัดเม็ด จากนั้นนำไปอัดเม็ด ด้วยเครื่องอัดเม็ด (Mincer) โดยผ่านหน้าแว่นที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ประมาณ 2 ครั้ง ก่อนนำเอาอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดแล้วไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วค่อยหักเป็นท่อนเล็กๆ ตามความยาวขนาดประมาณ 2-4 มิลลิเมตร ก่อนนำไปให้

ปลานิลในบ่อทดลองกิน ซึ่งปลาที่นำมาใช้ในการทดลองจะใช้ปลานิลที่มีขนาด 2-3 นิ้ว และปล่อยในอัตรากระชังละ 50 ตัว หรือ 5 ตัวต่อตารางเมตร

4. การเก็บน้ำตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติก แล้วไปวิเคราะห์โดยวิธีดังต่อไปนี้

1. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยวิธีของ ฟงส์เชกซ์ (มปป)
2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยใช้เครื่องมือ DO meter
3. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องมือ pH meter
4. ค่าออร์โธฟอสเฟต โดยวิธีของ ฟงส์เชกซ์ (มปป)
5. ค่าแอมโมเนีย (Ammonia) โดยวิธีของ ฟงส์เชกซ์ (มปป)
6. ค่าไนไตรท์ (Nitrite) โดยวิธีของ ฟงส์เชกซ์ (มปป)
7. ค่าไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) โดยวิธีของ boyd (1995)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANALYSIS OF VARIANCE) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี DUNCAN'S NEW MULTIPLE-RANGE TEST ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

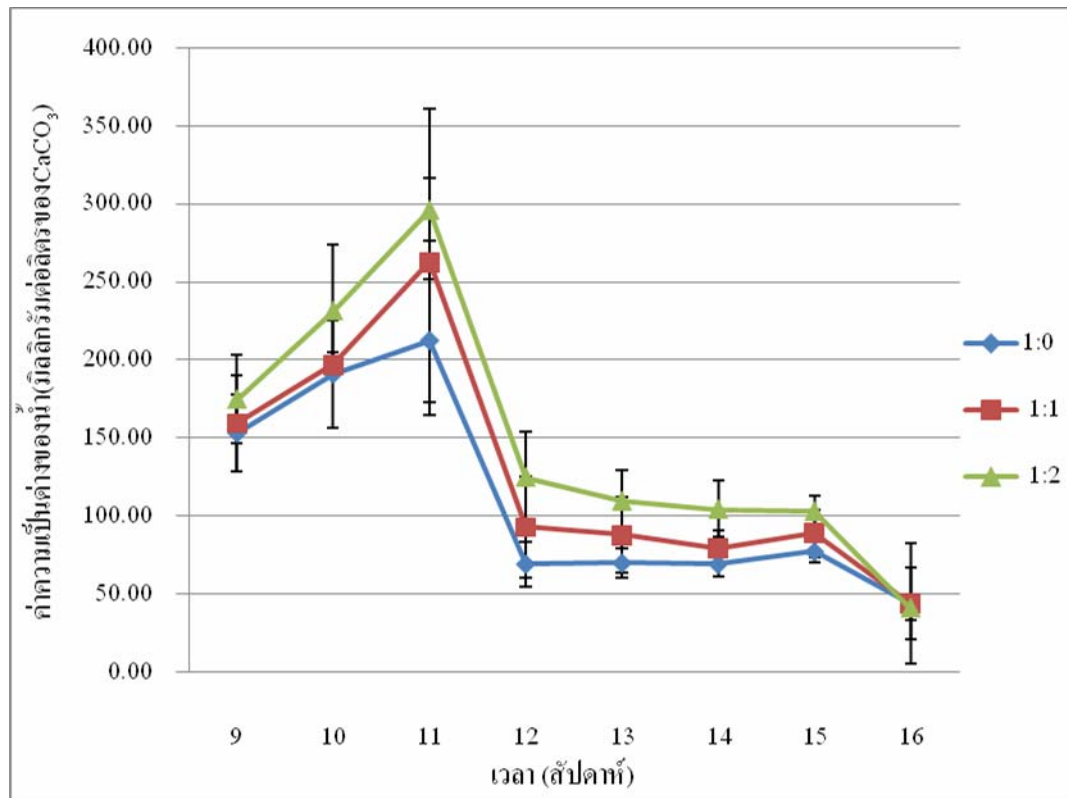
จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกับกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งได้แก่อาหารสำเร็จรูปที่ผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วน 1:0 , 1:1 , และ 1:2 ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 9 บ่อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดละ 3 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 จุด การเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากที่เลี้ยงปลานิลได้ 60 วัน จนถึง 120 วัน ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) ตลอดการเลี้ยงพบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 148.58 ± 82.04 , 126.88 ± 73.51 และ 110.91 ± 64.77 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) คุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคัดปาล์ม		
	1:0	1:1	1:2
9	153.33	160.00	175.33
10	191.33	197.33	232.00
11	212.67	263.33	296.67
12	69.33	93.33	125.33
13	70.00	88.00	110.00
14	69.27	79.67	104.67
15	77.33	89.33	103.33
16	44.00	44.00	41.33
ค่าเฉลี่ย	110.91 ± 64.77^a	126.88 ± 73.51^a	148.58 ± 82.04^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



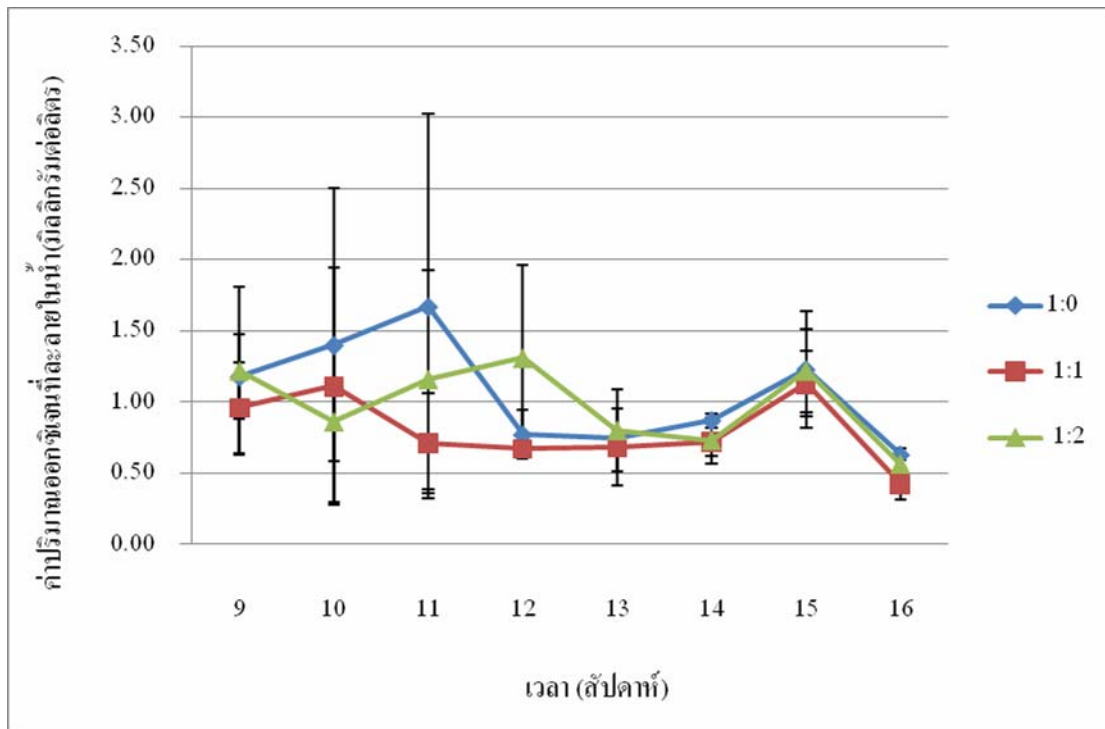
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) ที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์ม ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดการเลี้ยง พบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 1.06 ± 0.37 , 0.98 ± 0.28 และ 0.80 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร) คุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคัดปาล์ม		
	1:0	1:1	1:2
9	1.18	0.96	1.22
10	1.40	1.11	0.86
11	1.67	0.71	1.16
12	0.77	0.67	1.31
13	0.75	0.68	0.80
14	0.87	0.72	0.73
15	1.23	1.13	1.22
16	0.63	0.42	0.56
ค่าเฉลี่ย	1.06 ± 0.37^a	0.80 ± 0.25^a	0.98 ± 0.28^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่เลี้ยงปลานิล ในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วน ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

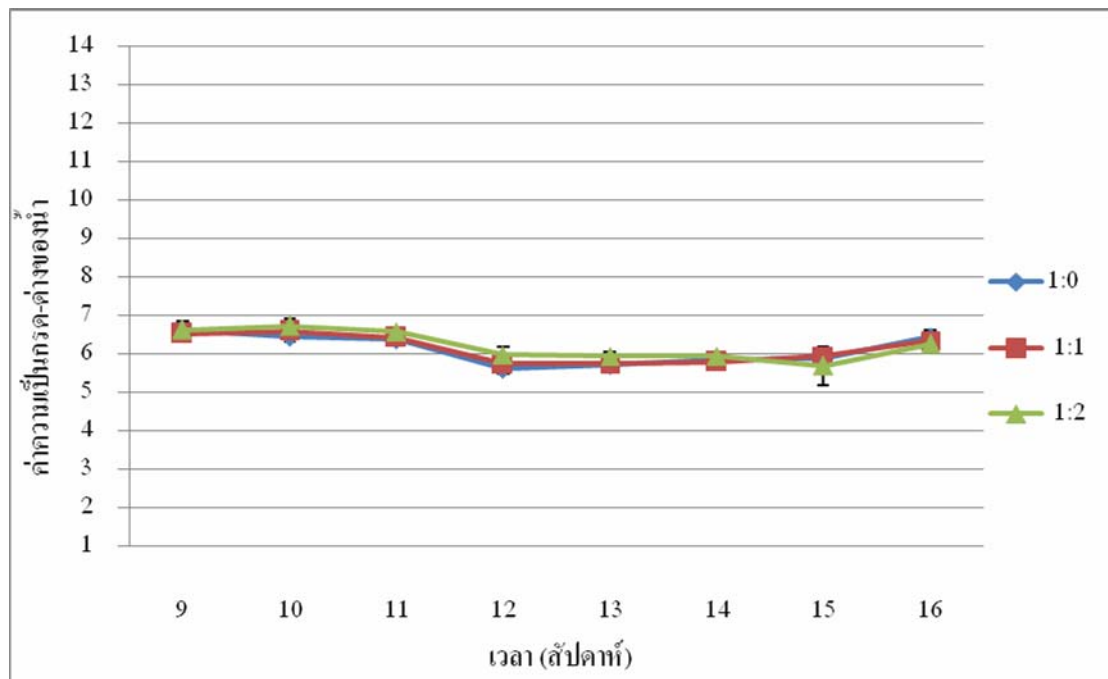


ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ตลอดจนการเลี้ยง พบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 6.22 ± 0.39 , 6.14 ± 0.37 และ 6.12 ± 0.39 ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ คุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์ม น้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกับกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคัดปาล์ม		
	1:0	1:1	1:2
9	6.63	6.52	6.62
10	6.44	6.59	6.73
11	6.38	6.43	6.58
12	5.62	5.74	5.98
13	5.72	5.74	5.94
14	5.86	5.80	5.94
15	5.88	5.94	5.69
16	6.44	6.35	6.27
ค่าเฉลี่ย	6.12 ± 0.39^a	6.14 ± 0.37^a	6.22 ± 0.39^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



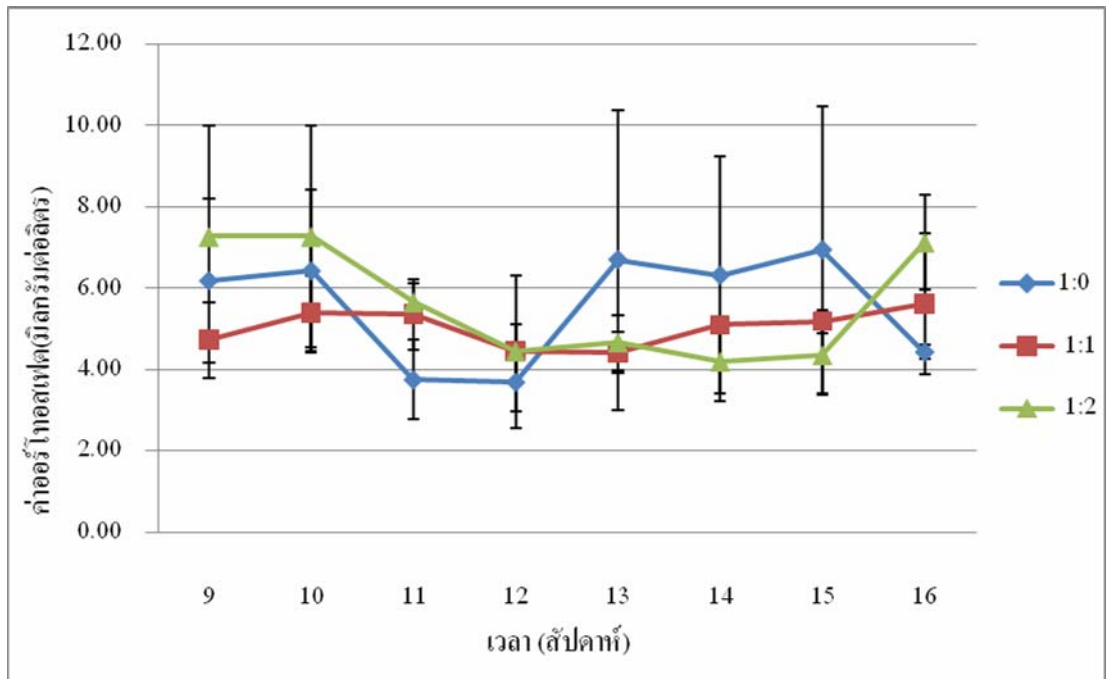
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์ม
น้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ
ในช่วง 61- 120 วัน

ปริมาณออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดการเลี้ยงพบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 5.55 ± 1.36 , 5.49 ± 1.54 และ 5.03 ± 0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของค่าออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) คุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกับกากสาคัดปาล์ม ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคัดปาล์ม		
	1:0	1:1	1:2
9	6.18	4.73	7.27
10	6.42	5.39	7.27
11	3.75	5.35	5.65
12	3.69	4.44	4.43
13	6.70	4.41	3.66
14	6.32	5.09	4.18
15	6.94	5.18	4.34
16	4.43	5.61	7.12
ค่าเฉลี่ย	5.55 ± 1.36^a	5.03 ± 0.45^a	5.49 ± 1.54^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



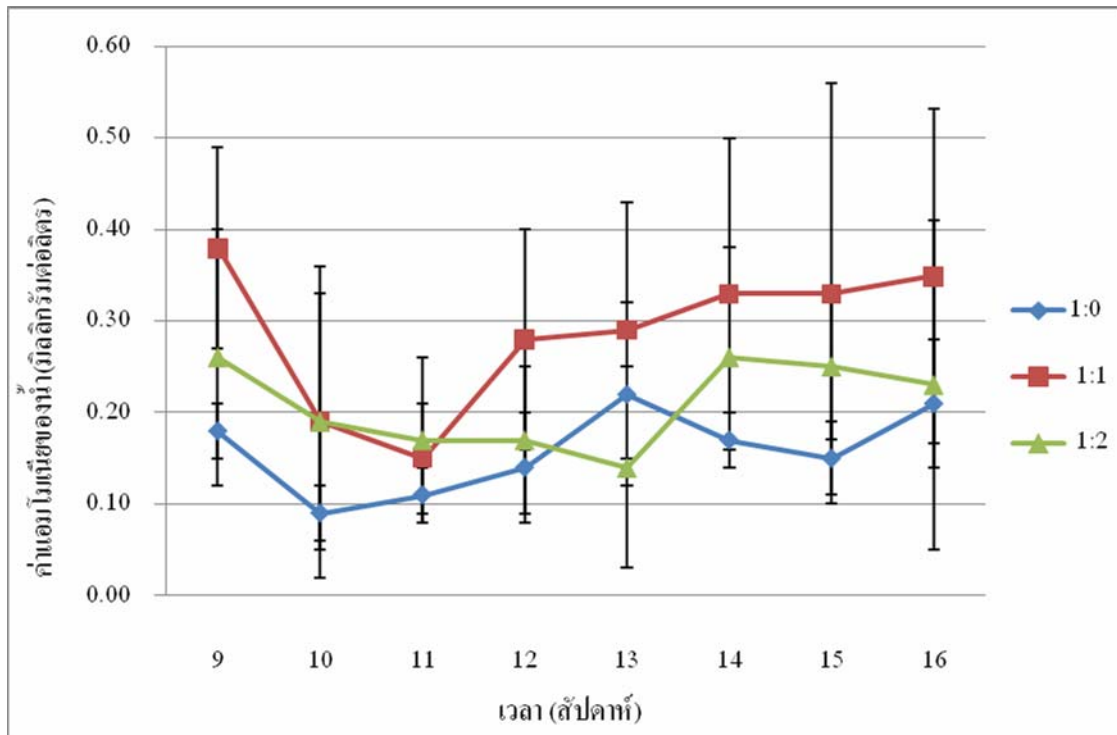
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของค่าออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์ม ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดการเลี้ยง พบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 0.29 ± 0.08 , 0.21 ± 0.05 และ 0.16 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย (NH₃) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิล โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกับกากสาคูปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคูปาล์ม		
	1:0	1:1	1:2
9	0.18	0.38	0.26
10	0.09	0.19	0.19
11	0.11	0.15	0.17
12	0.14	0.28	0.17
13	0.22	0.29	0.14
14	0.17	0.33	0.26
15	0.15	0.33	0.25
16	0.21	0.35	0.23
ค่าเฉลี่ย	0.16 ± 0.05^a	0.29 ± 0.08^a	0.21 ± 0.05^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



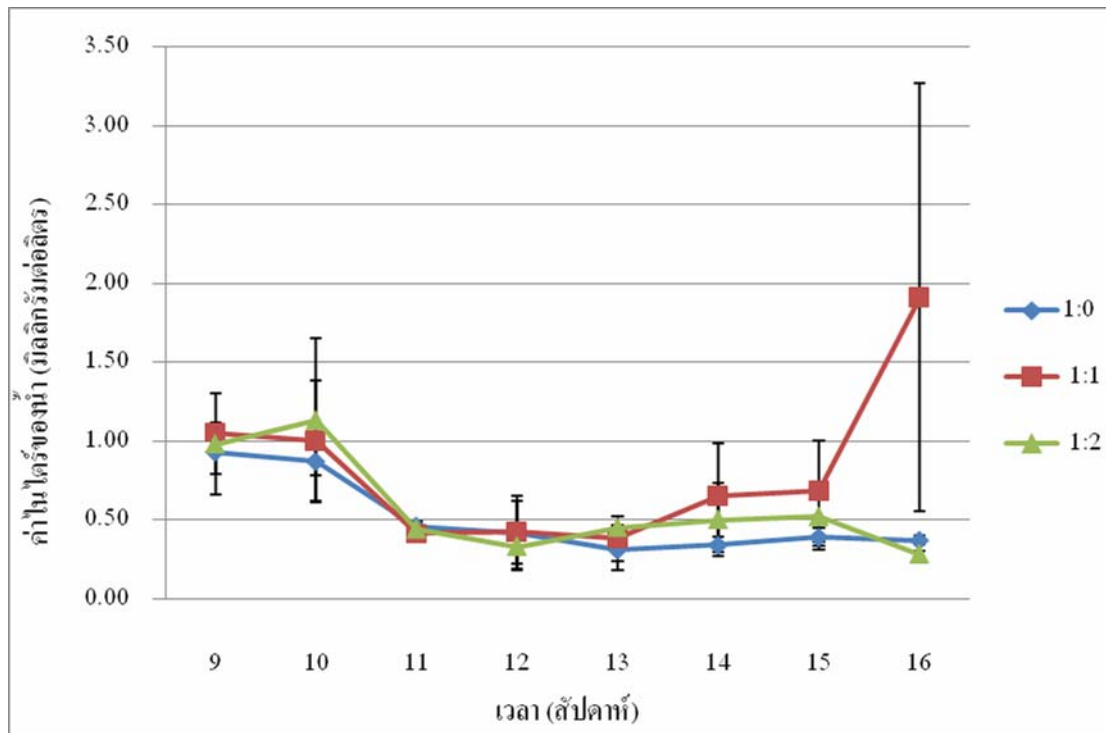
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่เลี้ยงปลานิลใน ร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

ค่าไนไตรท์ (NO₂) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดการเลี้ยง พบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 0.81 ± 0.51 , 0.58 ± 0.31 และ 0.51 ± 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ (NO₂) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิล โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกับกากสาคูปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคูปาล์ม		
	1:0	1:1	1:2
9	0.93	1.05	0.98
10	0.87	1.00	1.13
11	0.46	0.41	0.44
12	0.42	0.42	0.33
13	0.31	0.38	0.45
14	0.34	0.65	0.50
15	0.39	0.68	0.52
16	0.37	1.91	0.28
ค่าเฉลี่ย	0.51 ± 0.24^a	0.81 ± 0.51^a	0.58 ± 0.31^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



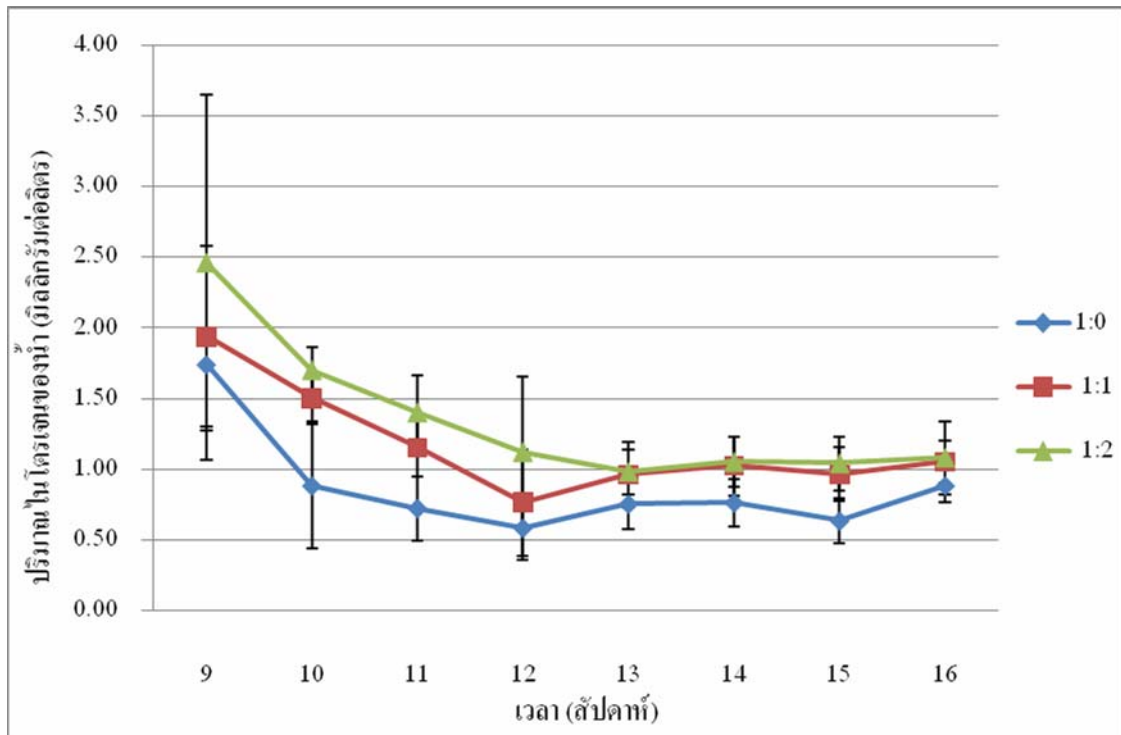
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์ (NO_2^-) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

ปริมาณไนโตรเจน (N) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดการเลี้ยง พบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละชุด การทดลองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 1.35 ± 0.51 , 1.17 ± 0.38 และ 0.87 ± 0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมา คำนวณทางสถิติ พบว่าในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน (N) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิล โดย อาหารสำเร็จรูปผสมกับกากสาคูปาล์มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

เวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วน อาหารสำเร็จรูปต่อกากสาคูปาล์ม		
	1:00	1:1	1:2
9	1.74	1.94	2.46
10	0.88	1.50	1.70
11	0.72	1.15	1.40
12	0.58	0.76	1.12
13	0.75	0.96	0.98
14	0.76	1.02	1.05
15	0.63	0.96	1.04
16	0.88	1.05	1.08
ค่าเฉลี่ย	0.87 ± 0.37^a	1.17 ± 0.38^a	1.35 ± 0.51^a

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจน (N) ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่เลี้ยงปลานิลใน ร่องสวนปล้น้ำมัน โดยอาหารสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปล้นในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 61- 120 วัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์ม ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งได้แก่ อาหารสำเร็จรูปที่ผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 1:2 ในช่วง 61-120 วัน พบว่า

ปริมาณค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) พบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 110.91 ± 64.77 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3), 126.88 ± 73.51 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) และ 148.58 ± 82.04 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) ตามลำดับ โดยในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 และภาพที่ 3) ซึ่งค่าที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ควรมีค่าความเป็นด่างของน้ำ อยู่ระหว่าง 100 – 200 (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3) ในการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความเป็นด่างของน้ำต่ำที่สุด และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าความเป็นด่างของน้ำสูงที่สุด ตลอดจนการทดลองค่าความเป็นด่างของน้ำในทุกชุดการทดลอง จะมีค่ามากที่สุดที่สุดในสัปดาห์ที่ 11 และค่อยๆ ลดลงมาเรื่อยๆ และมีค่าความเป็นด่างของน้ำต่ำที่สุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ซึ่งพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองมีการเพิ่มปูนขาว (Liming) โคโลไมด์ [$\text{Ca}(\text{MgCO}_3)_2$] เพื่อช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำภายในบ่อ หากค่าความเป็นด่างของน้ำต่ำจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในรอบวัน ควรมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 หน่วยในรอบวัน หากค่าความเป็นด่าง และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำภายในบ่อต่ำ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาภายในบ่อ ส่วนน้ำที่มีค่าความเป็นด่างสูงจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมากนัก (อนุพงศ์, 2545)

ซึ่งปริมาณค่าความเป็นด่าง(Alkalinity) ของน้ำในแหล่งธรรมชาติส่วนใหญ่ จะเกิดจากไบคาร์บอเนต (HCO_3^-), คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และ ไฮดรอกไซด์ (OH^-) ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมไม่ให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด - ด่าง อย่างรวดเร็ว (Boyd and Tucker, 1998) เมื่อมีการสังเคราะห์แสงจะมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งได้มาจากไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ตามสมการ $2 \text{HCO}_3^- = \text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ CO_2 (คาร์บอนไดออกไซด์) เป็นกรด การนำเอา CO_2 ออกไปโดยการสังเคราะห์แสง ทำให้ความเป็นกรดลดลง pH ของน้ำจะสูงขึ้น ในขณะที่การเพิ่ม CO_2 จะทำให้น้ำเป็นกรดมากขึ้น pH ของน้ำจะลดลงโดยน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นด่าง(Alkalinity)ของน้ำ อยู่ระหว่าง 200 -300 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3

(กรมประมง, มปป) แต่ ไมตรี และจารุวรรณ (2528) รายงานว่า ปริมาณความเป็นด่างควรมีค่า 20 – 250 (มิลลิกรัมของ CaCO_3) จึงจะมีการบ่มไดออกไซด์ (CO_2) ปริมาณที่เหมาะสมแก่การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 5 ภาพที่ 4) พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสัปดาห์ที่ 11 และชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ตลอดจนการทดลองพบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ต่ำเนื่องจากสภาพของบ่อที่เลี้ยง พบว่ามีปริมาณแพลงก์ตอนภายในบ่อน้อย สีของน้ำมีสีขุ่นเนื่องจากมีตะกอนแขวนลอยมาก และการได้รับแสงแดดของบ่อไม่เต็มที่ เพราะบ่อเลี้ยงอยู่ใต้โคนปาล์ม ทำให้ส่งผลต่อการผลิตออกซิเจนที่ละลายในน้ำภายในบ่อ เพราะปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือในบ่อเลี้ยงที่มีการเติมอากาศ พบว่าจะมีการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช เป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์)) และส่วนที่เหลือมาจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง (5-10 เปอร์เซ็นต์) (วิรัช, 2544) และเนื่องจากในการเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการตรวจเช็ค เก็บในช่วงเช้าทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำไปด้วย เพราะในช่วงตอนเช้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะต่ำ และสูงสุดในตอนบ่ายเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช

จากการสูญเสียออกซิเจนภายในบ่อ จะมาจากกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบ่อ รวมทั้งกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุ นอกจากนี้คุณภาพน้ำโดยทั่วไปภายในบ่อมีลักษณะตะกอนดินจึงพบปริมาณแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีปริมาณที่น้อย ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำภายในบ่ออาจไม่มาจากการแพร่จากอากาศลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง

ปริมาณความเป็นกรด – ด่าง (pH) ทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 6 ภาพที่ 5) พบว่าในทุกชุดการทดลอง จะค่อนข้างคงที่ อาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ตลอดจนการทดลองในการเลี้ยง จะเห็นว่าค่า pH หรือปริมาณความเป็นกรด-ด่างนั้น ซึ่งเป็นปัจจัยในการเพิ่มหรือลด นั้นอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยหรืออาจเกิดจากสมบัติทางเคมีที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ ถ้ามีปริมาณของคาร์บอนเกิดการจับตัวกับน้ำ จะทำให้ปริมาณของกรดคาร์บอนิกมากขึ้นจนทำให้ปริมาณความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำลดลง ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำ ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าเท่ากับ 6.5 – 9 (สุภาพร, 2545)

ปริมาณออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) ทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 7 ภาพที่ 6) ตลอดจนการทดลองพบว่าค่าออร์โทฟอสเฟตของน้ำมีปริมาณที่สูงเนื่องจากบ่อทดลองเป็นบ่อเก่า ซึ่งฟอสฟอรัสจะสะสมในดินและหินแร่หรือ

แหล่งสะสมอื่นๆ ซึ่งจะปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาในรูปที่ละลายน้ำโดยการชะล้าง โดยฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ดังนั้น จึงสามารถทำให้พืชน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เมื่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อมีมากก็จะส่งผลต่อ ออกซิเจนในบ่อด้วย (พงศ์เชษฐ, มปป) ซึ่งไมตรีและจารุวรรณ (2528) อ้างถึงการศึกษาในต่างประเทศว่า หากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.01 (มิลลิกรัมต่อลิตร) จัดว่าแหล่งน้ำนั้นมีธาตุอาหารมากเกินไปแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 (มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงว่าในแหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตพืชน้ำ โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่อยู่บนที่สูงมีการชะล้างของธาตุอาหารจากดินลงสู่แหล่งน้ำเมื่อมีฝนตก

ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) มักพบภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา ซึ่งมีการเลี้ยงแบบหนาแน่น และมีการใช้อาหารที่มีโปรตีนสูง ในการทดลองพบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 9 ภาพที่ 8) (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) รายงานว่าโดยปกติค่าที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ไม่ควรมีค่าเกิน 0.02 (มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่จากผลการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณที่มากอย่างเห็นได้ชัด อาจเกิดจากของเสียที่มาจากสิ่งมีชีวิตขั้ว่าย หรืออาหารที่ให้เหลือตกค้างภายในบ่อมีการสะสม หรือเกิดจากการที่ไม่ได้ถ่ายเทน้ำในบ่อ ซึ่งปลานิลมีความทนต่อแอมโมเนียได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างของน้ำ คือ ถ้าเมื่อไรที่อุณหภูมิ หรือความเป็นกรด-ด่างลดลงจะทำให้แอมโมเนียลดลงเช่นกัน ปลานิลจึงสามารถอยู่ในบ่อเลี้ยงได้ ในการลดปริมาณของแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงควรมีการเติมอากาศลงไปให้เพียงพอ (พุทธ, มปป) แอมโมเนียในน้ำจะเป็นอาหารของแบคทีเรียในกลุ่ม ไนโตรไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) เช่น ไนโตรโซโมแนส (*Nitrosomonas* spp.) และไนโตรแบคเตอร์ (*Nitrobacter* spp.) จะกินแอมโมเนียเป็นอาหาร และ ระเบิดเปลี่ยนแอมโมเนียเป็น ไนไตรท์ และไนเตรทซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ในขณะเดียวกันแบคทีเรียในกลุ่มนี้จำเป็นต้องดำรงชีวิตในสภาพของน้ำที่มีออกซิเจน เพื่อใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญอาหารสร้างพลังงาน การขาดออกซิเจนหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แอมโมเนีย เปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรทไม่สมบูรณ์ความสัมพันธ์ของไนโตรเจนกับออกซิเจนและไบคาร์บอเนต ในปฏิกิริยานิตริฟิเคชัน (Nitrification)

ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8 ภาพที่ 7) ตลอดการทดลองพบว่า ปริมาณไนไตรท์ของชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ตลอดการทดลองพบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณไนไตรท์ที่สูงแต่ไม่มี

ผลต่อสัตว์น้ำ สาเหตุที่ไนไตรท์ลดลง เนื่องจากไนไตรท์จะมีลักษณะควบคู่กับแอมโมเนีย ในบ่อเลี้ยงไม่มีการให้อากาศ ทำให้ไนบ่อเลี้ยงอยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้ไม่สมบูรณ์ ปริมาณไนไตรท์ควรอยู่ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณไนไตรท์ เกิดจากการเปลี่ยนรูปทางเคมี ของสารประกอบไนโตรเจน โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่ม คีโมออโตโทรฟ (*Chemoautotroph*) ที่สามารถดึงออกซิเจนออกจากสารประกอบไนโตรเจน (ไนเตรท) มาใช้เพื่อการดำรงชีพ ในกรณีที่ขาดออกซิเจนหรือออกซิเจนไม่เพียงพอ จนทำให้เกิดการสะสมของไนไตรท์ การสะสมของของเสีย เช่น มูลสัตว์น้ำ และเศษอาหารเหลือ เนื่องจากการให้อาหารมากเกินไป และซากแพลงก์ตอนเหล่านี้เป็นแหล่งของสารประกอบไนโตรเจน ที่ทำให้เกิดไนไตรท์ขึ้นภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ (กรมประมง, มปป) ไมตรี และจารุวรรณ (2528) รายงานว่าอุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจน (O_2) เป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณไนไตรท์เพิ่มหรือลด และเมื่อปริมาณไนไตรท์สูงขึ้นเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็อาจจะทำให้เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้

ปริมาณไนโตรเจนรวม (N) ในโตรเจนในแหล่งน้ำมี 3 รูปแบบที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นสารประกอบหลักของโปรตีน (Protein) (เกรียงศักดิ์, 2539) ในการทดลองพบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลองให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 10 ภาพที่ 9) ตลอดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลอง และชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง และทั้ง 3 ชุดการทดลองมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากไนไตรท์เป็นไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทได้โดยขบวนการ Nitrification ถ้ามีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอย่างเพียงพอ จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว และสามารถถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียได้ด้วย Denitrification ถ้าขาดออกซิเจนในน้ำ การสะสมของไนไตรท์ในน้ำจะเกิดขึ้นได้เมื่อแหล่งน้ำ หรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการเน่าสลายของสารอินทรีย์ และปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) ออกมามาก (พงศ์เชษฐ, มปป) และไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบมากที่สุดแหล่งน้ำ เนื่องจากสามารถถูกชะล้าง ไปได้ง่าย ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตขั้นต้น ดังนั้นจึงเป็นดัชนีชี้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้

(ศิริเพ็ญ, 2537) และในการทดลองในครั้งนี้ ทำการทดลองภายในร่องสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไนโตรเจนในน้ำลดลง เนื่องจากภายในบ่อทดลองมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชน้อย ดังนั้นจึงมีการดึงเอาไนโตรเจนไปใช้แต่เป็นส่วนน้อย แต่ในการทดลองในครั้งนี้มีความเป็นไปได้ ในการที่ต้นปาล์มน้ำมันที่อยู่บริเวณใกล้กับบ่อทดลอง มีการดึงเอาไนโตรเจนจากแหล่งน้ำไปใช้ (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ธาตุไนโตรเจนที่พืชต่างๆ ไปดึงมาใช้ประโยชน์นั้น จะต้องอยู่

ในรูปของอนุมูลของประกอบ เช่น แอมโมเนียไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) และไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบมากที่สุดในแหล่งน้ำ และสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ที่ไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง



บทที่ 5

ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในร่องสวนปาล์มน้ำมัน ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมกากสาคัดปาล์ม ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ อาหารปลาคูสำเร็จรูปที่ผสมกากสาคัดปาล์มในอัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 1:2 ในช่วง 61-120 วัน สรุปว่าคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำภายในบ่อที่ใช้เลี้ยงปลานิลด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของกากสาคัดปาล์ม พบว่า ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-), และค่าไนโตรเจนรวม (N) ในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ มีปัจจัยในการผันแปรอาจจะเกิดจากสภาพแวดล้อมหรือฤดูกาล ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งในการเลี้ยงสัตว์น้ำ และในการทดลองสูตรอาหารที่เสริมด้วยกากสาคัดปาล์มในอาหาร ครั้งนี้พบว่าที่ใช้ในการทดลอง ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ทำการเลี้ยงในร่องสวนปาล์มน้ำมัน

บรรณานุกรม

- กรมประมง. มปป. **คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลา**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก:
<http://www.trangpets.com>. สืบค้น 10 มกราคม 2555
- กรมประมง. 2553. **ปลาชนิด**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก: <http://pla108.blogspot.com>.
 สืบค้น 20 มกราคม 2555
- กรมวิชาการเกษตร. 2551. **ปลาน้ำจืด**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก: <http://www.doa.go.th/th/>
 สืบค้น 10 มกราคม 2555
- กรมอนามัย. 2539. **คู่มือการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมในห้วงปฏิบัติการ**. กระทรวง
 สาธารณสุข. 363 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มิตรนภาการพิมพ์
คาร์บอนไดออกไซด์. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก: <http://th.wikipedia.org/wiki/คาร์บอนไดออกไซด์>.
 สืบค้น 10 มกราคม 2555
- ภาควิชาพืชไร่นา. 2552. **ปลาน้ำจืด**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก: <http://www.doae.go.th/plant.htm>.
 สืบค้น 20 มกราคม 2555
- ภาณุวัฒน์ คำภูษา. 2552. **คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารเสริมกากสาคูปลาในร่อง
 สวนปลา**. 34 น.
- จำลอง อรุณเลิศอารีย์. มปป. **คู่มือสำรวจทรัพยากรน้ำด้านคุณภาพ**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก
 1 มกราคม 2555 <http://tsunami.deqp.go.th/WaterQ.asp>. สืบค้น 20 มกราคม 2555
- ธีรพงศ์ ไกรนรา. 2536. **ผลกระทบของแอมโมเนียในปลาดุก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นันทนา คชเสนี. 2536. **คู่มือการปฏิบัติการนิเวศน้ำจืด**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
 กรุงเทพฯ. 117 น.
- นิวัติ หวังชัย. 2550. **คุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. พิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2538. **เทคนิคทางเคมี**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก:
<http://www.school.net.th/library/snet5/titrate.html>. สืบค้น 10 มกราคม 2555
- ประเทือง เชาวันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. สำนักพิมพ์ฟิลิกส์เซ็นเตอร์. กรุงเทพฯ.
- พงศ์เชษฐ พิชิตกุล. มปป. **การวิเคราะห์น้ำ (Water Analysis)**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พุทธ ส่องแสงจินดา. มปป. **กลุ่มวิจัยวิศวกรรมและการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม**. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึง
 จาก: <http://www.shrimpcenter.com/t-shrimp007.html>. สืบค้น 30 มกราคม 2555

มันสิน ดันทุลเวศม์. 2553. เคมิวิทยาของน้ำ และน้ำเสีย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.koi-keeper.net/topic_4600.0.html. สืบค้น 30 มกราคม 2555

มันสิน ดันทุลเวศม์และไพพรรณ พรประภา. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำและบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 214 หน้า

ไมตรี ดวงสวัสดิ์และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 115 หน้า

วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2537. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร โดย *Chlorella* spp. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20 : 568-569 น.

ศูนย์วิจัยการจัดการคุณภาพน้ำ. 2539. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดินสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. บมจ. เจริญโภคภัณฑ์อาหารสัตว์.

สุภาพร สุกสีเหลือง. 2545. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ : สื่อเสริมกรุงเทพ. 312 หน้า

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มปป. ก๊าซเรือนกระจก.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://lokron.blogspot.com/2007/06/blog-post.html>.

สืบค้น 20 มีนาคม 2555

สัน นาตะสุวรรณ. 2548. คู่มือปลาน้ำจืด. สำนักพิมพ์น้ำฝน. กรุงเทพฯ

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. มงคลการพิมพ์. 110. หน้า

สุธรรม สิทธิชัยเกษม, เล็ก ชลยุทธ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2529. ผลกระทบของค่า pH ที่แตกต่างกันต่อปลาน้ำจืด. รายงานการประชุมทางวิชาการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 24. กรุงเทพฯ. หน้า 53-60.

สุภาพ มงคลประสิทธิ์. 2535. มินวิทยา(ปฏิบัติการ). คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนุพงศ์ มาลี. 2545. คุณสมบัติของน้ำกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. [ออนไลน์].

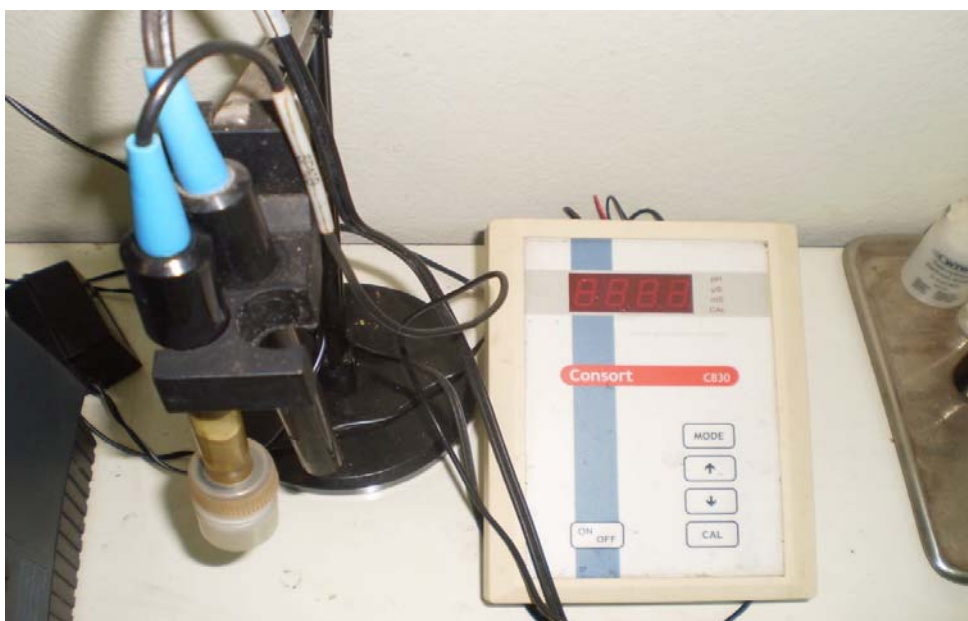
www.skonline.com/download/Let_1-52/Let_1-2552.pdf สืบค้น 20 มีนาคม 2555

Boyd and Tucker (1998) การจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

http://www.thailandshrimp.com/data/agriculture_tiger_p7.htm สืบค้น 20 มกราคม 2555



ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง



ภาพผนวกที่ 2 เครื่อง Spectrophotometer ที่ใช้ค่าของแอมโมเนีย ไนโตรที่ ออร์โทฟอสเฟต และไนโตรเจนรวม



ภาพผนวกที่ 3 เครื่องชั่งสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



ภาพผนวกที่ 4 กระดาษกรอง(ยี่ห้อ Whatman Schleicher & Schuell)



ภาพผนวกที่ ๕ ชั้นวางสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



ภาพผนวกที่ ๖ ขวดใส่ตัวอย่างน้ำที่นำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



ภาพผนวกที่ 7 ขวดพลาสติกที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ



ภาพผนวกที่ 8 บิวเรต (Buret)

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม
ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นด่างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
1	126.00	160.00	174.00	153.33
2	152.00	204.00	218.00	191.33
3	170.00	220.00	248.00	212.67
4	54.00	72.00	82.00	69.33
5	62.00	68.00	80.00	70.00
6	63.80	66.00	78.00	69.27
7	80.00	70.00	82.00	77.33
8	88.00	28.00	16.00	44.00
เฉลี่ย	99.48	111.00	122.25	110.91±64.77

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม
ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นด่างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	134.00	152.00	194.00	160.00
10	190.00	196.00	206.00	197.33
11	150.00	316.00	324.00	263.33
12	56.00	112.00	112.00	93.33
13	62.00	92.00	110.00	88.00
14	67.00	88.00	84.00	79.67
15	72.00	100.00	96.00	89.33
16	70.00	26.00	36.00	44.00
เฉลี่ย	100.13	135.25	145.25	126.88 ± 73.51

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าความเป็นด่างของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลดปาล์ม
ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นด่างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	206.00	170.00	150.00	175.33
10	250.00	262.00	184.00	232.00
11	274.00	312.00	304.00	296.67
12	94.00	132.00	150.00	125.33
13	88.00	118.00	124.00	110.00
14	86.00	106.00	122.00	104.67
15	92.00	110.00	108.00	103.33
16	34.00	50.00	40.00	41.33
เฉลี่ย	140.50	157.50	147.75	148.58±82.04

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สัลดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	1.48	0.89	1.18	1.18
10	2.66	0.93	0.61	1.40
11	3.22	1.05	0.74	1.67
12	0.58	0.82	0.92	0.77
13	0.79	0.75	0.70	0.75
14	0.83	0.85	0.92	0.87
15	1.70	1.02	0.96	1.23
16	0.61	0.60	0.67	0.63
เฉลี่ย	1.48	0.86	0.84	1.06±0.37

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	1.16	1.13	0.60	0.96
10	0.73	2.06	0.53	1.11
11	0.41	1.09	0.63	0.71
12	0.68	0.64	0.69	0.67
13	0.73	0.92	0.39	0.68
14	0.74	0.81	0.62	0.72
15	1.36	1.13	0.90	1.13
16	0.31	0.53	0.41	0.42
เฉลี่ย	0.77	1.04	0.60	0.80±0.25

ตารางภาคผนวกที่ 6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.72	1.06	1.87	1.22
10	0.56	0.91	1.12	0.86
11	0.28	1.56	1.65	1.16
12	0.63	1.93	1.36	1.31
13	0.53	0.76	1.10	0.80
14	0.59	0.69	0.91	0.73
15	0.95	1.19	1.52	1.22
16	0.62	0.50	0.57	0.56
เฉลี่ย	0.61	1.08	1.26	0.98±0.28

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของน้ำ			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	6.88	6.48	6.52	6.63
10	6.45	6.42	6.45	6.44
11	6.35	6.36	6.44	6.38
12	5.64	5.53	5.70	5.62
13	5.73	5.68	5.75	5.72
14	5.94	5.81	5.83	5.86
15	6.03	5.88	5.74	5.88
16	6.63	6.39	6.30	6.44
เฉลี่ย	6.21	6.07	6.09	6.12±0.39

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และ
กากสลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของน้ำ			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	6.45	6.56	6.56	6.52
10	6.27	6.78	6.71	6.59
11	6.18	6.54	6.57	6.43
12	5.46	5.86	5.89	5.74
13	5.56	5.89	5.76	5.74
14	5.81	5.90	5.70	5.80
15	5.94	5.95	5.92	5.94
16	6.43	6.30	6.33	6.35
เฉลี่ย	6.01	6.22	6.18	6.14±0.37

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	6.48	6.66	6.71	6.62
10	6.51	6.82	6.85	6.73
11	6.45	6.62	6.66	6.58
12	5.74	6.08	6.11	5.98
13	5.81	6.00	6.00	5.94
14	5.95	5.92	5.95	5.94
15	5.83	5.14	6.09	5.69
16	6.36	6.18	6.27	6.27
เฉลี่ย	6.14	6.18	6.33	6.22±0.39

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณออร์โทฟอสเฟตของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ค่าออร์โทฟอสเฟตของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	8.67	4.08	5.78	6.18
10	8.67	4.80	5.78	6.42
11	2.65	4.07	4.53	3.75
12	3.21	3.42	4.44	3.69
13	10.94	4.17	4.99	6.70
14	9.68	4.61	4.68	6.32
15	11.00	4.77	5.04	6.94
16	4.25	4.47	4.58	4.43
เฉลี่ย	7.38	4.30	4.98	5.55±1.36

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณออร์โทฟอสเฟตของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ค่าออร์โทฟอสเฟตของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	4.36	5.67	4.15	4.73
10	4.36	5.67	6.15	5.39
11	4.39	5.63	6.04	5.35
12	2.69	6.43	4.20	4.44
13	3.84	4.82	4.58	4.41
14	5.12	5.20	4.95	5.09
15	5.07	4.98	5.50	5.18
16	4.49	7.61	4.72	5.61
เฉลี่ย	4.29	5.75	5.04	5.03±0.45

ตารางภาคผนวกที่ 12 ปริมาณออร์โทฟอสเฟตของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ค่าออร์โทฟอสเฟตของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	10.42	5.71	5.67	7.27
10	10.42	5.71	5.67	7.27
11	5.10	5.91	5.93	5.65
12	5.23	3.99	4.07	4.43
13	3.20	3.77	3.99	3.66
14	4.82	4.66	3.06	4.18
15	4.90	4.88	3.25	4.34
16	5.82	7.46	8.08	7.12
เฉลี่ย	6.24	5.26	4.97	5.49±1.54

ตารางภาคผนวกที่ 13 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลด
ปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ค่าแอมโมเนียของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.15	0.21	0.17	0.18
10	0.06	0.10	0.10	0.09
11	0.09	0.14	0.12	0.11
12	0.14	0.20	0.08	0.14
13	0.12	0.23	0.33	0.22
14	0.15	0.21	0.16	0.17
15	0.12	0.13	0.19	0.15
16	0.15	0.20	0.28	0.21
เฉลี่ย	0.12	0.18	0.18	0.16±0.05

ตารางภาคผนวกที่ 14 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลด
ปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ค่าแอมโมเนียของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.44	0.26	0.44	0.38
10	0.13	0.05	0.38	0.19
11	0.14	0.10	0.21	0.15
12	0.15	0.32	0.38	0.28
13	0.13	0.36	0.37	0.29
14	0.14	0.46	0.40	0.33
15	0.08	0.51	0.41	0.33
16	0.14	0.47	0.43	0.35
เฉลี่ย	0.17	0.32	0.38	0.29±0.08

ตารางภาคผนวกที่ 15 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลด
ปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ค่าแอมโมเนียของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.32	0.36	0.10	0.26
10	0.34	0.18	0.06	0.19
11	0.18	0.25	0.08	0.17
12	0.22	0.26	0.04	0.17
13	0.11	0.30	0.03	0.14
14	0.14	0.37	0.27	0.26
15	0.15	0.29	0.31	0.25
16	0.02	0.37	0.30	0.23
เฉลี่ย	0.19	0.30	0.15	0.21±0.05

ตารางภาคผนวกที่ 16 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัลด
ปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ค่าไนโตรเจนของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.80	1.07	0.92	0.93
10	0.77	0.93	0.91	0.87
11	0.44	0.50	0.46	0.46
12	0.19	0.56	0.50	0.42
13	0.24	0.23	0.46	0.31
14	0.30	0.40	0.32	0.34
15	0.35	0.46	0.38	0.39
16	0.39	0.34	0.40	0.37
เฉลี่ย	0.43	0.56	0.54	0.51±0.24

ตารางภาคผนวกที่ 17 ปริมาณไนไตรท์ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัดปลาต้ม ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ค่าไนไตรท์ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.99	1.05	1.12	1.05
10	1.31	0.57	1.12	1.00
11	0.45	0.35	0.43	0.41
12	0.69	0.26	0.30	0.42
13	0.21	0.45	0.46	0.38
14	0.28	0.89	0.79	0.65
15	0.31	0.88	0.84	0.68
16	2.72	0.34	2.66	1.91
เฉลี่ย	0.87	0.60	0.97	0.81±0.51

ตารางภาคผนวกที่ 18 ปริมาณไนไตรท์ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกากสัดปลาต้ม ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ค่าไนไตรท์ของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	0.87	1.35	0.74	0.98
10	0.98	1.71	0.70	1.13
11	0.39	0.46	0.46	0.44
12	0.19	0.33	0.49	0.33
13	0.45	0.46	0.44	0.45
14	0.27	0.72	0.52	0.50
15	0.29	0.70	0.56	0.52
16	0.30	0.26	0.29	0.28
เฉลี่ย	0.47	0.75	0.52	0.58±0.31

ตารางภาคผนวกที่ 19 ปริมาณไนโตรเจน (N) ของน้ำ ภายใบบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:0

เวลา (สัปดาห์)	ค่าไนโตรเจนของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	1.03	1.80	2.38	1.74
10	1.39	0.59	0.66	0.88
11	0.98	0.53	0.64	0.72
12	0.67	0.73	0.33	0.58
13	0.77	0.92	0.57	0.75
14	0.71	0.94	0.61	0.76
15	0.38	0.91	0.59	0.63
16	0.81	1.03	0.82	0.88
เฉลี่ย	0.84	0.93	0.82	0.87±0.37

ตารางภาคผนวกที่ 20 ปริมาณไนโตรเจน (N) ของน้ำ ภายใบบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:1

เวลา (สัปดาห์)	ค่าไนโตรเจนของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	2.34	2.28	1.21	1.94
10	1.66	1.34	1.52	1.50
11	1.04	1.03	1.38	1.15
12	0.35	0.83	1.10	0.76
13	0.70	1.12	1.05	0.96
14	0.78	1.16	1.12	1.02
15	0.75	1.13	0.99	0.96
16	0.88	1.11	1.17	1.05
เฉลี่ย	1.06	1.25	1.19	1.17±0.38

ตารางภาคผนวกที่ 21 ปริมาณไนโตรเจน (N) ของน้ำ ภายในบ่อที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป และกาก
สลัดปาล์ม ในอัตราส่วน 1:2

เวลา (สัปดาห์)	ค่าไนโตรเจนของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
9	1.45	2.14	3.77	2.46
10	1.53	1.76	1.83	1.70
11	1.31	1.21	1.70	1.40
12	0.92	0.72	1.72	1.12
13	0.80	1.10	1.03	0.98
14	0.85	1.20	1.09	1.05
15	0.83	1.10	1.19	1.04
16	0.79	1.27	1.18	1.08
เฉลี่ย	1.06	1.31	1.69	1.35±0.51

ตารางภาคผนวกที่ 22 ตาราง ANOVA แสดงค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในการทดลองเลี้ยงปลานิลใน
 ร่องสวนปลาล้มน้ำมันด้วยอาหารที่ผสมกากสาคัดปลาล้มร่วมกับอาหารเม็ด
 ดำเนินการในอัตราส่วน 2 ระดับและชุดการทดลอง

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความเป็นต่าง	Between Groups	2145.394	2	1072.697	4.213	.072
	Within Groups	1527.867	6	254.644		
	Total	3673.260	8			
DO	Between Groups	.104	2	.052	.531	.613
	Within Groups	.589	6	.098		
	Total	.693	8			
PH	Between Groups	.015	2	.008	.813	.487
	Within Groups	.056	6	.009		
	Total	.072	8			
ออร์โธฟอสเฟต	Between Groups	.496	2	.248	.207	.819
	Within Groups	7.188	6	1.198		
	Total	7.684	8			
ไนโตรเจน	Between Groups	.151	2	.076	3.557	.096
	Within Groups	.128	6	.021		
	Total	.279	8			
แอมโมเนีย	Between Groups	.026	2	.013	2.030	.212
	Within Groups	.038	6	.006		
	Total	.063	8			
ไนโตรเจนรวม	Between Groups	.367	2	.183	4.850	.056
	Within Groups	.227	6	.038		
	Total	.594	8			

ตารางภาคผนวกที่ 23 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณความเป็นต่างของน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	110.9100	
2.00	3	126.8767	126.8767
3.00	3		148.5833
Sig.		.266	.147

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 24 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05
		1
2.00	3	.8033
3.00	3	.9833
1.00	3	1.0600
Sig.		.369

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 25 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณ pH ของน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05
		1
1.00	3	6.1233
2.00	3	6.1367
3.00	3	6.2167
Sig.		.297

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 26 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณออร์โทฟอสเฟตของน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05
		1
2.00	3	5.0267
3.00	3	5.4900
1.00	3	5.5533
Sig.		.589

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 27 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	.5100	
3.00	3	.5800	.5800
2.00	3		.8133
Sig.		.578	.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 28 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียของน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05
		1
1.00	3	.1600
3.00	3	.2133
2.00	3	.2900
Sig.		.101

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

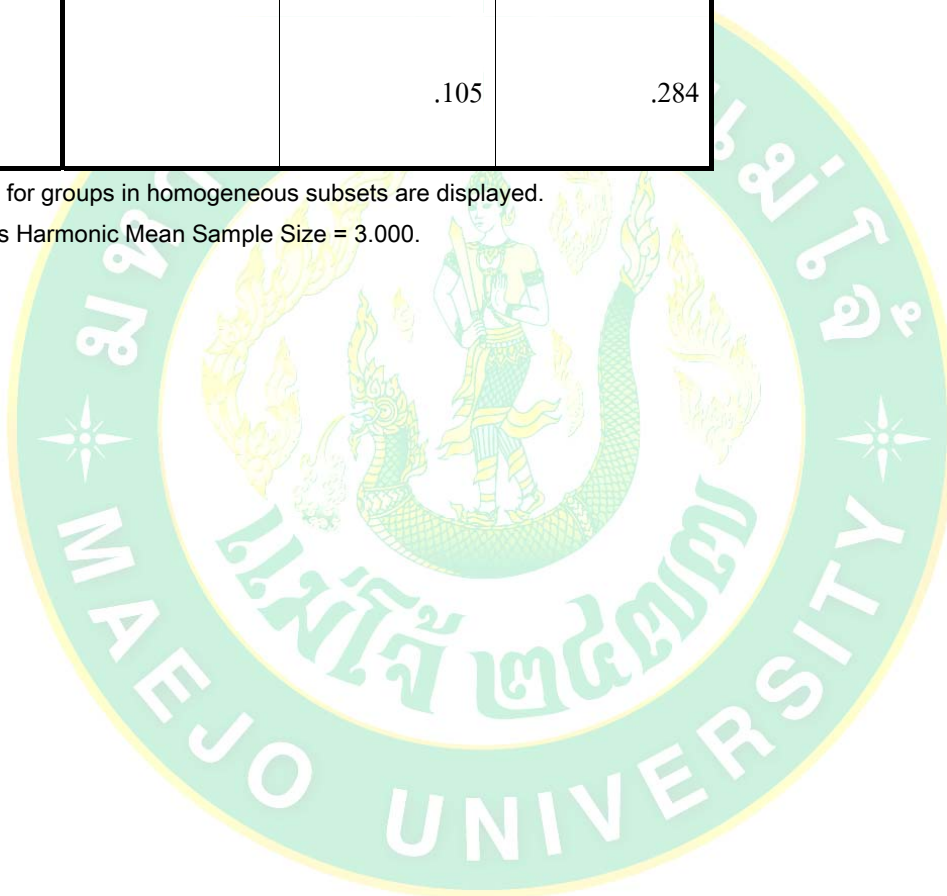
ตารางภาคผนวกที่ 29 ตาราง Duncan multiple range test เปรียบเทียบไนโตรเจนรวมของน้ำ

Duncan

T	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	.8633	
2.00	3	1.1667	1.1667
3.00	3		1.3533
Sig.		.105	.284

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล : นางสาวแก้วกิริยา ตำตาด
 เกิดเมื่อ : วันที่ 29 มกราคม 2532
 ประวัติการศึกษา : วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการประมง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ.
 2555
 ประวัติการทำงาน : -

VITA
NAME : MISS. KAEWKIRIYA TAMTRAD
DATH OF BIRTH : 29 JANUARY 1989
EDUCATION : BACHELOR OF SCIENCE FISHERIES, 2012 MAEJO
 UNIVERSITY
WORK EXPERIENCE : -

